

B. Aşyrow, J. Hojanepesow

AMALY MEHANIKA

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi
tarapyndan hödürlenildi*

**Aşgabat
“Ylym” neşirýaty
2013**

Aşyrow B., Hojanepesow J.

A 79 **Amaly mehanika.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.:
Ylym, 2013. – 220 sah.

Bu okuw kitaby Amaly mehanika dersiniň okuw maksatnamasyna laýyklykda tehniki ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin taýýarlanyldy.

Okuw kitabyňyň maksady ýokary okuw mekdepleriniň talyplaryna umumy ähmiýetli maşyngurluşyk konstruksiýalarynyň işleýşi we olary sintez etmegiň umumy ýörelgeleri bilen tanyşdyrmakdan ybaratdyr.

Bu okuw kitabyndan orta hünär okuw mekdepleriniň talyplary hem okuw gollanmasy hökmünde peýdalanylýan bilerler.



**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,
Baýdagyň belentdir dünýäň önünde.

Gaytalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

Gaytalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

SÖZBAŞY

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň “Güýçli döwletde ylym esasy orny eýeleýär, diýmek, biz ylmyň in täze gazananlary bilen aýakdaş gitmelidiris” diýen pikirleri bu kitabyň esasy ýörelgisidir. Hormatly Prezidentimiziň Türkmenistanda ylym-bilim ulgamyny kämilleşdirip guramak baradaky taglymatlaryndan hem-de XX Halk Maslahatynyň taryhy kararlaryndan ugur alyp, ýurdumyz üçin döwrebap inžener-tehnologlary taýýarlamagyň möhüm wezipelerini çözmäge, olaryň öz saýlap alan hünärleriniň hakyky ussady bolup ýetişmeginde umumy inženerçilik dersleriniň biri bolan amaly mehanika dersi möhüm orny eýeleýär.

Maşynlaryň detallarynyň berklige, gatylyga we durnuklylyga bolan gatnaşygyny anyklamakda amaly mehanika dersiniň ähmiýeti örän uludyr.

Inženeriň tehniki pikirlenmesini, dünýägaraýşyny artdyrmakda amaly mehanika dersi esasy orunlaryň birini tutýar. Amaly mehanika dersi talyplara az harajatly, uzak möhletli, oňaly tehnologiýa konstruksiýalary oýlap tapmaga ýol görkeziji bolup durýar.

Ýurdumyzyň azyk senagatyny ýokary götermek barada öňe sürülen möhüm meseleleri durmuşa geçirmekde azyk senagatyny toplumlaýyn mehanizasiýalaşdyryş we awtomatlaşdyryş işlerine uly orun degişlidir.

Kitapda amaly mehanika dersi barada umumy düşüňjeler, hasaplamagyň we taslamagyň nazary esasy berilýär. Kitap bu dersiň nusgalyk okuw maksatnamasyna laýyklykda ýazyldy. Kitap ýazylanda bu ugurda inlis we rus dillerinde taýýarlanan edebiýatlardan peýdalanyldy.

Şeýle hem bu okuw kitabyndan degişli orta hünär okuw mekdepleriniň talyplary hem peýdalanyň bilerler.

I BÖLÜM

MATERIALLARYŇ GARŞYLYGY

I BAP. ESASY DÜŞÜNJELER

1.1.1. Materiallaryň garşylygy baradaky ylmyň meseleleri we onuň ösüş taryhy

Materiallaryň garşylygy bu desgalaryň we maşynlaryň elementlerini berkli-ge, gatylyga we durnuklylyga bolan gatnaşygyny hasap edýän ylmdyr.

Berklik – desgalaryň we maşynlaryň bölekleriniň döwürleşme ýük götermek ukyby.

Gatylyk – daşky güýjüň täsiri esasynda konstruksiýanyň şekilini üýtgetmezlik ukyby.

Durnuklylyk – konstruksiýanyň ilki başdaky deňagramlylyk formasyny saklamak ukyby.

Nazary mehanikadan tapawutlylykda bu ylym jisimleriň deformasiýasyny öwrenýär. Hakyky obýektiň berkligini barlamak hasaplaýyş shemasyny saýlamakdan başlanýar. Hakyky obýektler materiallaryň garşylygy dersinde steržen, gabyk (oboločka), plastina we massiw jisimler görnüşinde seredilip hasap geçirilýär.

Materiallaryň garşylygy ylmy öz gözbaşyny beýik Leonardo da Winçiden (1452-1519) alyp gaýdýar. Şeýle-de bolsa materiallaryň garşylygy ylmyň döremegi meşhur italyan alymy Galileo-Galileýiň (1564-1642) ady bilen baglanyşdyrylýar.

XVII asyrdaky gämileriň uly ýük göterijiligini üpjün etmek zerurlygy ýüze çykýar. Bu meseläni amala aşyrmak üçin Galileý berklik barada köp tejribe işlerini geçirýär. Ol bu işleriniň netijesini 1638-nji ýylda özüniň “Mehanika barada söhbet” diýen kitabynda beýan edýär.

1678-nji ýylda inlis alymy R.Guk (1635-1703) jisimiň maýyşgaklyk deformasiýasynyň kanunyny kesgitledi. Bu kanun öwrenýän dersimiziň esasy bolup durýar. XVIII asyrdaky senagatyň we ulagyň ösmegi sebäpli, materiallaryň garşylygy

ylmy çalt depginde ösdi. Berklik meselesiniň ösmegine dürli döwürlerde L.Eýler, M.W.Lomonosow, Ş.Kulon, Laplas, A.Nawýe, S.Puasson, Ý.Bernulli, T.Ýung, I.G.Bubnow, A.W.Gadolin, H.S.Galowin, D.I.Zurawskiý, A.W.Kirpiçew, S.P.Timoşenko, F.S.Ýasinskiý, N.M.Belýaýew, W.Z.Wlasow, B.G.Galerkin, N.N.Dawidenkow, A.A.Dinnik, A.N.Krylow, A.A.Ilyuşin, W.W.Bolotin, N.I.Mushelişwili, W.N.Karnouhow we başgalar öňjeýli goşant goşdular.

1.1.2. Konstruksiýa täsir edýän güýçleriň toparlara bölünşi

Konstruksiýanyň bölekleriniň özara mehaniki täsiriniň ölçegine **güýç** diýilýär.

Materiallaryň garşylygynda konstruksiýanyň we desgalaryň böleklerine täsir edýän güýçlere bir ýere jemlenen we paýlanan ýa-da ýaýradylan güýçler görnüşinde seredilýär.

Bir ýere jemlenen (ýyganan) güýçler desgalara we konstruksiýalara ujypsyz, uly däl meýdança ýa-da degşirme nokat boýunça täsir edýärler. Ýyganan güýçleriň ölçeg birligi bolup N (Nýuton) hyzmat edýär.

Konstruksiýalaryň we desgalaryň bölekleriniň uzynlygy, meýdany we göwrümi boýunça üznüksiz ýaýran güýçlere **ýaýradylan** ýa-da **paýlanan güýçler** diýilýär. Paýlanan güýçler deňölçegli we deňölçegsiz depginde bolýarlar. Eger ýükler elementiň uzynlygyna ýaýran bolsalar, onda bu güýjüň intensiwligi N/m , kN/m birlikde ölçenilýär, eger üst boýunça ýaýran bolsa, onda güýjüň depgini N/m^2 , kN/m^2 birlikde ölçenilýär. Göwrüm boýunça ýaýran bolsa, onda güýjüň depgini N/m^3 , kN/m^3 birlikde ölçenilýär.

Wagt ölçeginde güýçler hemişelik we wagtlaýyn täsir edýän güýçlere bölünýärler.

Hemişelik güýçler konstruksiýa ýüze çykmagynyň hemme wagtynda täsir edýärler (konstruksiýanyň, desganyň hususy agramlary). Konstruksiýa az wagt aralygynda täsir edýän güýçlere **wagtlaýyn güýçler** diýilýär.

Täsir edýän häsiýetleri boýunça ýükler **statiki** we **dinamiki** güýçlere bölünýärler.

Konstruksiýa statiki güýçler bilen noldan soňky bahasyna çenli ýuwaş-ýuwaşdan ýüklenýär.

Dinamiki güýçler az wagt aralygynda öz ululyklaryny we ugruny üýtgedýärler we netijede, konstruksiýanyň böleklerinde tizlenme ýüze çykýar. Dinamiki ýüklenmä urgy, inersiýa, yrgyldy güýçleri mysal bolup bilerler. Bu güýçlerden başga gaýtalanyp-üýtgeýän, ýagny ululygyny we ugruny köp gezek üýtgedýän ýüklenmeler duş gelýärler. Gaýtalanyp-üýtgeýän güýçler kesgitli gaýtalanýan kanun boýunça üýtgeseler, olara **periodiki** ýüklenmeler diýilýär.

1.1.3. Deformasiýanyň görnüşleri we içki güýçler

Jisimiň deformasiýasy daşky güýjüň we temperaturanyň täsir etmegi netijesinde döreýär. Netijede, jisim öz ilkibaşdaky görnüşini we ölçegini üýtgedýär. Deformasiýa

masiýa mahalynda daşky güýjüň täsiri bilen jisimiň elementar bölejikleriniň özara ýerleşşi üýtgeýär we jisimde **içki güýçler** döreýär. Içki güýçleri kesgitlemek bolsa materiallaryň garşylygynyň esasy meselesi bolup durýar. Içki güýçleri kesgitlemek üçin **kesmek usuly** giňden ulanylýar.

Kesmek usulynyň manysy aşakdakylardan ybarat:

Seredilýän jisime birnäçe güýçleri täsir etdireliň we jisim bu güýçleriň täsiri esasynda deňagramlylyk ýagdaýyny saklaýar diýeliň (*1-nji a surat*).

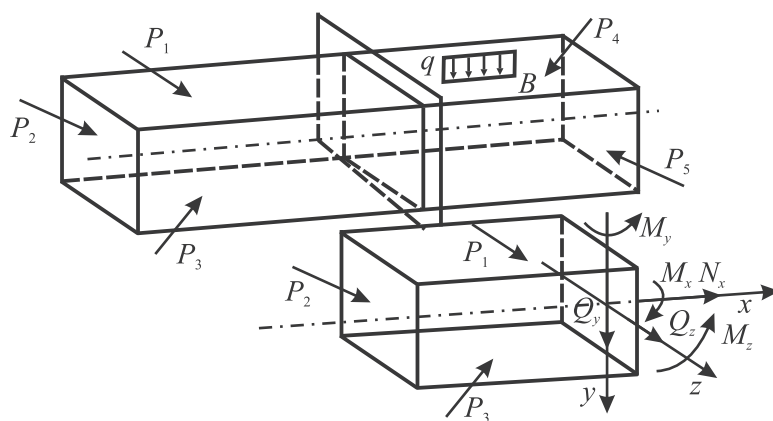
Içki güýçler aşakdaky ýaly yzygiderlilikde kesgitlenilýär:

1. Hyýaly pikirde jisim boý okuna perpendikulýar bolan tekiz üst bilen iki bölege bölünýär;

2. Jisimiň haýsy hem bolsa bir bölegine seredilýär we beýleki bölegi taşlanýlyň (*1-nji b surat*);

3. Seredilýän bölegiň deňagramlylygyny bozmazlyk üçin, taşlanan bölegiň täsiri içki güýçler bilen çalşyrylýar we güýçler toplumyny agyrlık merkezine getirip, baş wektor R we baş moment M alynýar;

4. Deňagramlylygyň deňlemelerini düzüp, näbelli içki güýçler tapylýar. Baş wektory R we baş momenti M koordinatlar okuna proyektirläp, kesigiň her tarapynda alty sany içki güýçler toplumyny alarys: üç güýç (Q_z , Q_y , N_x) we üç moment (M_z , M_y , M_x).



1-nji surat

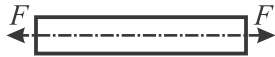


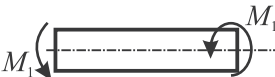
Kesige normal ugrukdyrylan güýje **boý** ýa-da **normal güýç** (N_x) diýilýär. Bu süňme we gysylma deformasiýasyny döredýär.

Q_z we Q_y – **kese** ýa-da **kesýän güýçler** we olar süýşme hem-de kesme deformasiýalaryny döredýär.

T_x – **towlama moment**. Ol towlanma deformasiýasyny döredýär.

M_z we M_y – **egme momentleri**. Olar egilme deformasiýalaryny döredýärler. Ders öwrenilende deformasiýanyň her görnüşine aýratynlykda serederis.

Ýönekeý deformasiýanyň görnüşleri

N p/p	Deformasiýanyň gör- nüşleri	İçki güýçler	Mysal
1.	Süýnme we gysylma	Normal ýa-da boý güýç N	
2.	Süýşme	Kese güýç Q	
3.	Egilme	M egme moment	
4.	Towlanma	T_t towlama momenti	

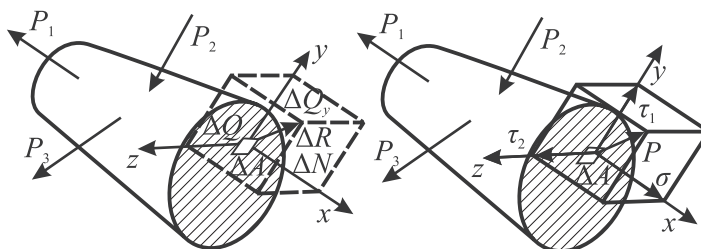
Jisimiň kesiginde birwagtda ýönekeý deformasiýalaryň birnäçe görnüşleri ýüze çyksa, olara çylşyrymly **deformasiýalar** diýilýär. Olara aşakdakylar degişli:

1. Süýnme + egilme.
2. Egilme $M_z + M_y$.
3. Egilme + towlanma we ş.m.

1.1.4. Dartgynlyk barada düşünje

İçki güýçleriň ölçegleri bolup hyzmat edýän ululyga dartgynlyk diýilýär, şeýle hem olar içki güýçleriň depginini häsiýetlendirýän ululykdyr.

Goý, jisimiň seredilýän bölegi daşky we içki güýçleriň täsiri netijesinde deňagramlylyk ýagdaýynda saklanýan bolsun. Seredilýän bölegiň kese-kesiginiň elementar meýdançasyna (ΔA) normal ΔN we kese ΔQ_z , ΔQ güýçler täsir edýärler. Olaryň deň täsir edijisi bolsa ΔR (2-nji surat):



2-nji surat

$$\text{Orta dartgynlyk: } P_{or} = \frac{\Delta R}{\Delta A}. \quad (I.1)$$

$$\text{Hakyky dartgynlylyk: } P = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta R}{\Delta A} = \frac{dR}{dA}. \quad (\text{I.2})$$

Bu dartgynlylygy koordinatlar okunyň ugruna görä dargadyp, onuň düzüjilerini alarys.

$$\text{Düzüji: } \sigma = \lim \frac{\Delta N}{\Delta A} = \frac{dN}{dA} - \text{normal dartgynlylyk.} \quad (\text{I.3})$$

$$\text{Düzüjiler: } \tau_1 = \lim \frac{\Delta Q_y}{\Delta A} = \frac{dQ_y}{dA}; \quad (\text{I.4})$$

$$\tau_2 = \lim \frac{\Delta Q_z}{\Delta A} = \frac{dQ_z}{dA} - \text{galtaşma dartgynlylyklar.} \quad (\text{I.5})$$

Dartgynlylygyň ölçeg birligi:

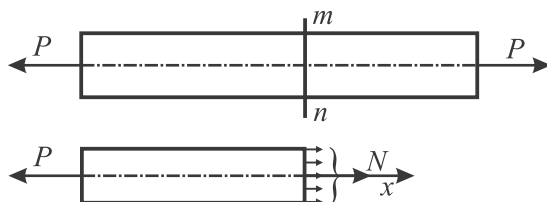
[dartgynlylyk] = [güýç]/[meýdan] = N/m^2 , kN/sm^2 , MPa , Pa .

II BAP. SÜÝNME WE GYSYLMA DEFORMASIÝASY

1.2.1. Içki boý güýji we onuň epýury

Merkezi süýnmede we gysylmada içki güýçler deň täsir ediji bir güýje getirilýär. Bu güýç bolsa elmydama sterženiň boý oky boýunça ugrukdyrylandyr. Şonuň üçin hem bu güýje **boý** ýa-da **normal güýç** diýilýär. Bu güýji tapmak üçin kesmek usuly ulanylýar. Haçan-da boý okunyň ugruna ugrukdyrylan güýç süýnme (gysylma) deformasiýasyny döredýän bolsa, onda alamaty položitel (otrisatel) diýip kabul edilýär.

Süýnmä işleýän sterženiň m-n kesiginde boý güýjüni tapalyň (3-nji surat):



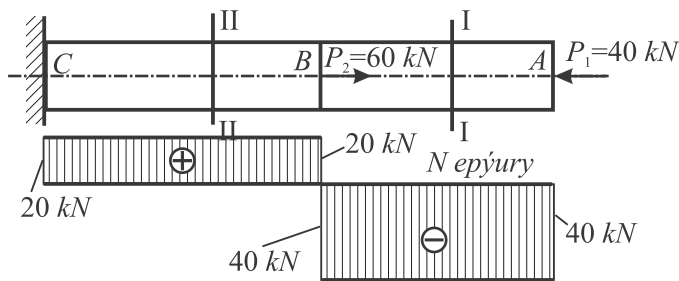
3-nji surat

Deňagramlylygyň deňlemesini düzüp alarys:

$$\sum x = N - P, \quad N = P \text{ (süýnme).}$$

Haçan-da steržen birnäçe daşky güýçler bilen ýüklenende içki güýçleriň epýuryňy gurmak amatly bolýar. Bu güýçleriň sterženiň uzynlygyna üýtgemek çyzgydy-na **içki boý güýçleriň epýury** diýilýär. Bu çyzgydy gurmak üçin häsiýetli kesiklerde içki güýçleriň deňlemesini düzmek zerurdyr.

Mysal. P_1 we P_2 güýjüň täsirinden sterženiň AB we BC böleklerinde döreýän içki güýçleri kesgitleýäris we onuň epýuryny gurýarys:



4-nji surat

Çözülişi. I-I we II-II kesiklerde boý güýjüni kesmek usuly bilen kesgitleýäris. I-I kesigiň sag tarapyna seredýäris. Bu kesikde N_1 güýç döreýär. Deňagramlylygyň deňlemesine görä N_1 güýji kesgitleýäris:

$$\sum x = -P_1 - N_1 = 0, N_1 = -P_1 = -40 \text{ kN (gysylma)}.$$

BC – bölekde II-II kesigi geçirýäris we bu kesigiň hem sag tarapyna seredýäris:

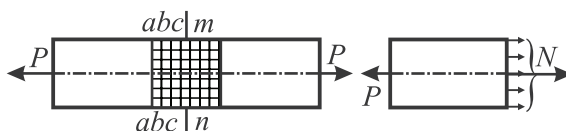
$$\sum x = -P_1 + P_2 - N_2 = 0$$

$$N_2 = -P_1 + P_2 = -40 + 60 = 20 \text{ kN (süýnme)}.$$

Görşümüz ýaly, sterženiň AB bölegi gysylýar, BC bölegi bolsa süýnýär.

1.2.2. Süýnmede (gysylmada) dartgynlylyk we deformasiýa

Daşky güýjüň täsiri astynda sterženiň ýönekeý çekilmesine şeredeliň. Kese-kesigiň meýdany A deň (5-nji surat):



5-nji surat

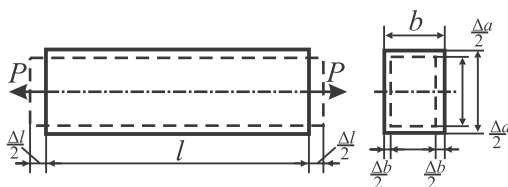
Normal güýç içki güýçleriň $\int \sigma dA$ deň täsir edijisine deňdir, ýagny:

$$N = \int_A \sigma dA. \quad (\text{II.1})$$

Bu aňlatmadan dartgynlylygy tapmak mümkin däl, sebäbi kesikde dartgynlylygyň üýtgemek kanuny belli däl. Şonuň üçin hem deformasiýanyň şekiline seredýäris. Sterženiň gapdal üstüne tor çyzyp, $a-a$, $b-b$, $c-c$ çyzyklaryň deformasiýadan soňky ýagdaýyna seredýäris. Bu çyzyklar deformasiýadan soň boý okuň ugry boýunça süýşýärler, emma egrelmeýärler. Bu bolsa tekiz kesik çaklamasyna (Bernuliniň çaklamasyna) gabat gelýär, ýagny deformasiýa çenli tekiz kesik deformasiýadan soň tekizligine galýar. Şonuň üçin hem $\varepsilon = \text{const}$, şonuň ýaly-da $\sigma = \text{const}$.

Onda:
$$N = \int_A \sigma dA = \sigma \int_A dA = \sigma A \rightarrow \sigma = \frac{N}{A}. \quad (\text{II.2})$$

Indi bolsa süýnmede we gysylmada sterženiň deformirlenen ýagdaýyna sered-ýäris:



6-njy surat

Sterženiň ilkibaşdaky uzynlygynyň üýtgemegine **absolýut uzalma** diýilýär. Otnositel boý $\varepsilon = \Delta l / l$ we otnositel kese $\varepsilon' = \Delta a / a$ deformasiýalar ölçegi bolmadyk ululyklardyr (6-njy surat).

Kese we boý otnositel deformasiýalaryň modullarynyň gatnaşmagyna **kese deformasiýanyň** ýa-da **Puassonyň koeffisiýenti** diýilýär:

$$\mu = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon}. \quad (\text{II.3})$$

Berlen material üçin bu ululyk hemişelikdir we elmydama $0 \leq \mu \leq 0,5$. Dartgynlyk bilen deformasiýanyň arasyndaky baglylygy R . Guka tejribäniň kömegi bilen tapmak başartdy. Bu baglylyk merkezi süýnmede we gysylmada şeýle ýazylýar:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon. \quad (\text{II.4})$$

Proporsionallyk koeffisiýenti E **maýyşgaklyk moduly** diýilýär we onuň ölçeg birli-gi dartgynlylygyňky ýalydyr. Berlen material üçin bu ululyk elmydama hemişelik.

Gukuň kanuny deformasiýa üçin aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$\Delta l = \frac{Nl}{EA}, \quad (\text{II.5})$$

bu ýerde (II.4) deňlemedäki $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$, $\sigma = \frac{N}{A}$.

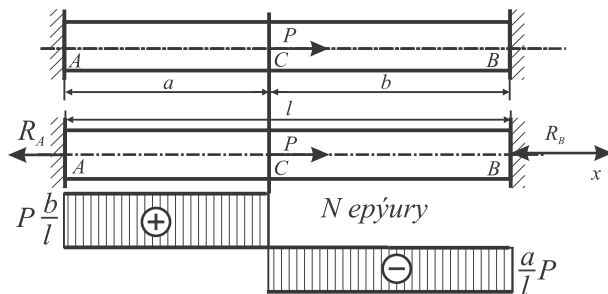
(II.5) deňlemedäki EA ululyga süýnmede we gysylmada **sterženiň gatylygy** diýilýär.

1.2.3. Süýnmede we gysylmada statiki kesgitlenmeýän meseleler

Statikanyň deňlemeleri bilen çözüp bolmaýan ýagdaýynda olara **statiki kesgitlenmeýän** meseleler diýilýär. Ýetmeýän deňlemeler bolsa deformasiýanyň sudu-

rynyň kömegi bilen düzülip, onda meseläniň statiki, geometriki, fiziki taraplaryna seredilýär. Şular ýaly meseleleriň çözüliş tertibini yzarlaýň.

Iki tarapy berkidilen sterženiň dartgynlygyny kesgitleäliň (7-nji surat):



7-nji surat

Haýsy hem bolsa bir berkitmäni taşlap, onuň täsirini näbelli gaýtargy güýç bilen çalşyryars.

Alnan ulgam üçin statikanyň deňagramlylyk deňlemesini düzýäris:

$$\sum x = -R_A - R_B + P = 0 \text{ ýa-da } R_A + R_B = P, \quad (a)$$

bu bolsa goşmaça deňlemäni talap edýär.

Sterženiň umumy uzynlygy üýtgemeyär, şonuň üçin hem: $\Delta l = 0$

$$\Delta l = \Delta l_p + \Delta l_{R_B} = \frac{Pa}{EA} - \frac{R_B l}{EA} = 0.$$

$$\text{Bu ýerde } R_B = \frac{a}{l} P. \quad (b)$$

R_B bahasyny (a) deňlemä goýup taparys:

$$R_A = P - \frac{a}{l} P = \left(1 - \frac{a}{l}\right) P = \frac{b}{l} P. \quad (c)$$

Soňra bolsa kesmek usuly bilen sterženiň içki güýçlerini taparys:

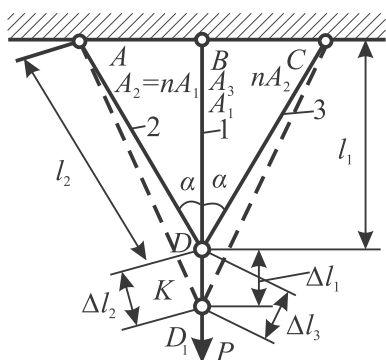
$$N_{AB} = R_A = \frac{b}{l} P, \quad N_{CB} = -R_B = -\frac{a}{l} P.$$

Değişli dartgynlyklary kesgitleýäris:

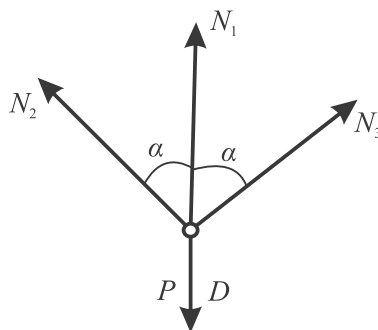
$$\sigma_{AB} = \frac{N_{AB}}{A} = \frac{b}{l} \frac{P}{A} \text{ (süýnme)}, \quad \sigma_{CB} = \frac{N_{CB}}{A} = -\frac{a}{l} \frac{P}{A} \text{ (gysylma)}.$$

Indi bolsa statikanyň deňlemeleriniň kömegi bilen çözüp bolmaýan şarnirli-sterženler ulgamynyň hasabyna seredýäris. P güýç üç sterženiň kömegi bilen deňagramlylyk ýagdaýynda saklanýar (8-nji surat). Ulgamyň dik oka görä simmetrik bolany üçin: $N_2 = N_3$.

Düwnüň deňagramlylygyna seredýäris (9-njy surat):



8-nji surat



9-nji surat

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

Indi ulgamyň deformirlenen ýagdaýyna seredýäris. Goý, P güýjüň täsiri astyn-da D nokat täze D' ýagdaýy eýeleýär diýeliň.

Netijede, sterženlar degişli deformasiýalar alýarlar (8-9-njy suratlar).

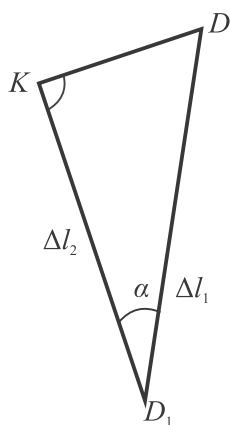
Çyzgydan:

$$\Delta l_2 = \Delta l_1 \cos \alpha, \quad l_2 = \frac{l_1}{\cos \alpha}; \quad \Delta l_1 = \frac{\Delta l_2}{\cos \alpha}; \quad \frac{N_1 l_1}{EA_1} = \frac{N_2 l}{EA_2 \cdot \cos \alpha},$$

$$\text{onda } \frac{N_1 l_1}{EA_1} = \frac{N_2 l_1}{EnA_1 \cos^2 \alpha}, \quad N_2 = N_1 n \cos^2 \alpha,$$

$$N_1 + 2N_1 n \cos^3 \alpha - P = 0,$$

$$N_1 = \frac{P}{1 + 2n \cos^3 \alpha}, \quad N_2 = \frac{Pn \cos^2 \alpha}{1 + 2n \cos^3 \alpha} = N_3.$$



10-nji surat

1.2.4. Tejribäniň kömegi bilen materiallaryň mehaniki häsiýetlerini öwrenmek

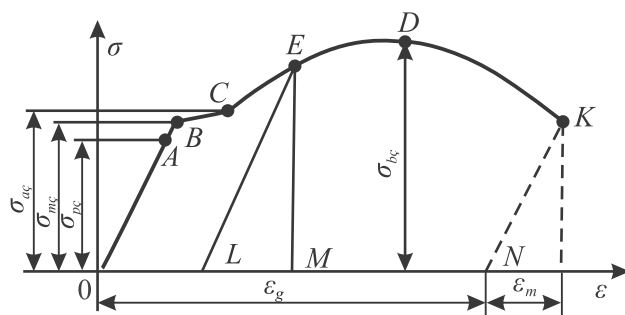
Materiallaryň mehaniki häsiýetlerini öwrenmek we predel dartgynlylygyň (syndyrmak ýa-da plastiki deformasiýalar boýunça) bahalaryny dikeltmek üçin materialyň nusgalary syndyrylýança synag edilýär. Mehaniki synaglar ýüklenmäniň statiki, urgy, sikl (ýadawlyga ýa-da çydamlylyga synag) görnüşleri boýunça geçirilýär. Deformasiýanyň görnüşlerine baglylykda, nusga süýnmä, gysylma, towlanma, egilmä we ş.m. synag edilýär. Kähalatlarda nusga çylşyrymly garşylyklara synag edilýär. Synagyň netijeleri nusganyň görnüşine, deformasiýanyň tizligine, synagyň temperaturasyna we ş.m. bagly bolýar. Şonuň üçin hem synag Döwlet standart şertlerinde geçirilýär. Synag tejribeleri ýörite maşynlaryň kömegi bilen amala aşyryl-

ýar. Deformasiýany ölçemek üçin duýgurlygy güýçli ýörite enjamlar ulanylýar. Synag maşynlarynyň we enjamlarynyň ýazgylary ýörite gollanmalarda getirilýär.

Materiallaryň özünü alyp barşyny barlamagyň iň ýaýran synagy süýnme synagydyr.

Süýnmä synag etmek üçin diametri 3 mm-den ýokary silindr görnüşli nusgalar, şonuň ýaly-da galyňlygy 0,5 mm-den ýokary tekiz nusgalar ulanylýar. Nusgalaryň başlangyç hasaplama uzynlyklary $l_0 = 5,65\sqrt{A}$ – gysga nusga, $l_0 = 11,3\sqrt{A}$ – uzyn nusga bolýar. A – nusganyň kese-kesiginiň meýdany.

Silindr görnüşli nusgalar synag edilende, köplenç, diametri 10 mm bolan nusgalar ulanylýar. Süýnme synaglarynyň esasy maksady materiallaryň mehaniki häsiýetnamalaryny kesgitlemekden ybaratdyr. Synag geçirilende nusgany süýndürýän güýç P we nusganyň uzalmasynyň Δl arasyndaky baglanyşygy görkezýän diagramma awtomatiki çyzylýar. Bu diagramma az uglerodly polat materiallar üçin 11-nji suratda $\sigma - \varepsilon$ koordinatda gurlandyr.



11-nji surat

Dik ok boýunça süýndürilýän nusganyň kese kesigindäki normal dartgynlylygyň bahasyny $\sigma_s = \frac{P}{A_0}$ (A_0 – nusganyň kesiginiň başlangyç meýdany), kese ok boýunça nusganyň otnositel uzalmasyny $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ (l_0 – nusganyň başlangyç uzynlygy) ölçäp goýulýar. Bu ýerde σ_s – süýnme dartgynlylygy. Bu diagramma **süýnmede dartgynlylygyň** şertli **diagrammasy** diýilýär. Sebäbi dartgynlylyk we otnositel uzalma kesgitlenende nusganyň kesiginiň meýdanynyň we uzynlygynyň başlangyç bahalary hasaba alynýar.

11-nji suratdaky diagrammanyň OA böleginde deformasiýa dartgynlylyga baglylykda proporsional ösýär. Diagrammanyň A nokada **proporsionallyk** çägi σ_{pc} diýilýär we Gukun kanuny proporsionallyk çäginde çenli öz güýjünü saklaýar. Polat 3 üçin $\sigma_{pc} \cong 210 \text{ MPa}$. Güýç artdyrylandan soň diagramma egri çyzykly ýagdaýa geçýär. Eger dartgynlylyk maýyşgaklyk çäginde σ_{mc} ýokary geçmese (B nokat), material maýyşgaklyk häsiýetini saklaýar, ýagny ýük aýrylandan soň nusga öz ilki-başdaky durkuna we ölçegine gaýdyp gelýär. Polat 3 üçin maýyşgaklyk çägi $\sigma_{mc} = 220 \text{ MPa}$. Eger nusga täsir edýän güýji artdyrsak, onda diagrammanyň C no-

kadynyň töwereginde deformasiýa güýç artmazdan ösüp başlaýar. Diagrammanyň C nokadynyň töweregindäki gorizontall bölege **akyjylyk meýdançasý** diýilýär.

Güýji ulaltmazdan deformasiýanyň ösmegi bilen bolup geçýän dartgynlylyga **akyjylyk çägi** diýilýär we σ_{ac} bilen bellenilýär. Polat 3 material üçin akyjylyk çägi $\sigma_{ac} \cong 230 \text{ MPa}$.

Birnäçe materiallaryň süýnmek diagrammasynda akyjylyk meýdançasý bolmaýar: bu materiallar üçin şertleýin akyjylyk çägi kabul edilýär.

Galyndy deformasiýasy 0,2% bolan dartgynlylyga şertleýin **akyjylyk çägi** diýilýär we $\sigma_{0,2}$ bilen belgilenýär. Şertleýin akyjylyk çägi kesgitlenýän materiallara dýuralýuminiý, bürünç, ýokary uglerodly we legirlenen polatlar degişlidir.

Diagrammanyň in ýokarky nokadyna degişli dartgynlylyga **berklik çägi** ýa-da **wagtlaryn garşylyk** diýilýär we σ_{bc} bilen bellenilýär. Polat 3 üçin berklik çägi $\sigma_{bc} = 380 \text{ MPa}$.

Dartgynlylyk berklik çägene ýetende, nusgada ýerli inçelme, ýagny boýunja-gaz (şeyka) peýda bolýar. Boýunjagazda nusganyň kesiginiň meýdany çalt kiçelýär. Netijede, güýç we şertleýin dartgynlylyk aşak gaçýar. Nusganyň üzülmegi boýunja-gazyň in kiçi kesigi boýunça bolup geçýär.

Süýnmä synag geçirilende materialyň ýokarda agzalan berklik häsiýetnamalaryndan başga üzülmde otnositel galyndy uzalmasy ε_g kesgitlenilýär we bu ululyk materialyň esasy plastiki häsiýetnamasy bolup hyzmat edýär:

$$\varepsilon_g = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100\%. \quad (\text{II.6})$$

Bu ýerde: l_0 – nusganyň başlangyç uzynlygy;

l_1 – nusganyň üzülden soňky uzynlygy.

Polat 3 üçin $\varepsilon_g = 21\%$. Ýokary berklikli polatlarda $\varepsilon_g = 7...10\%$ -e çenli kiçelýär.

Materialyň plastikliginiň ikinji häsiýetnamasy üzülmde otnositel galyndy inçelmesi bolýar:

$$\psi_g = \frac{A_0 - A_1}{A_0} 100\%. \quad (\text{II.7})$$

Bu ýerde: A_0 – kese-kesigiň başlangyç meýdany;

A_1 – üzülmde soň boýunja-gazyň kese kesiginiň meýdany.

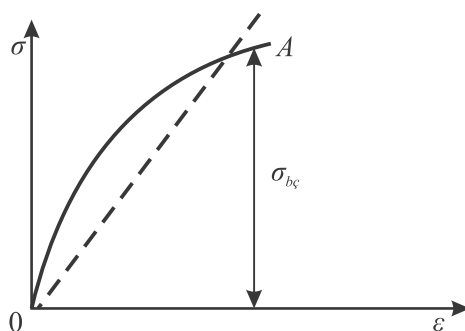
Polat 3 üçin $\psi_g = 50...60\%$.

Juda plastikli materiallara mis, alýuminiý, latun, az uglerodly polatlar degişli.

Az plastikli materiallara dýural we bronza, gowşak plastikli materiallara legirlenen polatlar degişlidir.

Materialyň plastiklik häsiýetine gapma-garşy häsiýeti onuň portlugydyr, ýagny ujypsyz galyndyly deformasiýada materialyň syndyrmagy bolýar. Bu materiallar üçin üzülmde galyndy uzalmasy 2...5% ululykdan geçmeýär. Port materiallara çöýun, ýokary uglerodly instrumental polatlar, daş, beton, aýna, aýnaplastikler degişli.

Port materiallaryň süýnme diagrammasy özüniň aýratynlygy bilen tapawutlanýar. Çöýunüň süýnme diagrammasy 12-nji suratda getirilendir.



12-nji surat

Diagrammadan görnüşi ýaly, port materiallarda maýyşgaklyk çägi has kiçi bolýar. Gukuň kanunyndan gýşarma has ir başlanýar. Üzülme juda kiçi deformatsiýada, boýunjyk döremezden, birden bolup geçýär. Bu häsiýet hemme port materiallara mahsusdyr. Port materiallaryň süýnme synagynda diňe materialyň berklik çägi kesgitlenilýär. Amaly hasaplarda port materiallaryň egriçyzykly diagrammasy şertleýin göni çyzyk bilen çalşyrylýar (12-nji surat ştrih boýunça geçirilen çyzyk).

Maýyşgaklyk çägidin ýokarda ýük aýrylyp we gaýtadan ýüklenende şertleýin akyjylyk çägi ýokarlanýar (material demrinýär (naklýop)). Eger nusgany E nokada çenli ýükläp (11-nji surat), soň bolsa ýükden boşatsak, ýüküň aýrylmasy OA çyzyga parallel EL göni boýunça bolup geçer. Deformasiýanyň maýyşgak bölegi (LM kesim) ýok bolar, deformasiýanyň plastiki bölegi (OL kesim) galýar. Eger materialy täzeden ýükleseň, onda diagramma LE göni boýunça E nokada çenli gider. Üzülmede galyndy uzalma LN kesim bolar. Diýmek, gaýtalanyp ýüklenen nusganyň proporsionallyk çägi ýokarlanýar.

Materialyň gaýtalanyp ýüklenme netijesinde proporsionallyk çäginin ýokarlanmak we plastikliginiň aşaklanmak hadysasyna **demrinmek** (naklýop) diýilýär. Demrinen material port bolýar, ýöne birnäçe ýagdaýlarda peýdaly bolýar. Meselem, üýtgeýän ýüklenmelerde işleýän detallarda demrinmegi emeli usul bilen döredýärler.

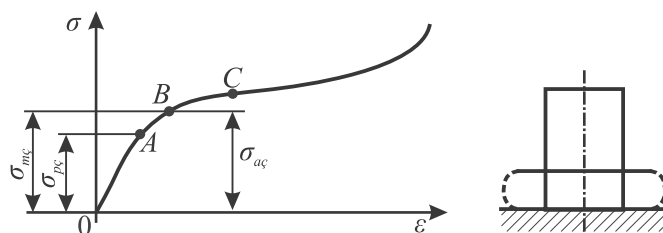
Gysylma synagynda kubik ýa-da silindr görnüşli nusgalar synagdan geçirilýär, olaryň beýikligi bolsa 3 diametre deň alynýar. Eger nusgalaryň beýikligi örän gysga bolsa, synag netijesinde boçka görnüşli şekili kabul edýär, sebäbi sürtülme güýji nusganyň gyrasynyň giňelmegine päsgel berýär.

Sürtülme güýjüni azaltmak üçin synag geçirilende, köplenç, nusganyň gyraky üstleri parafin bilen ýaglanýlar.

Port materiallaryň gysylma diagrammalary süýnme diagramma meňzeş bolýar (12-nji surat). Syndyрма ujypsyz deformasiýada bolup geçýär. Synag syndyrmada berklik çäginin we otnositel galyndy deformasiýanyň bahalaryny dikeltmäge mümkinçilik berýär.

Port materiallaryň gysylmada berklik çägi süýnmedäki berklik çägidin epesli uly bolýar.

Plastiki materialyň gysylma diagrammasy 13-nji suratda getirilendir.



13-nji surat

Ilkibaşda diagrammanyň görnüşi süýnme diagrammasyna meňzeş, soňra bolsa materialyň berkleşmegi we kesigiň meýdanynyň ulalmagy netijesinde egri dik ýokary galýar. Bu pursatda syndyrma bolmaýar, nusga ýapbaşyk görnüşe geçýär. Synagyň netijesinde akyjlyk çägi kesgitlenilýär. Plastiki materiallaryň akyjlyk çägi süýnme-de we gysylmada deň bolýar, ýöne akyjlyk meýdançasý gysylmada ujypsyz bolýar.

1.2.5. Temperatura üýtgände we konstruksiýa ýygnalanda steržende döreýän dartgynlylygy kesgitlemek

1. Temperatura dartgynlylyklary statiki kesgitläp bolmaýan konstruksiýalar gyzdýrylanda ýa-da sowadylanda ýüze çykýar.

Fizikadan belli bolşy ýaly, temperatura üýtgände sterženiň deformasiýasynyň aňlatmasy aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$\Delta l = \pm a \Delta t l. \quad (a)$$

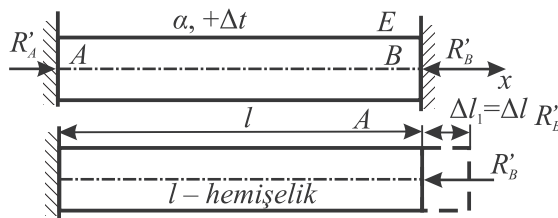
Bu ýerde: a – uzynlyga giňelme koeffisiýenti; Δt – temperaturanyň ösmeği.

Iki tarapy berkidilen steržende dartgynlylyk aşakdaky aňlatma boýunça tapylýar:

$$\sigma_t = \pm \varepsilon_t \cdot E = \pm \frac{\Delta l}{l} E = \pm E a \Delta t, \quad (\text{II.8})$$

bu ýerde E – materialyň maýyşgaklyk moduly.

Mysal. Uzynlygy 1 we kese-kesiginiň meýdany A bolan iki tarapy berkidilen sterženiň temperatura dartgynlylygyny kesgitlemeli (14-nji surat). Sterženiň temperaturasy Δt ululyga üýtgeýär.



14-nji surat

I meseläniň statiki tarapy: $\Sigma x = R'_A - R'_B = 0, R'_A = R'_B$;

II meseläniň geometriki tarapy: $\Delta l_1 = \Delta l_{R'_B}$;

III meseläniň fiziki tarapy: $\Delta l_1 = \alpha l \Delta t$, $\Delta l_{R'_B} = \frac{R'_B l}{EA}$.

Onda: $\alpha l \Delta t = \frac{R'_B l}{EA}$; $R'_B = \alpha EA \Delta t = R'_A$ we $\sigma = \frac{R'_A}{A} = \alpha E \Delta t$.

Polat üçin: $E = 2,1 \cdot 10^4 \frac{kN}{sm^2}$; $\alpha = 1,25 \cdot 10^{-5} grad^{-1}$; $\Delta t = 10^\circ C$ bolanda:

$$\sigma_t = \alpha E \Delta t = 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 10 = 2,5 \frac{kN}{sm^2} = 25 MPa.$$

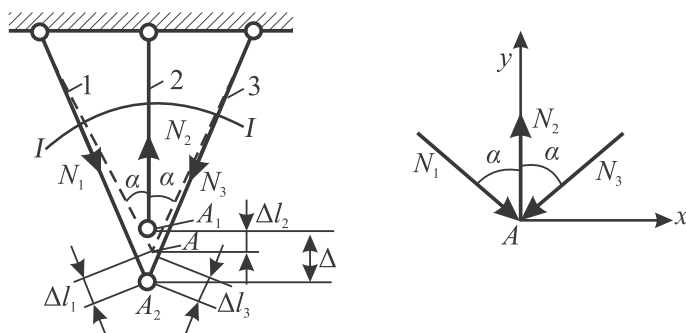
Diýmek, iki tarapy berkidilen polat sterženiň temperaturasy $1^\circ C$ üýtege, onda steržende $2,5 MPa$ (ýa-da $0,25 kg/sm^2$) dartgynlyk döreýär.

Haçan-da statiki çözüp bolmaýan konstruksiýalaryň aýry-aýry bölekleri nätaýyk ýasalan bolsa, onda bu bölekler ýygналanda başlangyç ýa-da montaz dartgynlyklar we güýçler döreýär.

Şular ýaly konstruksiýanyň hasaplanyşynyň mysalyna seredeliň (15-nji surat): $EA_1 = EA_2 = EA_3 = EA$.

I – meseläniň statiki tarapy.

I – I kesik bilen düwüni kesýäris we onuň deňagramlylygyna seredýäris:



15-nji surat

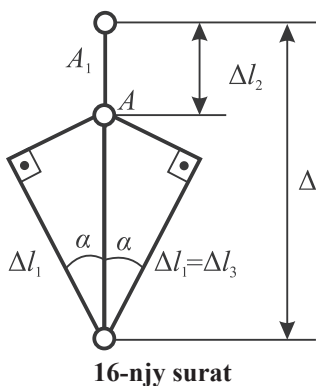
$$\Sigma X = N_1 \sin \alpha - N_3 \sin \alpha = 0, \quad N_1 = N_3, \quad (a)$$

$$\Sigma y = N_2 - 2N_1 \cos \alpha = 0, \quad (b)$$

II – meseläniň geometriki tarapy. Ulgamyň deformirlenen ýagdaýyna seredýäris.

$$\text{Çyzgydan alarys:} \quad \Delta = \Delta l_2 + \frac{\Delta l_1}{\cos \alpha}, \quad (c)$$

$$l_1 = l_3 = \frac{l_2}{\cos \alpha} = \frac{l}{\cos \alpha} - \text{sterženleriň uzynlyklary.}$$



III meseläniň fiziki tarapy. Gukuň kanuny boýunça:

$$\Delta = \frac{N_2 l_2}{EA} + \frac{N_1 l_2}{EA \cos^2 \alpha} \quad \text{ýa-da} \quad N_2 = \frac{\Delta EA}{l} - \frac{N_1}{\cos^2 \alpha}. \quad (d)$$

Deňlemeleri ((b) we (d)) bilelikde işläp, steržende döreýän başlangyç güýçleri taparys:

$$N_1 = N_3 = \frac{EA \cos^2 \alpha}{(1 + 2 \cos^3 \alpha) l} \Delta, \quad N_2 = \frac{2EA \cos^3 \alpha}{(1 + 2 \cos^3 \alpha) l} \Delta.$$

1.2.6. Rugsat edilýän dartgynlyk boýunça sterženiň berkligine baha bermek

Materiallaryň garşylygynyň esasy meselesi detalyň kese kesiginiň ygtybarly ölçegini üpjün etmekdir. Bu ölçeg berklik, gatylyk we durnuklylyk hasaplamalaryndan kesgitlenilýär, emma berklige hasaplama esasy bolup durýar.

Döwürmäniň howplulygyna dartgynlylygyň ululygy bilen baha berilýär. Sterženiň berkligine baha bermek üçin in howply kesikde in ýokary dartgynlylygy rugsat edilýän dartgynlyk bilen deňeşdirmek zerurdyr. Şu babatda alnan aňlatma bolsa **berklik** şerti diýilýär:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma]. \quad (\text{II.9})$$

(II.9) şert esasynda aşakdaky meseleleri çözüp bolýar.

1. Sterženiň berkligini barlamak, ýagny hakyky dartgynlylygy rugsat edilýän dartgynlyk bilen deňeşdirmek:

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} \leq [\sigma]. \quad (\text{II.10})$$

2. Sterženiň kese kesiginiň ölçegini kesgitlemek: $A \geq \frac{P}{[\sigma]}.$ (II.11)

3. Rugsat edilýän güýjüň ululygyny kesgitlemek: $P \leq A[\sigma].$ (II.12)

(II.9) deňsizligiň sag tarapyndaky rugsat edilýän dartgynlyk tejribe synaglardan alnan howply dartgynlylygyň berkliginiň ätiýaçlyk koeffisiýentine bölünmegine deňdir.

Rugsat edilýän dartgynlyk:

$[\sigma] = \sigma_a / n_a$ – plastiki materiallar üçin;

$[\sigma] = \sigma_{b\sigma} / n_{b\sigma}$ – port materiallar üçin;

$n_a, n_{b\sigma}$ – berkligiň akyjylyk we berklik çägi boýunça ätiýaçlyk koeffisientleri.

III BAP. SÜÝŞME DEFORMASIÝASY BARADA DÜŞÜNJE

1.3.1. Arassa süýşme. Arassa süýşmede Gukuň kanuny

Eger-de içki güýçleriň alty komponentiniň diňe kese güýçleri (Q_z ýa-da Q_y) noldan tapawutly bolsalar, deformasiýanyň bu görnüşine süýşme diýilýär. Şineli, şlisaly, boltly, berçinli we kebşirli birikdirmeler süýşmä degişli hasaplanylýar.

Süýşmede dartgynlylygyň we deformasiýanyň aňlatmalaryny getirip çykarýarys. Kese güýjüň dartgynlylyk bilen baglanyşygy aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$Q = \int_A \tau dA. \quad (\text{III.1})$$

Goý, galtaşma dartgynlylyk kesigiň beýikligine endigan ýaýran bolsun, onda ýokarky aňlatma esasynda alarys:

$$Q = \tau A, \text{ bu ýerde } \tau = \frac{Q}{A}. \quad (\text{III.2})$$

Indi bolsa arassa süýşmede deformasiýany öwrenýäris (*21-nji surat*).

Eger-de iki özara perpendikulýar (\perp) meýdançada diňe galtaşma dargynlylyk täsir edýän bolsa, şonuň ýaly tekiz dartgynlylyk ýagdaýyna **arassa süýşme** diýilýär. Bu meýdança bolsa **arassa süýşme meýdançasyny** diýilýär.

Başky göni burçuň kiçi γ burç boýunça üýtgemegine **süýşme burçy** ýa-da **otnositel süýşme** diýilýär:

$$\gamma = \angle BAB_1.$$

Granyň absolýut süýşme ululygyny Δa bilen belgiläp,

$$\Delta BAB_1\text{-deň alarys, } \operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta a}{a}, \text{ goý, } \operatorname{tg} \gamma = \gamma, \text{ onda } \gamma = \frac{\Delta a}{a}.$$

Synag ýol bilen subut edilen, ýagny kesgitli çäge çenli süýşme deformasiýasy maýyşgak bolýar, onuň ululygy bolsa galtaşma dartgynlylyga göni proporsionaldyr:

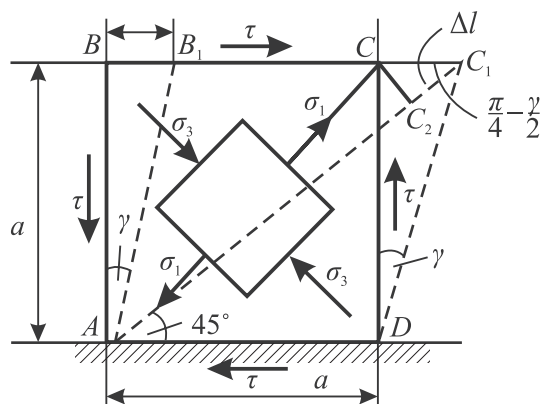
$$\gamma = \frac{\tau}{G} \quad \text{ýa-da} \quad \tau = G\gamma. \quad (\text{III.3})$$

Bu gatnaşygy süýşmede Gukuň kanuny diýilýär.

G – *proporsionallyk koeffisiýenti* ýa-da *süýşmede maýyşgaklyk moduly*. Onuň ölçeg birligi dartgynlylygyňky ýalydyr. Her material üçin öz bahasy bolýar we bu baha towlanma deformasiýasynyň synagyndan hasaplanylýar.

1.3.2. Materiallaryň üç hemişeliginiň (E , G we μ) özara baglanyşygy

Izotrop materiallar üçin maýyşgaklyk modullaryň arasyndaky özara baglanyşygy almak üçin arassa süýşmede bölegiň deformasiýasyna seredýäris (*17-nji surat*).



17-nji surat

AC diagonalynyň uzynlygy $l = a\sqrt{2}$.

Deformasiýanyň geometrik şekiline seredeliň.

AC diagonalynyň absolýut uzalmasy:

$$\Delta l = C_1 C_2 = CC_1 \cos\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\gamma}{2}\right) \approx CC_1 \cos 45^\circ = \frac{\Delta a}{\sqrt{2}}.$$

Diagonalynyň otnositel uzalmasy:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta a}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{a\sqrt{2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta a}{a} = \frac{\gamma}{2}.$$

Arassa süýşmede, Gukuň kanuny boýunça, $\gamma = \tau/G$, şonuň üçin hem:

$$\varepsilon = \frac{\tau}{2G}. \quad (\text{III.4})$$

Emma çylşyrymly dartgynlylyk ýagdaýynda:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E} [\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)], \quad \sigma_2 = 0 \text{ we } \sigma_1 = -\sigma_3 = \tau.$$

$$\text{Onda: } \varepsilon_1 = \frac{1}{E} (\sigma_1 - \mu\sigma_3) = \frac{1+\mu}{E} \tau. \quad (\text{III.5})$$

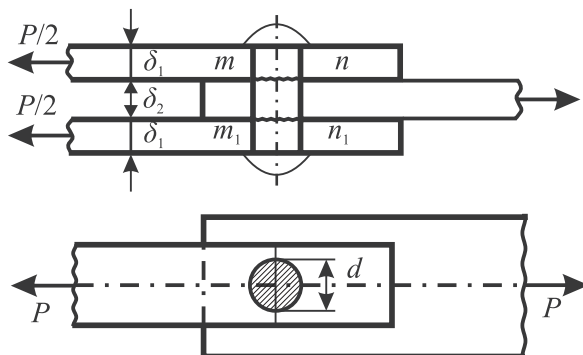
(III.4) we (III.5) deňlemeleri deňeşdirip alýarys:

$$\frac{\tau}{2G} = \frac{1+\mu}{E} \tau, \text{ bu ýerden: } G = \frac{E}{2(1+\mu)}. \quad (\text{III.6})$$

1.3.3. Berçinli we kebşirli birikdirmeleriň hasaplanyşy

Berçinli, boltly we şlisaly birikdirmeler hasap edilende, birleşmeleriň böleklerine goýlan güýç kesmekden başga deňşirilýän üstlerde ýemşerme deformasiýasy hem döreýär. Bu birleşmeleriň jikme-jik hasaby maşynlaryň detallary dersinde öwrenilýär.

Üç listi birləşdiryän ýeke Berçiniň işleýşine seredeliň. Bular ýaly berçinleme birləşmesine **iki kesmeklik** diýilýär. Çünki kesmeklik iki kesikde, ýagny $m - n$ we $m_1 - n_1$ kesiklerde bolup geçýär (18-nji surat).



18-nji surat

Galtaşma dartgynlygy aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenilýär:

$$\tau_{kes} = \frac{P}{A_{kes}}, \quad (III.7)$$

bu ýerde A_{kes} – kesme meýdany.

Eger birikdirmede n berçinleme we m kesmek bar bolsa, onda hasaplaýyş aňlatmasy aşakdaky aňlatma boýunça ýazylýar:

$$\tau_{kes} = \frac{P}{A \cdot m \cdot n}, \quad (III.8)$$

bu ýerde A – bir berçiniň kese kesiginiň meýdany.

Kesmekde berçiniň berklik şerti aşaky görnüşde ýazylýar:

$$\tau_{kes} = \frac{4P}{\pi d^2 mn} \leq [\tau]. \quad (III.9)$$

Bu ýerden birikdirme üçin talap edilýän berçiniň sany:

$$n \geq \frac{4P}{\pi d^2 m [\tau_{kes}]} \leq [\tau]. \quad (III.10)$$

Bu ýerde: d – berçiniň diametri;

$[\tau_{kes}]$ – berçiniň materialy üçin rugsat edilýän dartgynlyk.

Ýemşermelerde berklik şertinden berçiniň sany:

$$n = \frac{P}{d \delta [\sigma]_{yem}}, \quad (III.11)$$

bu ýerde δ – birikdirilýän iki listiň iň kiçi galyňlygy.

(III.10) we (III.11) deňlemeden hasaplanan berçiniň sanynyň köpüsini almaly we ýakynlaşan bitin sana tegeleklemeli.

Berçiniň ýerleşşi (hatar ýa-da atanak) we hataryň mukdary onuň sanyna we birleşdirilýän detallaryň inine baglylykda konstruktiw oýlanmalardan kesgitlenilýär.

Berçiniň sany kesgitlenenden soň, listiň berkligi gowşadylan kesiklerde üzülmä barlanýar:

$$\sigma_{\max.} = \frac{P}{(b - n_1 d) \delta} \leq [\sigma], \quad (\text{III.12})$$

bu ýerde n_1 – hatarda listi gowşadýan deşigiň sany.

Köplenç ýagdaýda kabul edilýär:

$$[\tau_{kes}] = 0,8 [\sigma], \quad [\sigma]_{yemş} = 2[\sigma].$$

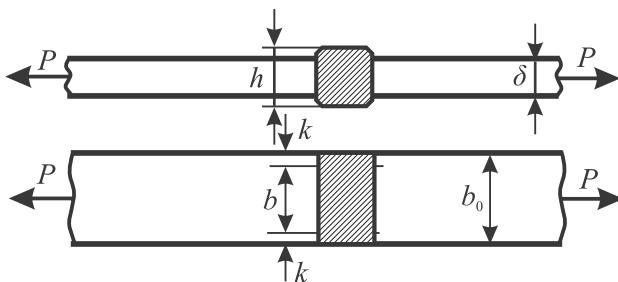
Indi bolsa kebşirleme tikini bilen amala aşyrylýan birleşmeleriň işleýşine seredeliň.

Kebşirleme birikdirmeleri böleklerde gowşak kesik döretmeyär. Başga birikdirmelere seredeňde az zähmet talap edýär, şonuň üçin hem tygşytly bolýar. Çatyrym we burçly tikiňler kebşirleme birleşmelerinde, köplenç, ýaýran tikiňlerdir.

Çatyrymly birikdirmeler listler bir tekizlikde ornaşan bolsa ulanylýar we bu tikiňler sozulma hasap edilýär.

Berklik şerti:

$$P \leq bh [\sigma]_{kebs}. \quad (\text{III.13})$$



19-njy surat

Hasaplamada tikiniň galyňlygy listiň galyňlygyna deňlenip alynýar.

Hasaplamada tikiniň ini listiň ininden $2k$ az alynýar ($k = 5 \text{ mm}$).

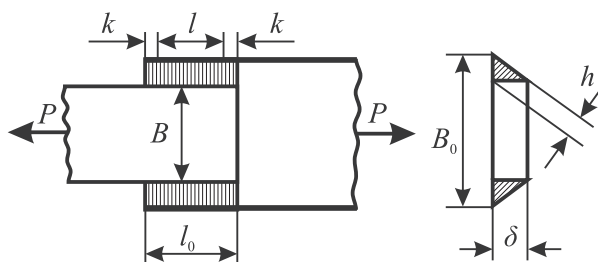
Listler parallel ýa-da perpendikulýar bolsalar, birikdirmeler burçly tikiňler bilen ýerine ýetirilýär. Bu tikiňler elmydama jübüt goýulýar we bissektor kesik boýunça kesmä hasaplanylýar.

Tikiniň beýikligi $h = 0,7\delta$ deň diýip kabul edilýär.

$$\text{Berklik şerti: } P \leq 2 \cdot 0,7\delta l [\tau]_{kebs}; \quad (\text{III.14})$$

l – tikiniň hasaplama uzunlygy.

$$l = l_0 - 2k.$$



20-nji surat

Mysal. Deň gapdally burçlugy (№5) kosynka bilen birikdirilýän gapdallaýyn tikiniň uzynlyklaryny (l_1 we l_2) tapmaly. Birikdirmä täsir edýän güýç – $P = 60 \text{ kN}$, tikine rugsat edilýän dartgynlyk – $[\tau] = 9 \text{ kN/sm}^2$, burçlugyň tekjesiniň galyňlygy –

$$\delta = 0,5 \text{ sm.}$$

$$\text{Tikiniň umumy uzynlygy } l_1 + l_2 > \frac{P}{0,7\delta[\tau]_{\text{kebs}}} = \frac{60}{0,7 \cdot 0,5 \cdot 9} = 19 \text{ sm.}$$

Iki tikine deň şerti üpjün etmek üçin tikiň uzynlyklarynyň gatnaşyklaryny saýlamaly, şonuň üçin hem burçlugyň agyrlýk merkeziniň durýan ornuny kesgitleýän aralyklary (h_1 we h_2) tersine gatnaşdyrmaly: $h_1 = 3,6 \text{ sm}$, $h_2 = 1,4 \text{ sm}$,

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{h_2}{h_1}, \text{ bu ýerden } l_1 = \frac{h_2}{h_1} l_2 = 0,4 l_2.$$

$$\text{Onda: } 0,4 l_2 + l_2 = 19, \quad l_2 = 13,5 \text{ sm}, \quad l_1 = 0,4 \cdot 13,5 = 5,5 \text{ sm.}$$

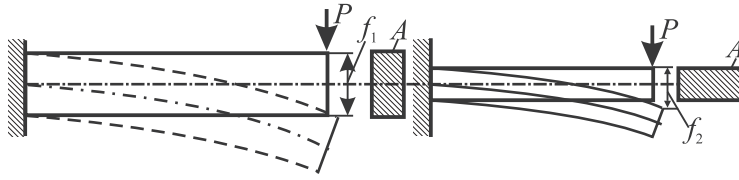
IV BAP. TEKIZ KESIKLERIŇ GEOMETRIK HÄSIÝETNAMALARY

1.4.1. Esasy düşüňjeler

Göni steržen süýndürilende ýa-da gysylanda onuň daşky täsire bolan garşylygynyň kese kesigiň meýdanyna göni proporsionaldygyny bilýäris. Kese-kesigiň meýdany näçe köp bolsa, şonça-da dartgynlyk we deformasiýa az bolýar. Emma towlanmada we egilmede başgaça bolýar.

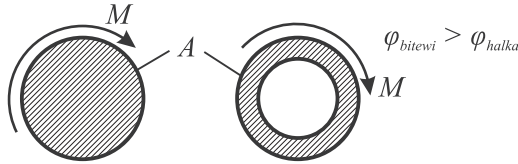
Mysallara seredeliň.

Egilme deformasiýasy:



21-nji surat

$f_2 \gg f_1$ we $\theta_2 \gg \theta_1$ bolýandygyny tejribe görkezýär ýa-da towlanmada:



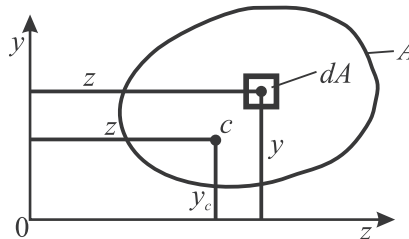
22-nji surat

Şonuň üçin hem birmeňzeş meýdanda kese kesigiň şekiline, ýerleşişine baglylykda, steržen güýjüň täsirine dürli-dürli garşylyk görkezýär. Bu ýerden kesigiň meýdany (A) egilmä we towlanma garşylyk görkezýän esasy görkeziji bolup bilmez. Dürli-dürli deformasiýalara esasy geometrik häsiýetlere kesigiň meýdany A , statiki momentleri S_z , S_y inersiýa momentleri I_z , I_y , garşylyk momentleri W_z , W_y , inersiýa radiuslary i_z , i_y we agyrlýk merkezi bolup hyzmat edýärler. Agyrlýk merkezinden geçirilen islendik oka **merkezi oklar** diýilýär.

1.4.2. Tekiz kesikleriň inersiýa momentleri

Kesigiň meýdanynyň oka görä inersiýa momenti diýip onuň bütün meýdanyndaky kiçi meýdançanyň agyrlýk merkezinden bu meýdançadan seredilýän oka çenli aralygyň kwadratynyň köpeltmek hasylyna aýdylýar (23-nji surat):

$$I_z = \int_A y^2 dA; \quad I_y = \int_A z^2 dA. \quad (\text{IV.1})$$



23-nji surat

Polýar inersiýa momenti diýip kiçi meýdançanyň agyrlýk merkezinden bu meýdançadan koordinat oklarynyň başlangyjyna çenli aralygyň kwadratyna köpeltmek hasylynyň jemine aýdylýar:

$$I_p = \int_A P^2 dA. \quad (\text{IV.2})$$

Çyzgydan alarys:

$$P^2 = y^2 + z^2, \text{ şonuň üçin: } I_p = I_z + I_y.$$

Merkezden daşlaşýan inersiýa pursaty diýip kiçi meýdançanyň meýdanynyň bu meýdançadan koordinatlar oklaryna çenli aralygyna köpeldilmek hasylynyň jeminde aýdylýar:

$$I_{z,y} = \int_A zy dA. \quad (\text{IV.3})$$

Bu ýerde: I_p, I_z, I_y – elmydama položitelidir;

I_{yz} – položitel, otrisatel we nola deň bolup biler.

Oký kem-kemden öwrüp, okuň $I_{zy} = 0$ ýagdaýyny taparys.

Şular ýaly oka **baş inersiýa oky** diýilýär. Baş inersiýa oklar kesigiň agyrylyk merkeziniň üstünden geçýän bolsa, bu oklara **baş merkezi inersiýa oklary** diýilýär. Inersiýa momentiniň ölçeg birligi ($\text{sm}^4, \text{m}^4, \text{mm}^4 \dots$).

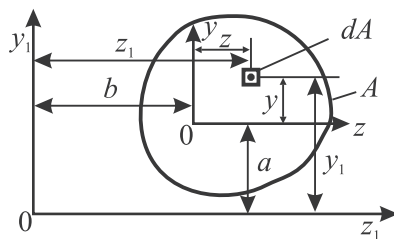
1.4.3. Parallel oklara görä inersiýa momentleriniň özara baglylygy

Goý, merkezi oka görä kesigiň inersiýa momentleri belli bolsun:

$$I_z = \int_A y^2 dA; \quad I_y = \int_A z^2 dA; \quad I_{z,y} = \int_A zy dA.$$

Merkezi oka parallel oka görä kesigiň inersiýa momentini tapýarys:

$$I_{z_1} = \int_A y_1^2 dA; \quad I_{y_1} = \int_A z_1^2 dA; \quad I_{z_1,y_1} = \int_A z_1 y_1 dA. \quad (a)$$



24-nji surat

Çyzgydan $z_1 = z + b; y_1 = y + a$ bolýandygy görünýär.

Bu bahalary (a) aňlatma goýup, agzama-agza integrirläp alarys:

$$I_{z_1} = \int_A (y + a)^2 dA = \int_A y^2 dA + 2a \int_A y dA + a^2 \int_A dA = I_z + a^2 A.$$

Çünkü: $\int_A y dA = 0$.

Şonuň ýaly-da: $I_{y_1} = I_y + b^2 A$; $I_{z_1 y_1} = I_{zy} + abA$.

Şeýlelik-de:

1. Islendik oka görä kesigiň inersiýa momenti berlen oka parallel bolan merkezi oka görä inersiýa momentiniň kesiginiň meýdanynyň şu oklaryň aralygynyň kwadratlaryna köpeldilmek hasylynyň goşulmagyna deňdir;

2. Islendik gönüburçly oklar ulgamyna görä merkezden daşlaşýan inersiýa momenti berlen oka parallel bolan merkezi oka görä merkezden daşlaşýan inersiýa momentiniň kesigiň meýdanynyň täze oklarda agyrylyk merkeziniň koordinatalaryna köpeltmek hasylynyň goşulmagyna deňdir.

1.4.4. Koordinatalaryň oky öwrülende inersiýa momentlerini hasaplamak

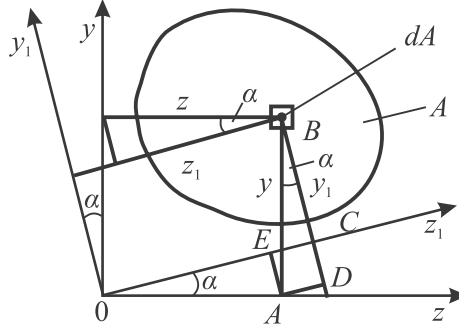
Goý, merkezi oka (z, y) görä kesigiň inersiýa momentleri belli bolsun:

$$I_z = \int y^2 dA; \quad I_y = \int z^2 dA; \quad I_{z,y} = \int zy dA.$$

Sagat diliniň tersine α burç boýunça öwrülen oklara (z_1, y_1) görä inersiýa momentlerini kesgitleýäris:

$$I_{z_1} = \int y_1^2 dA; \quad I_{y_1} = \int z_1^2 dA; \quad I_{z_1 y_1} = \int z_1 y_1 dA \quad (a)$$

$$\text{çyzgydan } y_1 = y \cos \alpha - z \sin \alpha, \quad z_1 = y \sin \alpha + z \cos \alpha. \quad (b)$$



25-nji surat

b – aňlatmany a aňlatma goýup alarys:

$$\begin{aligned} I_{z_1} &= \int_A (y \cos \alpha - z \sin \alpha)^2 dA = \cos^2 \alpha \int_A y^2 dA - \cos \alpha \sin \alpha \cdot 2 \times \\ &\times \int_A yz dA + \sin^2 \alpha \int_A z^2 dA = I_z \cos^2 \alpha + I_y \sin^2 \alpha - I_{zy} \sin 2\alpha, \end{aligned}$$

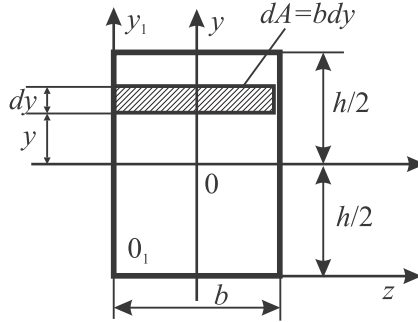
$$I_{y_1} = I_z \sin^2 \alpha + I_y \cos^2 \alpha - I_{zy} \cdot \sin 2\alpha .$$

$$\text{Şeyle hem: } I_{z_1 y_1} = \frac{I_z - I_y}{2} \sin 2\alpha + I_{zy} \cos 2\alpha . \quad (\text{IV.4})$$

Birinji iki aňlatmalary goşup alarys: $I_{z_1} + I_{y_1} = I_z + I_y - \text{hemişelik}$.

1.4.5. Ýönekeý kesikleriň inersiýa momentlerini kesgitlemek

1. Gönüburçluk.



26-njy surat

Merkezi oka görä gönüburçlygyň inersiýa momenti:

$$I_z = \int_A y^2 dA = b \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} y^2 dy = \left| \frac{by^3}{3} \right|_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} = \frac{bh^3}{12} .$$

$$\text{Şonuň ýaly-da: } I_y = \frac{b^3 h}{12} .$$

Gönüburçlugyň esasyndan we beýikliginden geçýän oklara görä inersiýa momentleri:

$$I_{z_1} = I_z + A \left(\frac{h}{2} \right)^2 = \frac{bh^3}{12} + \frac{bh^3}{4} = \frac{bh^3}{3} .$$

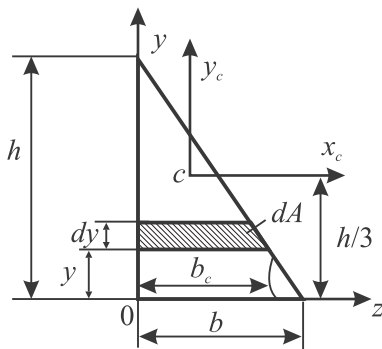
$$\text{Şeýle hem: } I_{y_1} = \frac{hb^3}{3}; \quad I_{z_1 y_1} = \frac{b^2 h^2}{4} .$$

2. Üçburçluk.

Üçburçlugyň esasyndan geçirilen we esasyňa parallel merkezi oka görä inersiýa momentlerini kesgitleýäris.

$$\text{Ştrihlenen meýdança: } dA = b_y dy \frac{h-y}{h} b dy = \frac{b}{h} (h-y) dy ,$$

$$I_z = \int_A y^2 dA = \frac{b}{h} \int_0^h (h-y) y^2 dy = \frac{b}{h} \left(\frac{hy^3}{3} - \frac{y^4}{4} \right) \Big|_0^h = \frac{bh^3}{3} - \frac{bh^3}{4} = \frac{bh^3}{12}.$$



27-nji surat

Merkezi oka görä inersiýa momenti:

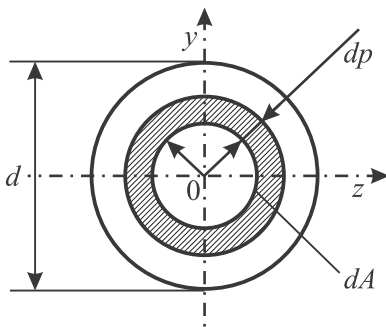
$$I_{z_c} = I_z - A(h/3)^2 = bh^3/12 - bh^3/9 = bh^3/36.$$

3. Tegelek.

$$dA = 2\pi\rho d\rho, \quad I_p = \int_A \rho^2 dA.$$

$$\text{Onda: } I_p = \int_0^{\frac{d}{2}} \rho^2 2\pi\rho d\rho = \left| 2\pi\rho^4 / 4 \right|_0^{\frac{d}{2}} = \pi d^4 / 32 = 0,1d^4,$$

$$I_z = I_y = \frac{I_p}{2} = \frac{\pi d^4}{64} = 0,05d^4.$$

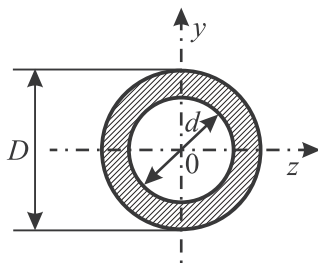


28-nji surat

4. Halka.

$$I_p = \frac{\pi D^2}{32} - \frac{\pi d^2}{32} = \frac{\pi D^2}{32} (1 - \alpha^4) = 0,1D^4 (1 - \alpha^4); \quad \alpha = \frac{d}{D}.$$

$$I_z = I_y = \frac{I_p}{2} = \frac{\pi D^2}{64} (1 - \alpha^4) = 0,5 D^4 (1 - \alpha^4).$$



29-njy surat

1.4.6. Baş inersiýa oklary we baş inersiýa momentleri

(IV.4) deňlemäniň maksimumyny barlaýarys.

$$\frac{dI_{z_1}}{d\alpha} = 2I_z \cos \alpha \sin \alpha + 2I_y \cos \alpha \sin \alpha - 2I_{zy} \cos 2\alpha = 0,$$

bu ýerde: $-(I_z - I_y) \sin 2\alpha - 2I_{zy} \cos 2\alpha = 0,$

$$\text{onda: } \operatorname{tg} 2\alpha = -\frac{2I_{zy}}{I_z - I_y}. \quad (\text{IV.5})$$

(IV.5) deňleme baş okuň ýagdaýyny kesgitleýär. Eger $\alpha > 0$ bolsa, onda α burçy z okdan sagat diliniň tersine, $\alpha < 0$ bolan ýagdaýynda sagat diliniň ugruna ölçäp goýmaly. Baş okuň ugry sterženiň in köp we in az gatylygyny berýär. Indi bolsa berlen inersiýa momentleriň üsti bilen baş inersiýa momentiniň bahasyny kesgitleýäris:

$$\text{Trigonometriýadan } \cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}, \sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}.$$

(VI.5) deňlemä goýup alarys:

$$I_\alpha = I_{z_1} = I_z \left(\frac{1 + \cos 2\alpha}{2} \right) + I_y \left(\frac{1 - \cos 2\alpha}{2} \right) - I_{zy} \sin 2\alpha = \frac{I_z + I_y}{2} + \frac{I_z - I_y}{2} \cos 2\alpha - I_{zy} \sin 2\alpha.$$

$$\text{Bu ýerde: } \cos 2\alpha = \pm \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 2\alpha}}, \quad \sin 2\alpha = \pm \frac{\operatorname{tg} 2\alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 2\alpha}}$$

$$\text{we } \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{-2I_{zy}}{I_z - I_y},$$

$$\text{onda } I_{\min}^{\max} = \frac{I_z + I_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(I_z - I_y)^2 + 4I_{zy}^2}. \quad (\text{IV.6})$$

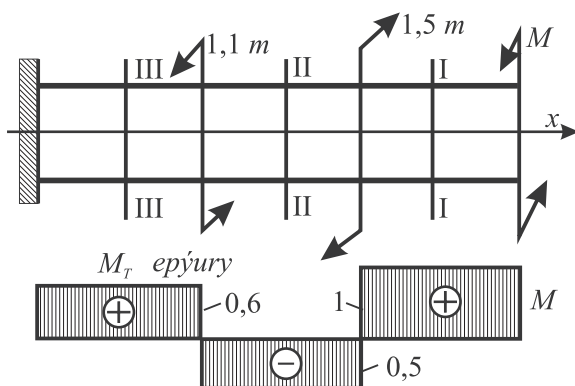
V BAP. TOWLANMA DEFORMASIÝASY

1.5.1. Towlama momentini hasaplamak we onuň epýuryny gurmak

Towlanma deformasiýasynda $M_T \neq 0$ we başga içki güýçler nola deňdirler.

Towlama moment M_T kesmek usuly arkaly kesgitlenilýär. Walyň kese kesiginde towlama momenti kesigiň haýsy hem bolsa bir tarapynda yerleşen daşky momentleriniň algebraik jemine deňdir. Daşky güýçler kesik tarapdan seredilende, seredilýän bölegi sagat diliniň ugruna aýlamaga ymtylsa, onda onuň alamaty položitel hasap edilýar, sagat diliniň tersine aýlanmaga ymtylsa, otrisatel hasap edilýär. Walyň uzynlygyna towlama momentiň üýtgemegini görkezýän çyzga **towlama momentiň epýury** diýilýär. Towlama momentiniň epýury hem boý güýçleriň epýurynyň gurluşy ýaly yzygiderlilikde gurulýar.

Üç moment bilen ýüklenen wal üçin towlama momentiniň epýuryny gurmagyň mysalyna seredeliň:



30-njy surat

Walyň bölünip alnan böleginiň deňagramlyk ýagdaýyna seredip alýarys:

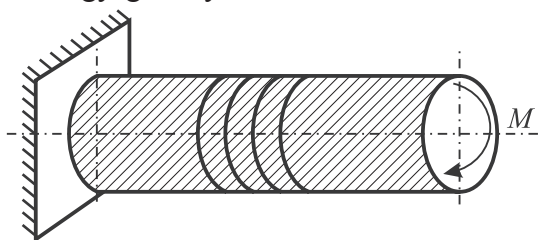
- I-I kesik $T_{T_I} = T$;
- II-II kesik $T_{T_{II}} = T - 1,5 T = -0,5 T$;
- III-III kesik $T_{T_{III}} = T - 1,5 T - 1,1 T = 0,6 T$.

Bu netijelerden görnüşi ýaly, her bölegiň çäginde towlama momenti hemişelik bahany eýeleýär (30-njy surat).

1.5.2. Tegelek kesikli wal towlananda dartgynlylygy we deformasiýany kesgitlemek

Kesikde dartgynlylygyň ýaýraýşyny düşündirmek üçin, tegelek walyň towlanma deformasiýasynyň geometrik şekiline seredýäris. Rezin modeliň gapdal üstüne

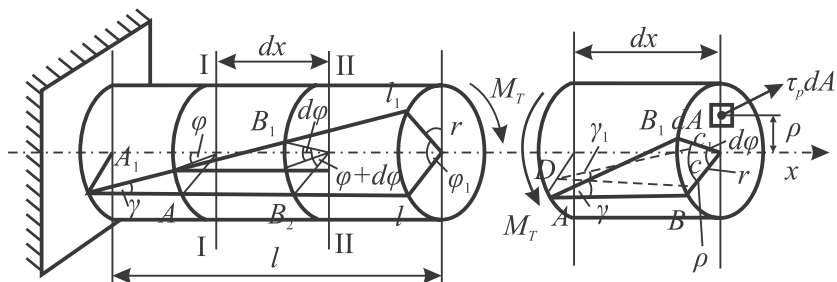
tor çyzýarys. Towlanmadan soň tor bilen emele gelen kwadratjagazlar gyşarýarlar. Emma walyň oky göni çzyklygyna galýar. Kese kesigiň sudury egrelmeýär, ýöne bir-birine görä öwrülýärler. Kesikleriň arasy üýtgemeýärler, şonuň üçin hem boý çzyklar uzalmaýarlar we gysgalmaýarlar.



31-nji surat

Sterženiň kese kesiginde towlanmada galtaşma dartgynlyk döreýär, normal dartgynlyk bolsa nola deňdir, sebäbi $\epsilon = 0$.

Bir tarapy berkidilen erkin tarapyna bolsa daşky moment goýlan tegelek kesikli walyň deformasiýasyna seredýäris (31-nji surat).



32-nji surat

II-II kesik I-I kesige garanyňda $d\phi$ burç boýunça öwrülýär. Uzynlygy dx bolan bölegiň deformasiýasyna seredýäris.

$$\text{Çyzgydan: } \gamma = \frac{BB_1}{A_1B} = \frac{rd\phi}{dx}.$$

$$\text{Erkin gatlak üçin süýşme burçy: } \gamma_\rho = \rho \frac{d\phi}{dx}.$$

$$\text{Süýşmede Gukun kanuny esasynda: } \tau = G\gamma = G \frac{d\phi}{dx} r. \quad (\text{V.1})$$

$$\text{ýa-da erkin gatlakda: } \tau_\rho = G\gamma_\rho = G \frac{d\phi}{dx} \rho. \quad (\text{V.2})$$

(V.1) we (V.2) deňlemelerden görmüşi ýaly, galtaşma dartgynlyk kese kesigiň nokatlarynda şu nokatlardan walyň okuna çenli aralygyň uzynlygyna proporsional üýtgeýär.

$\frac{d\phi}{dx}$ gatnaşygy tapmak üçin, walyň seredilýän böleginiň deňagramlylygyna seredýäris:

$$\Sigma T_x = T_T \int_A \tau_\rho dA \rho = 0.$$

$$\text{ýa-da} \quad T_T = \int_A \tau_\rho dA_\rho = \int_A G \frac{d\varphi}{dx} \rho^2 dA G \frac{dx}{dx} \int_A \rho^2 dA = GI_p \frac{d\varphi}{dx}.$$

$$\text{Bu ýerde } I_p = \int_A \rho^2 dA \text{ polýar inersiýa momenti} \quad (V.3)$$

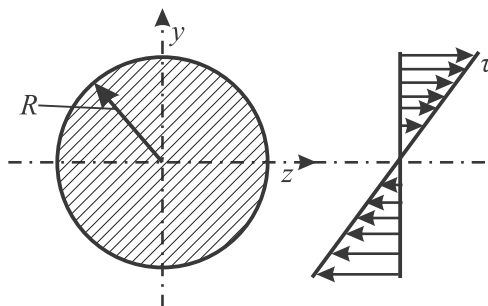
$$(V.3) \text{ aňlatmadan alýarys: } \frac{T_T}{GI_p} = \frac{d\varphi}{dx}, \quad (V.4)$$

bu ýerde GI_p – towlanmada walyň kese kesiginiň gatylygy.

(V.4) aňlatma **tegelek kesikli walyň towlanma nazaryýetiniň esasy deňlemesi** diýilýär. (V.4) deňlemäni (V.2) goýup alarys:

$$\tau_\rho = G \frac{T_T}{GI_p} \rho = \frac{T_T}{I_p} \rho. \quad (V.5)$$

V.5 deňlemäni ulanyp, galtaşma dartgynlylygyň epýýuryny gurýarys (33-nji surat):



33-nji surat

$$\rho = 0 \rightarrow \tau = 0, \rho = r \rightarrow \tau_{\max} = \tau.$$

Dartgynlylygyň maksimal bahasy bolsa kesigiň çetki nokatlarynda bolýar:

$$\tau_{\max} = \frac{T_T}{I_p} r. \quad (V.6)$$

$\frac{I_p}{r} = W_p$ ululyga **tegelek kesigiň polýar garşylyk momenti** diýilýär, ölçeg birligi sm^3, m^3, mm^3 .

Diýmek:

$$\tau_{\max} = \frac{M_T}{W_p}. \quad (V.7)$$

Towlanma burçuny tapmak üçin V.4 deňlemäni peýdalanýarys: $d\varphi = \frac{T_T dx}{GI_p}$.

$$\text{Bu aňlatmany integrirläp: } \varphi = \int_0^l \frac{T_T dx}{GI_p} = \frac{T_T l}{GI_p} \quad (V.8)$$

ýa-da otnositel towlanma burçy: $\theta = \frac{\varphi}{l} = \frac{T_T}{GI_p}$.

1.5.3. Towlanmada walyň amaly hasaplamalary

Amaly mesele çözülende walyň berkligi we gatylygy barlanýar. Rugsat edilýän dartgynlyk boýunça berklik şerti aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$\tau_{\max} = \frac{T_T}{W_P} \leq [\tau], \quad (\text{V.9})$$

bu ýerde $[\tau]$ – towlanmada rugsat edilýän galtaşma dartgynlyk.

(V.9) deňlemäniň kömegi bilen üç amaly meseläni çözüp bolýar.

Otnositel towlanma burçlary rugsat edilýän ululygyndan aşa geçmeli dälär:

$$\theta = \frac{T_T}{GI_P} \leq [\theta], \quad (\text{V.10})$$

bu ýerde $[\theta]$ – rugsat edilen otnositel towlanma burçy.

Mysal:

Deňberklik şertinden bütewi we halka görnüşli kesikleriň materialynyň harçlanlyşyny deňeşdirmeli:

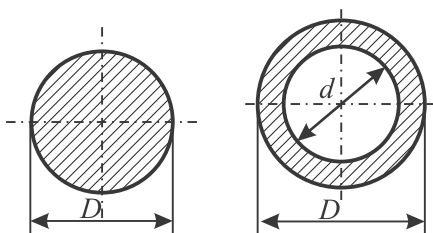
$$T_T = 12 \text{ kNm}, [\tau] = 60 \text{ MPa}, \alpha = \frac{d}{D} = 0,8;$$

$$W_P = \frac{T_T}{[\tau]} = \frac{12 \cdot 10^3}{60} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3.$$

$$1) \text{ Bitewi kesik: } D = \sqrt[3]{W_P / 0,2} = \sqrt[3]{2 \cdot 10^{-4} / 0,2} = 10 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

2) Halka görnüşli kesik:

$$D = \sqrt[3]{W_P / 0,2(1 - \alpha^4)} = \sqrt[3]{2 \cdot 10^{-4} / 0,2(1 - 0,8^4)} = 11,8 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$



34-nji surat

Bitewi kesigiň meýdany:

$$A_{but} = \frac{\pi D^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 (11,8 \cdot 10^{-2})^2}{4} (1 - 0,8^2) = 39,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

Halka görnüşli kesigiň meýdany:

$$A_{hal.} = \frac{\pi D^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 (11,8 \cdot 10^{-2})^2}{4} (1 - 0,8^2) = 39,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2,$$

$$\text{onda: } \frac{A_1}{A_2} = \frac{78,5}{39,35} \approx 2.$$

Material halka görnüşli kesikde bütewi kesige görä 2 gezek az harç edilýär.

VI BAP. TEKIZ EGILME

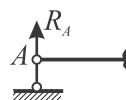
1.6.1. Balkalar we olaryň daýanç nokatlary

Egilme diýip sterženleriň okunyň egrelmesine hem-de onuň kese kesiginiň öwrülmesine aýdylýar. Egilmä işleýän göni çyzykly sterženlere **balka** diýilýär. Hasaplaýyş çyzygynda balka onuň boý oky bilen çalşyrylýar. Balkalaryň daýanç nokatlary üç görnüşde bolýarlar.

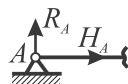
1) gozganýan-şarnirli



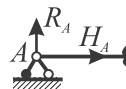
ýa-da



2) gozganmaýan-şarnirli



ýa-da



3) berkidilen



35-nji surat

Iki daýanç nokadyň arasyna **balkanyň gerimi** diýilýär. Daýanç nokatdan balkanyň erkin tarapyna çenli aralygyna **konsol** (ganat) diýilýär. Daýanç nokatlaryň gaýtargylary deňagramlylygyň deňlemesine görä hasaplanylýar:

$$\sum M_A = 0; \sum M_B = 0; \text{ we barlagy: } \sum y = 0.$$

1.6.2. Balkanyň kesigindäki içki güýçler we olaryň epýurlary

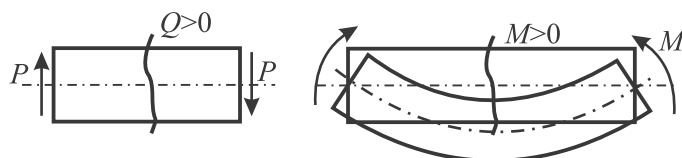
Tekiz balkanyň islendik kesiginde noldan tapawutlylykda N , Q , M bolýar. Bu güýçler rama we egri çyzykly sterženiň kesigine täsir edýärler. Eger daşky güýçler balkanyň okuna perpendikulýar täsir etse, onda $N = 0$, şonuň üçin hem balkanyň içki güýçleri Q we M bolup hyzmat edýär.

Kese güýç (Q) balkanyň kesiginden haýsy hem bolsa bir tarapda ýerleşen daşky güýçleriň kesigiň okuna bolan proyeksiýalarynyň jemine deňdir.

Egme moment (M) balkanyň seredilýän kesiginde kesigiň sag ýa-da çep tarapyndan täsir edýän daşky güýçleriň kesigiň oklaryna görä alnan momentleriniň jemine deňdir.

Eger kesigiň haýsy hem bolsa bir tarapynda ýerleşen daşky güýçler balkanyň seredilýän bölegini kesige görä sagat diliniň ugruna aýlamaga ymtylýan bolsa, onda **kesegüýjüň** alamaty položitelidir, tersine bolsa otrisateldir.

Eger daşky güýjüň täsiri astynda kesige görä balkanyň seredilýän böleginiň aşagy çekilse, **egme moment** položitel hasap edilýär, balkanyň ýokarky bölegi çekilse, otrisatel hasap edilýär.



36-njy surat

Içki güýçleriň ***Q***, ***M*** balkanyň uzynlygyna ýaýramak çyzgysyna **içki güýçleriň epýury** diýilýär. Çylşyrymly balkalaryň howply kesiklerini içki güýçleriň epýuryň kömegi bilen anyklamak örän takyk we maksada laýykdyr.

Epýur gurlanda ulanylýan birnäçe düzgünleri belläliň:

1. Epýur gurlanda ok (baza) epýuryň elmydama balkanyň okuna parallel ýa-da oňa gabat geler ýaly edip saýlanylýar.

2. Epýuryň ordinatasy epýuryň okuna perpendikulýar edilip ýerleşdirilýär.

3. Epýuryň inçe çyzyklary baza perpendikulýar çyzyklar bilen geçirilýär.

4. Kese güýç we egme moment üçin masştab saýlap alynýar we epýuryň ordinatasy alnan masştab boýunça ölçäp goýulýar. Epýurda ordinalaryň ululyklary görkezilýär we epýuryň meýdanlygynda güýçleriň alamaty goýulýar.

Indi bolsa ýokardaky bellenen düzgünleri peýdalanyň, içki güýçleriň epýurlaryny aýratynlykda gurýarys.

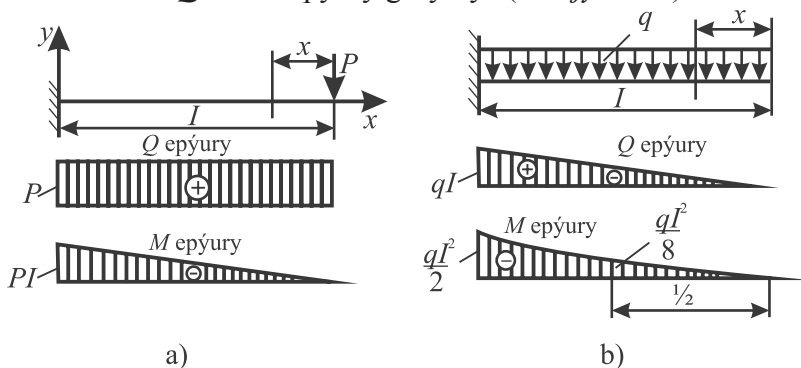
1. Bir ýere jemlenen güýç konsolyň (ganatyň) erkin tarapyndan täsir edýär.

Balkanyň I-I kesiginde içki güýçleriň aňlatmasyny ýazýarys:

$$Q = P, \quad M = -PX.$$

Eger $x = 0$, $M = 0$; eger $x = l$, $M = -Pl$;

Şu berlenler bilen ***Q*** we ***M*** epýury gurýarys (36-njy surat).



37-nji surat

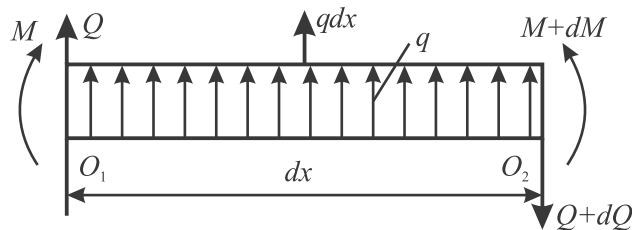
2. Balka endigan ýaýradylan güýç täsir edýär (37-nji b surat).

$$\text{I – I kesikde } Q = qx, \quad M = -q \frac{x^2}{2}, \quad X = 0, \quad Q = 0, \quad M = 0.$$

$$X = l, \quad Q = ql, \quad M = -\frac{ql^2}{2}, \quad X = \frac{l}{2}, \quad M = -\frac{ql^2}{8}.$$

1.6.3. Egilmede M , Q we q özara differensial baglanyşygy

Goý, balkadan bölünip alnan bölek $O_1 O_2$ (38-nji surat) daşky we içki güýçleriň täsirinde deňagramlylykda bolsun. Bu bölegiň deňagramlylyk şertine seredýäris:



38-nji surat

$$\Sigma y = Q + qdx - (Q + dQ) = 0, \quad \frac{dQ}{dx} = q. \quad (\text{VI.1})$$

$$\Sigma M_{O_2} = Qqx + q \frac{dx^2}{2} - (M - dM) + M = 0, \quad \frac{dM}{dx} = Q. \quad (\text{VI.2})$$

$$(\text{VI.1}) \text{ we } (\text{VI.2}) \text{ deňlemelere göre } \frac{d^2 M}{dx^2} = q. \quad (\text{VI.3})$$

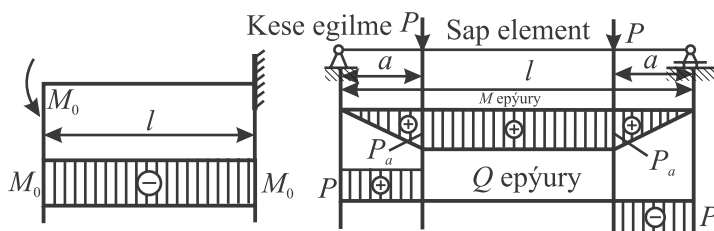
(VI.1), (VI.2) we (VI.3) baglanyşyklara D.I.Zurawskiniň teoremlary hem diýilýär.

Bu baglanyşyklar epýur gurmaýy ýeňilleşdirýär we olaryň dogry gurlandygyny barlamaga mümkinçilik berýär.

1.6.4. Sap egilme. Normal dartgynlylygy kesgitlemek

Bize belli bolşy ýaly, sap egilmede balkanyň kese kesiginde döreýän içki güýçleriň diňe egme momenti noldan tapawutly bolýar. Şonuň ýaly-da ýeke-täk döreýän içki güýç balkanyň hemme kesiklerinde hemişelik ululykda bolýar.

Mysallar.

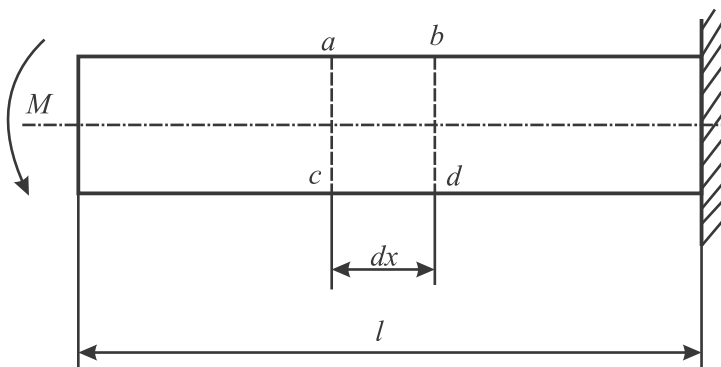


39-njy surat

D.I.Zurawskiniň baglanyşygyndan bize belli, ýagny sap egilmede:

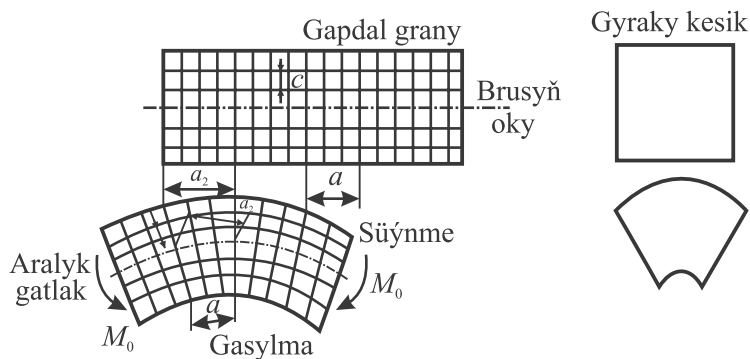
$$Q = \frac{dM}{dx} = 0.$$

Şonuň üçin hem $M = \text{hemişelik}$.

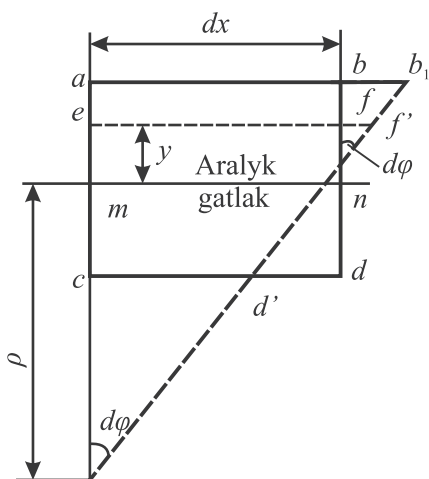


40-njy surat

Egilmede deformasiýanyň häsiýetini öwrenmek üçin göni burçly kesikli rezin brusy alýarys we gapdal granlarynda brusyň okuna parallel we perpendikulýar çyzyklar geçirip tor döredýäris. Goý, seredilýan nusga daşky moment täsir edýän bolsun. Şu goýlan momentden bolsa brus göni sap egilmä sezewar bolýar (41-nji surat).



41-nji surat



42-nji surat

Brusyň okuna parallel çyzyklar egrelýärler, emma çyzyklaryň arasyndaky uzaklyk üýtgemeyär. Oka perpendikulýar çyzyklar deformasiýadan soň gönüligine galýarlar, ýöne öňki ýagdaýndan öwrülýärler. Deformasiýa çenli tekiz kesikler deformasiýa wagtynda hem tekizligine galýarlar. Ýene bir çaklama, ol hem boý süýümleri deformasiýada biri-birini basmaýarlar.

Normal dartgynlylygy egilmede tapmak statiki kesgitlenmeýän meselä degişlidir.

Sap egilmä duçar bolan pürse seredýäris.

Uzynlygy dx bolan bölegiň dartgynlylyk ýagdaýyna seredýäris. Bernulliniň çaklamasy boýunça ac we bd kesikler egilmede tekizligine

galýarlar, emma biri-birine $d\phi$ burç boýunça ýapgytlanýarlar (42-nji surat).

ac kesigi şertli gozganmaýan diýip kabul edýäris. bd kesik bolsa täze $b'd'$ ýagdaýa eýe bolýar.

A nokada **egrelmäniň merkezi** diýilýär. Bitarap gatlakdan y uzaklykda ýerleşen ef gatлага seredýäris.

ff' – şu gatlagyň absolyút deformasiýasy.

Otnositel deformasiýa: $\varepsilon = \frac{ff'}{ef}$.

nff' we nmA Δ -laryň meňzeşliginden $\frac{ff'}{mn} = \frac{y}{\rho}$, $mn = ef = dx$,

şonuň üçin hem: $\varepsilon = \frac{y}{\rho}$ (VI.4)

ρ – bitarap gatlagyň egrilik radiusy. (VI.4) deňlemä egilmede **deformasiýanyň deňlemesi** diýilýär. Sap egilmede hemme süýümler bir okly süýnme we gysylma şertinde bolýarlar. Gukuň kanuny esasynda:

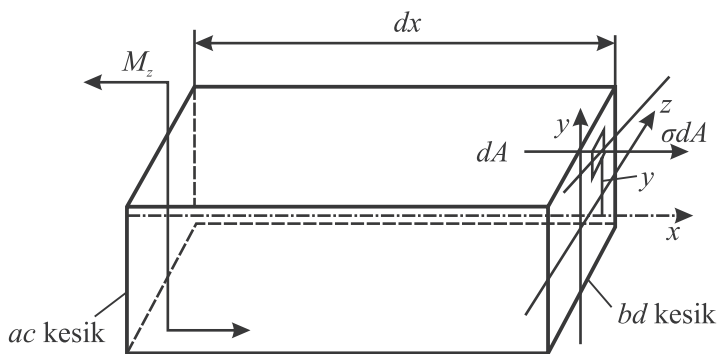
$$\sigma = E \frac{y}{\rho} \quad (VI.5)$$

(VI.5) deňleme kese-kesikde kadaly dartgynlylygyň ýaýraýyş häsiýetini berýär. Emma bu deňleme bilen dartgynlylygyň san bahasyny almak mümkin däl, sebäbi ρ -ny nazary kesgitlemek mümkin däl.

Meseläniň statiki tarapyna geçýäris. Statikanyň deňlemelerini düzýäris:

$$1. \sum_A \sigma dA = 0 \text{ emma } \sigma = E \frac{y}{\rho}; \text{ bu ýerde } \frac{E}{\rho} \neq 0,$$

$$\text{onda } \int_A y dA = 0 \text{ we } \int_A E \frac{y}{\rho} dA = \frac{E}{\rho} \int_A y dA = 0, \text{ emma } S_z \int_A y dA = 0.$$



43-nji surat

Bu ýerde S_z – balkanyň kese-kesiginiň statiki momenti we bu ululyk z oka görä nola deň, şonuň üçin hem balkanyň oky agyrylyk merkezinden geçýär.

$$2. \sum M_z \int_A \sigma dA - M_z = 0, \text{ onda } M_z = \int_A \sigma dA y. \quad (\text{VI.6})$$

(VI.5) bilen (VI.6) bilelikde işläp alarys:

$$M_z = \frac{E}{\rho} \int_A y^2 dA, \text{ bu ýerde } \int_A y^2 dA = I_z - \text{egilmede kesigiň inersiýa momenti,}$$

$$\text{şonuň üçin hem: } M_z = \frac{E}{\rho} I_z, \text{ ýa-da } \frac{1}{\rho} = \frac{M_z}{EI_z}. \quad (\text{VI.7})$$

(VI.7) deňleme **egilme nazaryýetiniň esasy deňlemesi** diýilýär. Bu deňleme içki güýji deformasiýa bilen baglanyşdyrýar.

Bu ýerde EI_z – egilmede balkanyň kese kesiginiň gatylygy.

(VI.5) we (VI.7) deňlemeleri bilelikde işläp alarys:

$$\frac{M_z}{EI_z} = \frac{\sigma}{Ey} \rightarrow \sigma = \frac{M_z}{I_z} y. \quad (\text{VI.8})$$

Maksimal we minimal dartgynlylyklar balkanyň kese-kesiginiň aralyk oklardan iň daşda ýerleşen nokatlarynda döreýär. Eger kesigiň simmetriýa oklary bar bolsa, onda iň uly süýnme we gysylma dartgynlylyklary absolýut ululygy boýunça deňdirler:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_z}{I_z} y_{\max} = \frac{M_z}{W_z}. \quad (\text{VI.9})$$

$$\text{we berklik şerti: } \sigma_{\max} = \frac{M_z}{W_z} \leq [\sigma]. \quad (\text{VI.10})$$

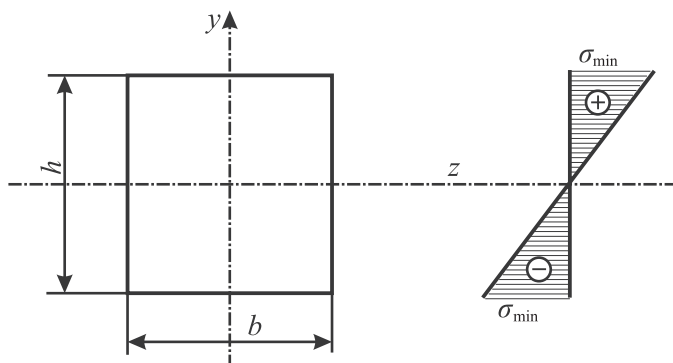
$W_z = \frac{I_z}{y_{\max}}$ – kesigiň z oka görä garşylyk momenti ($\text{sm}^3, \text{m}^3, \dots$);

y_{\max} – kesigiň iň daşky ýerleşen nokadyndan aralyk oka çenli aralyk.

(VI.8) deňleme esasynda normal dartgynlylygyň epýuryny gurýarys:

$$\sigma = \frac{M_z}{I_z} y \text{ şonuň üçin hem } y = \pm \frac{h}{2},$$

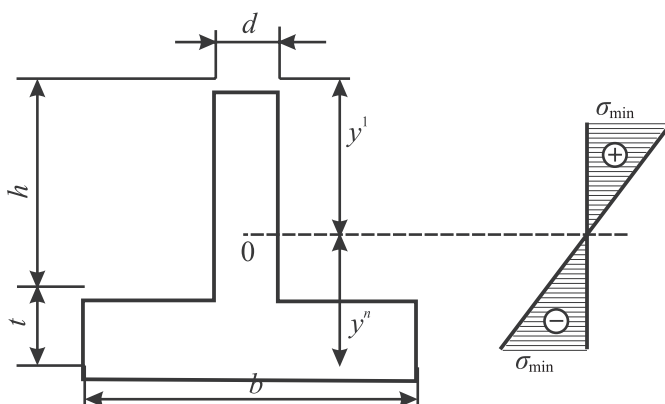
$$\sigma_{\max} = \frac{M_z}{I_z} \left(\frac{h}{2} \right) \text{ we } \sigma_{\min} = \frac{M_z}{I_z} \left(-\frac{h}{2} \right).$$



44-nji surat

Bitarap oka simmetriýa däl kesikler üçin (üçburçlyk, tawra we ş.m.), aralyk okdan iň daşda ýerleşen süýnýän we gysylýan süýümlere çenli aralyk birmeňzeş bolmaýarlar. Şonuň üçin garşylyk momentiniň we normal dartgynlylygyň şular ýaly kesikler üçin iki bahasy bolýar:

$$W_z^I = \frac{I_z}{y_{\max}^I} \text{ we } W_z^{II} = \frac{I_z}{y_{\max}^{II}}. \quad (\text{VI.11})$$



45-nji surat

Boý dartgynlylyklar bolsa: $\sigma_{\max} = \frac{M_z}{W_z^I};$ (VI.12)

$$\sigma_{\min} = \frac{M_z}{W_z^{II}}. \quad (\text{VI.13})$$

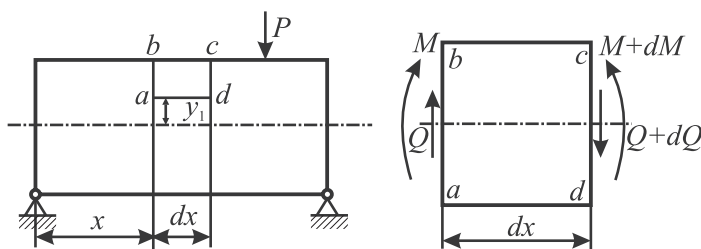
1.6.5. Egilmede galtaşma dartgynlylyk. D.I. Zurawskiniň deňlemesi

Kese egilmede balkanyň kese kesiginde normal dartgynlylykdan başga galtaşma dartgynlylyk hem döreýär. Normal dartgynlylyk kese egilmede sap egilmede alnan formula bilen kesgitlenilýär. Galtaşma dartgynlylyk normal dartgynlylykdan tapawutlylykda, balkanyň kese we boý kesiklerinde ýüze çykýar. Boý kesikde döreýän galtaşma dartgynlylyk kesigi egreldýär, ýöne bu egreltme ujypsyz bolany üçin hasaplamalarda hasaba alynmaýar.

Normal dartgynlylyk kese egilmede sap egilmedäki ýaly aňlatma bilen kesgitlenilýär:

$$\sigma = \frac{M_z}{I_z} y.$$

Galtaşma dartgynlylygyň aňlatmasyny çykarmak üçin, balkadan uzynlygy dx bolan $a-b-c-d$ bölegi bölüp alýarys:



46-njy surat

$$\sigma = \frac{M}{I} y \quad \text{we} \quad \sigma + d\sigma = \frac{M + dM}{I} y. \quad (\text{VI.14})$$

Bu dartgynlylygyň epýurlary.

Galtaşma dartgynlylyk kesigiň beýikligine üýtgeýär.

τ_{y_1} – galtaşma dartgynlylyk **ad** tekizlikde we $\tau_x = \tau_{y_1}$.

$a-b$ we $c-d$ meýdança, ýagny kese-kesigiň bölegi, **y** beýiklikden ýokarda ýerleşen (**ad** meýdançadan ýokary) **kese-kesigiň bölünip alnan bölegi** diýilýär we A_1 bilen belleýäris.

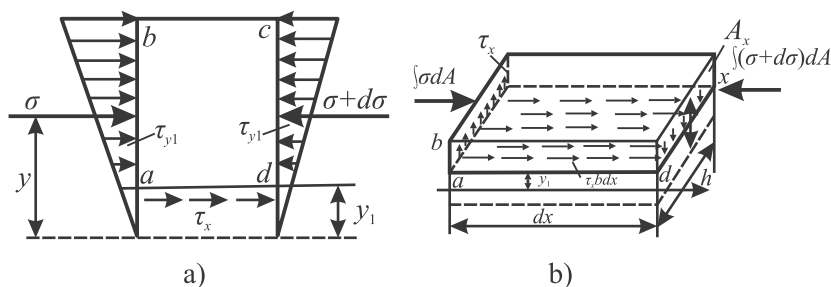
a-b-c-d bölek üçin deňagramlylygyň deňlemesini düzýäris:

$$\Sigma x = \int_{A_1} \sigma dA - \int_{A_1} (\sigma + d\sigma) dA + \tau_x b dx = 0. \quad (\text{VI.15})$$

Bu ýerde: $\int_{A_1} \sigma dA$ – $a-b$ meýdançada ýüze çykýan güýçleriň deňtäsiredijisi;

$\int_{A_1} (\sigma + d\sigma) dA$ – $c-d$ meýdançada ýüze çykýan normal güýçleriň deňtäsiredijisi;

$\tau_x b dx$ – $a-d$ meýdançadan täsir edýän galtaşma güýçleriň deň täsir edijisi;
 $b - y_1$ beýiklikde kese-kesigiň ini.



47-nji surat

(VI.14) deňlemäni (VI.15) goýup alarys:

$$\int_{A_1} \frac{M}{I} y dA + \tau_x b dx - \int_{A_1} \frac{M + dM}{I} y dA = 0$$

ýa-da $\tau_x b dx \int_{A_1} \frac{M + dM}{I} y dA - \int_{A_1} \frac{M}{I} y dA.$

D.I.Zurawskiniň teoremasy esasynda $dM = Q dx$.

Onda: $\tau_x b dx = \frac{Q dx}{I} \int_{A_1} y dA.$

$\int_{A_1} y dA$ – bölünip alnan kesigiň meýdanynyň bitarap oka görä statiki momenti,

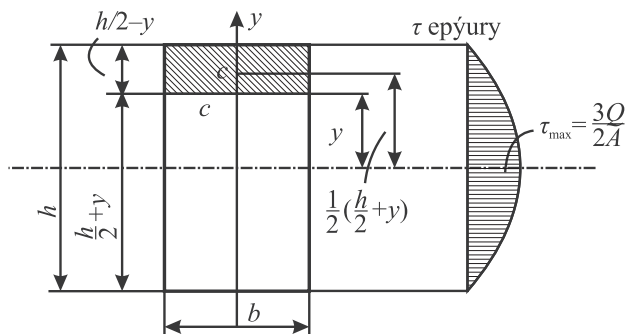
ýagny: $S_z^{kes} = \int_{A_1} y dA$, $\tau_x \frac{Q S_z^{kes}}{I b}$, emma $\tau_x = |\tau_{y1}| = \tau$.

$$\tau = \frac{Q S_z^{kes}}{I b}. \quad (\text{VI.16})$$

(VI.16) **Zurawskiniň deňlemesi** diýilýär.

Gönüburçluk üçin galtaşma dartgynlygyny kesgitleýäris:

$$I_z = \frac{bh^3}{12}, \quad S_z^{kes} = A^{kes} y^{kes} = \left(\frac{h}{2} - y \right) b \frac{1}{2} \left(\frac{h}{2} + y \right) = \frac{b}{2} \left[\left(\frac{h}{2} \right)^2 - y^2 \right].$$



48-nji surat

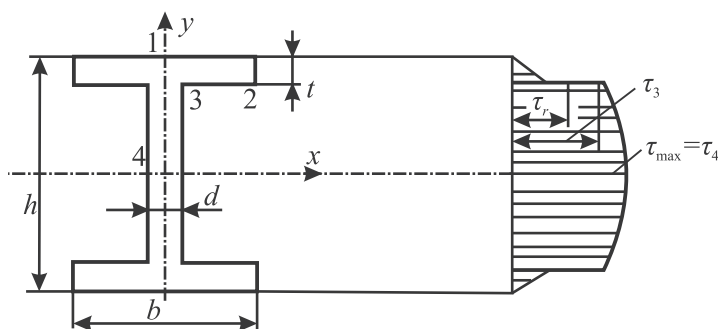
$$\text{Onda: } \tau_c \frac{Qb \cdot 12}{2bh^3b} \left(\frac{h^2}{4} - y^2 \right) = \frac{6Q}{bh^3} \left(\frac{h^2}{4} - y^2 \right), \quad (\text{VI.17})$$

eger $y = \pm \frac{h}{2}$, onda $\tau = 0$.

Eger $y = 0$, onda $\tau_{\max} = \frac{3Q}{2A}$.

Gönüburçly kesikde in uly galtaşma dartgynlylyk $\frac{Q}{A}$ bolan orta bahasyndan 1.5 esse uludyr.

Indi bolsa galtaşma dartgynlylygyň dwutawr kesikli balkada ýaýraýşyna seredýäris:



49-njy surat

Galtaşma dartgynlylygy Zurawskiniň deňlemesi boýunça dwutawranyň bir-näçe nokatlaryndan tapýarys.

Ýokarky nokatda $\tau_1 = 0$, sebäbi hemme meýdan seredilýän nokatdan aşakda ýerleşýänligi üçin $S_1 = 0$.

2-nji nokatda:

$$S_2^{kes} = bt \left(\frac{h-t}{2} \right) \quad \text{we} \quad \tau_2 = \frac{Q}{I_z b} bt \left(\frac{h-t}{2} \right) = \frac{Q}{I_z} \left(\frac{h-t}{2} \right) \cdot t;$$

$$3\text{-nji nokatda: } S_2^{kes} = S_2^{kes} \quad \text{we} \quad \tau_3 = \frac{Qtb}{I_z d} \left(\frac{h-t}{2} \right).$$

Şu ýerde τ epýurynda w/d ululykda birden bökmə bolýar. Galtaşma dartgynlylygyň in uly bahasy bitarap okunda ýerleşen nokatda bolýar, sebäbi S^{kes} maksimal baha eýe bolýar.

$$S_4 = S_{\max}^{kes} = bt \left(\frac{h-t}{2} \right) + \frac{d}{2} \left(\frac{h-t}{2} \right)^2;$$

$$\tau_{\max} = \frac{Q}{I_z d} \left[bt \left(\frac{h-t}{2} \right) + \frac{d}{2} \left(\frac{h-t}{2} \right)^2 \right]. \quad (\text{VI.18})$$

Alnan ululyklaryň kömegi bilen galtaşma dartgynlylygyň epýuryny gurýarys, ol bolsa τ_{\max} ordinatasyna simmetriýalaýyn bolýar. Zurawskiniň aňlatmasy we sere-dilýän mysallar galtaşma dartgynlylygyň ýaýraýşyna umumy netije berýär.

1. τ epýury balkanyň kese-kesiginiň görnüşine bagly.
2. Bitarap çyzykdan daşlaşan iň çetki nokatlarynda τ elmydama nola deňdir.
3. Bitarap çyzykda τ elmydama iň uly baha eýedir:

$$\tau_{\max} = \frac{QS_{\max}^{\text{kes}}}{I_z b}, \quad (\text{VI.19})$$

S_{\max}^{kes} – ýarym kesigiň statiki momenti,

ýa-da şu aňlatma bilen hem tapsa bolýar: $\tau_{\max} = k \frac{Q}{A}$,

k – kesigiň görnüşine bagly koeffisiýent, $k = 1.5$; $k_0 = 1.33$ we ş.m.

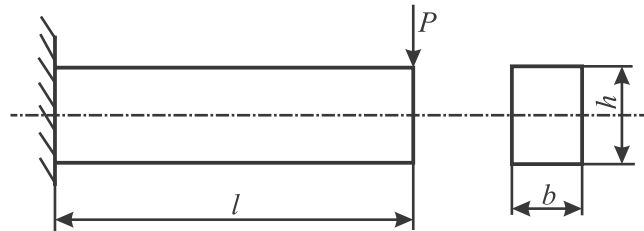
Galtaşma dartgynlylygyň normal dartgynlylyk bilen deňeşdireniňde uly däl-di-gini hasaplamalar görkezýär.

τ/σ gatnaşygyny konsol balka üçin tapýarys:

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma Pl}{bh^2}, \quad \tau_{\max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{bh}.$$

Onda:
$$\frac{\tau_{\max}}{\sigma_{\max}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Qbh^2}{bh\sigma Pl} \cdot \frac{3}{2} = \frac{h}{4\ell}.$$

Bu ýerde $Q = P$.

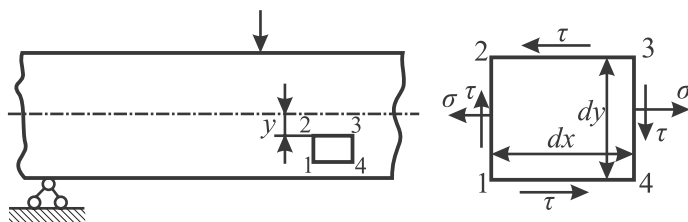


50-nji surat

Şonuň üçin hem kese egilmede berklige hasap normal dartgynlylyk boýunça geçirilýär.

1.6.6. Egilmede baş dartgynlylyk

Egilmede balkanyň dartgynly ýagdaýyny seljermek üçin, balkadan 1-2-3-4 kiçi parallelepipedini kesip alýarys. Seredilýän kiçi parallelepipediniň uzynlygy balka-nyň inine deňdir.



51-nji surat

Parallelepiped egilmede tekiz dartgynlyk ýagdaýda bolýar. Eger parallelepipedin seredilýän granynyň meýdançasyna galtaşma dartgynlyk nola deň bolsa, şonuň ýaly meýdança **baş meýdança** diýilýär. Şu meýdançadan täsir edýän normal dartgynlygy **baş dartgynlyk** diýilýär.

Baş meýdança 45° burç boýunça ýapgytlanan meýdança täsir edýän dartgynlygy **ekstremal galtaşma dartgynlyk** diýilýär. Baş normal dartgynlyk, ekstremal galtaşma dartgynlyk aşaky aňlatmalar boýunça hasaplanylýar:

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}; \quad (VI.20)$$

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}. \quad (VI.21)$$

(VI.22) deňlemiden görnüşi ýaly, σ_{\max} elmydama položitel, σ_{\min} bolsa elmydama otrisatelidir. Baş meýdançanyň parallelepipedin gapdal granyna ýapgyt burçy:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = -\frac{2\tau}{\sigma}. \quad (VI.22)$$

Indi bolsa balkanyň gönüburçly kesiginiň nokatlarynyň dartgynlyk ýagdaýyna jikme-jik seredeliň.

Kese-kesigiň aralyk okundan iň daşky nokatlarynda galtaşma dartgynlyk nola deň, normal dartgynlyk bolsa $\pm(M/W)$ deňdir, bu nokatda bir okly dartgynlyk ýagdaý bolýar.

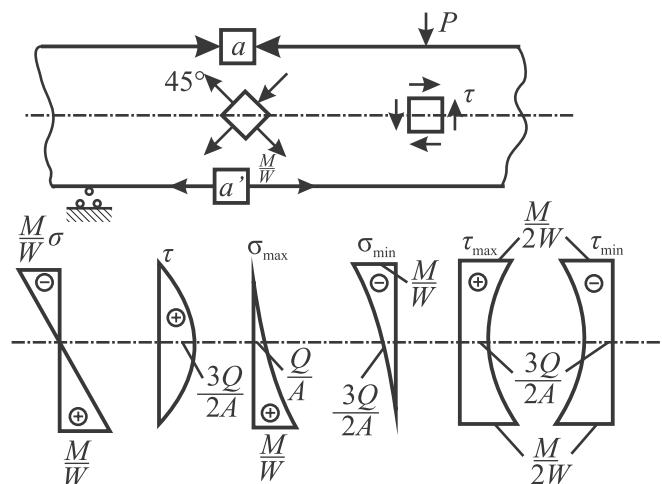
a we a' nokatlarda eksremal galtaşma dartgynlyk:

$$\tau_{\max} = \pm \frac{\sigma}{2} = \pm \frac{M}{2W}. \quad (VI.23)$$

Bitarap okuň nokadynda normal dartgynlyk nola deň, galtaşma dartgynlyk:

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{Q}{A}. \quad (VI.24)$$

Bitarap okdaky nokatlar arassa süýşme dartgynlyk ýagdaýynda bolýarlar.



52-nji surat

Galan nokatlarda σ we τ noldan tapawutlydyrlar. 52-nji suratda egme momentiň we kese güýçleriň polozitel bahalary üçin dartgynlylyklaryň epýurlary gurlandyr.

VII BAP. ÇYLŞYRYMLY GARŞYLYK

1.7.1. Esasy düşüňjeler

Biz ýokarda deformasiýanyň dört sany ýönekeý görnüşine, ýagny merkezi süýnmä (gysylma), süýsmä, towlanma we tekiz egilmä seretdik. Emma iş ýüzünde has çylşyrymly sterženiň kese-kesigine bir wagtda birnäçe içki güýç faktorlary täsir edýän pursatlary ýygy-ýygdydan gabat gelýär. Şular ýaly ýüklenmä **çylşyrymly garşylyk** diýilýär. Çylşyrymly garşylyk iki topara bölünýär.

Birinji toparda balkanyň howply nokatlary bir okly dartgynlylyk ýagdaýynda bolýar. Bu topara gysyk egilme we merkezden daşarky süýnme we gysylma degişli.

Ikinji toparda balkanyň nokady tekiz dartgynlylyk ýagdaýynda bolýar. Şonuň üçin hem berklige hasaplama berklik nazaryýetlerini ulanmak arkaly ýerine ýetirilýär. Bu topara bir wagtdaky egilme we towlanma her degişli.

Çylşyrymly deformasiýalar täsir edýän güýçleriň bir-birine bagly bolmadyk kanunynyň kömegi bilen owrenilýär. Sebäbi seredilýän deformasiýalar Gukun kanunyna boyun egýär.

1.7.2. Gyýa egilme

Eger balkanyň boý okuna perpendikulýar ugrukdyrylan daşky güýçleriň çyzyk täsiri kesigin baş inersiýa okunyň üstünden geçmese, şu ýagdaýdaky egilmä **gyýa egilme** diýilýär.

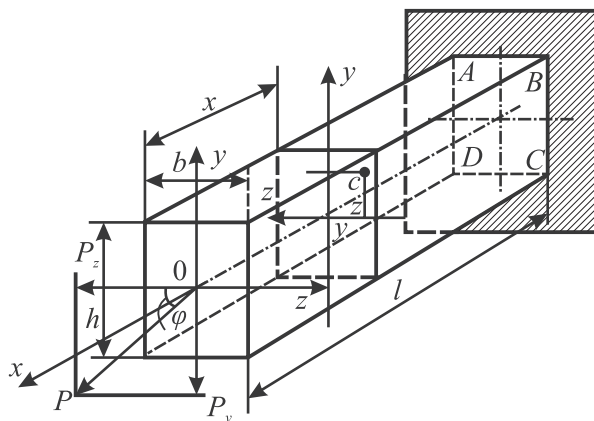
Täsir edýän güýji Oz we Oy baş inersiýa oklaryň ugry boyunca dargadyp alarys:

$$P_y = P \sin \varphi; \quad P_z = P \cos \varphi,$$

P_y güýç pürsde yOx tekizlikde göni egilme döredýär,

P_z güýç pürsde yOz tekizlikde göni egilme döredýär.

Şonuň üçin hem gyşyk egilme iki göni tekiz egilmäniň goşulmagynyň netijesidir.



53-nji surat

Erkin kesikde iki egme moment döredýär:

M_z – z baş inersiýa oka görä moment;

M_y – y baş inersiýa oka görä moment;

Çyzygydan $M_y = P_z x = Px \cos \varphi$, $M_z = P_y x = Px \sin \varphi$

ýa-da $M_y = M \cos \varphi$; $M_z = M \sin \varphi$.

Bu ýerde $M = Px$ seredilýän kesikde P güýçden doly egme moment.

Seredilýän kesigin C nokady üçin normal dartgynlylygy kesgitleýäris:

$$P_y \text{ güýçden: } \sigma_z = \frac{M_z}{I_z} \cdot y = \frac{M \sin \varphi}{I_z} \cdot y,$$

$$P_z \text{ güýçden: } \sigma_y = \frac{M_y}{I_y} \cdot z = \frac{M \cos \varphi}{I_y} \cdot z.$$

Doly dartgynlylyk P güýçden:

$$\sigma_c = \sigma_z + \sigma_y = M \left(\frac{y \cdot \sin \varphi}{I_z} + \frac{z \cdot \cos \varphi}{I_y} \right). \quad (\text{VII.1})$$

Jemlenende dartgynlylygyň alamatyny hasaba almaly. Seredilyän C nokat üçin σ_y we σ_z süýndüriji dartgynlylyklardyr.

Bitarap oky balkanyň kese-kesiginde kesgitleýäris. Göni egilmeden tapawutlylykda, gyşyk egilmede oklar egme momentiň täsir edýän tekizligine perpendikulýar bolmaýarlar. Bitarap okda normal dartgynlylyk nola deň, şonuň üçin (VII.1) aňlatmany nola deňlap alarys:

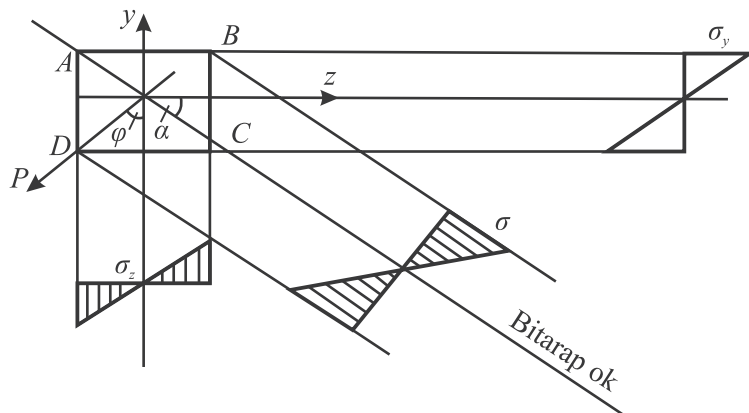
$$\sigma_c = M \cdot \left(\frac{y \cdot \sin \varphi}{I_z} + \frac{z \cdot \cos \varphi}{I_y} \right) = 0, \text{ emma } M \neq 0,$$

$$\frac{y \cdot \sin \varphi}{I_z} + \frac{z \cdot \cos \varphi}{I_y} = 0,$$

bu ýerde

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{z}{y} = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{I_y}{I_z}. \quad (\text{VII.2})$$

(VII.2) deňleme gyşyk egilmede bitarap okuň ýagdaýyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Bu deňlemedäki α burçuny bitarap okuň ýagdaýyny kesgitlemek üçin, z okuny sagat diliniň ugruna, α burç boýunça öwürmeli. Kesigin howply nokadyny tapmak üçin, bitarap okuň ýagdaýy kesgitlenilýär. Görşümüz ýaly, bitarap ok kesigiň agyrylyk merkezinden geçýär. Gyşyk egilmede normal dartgynlylygyň kesikde ýaýraýyş çyzygyna seredýäris.



54-nji surat

σ_z we σ_y epýurlar M_z we M_y momentleriň aýratynlykda täsir etmeginden gurlan epýurlar, σ bolsa, jemlenen dartgynlylygyň epýury. Umumy ýagdayda $\varphi \neq \alpha$ bolýandygy (VII.2) deňleme esasynda görünýär.

Eger $\alpha = \varphi$ bolsa, onda $I_y = I_z$, bu şert bolsa diňe tegelek, kwadrat we şuna meňzeş kesikler üçin ýerine ýetirilýär. Şonuň üçin ýokardaky kesiklerde gyşyk egilme bolmaýar.

Eger $I_y = I_{\max}$ we $I_z = I_{\min}$ onda $I_y/I_z \neq 1$.

Şonuň üçin hem $\operatorname{tg} \alpha \neq \operatorname{tg} \varphi$ we $\alpha \neq \varphi$.

Bu ýerden gyşyk egilmede bitarap ok $\alpha - \varphi$ burç boýunça, inersiýa momentiniň iň kiçi bahasy bolan oka görä öwrülýär.

Kesik üçin howply nokatlar baş inersiýa okundan iň daşda yerleşen nokatlardyr.

Howply nokatlarda dartgynlylygy tapmak üçin, (VII.1)

deňlige $y = y_{\max}$ we $z = z_{\max}$ goýmak gerek. Netijede alarys:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_z}{I_z} \cdot y_{\max} + \frac{M_y}{I_y} \cdot z_{\max},$$

$$I_z / z_{\max} = W_z \quad I_y / y_{\max} = W_y. \quad (\text{VII.3})$$

σ_{\max} rugsat edilýän dartgynlylykdan köp bolmaly däl diýip berklik şertini alarys:

$$\sigma_{\max} = M \left(\frac{\sin \varphi}{W_z} + \frac{\cos \varphi}{W_y} \right) \leq [\sigma]. \quad (\text{VII.4})$$

Gyşyk egilmede egilmäniň ululygyny tapmak üçin baş inersiýa oklaryndaky bahalaryny kesgitleýäris.

Umumy egilme bolsa düzüji egilmeleriň geometrik jemine deň:

$$f = \sqrt{f_y^2 + f_z^2}. \quad (\text{VII.5})$$

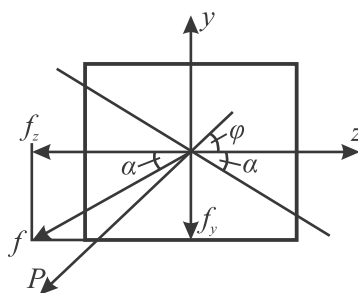
Seredilýän balka üçin: $f_y = P \cos \varphi \frac{l^3}{3EI_z}$, $f_z = P \sin \varphi \frac{l^3}{3EI_y}$

Bu egilmäniň ugruny kesgitleýäris.

Çyzgydan alarys: $\frac{f_z}{f_y} = \frac{3EI_y \cdot P \sin \varphi l^3}{3EI_z \cdot P \cos \varphi l^3} = \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{I_y}{I_z}.$ (VII.6)

Bu ýerden egilmäniň ugry bitarap oka perpendikulýardygy görünýär. Gatylyk şerti gyşyk egilmede aşaky ýaly ýazylyar:

$$f = \sqrt{f_y^2 + f_z^2} \leq |f|. \quad (\text{VII.7})$$



55-nji surat

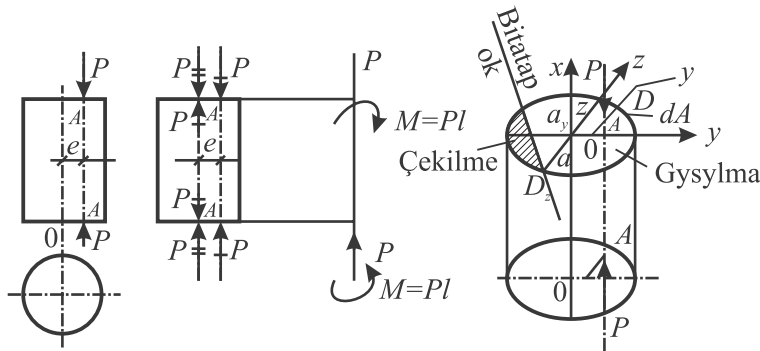
1.7.3. Merkezden daşarky süýnme (gysylma)

Balkanyň kese kesigine bir wagtda boý güýji we egilme momenti täsir edýän bolsalar, deformasiýanyň şular ýaly görnüşine **merkezden daşarky süýnme (gysylma)** diýilýär. Başgaça aýdylanda, eger daşky boý güýçler kesigiň agyrlyk merkezinden täsir etmeseler, inersiýa oklaryna göre eksentrisitet boýunça täsir edýän bolsalar, çylşyrymly deformasiýa bolup geçýär ýa-da merkezden goyulmadyk iki sany deň we garşyma-garşy oka parallel bir gönüden ugrukdyrylan güýçler syryga täsir edýän bolsalar, merkezden daşarky süýnmäni (gysylmany) alarys.

Dartgynlylygy tapmak üçin merkezden daşarky gysylma işleýän steržene seredýäris.

Dartgynlylygy boý güýçden (P) we egme momentlerden (M_z we M_y) aşakdaky ýaly aňladyp bolýar:

$$\sigma_p = P/A; \quad \sigma_{M_z} = \frac{M_z}{I_z} \cdot y; \quad \sigma_{M_y} = \frac{M_y}{I_y} \cdot z.$$



56-njy surat

Bu ýerde $M_z = Py_p$; $M_y = Pz_p$ jemläp alarys:

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_{M_z} + \sigma_{M_y} = \frac{P}{A} + \frac{Py_p}{I_z} \cdot y + \frac{Pz_p}{I_y} \cdot z,$$

$I_z = i_z^2 \cdot A$, $I_y = i_y^2 \cdot A$ çalşyp alarys:

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{y_p y}{i_z^2} + \frac{z_p z}{i_y^2} \right), \quad (\text{VII.8})$$

bu ýerde i_z , i_y – kese-kesigiň inersiýa radiuslary.

Bitarap okuň deňlemesini (VII.8) deňlemäniň sag tarapyny nola deňläp alarys:

$$\frac{P}{A} \left(1 + \frac{y_p y}{i_z^2} + \frac{z_p z}{i_y^2} \right) = 0 \quad P/A \neq 0.$$

$$\text{Diýmek: } 1 + \frac{y_p y}{i_z^2} + \frac{z_p z}{i_y^2} = 0. \quad (\text{VII.9})$$

Bu deňlemäni göni kesimiň deňlemesi görnüşinde ýazmak bolýar:

$$y/a_y + z/a_z = 1. \quad (\text{VII.10})$$

(VII.9) bilen (VII.10) deňläp alarys:

$$a_z = -i_y^2 / Z_p, \quad a_y = -i_z^2 / y_p. \quad (\text{VII.11})$$

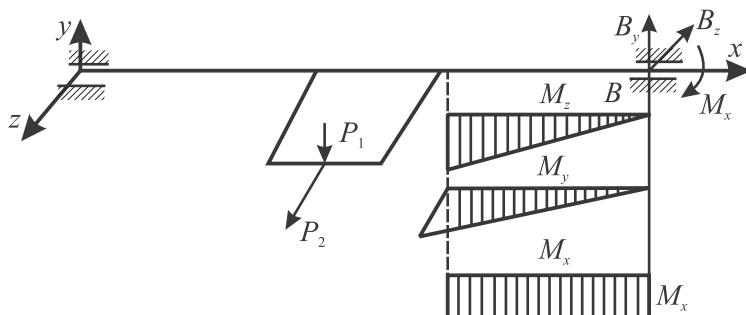
Bitarap ok daşky güýjüň goýlan nokadyndan kesigiň agyrlık merkezinden garşy-garşy tarapynda ýerleşýär.

Soňky deňlemeden şular gelip çykýar:

1. Bitarap okuň ýerleşşi daşky güýjüň alamatyna we ululygyna bagly däl;
2. Bitarap ok we daşky güýjüň goýlan nokady koordinatlaryň başlangyjyndan garşy-garşy tarapda ýerleşýärler;
3. Daşky güýjüň goýlan nokady koordinatlaryň başlangyjyndan näçe uzaklykda bolsa, şonça bitarap ok agyrlık merkezine golaý;
4. Eger-de güýjüň goýlan nokady baş okda ýerleşen bolsa, onda bitarap ok şol oka perpendikulýar bolýar.

1.7.4. Towlanma bilen egilmäniň utgaşmasy

Towlanma bilen egilmäniň utgaşmasy wal hasap edilende seredilýär. Howply kesik egme momentiň doly epýurynyň we towlanma momentiň epýurynyň kömegi bilen tapylýar. Goý, tirsekli wala dik we kese güýçler täsir edýän bolsunlar:



57-nji surat

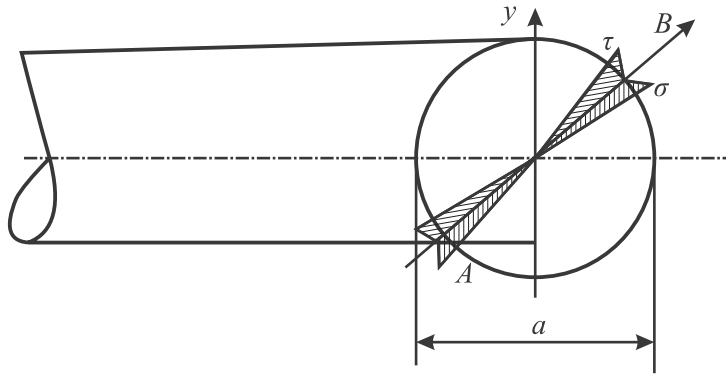
Seredilýän bölegiň howply kesigi – A nokat. Bu kesik üçin doly egme momenti

$$M = \sqrt{M_z^2 + M_y^2} \text{ deň.}$$

Bu ýerde M_z – egme momentiň dik tekizlikdäki ululygy, M_y – egme momentiň kese tekizlikdäki ululygy.

Eger howply kesigi M_z we M_y epýurynyň kömegi bilen tapyp bolmasa, onda bir-näçe kesiklerde balkanyň berkligi barlanýar. Howply kesigiň howply nokadyny

tapmak üçin birnäçe nokatlarda dartgynlyk ýagdaýlary barlanýar. Kesikde egme we towlanma momentleriň täsirinden normal we galtaşma dartgynlyklary döreýär.



58-nji surat

Bu ýerde:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{I_y} \cdot z, & \sigma_A = -\sigma_B = M / W_y \\ \tau &= \frac{T_T}{I_p} \cdot \rho, & \tau = T_T / W_p = T_T / 2W \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.12})$$

A nokadyň töwereginde gurulan parallel epipediň dartgynlyk ýagdaýy iki okly bolýar. Şonuň üçin hem berklige hasap berklik nazaryýetleri bilen amala aşyrylýar. Wallar polat materialdan ýasalan diýip, 3-nji we 4-nji berklik nazaryýetini ulanýarys:

$$\sigma_{ekw} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]. \quad (\text{VII.13})$$

(VII.12) deňlemäni (VII.13) goýup alarys:

$$\sigma_{ekw} = \sqrt{M_E^2 + T_T^2} / W \leq [\sigma]. \quad (\text{VII.14})$$

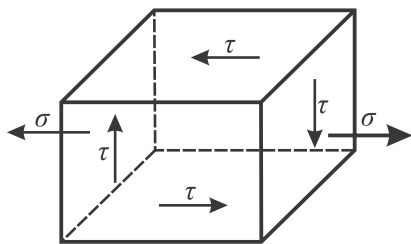
$\sqrt{M_E^2 + T_T^2} = M_{ekw}^{III}$ – 3-nji berklik nazaryýeti boýunça ekwiwalent moment.

(VII. 14) deňlemäni aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$\sigma_{ekw} = M_{ekw}^{III} / W \leq [\sigma]. \quad (\text{VII. 15})$$

4-nji berklik nazaryýeti boýunça:

$$\sigma_{ekw} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \quad (\text{VII. 16})$$



59-nji surat

ýa-da

$$\sigma_{ekw} = \sqrt{M_E^2 + 0,75T_T^2} / W = M_{ekw}^{IV} / W \leq [\sigma]. \quad (\text{VII.17})$$

Port materiallar üçin Moruň nazaryýeti ulanylýar:

$$\sigma_{ekw} = \frac{1-K}{2}\sigma + \frac{1+K}{2} \cdot \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma] \quad (\text{VII.18})$$

ýa-da

$$\sigma_{ekw} = \frac{1}{W} \left[\frac{1-K}{2} M + \left(1 + \frac{K}{2} \right) \cdot \sqrt{M^2 + T_T^2} \right] = \frac{M_{ekw}^{Mor}}{W}. \quad (\text{VII.19})$$

Bu ýerden towlanmanyň we egilmäniň tegelek kesikli wala utgaşdyrylan täsiriniň hasaby şekili boýunça göni egilmä gabat gelýär, ýöne hasaplaýyş aňlatmalaryna egme momente derek ekwiwalent momenti girýär. Bu ekwiwalent momentiň ululygy bolsa M_E , M_T we alnan berklik çaklamasyna bagly.

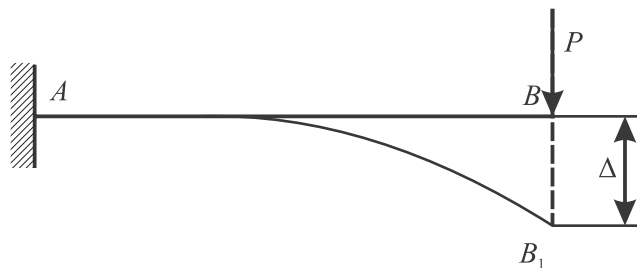
VIII BAP. MAÝYŞGAK GÜÝÇLERIŇ IŞI WE UMUMY USUL BILEN STERŽENLI ULGAMLARDA DEFORMASIÝALARY KESGITLEMEK

1.8.1. Daşky we içki güýçleriň işi. Klaýperonyň we O.Moruň teoremlary

Geçen bapda deformasiýalary kesgitlemegiň ýönekeý meselelerini çözer ýaly usula seretdik. Aşakda bolsa umumy usula seredýäris. Bu usulyň esasynda bolsa iki esasy yorelge bar: energiýanyň saklanmak kanuny we mümkin bolan ornuny üýtgetmäniň başlangyjynyň yorelgesi.

Daşky güýjüň işini kesgitleýäris:

$$A = \frac{P\Delta}{2}. \quad (\text{VIII.1})$$



60-njy surat

Ulgama statiki goýlan daşky güýçler toparynyň işi şol güýçleriň ululygynyň degişli ornuny üýtgetmegine köpeltmek hasylynyň ýarysyna deňdir. Bu netijä bolsa **Klaýperonyň teoremasy** (1852 ý.) diýilýär. Bu teorema maýyşgak jisimleriň nazar-

ýetini işläp düzmekde başlangyç energetiki ugurdyr. Daşky güýjüň döreden orun üýtgemesiniň işini kese-kesikde döreýän içki güýçler bilen aňladalyň:



$$\eta = 10/9$$

$$\eta = 1,2$$

$$\eta = \frac{A^{polka}}{A_{diwar}}.$$

Umumy ýagdaý üçin:

$$\eta = \frac{A}{I^2} \int_A \frac{S^2}{b^2} dA. \quad (\text{VIII.2})$$

Şonuň üçin hem: $dA_Q = \frac{\eta}{2} Q \frac{Q dx}{GA}.$

Doly iş düzüji işleriň jemine deňdir:

$$A = \sum \int_0^l \frac{M^2 dx}{2EI} + \sum \int_0^l \frac{N^2 dx}{2EA} + \sum \eta \int_0^l \frac{Q^2 dx}{2GA}. \quad (\text{VIII.3})$$

(VIII.2) deňlemäniň gysgaça häsiýetlendirilişi:

Daşky güýjüň öz ugruna ornuny üýtgetmedäki işi şol ulgamdaky içki güýçleriň (M, N, Q) degişli ornuny üýtgetmeleriniň işine deňdir. Bu teorema 1874 ý. O.Mor tarapyndan häsiýetlendirildi.

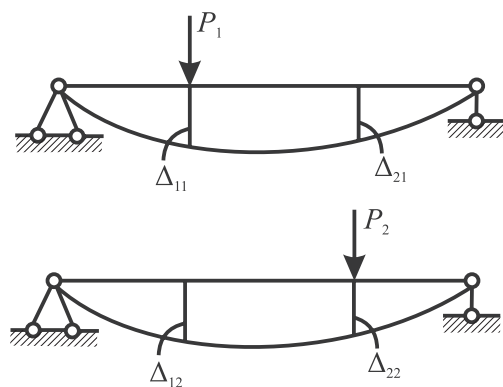
Energiýanyň saklanmak kanuny esasynda daşky güýjüň işi deformasiýanyň potensial energiýasyna geçýär: $A = U.$

$$\text{Onda: } U = \sum \int_0^l \frac{M^2 dx}{2EI} + \sum \int_0^l \frac{N^2 dx}{2EA} + \sum \eta \int_0^l \frac{Q^2 dx}{2GA}. \quad (\text{VIII.4})$$

1.8.2. İşleriň özaralygy barada teorema. Bettiniň teoremasy

Maýyşgak ulgamyň deňagramlylygynyň iki ýagdaýyna seredýäris. Birinji ýagdaýda ulgama P_1 güýç, ikinji ýagdaýda bolsa P_2 güýç täsir edýär (61-nji surat).

Ulgamyň deformasiýa netijesinde ornuny üýtgemesini Δ_{mn} bilen belleýäris. Bu ornuny üýtgetmäniň birinji indeksi orun üýtgetmäniň ugruny görkezýär, ikinji indeksi bolsa ulgamyň orun üýtgetmesini döredýän güýjüň ugruny görkezýär. Diýmek, Δ_{mn} – aşakdaky ýaly okalýar:



61-nji surat

m güýjüň ugrý boýunça n güýjüň täsirinden ulgamyň seredilýän nokadynyň ornuny üýtgetmesi.

Şonuň üçin hem:

Δ_{11} – P_1 güýjüň ugruna P_1 güýjüň täsirindäki ornuny üýtgetmesi;

Δ_{21} – P_2 güýjüň ugruna P_1 güýjüň täsirindäki ornuny üýtgetmesi;

Δ_{12} – P_1 güýjüň ugruna P_2 güýjüň täsirindäki ornuny üýtgetmesi;

Δ_{22} – P_2 güýjüň ugruna P_2 güýjüň täsirindäki ornuny üýtgetmesi.

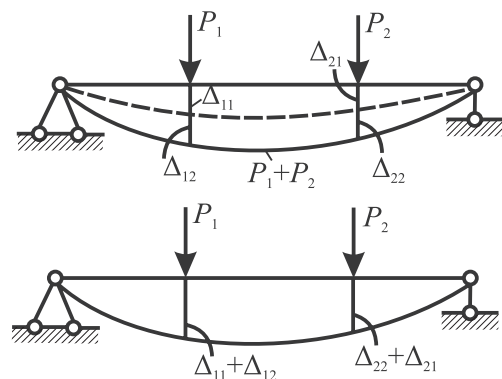
Bu güýçlerden işiň ululygy $A_{11} = \frac{P_1 \Delta_{11}}{2}$, $A_{22} = \frac{P_2 \Delta_{22}}{2}$

ýa-da içki güýçleriň üsti bilen:

$$A_{11} = \sum \int_0^l \frac{M_1^2 dx}{2EI} + \sum \int_0^l \frac{N_1^2 dx}{2EA} + \sum \eta \int_0^l \frac{Q_1^2 dx}{2GA};$$

$$A_{22} = \sum \int_0^l \frac{M_2^2 dx}{2EI} + \sum \int_0^l \frac{N_2^2 dx}{2EA} + \sum \eta \int_0^l \frac{Q_2^2 dx}{2GA}.$$

Indi bolsa bu ulgama P_1 we P_2 güýçler bilen yzygiderli ýüklenişine seredeliň.



62-nji surat

$$\text{Doly işi: } A_1 = A_{11} + A_{12} + A_{22} = \frac{P_1 \Delta_{11}}{2} + P_1 \Delta_{12} + \frac{P_2 \Delta_{22}}{2}; \quad (a)$$

$$A = \frac{P_1(\Delta_{11} + \Delta_{12})}{2} + \frac{P_2(\Delta_{22} + \Delta_{21})}{2}. \quad (b)$$

a we b deňläp alarys:

$$\frac{P_1 \Delta_{11}}{2} + P_1 \Delta_{12} + \frac{P_2 \Delta_{22}}{2} = \frac{P_1(\Delta_{11} + \Delta_{12})}{2} + \frac{P_2(\Delta_{22} + \Delta_{21})}{2};$$

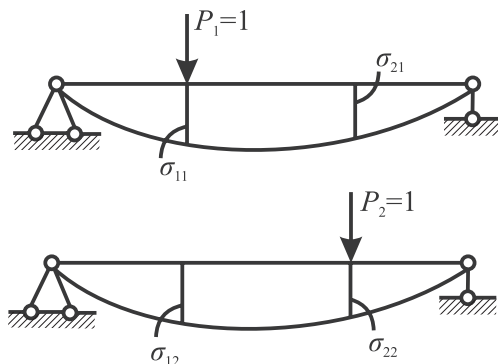
$$\text{ýa-da } P_1 \Delta_{12} = P_2 \Delta_{21} \text{ ýa-da } A_{12} = A_{21}. \quad (\text{VIII.5})$$

Bu ýerde ikinji ýagdaýda täsir edýän güýjüniň birinji ýagdaýyň güýjüniň ugruna ornuny üýtgetmedäki işi birinji ýagdaýda täsir edýän güýjüň ikinji ýagdaýyň güýjüniň ugruna ornuny üýtgetmedäki işine deňdir. Bu jemlemä işleriň özaralygy barada teorema ýa-da **Bettiniň teoremasy** diýilýär.

1.8.3. Ornuny üýtgetmäniň özaralygy baradaky teorema

Indi bolsa iki sany birlik ýagdaýa seredýäris. Birinji ýagdaýda sistema $P_1 = 1$ güýç, Ikinji ýagdaýda $P_2 = 1$ güýç goýlan. Birlik güýçden döreýän ornuny üýtgetmäni δ_{mn} bilen belgileýäris. Işni özaralygy baradaky teorema esasynda seredilýän iki ýagdaý üçin:

$$P_1 \delta_{12} = P_2 \delta_{21}, \text{ emma: } P_1 = P_2, \text{ onda: } \delta_{12} = \delta_{21}.$$



63-nji surat

Alnan deňlige **ornuny üýtgetmäniň özaralygy baradaky teorema** (Makswelliň ýörelgesi) diýilýär.

Maýyşgak ulgamyň, birinji birlik güýjüň ugruna, ikinji birlik güýjüň täsir etmegindäki ornuny üýtgetmesi birinji birlik güýjüň täsiri esasynda ikinji birlik güýjüň ugruna ornuny üýtgetmesine deňdir ýa-da ýüklenen ulgam üçin:

$$\Delta_{12} = \Delta_{21}. \quad (\text{VIII.6})$$

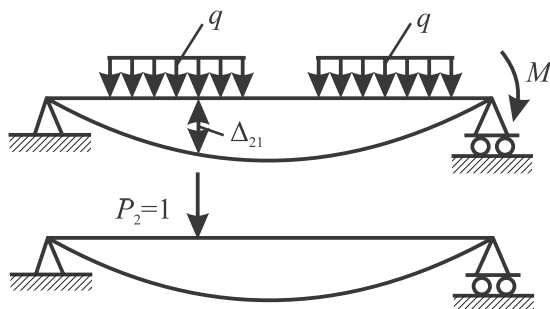
1.8.4. O.Moruň usuly boýunça deformasiýany kesgitlemek

Deformasiýany kesgitlemegiň bu ýörgünli usuly, esasan hem, statiki kesgitlenmeýän ulgamlarda uly ähmiýete eýedir. Ulgamyň iki ýagdaýyna seredýäris. Birinji ýagdaýda ulgama islendik daşky güýçler täsir edýärler.

Ulgamyň ikinji ýagdaýynda ulgama bir ýere jemlenen birlik güýç $\bar{P}_2 = I$ täsir edýär.

$\bar{P}_2 = 1$ güýjüň Δ_{21} ornuny üýtgetmedäki işiniň A_{21} aňlatmasyny düzýäris:

$A_{21} = \bar{P}_2 \Delta_{21} = \Delta_{21}$, sebäbi: $\bar{P}_2 = 1$.



64-nji surat

A_{21} içki güýçleriň üsti bilen aňladýarys:

$$A_{21} = \Delta_{21} = \sum \int_0^l \bar{M}_2 \frac{M_1 dx}{EI} + \sum \int_0^l \bar{N}_2 \frac{N dx}{EA} + \sum \eta \int_0^l \bar{Q}_2 \frac{Q dx}{GA}. \quad (\text{VIII. 7})$$

\bar{M}_2, \bar{Q}_2 we \bar{N}_2 üstündäki çyzyk birlik güýçden dörän içki güýçleri görkezýär. (VIII.7) deňlemäniň islendik güýçden döreyän deformasiýasyny berlen we birlik güýçlerden döreyän içki güýçleriň üsti bilen aňladyp bolýar. Birlik güýjüň ugry deformasiýanyň ugry bilen gabat gelýär. Eger çyzykly ornuny üýtgetme (progibegilme) kesgitlenýän bolsa, onda birlik güýç ölçegi bolmadyk bir ýere jemlenen güýç bolýar. Bu güýjüň goýlan nokady bolsa deformasiýasy kesgitlenilýän kesik bilen gabat gelmeli. Eger kese kesigiň öwrülme burçy kesgitlenilýän bolsa, onda birlik güýç bir ýere jemlenen birlik moment bolup hyzmat edýär.

Birlik güýjüň täsirindäki ulgamyň ýagdaýyna **birlik** ýagdaý (ýa-da hyýaly, kömekçi) ýagdaý diýilýär. Eger ulgama daşky güýçler täsir edýän bolsalar, oňa **hakyky** (ýüklenen) **ýagdaý** diýilýär. (VIII.8) deňlemedäki sanly indeksleri i we P harplary bilen çalşyryp aşakdaky aňlatmany alarys:

$$\Delta_{ip} = \sum \int_0^l \bar{M}_i \frac{M_p dx}{EI} + \sum \int_0^l \bar{N}_i \frac{N_p dx}{EA} + \sum \eta \int_0^l \bar{Q}_i \frac{Q_p dx}{GA}. \quad (\text{VIII.8})$$

Bu ýerde, $\Delta_{ip} - P$ güýjüň täsiri bilen $\bar{P}_i = 1$ birlik “güýjüň” ugruna gabat gelýän ornuny üýtgetme.

(VIII.8) deňleme ilki O.Mor tarapyndan alyndy. Şonuň üçin hem bu aňlatmanyň kömegi bilen deformasiýany kesgitlemeklige **Moruň usuly** ýa-da **epýurlary biri-birine köpeltmek usuly** diýilýär.

Boý we süýşme deformasiýalaryň ujypsyz bolany üçin, köplenç ýagdaýlarda, hasaba alynmaýar. Onda (VIII.8) deňlemäni tekiz ulgam üçin aşakdaky görnüşde ýazyp bolar:

$$\Delta_{ip} = \sum \int_0^l \frac{\bar{M}_i M_p dx}{EI}. \quad (\text{VIII.9})$$

Alnan deňlemeleriň kömegi bilen deformasiýany kesgitlemegiň tertibi:

1. Erkin kesik üçin berlen güýçden momentniň deňlemesi tapylýar;
2. Idelýän ornuny üýtgetmäniň ugry boýunça degişli birlik güýç goýulýar (çyzyk ornuny üýtgetmesine – güýç, öwrülme burçuna – moment);
3. Birlik güýçden momentniň deňlemesi ýazylýar.
4. Ýazylan deňlemeleri (VIII.9) deňlemä goýup, her bölek üçin aýratynlykda integrirläp we olary jemläp, ulgamyň idelýän ornuny üýtgemesi kesgitlenilýär. Eger Δ_{ip} oňyn (položitel) bolsa, onda ornuny üýtgetme birlik güýjüň ugry bilen gabat gelýär, eger tersin (otrisatel) bolsa, onda bu ugra gapma-garşy bolýar.

Goý, ýaýran güýç bilen ýüklenen konsol balkanyň erkin tarapyndaky deformasiýasyny kesgitlemek talap edilýän bolsun (65-nji surat).

Balkanyň erkin tarapyny birlik güýçler bilen ýükleýäris hem-de egme momentleriň seredilýän kesik üçin aňlatmalaryny ýazýarys:

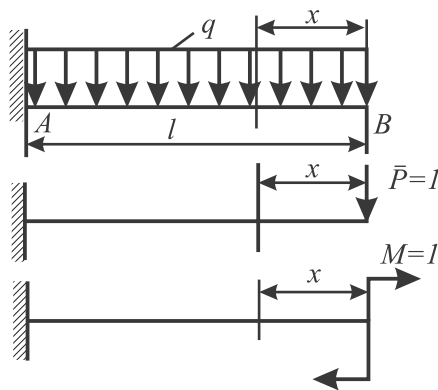
$$M_p = -\frac{qx^2}{2}, \bar{M}_1 = -x, \bar{M}_2 = -1.$$

(VIII.8) deňlemä goýup alarys:

$$EI\Delta_{ip} = EIy_B = \int_0^l \bar{M}_1 M_p dx = \int_0^l (-x)(-qx^2 / 2) dx = \int_0^l (qx^3 / 2) dx = \left| \frac{qx^4}{8} \right|_0^l = \frac{ql^4}{8};$$

$$EI\Delta_{2p} = EI\theta_B = \int_0^l \bar{M}_2 M_p dx = \int_0^l (-1)(-qx^2 / 2) dx = \int_0^l (qx^2 / 2) dx = \left| \frac{qx^3}{6} \right|_0^l = \frac{ql^3}{6}.$$

Diýmek, deformasiýalaryň ugurlary birlik güýçleriň ugurlary bilen gabat gelýär.

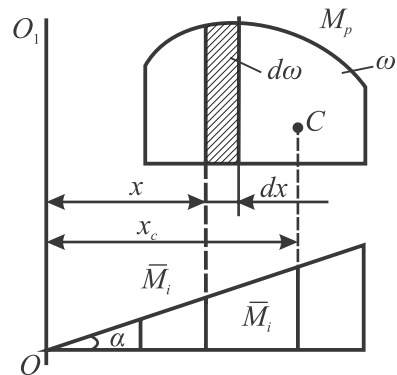


65-nji surat

1.8.5. O.Moruň integralyny hasaplamak üçin Wereşaginiň düzgüni

Eger haýsy hem bolsa epýurlaryň biri (hakyky ýa-da birlik ýagdaýda) göni çyzyk bilen çäklenen bolsa, onda Moruň integralyny hasaplamak düýpli ýeňilleşýär. Bu şert göni brulardan emele getirilen ulgam üçin elmydama ýerine ýetirilýär. Sebäbi birlik güýçden gurlan epýur elmydama göni çyzyk bilen çäklenendir.

Daşky we birlik güýçden gurlan epýurlaryň käbir bölegine seredýäris (66-njy surat):



66-njy surat

$\int_0^l \bar{M}_i M_p dx$ integraly hasaplaýarys.

$\omega - M_p$ epýuryň meýdany.

$C - M_p$ epýuryň agyrlyk merkezi.

$\bar{M}_C - M_p$ epýuryň agyrlyk merkeziniň aşagyndan alnan birlik epýuryň ordinatasy.

Suratdaky ştrihlenen meýdan:

$d\omega = M_p dx - M_p$ epýuryň meýdanynyň differensialy.

Çyzgydan şeýle netije gelip çykýar: $\bar{M}_i = x \tan \alpha$.

Onda idelýän integral: $\int_0^l \bar{M}_i M_p dx = \tan \alpha \int_0^\omega x d\omega$

$\int_0^\omega x d\omega - M_p$ epýuryň meýdanynyň $O - O_1$ oka görä statiki momenti.

$\int_0^\omega x d\omega = x_C \omega$, $x_C - M_p$ epýuryň agyrlyk merkeziniň absissasy.

Şonuň üçin hem $\int_0^\omega \bar{M}_i M_p dx = \omega x_C \tan \alpha = \bar{M}_C \omega$.

(VIII.10)

Bu ýerden Moruň integraly daşky güýçden gurlan epýuryň meýdanyny birlik güýçden gurlan epýuryň daşky güýçden gurlan epýuryň agyrlýk merkeziniň aşagyndaky ordinatasyna köpeltmek hasylyna deňdir.

Birnäçe göni çyzykly böleklerden ybarat ulgamyň deformasiýasynyň umumy aňlatmasy aşakdaky ýaly ýazylýar.

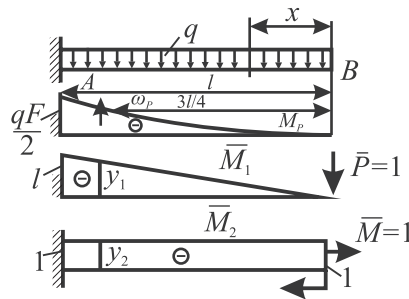
$$\Delta_{ip} = \sum \frac{\omega \bar{M}_C}{EI}. \quad (\text{VIII.11})$$

Moruň ýokarda beýan edilen integralyny hasaplaýan grafoanalitik usuly A.K. Wereşagin teklip etdi, şonuň üçin ol **Wereşaginiň usuly** diýip hem atlandyrylýar. Käbir ýagdaýlarda iki epýur gönüçyzykly bolýar, onda islendik epýuryň meýdanyny beýleki epýuryň birinji epýuryň agyrlýk merkeziniň aşagyndaky ordinatasyna köpeltmeli. Eger epýur M_p çylşyrymly görnüşde bolsa, onda ony ýönekeý şekillere bölüp hasaplamaly.

(VIII.11) deňlemäni **EI = hemişelik** ýagdaýda aşakdaky görnüşde ýazýarys:

$$EI \Delta_{ip} = \sum \omega_p \bar{M}_C. \quad (\text{VIII.12})$$

Wereşaginiň usulyny ulanyp deformasiýany kesgitleýäris.



67-nji surat

Bu ýerde $\omega_p = -\frac{1}{3} \frac{ql^2}{2} l = -\frac{ql^3}{6}$, $y_1 = -\frac{3}{4} l$, $y_2 = -1$.

(VIII.10) deňlemäni goyup alarys:

$$EI \Delta_{ip} = EI y_B = \omega_p y_1 = \left(-\frac{ql^3}{6} \right) \left(-\frac{3l}{4} \right) = \frac{ql^4}{8} \rightarrow y_B = \frac{ql^4}{8EI};$$

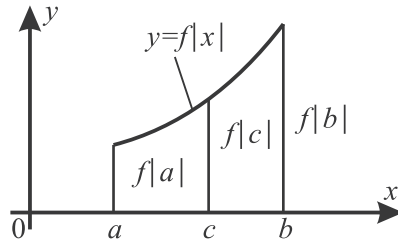
$$\Delta_{2p} = EI \theta_B = \omega_p y_2 = \left(-\frac{ql^3}{6} \right) (-1) = \frac{ql^3}{6} \rightarrow \theta_B = \frac{ql^3}{6EI}.$$

1.8.6. O.Moruň integralynyň Simpson-Karnouhowyň usuly bilen çözülişi

Çylşyrymly epýurlary bolan balkalaryň we ramalaryň deformasiýasyny kesgitlemek üçin, Moruň integralyny hasaplamakda Simpson-Karnouhowyň usulyny peýdalanmak amatly bolýar.

Ýokary matematikadan belli bolşy ýaly, $f(x)$ funksiýadan kesgitlenen integraly T.Simpsonyň (iňlis alymy, 1710-1760 ý.) usuly boýunça takmynan aşakdaky ýaly hasaplap bolýar:

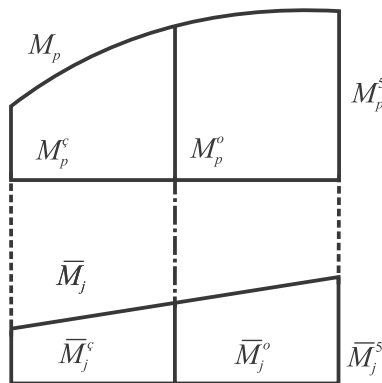
$$\int_a^b f(x)dx = \frac{b-a}{6}[f(a) + 4f(c) + f(b)].$$



68-nji surat

Goý, bizde iki epýür bar bolsun M_p we \bar{M}_i we $EF = EI^0 = EI^s = EI = \text{hemişelik}$. Moruň integralyny epýýryň koordinatalarynyň üsti bilen ýazýarys:

$$\Delta i_p = \sum_1^k \int_0^l \frac{\bar{M}_i M_p}{EI} dx = \sum_1^k \frac{l_k}{6EI} (\bar{M}_i^c M_p^c + 4\bar{M}_i^o M_p^o + \bar{M}_i^s M_p^s). \quad (\text{VIII.13})$$

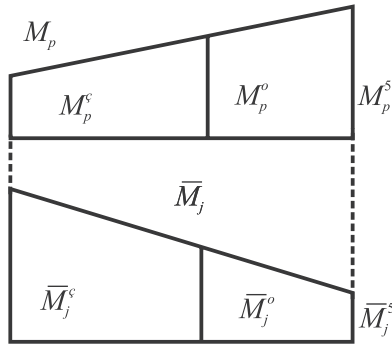


69-njy surat

(VIII.12) deňleme Moruň integralyny hasaplamak üçin **Simpson-Karnouhowyň deňlemesi** diýilýär.

Eger iki epýür hem göni çyzyk bilen çäklenen bolsa, onda (VIII.13) deňlemä girýän ordinatalaryň çetki bahalaryny almak ýeterlikdir, sebäbi ortaky ordinatany çetki ordinatalar bilen aňladyp bolýar:

$$M_p^0 = \frac{M_p^c + M_p^s}{2}, \quad \bar{M}_i^0 = \frac{\bar{M}_i^c + \bar{M}_i^s}{2}.$$



70-nji surat

Bu halda:

$$\Delta_{i_p} = \sum_0^k \int_0^l \frac{\bar{M}_i M_p}{EI} dx = \sum_1^k \frac{l_k}{6EI} (2M_p^c \bar{M}_i^c + M_p^c \bar{M}_i^s + M_p^s \bar{M}_i^c + 2M_p^s \bar{M}_i^s). \quad (\text{VIII.14})$$

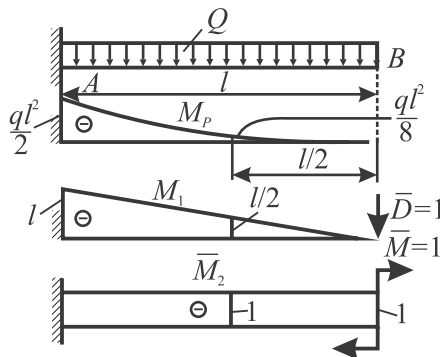
(VIII.14) deňlemenden görnüşi ýaly, Moruň integralyny hasaplamak üçin Simpson-Karnouhowyň deňlemesine epýurlaryň çetki ordinatalarynyň bahalary girýärler, bu bolsa hasaplamalary has ýönekeýleşdirýär.

Mysal. Goý, ganatly balkanyň erkin tarapyndaky egilmäniň ululygyny kesgitlemeli bolsun. Onda (VIII.14) deňleme esasynda:

$$\Delta_{1_p} = y_B = \frac{l}{6EI} \left(\frac{ql^3}{2} + \frac{4ql^3}{16} \right) = \frac{ql^4}{8EI};$$

$$\Delta_{2_p} = \theta_B = \frac{l}{6EI} \left(\frac{ql^2}{2} + \frac{4ql^2}{8} \right) = \frac{ql^3}{6EI}.$$

Bu netijeler bolsa Moruň integraly we Wereşaginiň usuly bilen hasaplanan netijelere gabat gelyärler.



71-nji surat

IX BAP. GSYLAN STERŽENLERIŇ DURNUKLYLYGY

1.9.1. Durnuklylyk barada düşünje

Daşky güýjüň täsirinden ulgamyň ilkibaşdaky deňagramlylyk görnüşini saklamak ukybyna **durnuklylyk** diýilýär. Tehnikanyň we gurluşygyň ösüş taryhy durnuklylyga ýalňys hasap edilmegi netijesinde, maşynlaryň we inžener desgalarynyň sandan çykmagyna duçar bolan ýagdaýlaryna gabat geldi. 1891-nji ýylda Şweýsariýada köpriniň бүтінleý weýran bolmagy muňa mysal bolup biler. Görlüp oturylsa, bu betbagtçylygyň sebäbi fermanyň bir gysylan raskosynyň durnuklylygyny ýitirmegi netijesinde bolupdyr. Bu pajygaly ýagdaý gysylan bölekleriň durnuklylygy hasaplanylanda, örän yhlasly we hemmetaraplaýyn çemeleşmegiň zerurdygyny subut edýär. Gysylan sterženiň durnuklylygynyň meselesi baryp 1744-nji ýylda L.Eýler tarapyndan çözülipdir. Emma L.Eýleriň deňlemesi XIX asyryň ahyryna çenli dogry ulanylmadyr. Netijede bolsa, gurluşyk tejribesinde inžener desgalarynda örän köp weýrançylyklar bolup geçipdir.

XIX asyryň ahyryndan şu wagta çenli alymlaryň nazary we synag barlaglary netijesinde durnuklylyk hasabynda örän uly öňe gidişlik boldy. Muňa mysal hökmünde F.S.Ýasinskiniň, S.P.Timoşenkonyň, Tetmaýeriň, Konsideriň, Engeseriň, Karmanyň, A.N.Dinnikiň, Ýe.L.Nikolainiň we başgalaryň işlerini agzamak örän ýerliklidir. Esasan hem, bu ugurda rus alymy, Stalin adyndaky Döwlet baýragynyň iki gezek laureaty, professor W.Z.Wlasowyň işleri öwgä mynasypdyr. Sebäbi W.Z. Wlasow maýyşgaklyk durnuklylygy baradaky nazarýeti täzeden işläp düzdi.

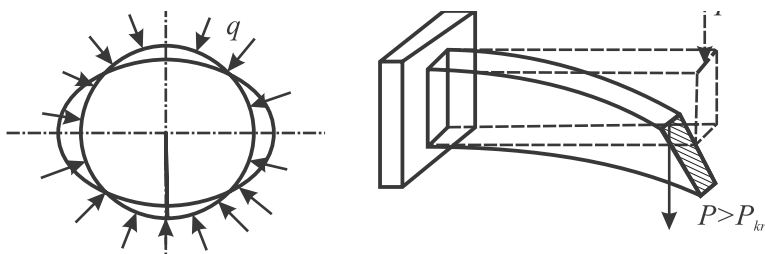
Maýyşgak jisimleriň durnuklylygyny ýitirmek hadysalarynyň birnäçe mysallaryny getireliň. Durnuklylygy ýitirmegiň iň ýönekeý mysaly merkezi gysylan steržendir (72-nji surat).

Görşümüz ýaly, steržen güýjüň täsiri bilen gönüçyzykly ýagdaýyny ýitirýär. Durnuklylygyny ýitirenden soň steržen egilýär we steženiň kesiklerinde gysýan güýçden başga goşmaça egme momenti döreýär.

Daşky basyşdan ýüklenen ýuka diwarly turba öz durnuklylyk ukybyny ýitirýär we turbanyň tegelek kesigi elliptik görnüşine geçýär (73-nji surat).



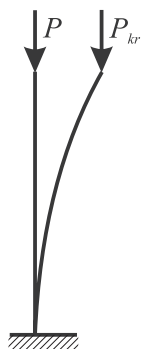
72-nji surat



73-nji surat

Eger balkanyň gönüburçly kesigi gapyrga görnüşinde ýerleşdirilen bolsa, ilki bilen balka dik tekizlikde egilýär (73-nji surat). Güýç P kritik (howply) bahasyna ýetende balkada kese tekizlikde goşmaça egilme we towlanma ýüze çykýar. Bu ýagdaýda egilmäniň tekiz şekiliniň durnuklylygyny ýitirmesi bolup geçýär. Şonuň üçin hem berlen deformirlenen ýagdaýyň durnuklylygy başga şekile geçýär. Bu pursatda ulgamda başda bolmadyk goşmaça deformasiýanyň görnüşleri döreýär.

1.9.2. Kritik güýç



74-nji surat

Umuman, gaty jisim durnuklylyk we durnuksyzlyk deňagramlylykda bolýar.

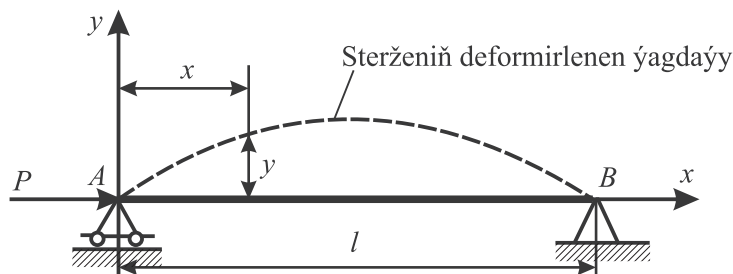
Eger $P < P_{kr}$ bolsa, onda sterženiň deňagramlylygynyň göni çyzykly şekili durnukly bolýar. Eger $P > P_{kr}$ bolsa, bu ýagdaýda sterženiň deňagramlylygy durnuksyz bolýar.

Eger $P = P_{kr}$ bolsa, onda steržen predel ýagdaýda saklanýar.

Şonuň üçin hem steržene goýlan iň uly gysýan güýç onuň göni çyzykly ýagdaýyny üýtgetmese, oňa **kritik güýç** diýilýär ýa-da, başgaça aýdylanda, kritik güýç sterženiň durnuklylyk ýagdaýyndan durnuksyzlyk ýagdaýyna geçýän çägendäki güýçdür. Bu güýç bolsa ulgamyň durnuklylygy üçin iň uly, durnuksyzlygy üçin bolsa iň kiçi güýç bolýar. Ýokarda belleýsimiz ýaly, kritik güýç göni çyzykly ulgam üçin L.Eýler tarapyndan 1744-nji ýylda kesgitlenendir.

1.9.3. Kritik güýji kesgitlemek üçin Eýleriň deňlemesiniň ýüze çykarylyşy

Durnuklylygy öwrenmek üçin ilki bilen merkezi güýje hem-de gysylan steržene seredýäris.



75-nji surat

Goý, daşky P güýjüň täsiri bilen, steržen egilen bolsun, onda kiçi egilmede:

$$EIy'' = M. \quad (\text{IX.1})$$

İn kiçi gatylyk tekizliginde egilme bolup geçýär, şonuň üçin hem (IX.1) deňlemedäki I ululygy kesigiň minimal inersiýa momentidir.

Erkin kesikde egme momentiň deňlemesi: $M = -Py$. (IX.2)

(IX.2) deňlemäni (IX.1) goýup alarys: $Ely'' = -Py$.

ýa-da $Ely'' + Py = 0 \rightarrow y'' + \frac{P}{EI}y = 0$ belgileýäris:

$$\frac{P}{EI} = k^2. \quad (IX.3)$$

Onda: $y'' + k^2y = 0$. (IX.4)

Bu deňlemäniň çözülişini aşakdaky görnüşde göz öňüne getirmek mümkin:

$$y = C_1 \sin kx + C_2 \cos kx. \quad (IX.5)$$

Çetki şertlerini ulanyp, (IX.5) çözüwe girýän C_1, C_2 hemişelikleri taparys: eger 1) $x = 0, y = 0$ we 2) $x = l, y = 0$.

Birinji şertden $C_2 = 0$; ikinji şertden $C_1 \sin kl = 0$. (IX.6)

(IX.6) deňlemäniň iki çözüwiniň bolmagy mümkin: ýa $C_1 = 0$, ýa-da $\sin kl = 0$. Birinji ýagdaý bizi kanagatlandyрмаýar. Sebäbi bu şertde steržen göni çyzykly şekilde galýar.

İkinji ýagdaýda $\sin kl = 0$, onda $kl = \pi n$ (IX.7), n – islendik bitin san.

(IX.3) bilen (IX.7) deňeşdirip alarys:

$P = \frac{\pi^2 n^2 EI}{l^2}$ İn kiçi güýjüň ululygy $n = 1$ deň bolanda bolýar we:

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}. \quad (IX.8)$$

Bu güýje **Eýleriň birinji kritik güýji** diýilýär.

Eýleriň deňlemesiniň umumy görnüşi:

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}. \quad (IX.9)$$

Bu ýerde: $\mu l = l_{get}$ sterženiň getirilen uzynlygy;

μ – getirilen uzynlygyň koeffisiýenti.

Getirilen uzynlyk we getirilen uzynlygyň koeffisiýenti baradaky düşüňjani ilki bilen professor F.S. Ýasinskiý girizýär.

1.9.4. L.Eýleriň deňlemesini ulanmagyň çägi. Proporsionallyk çäginde ýokarky dartgynlykda durnuklylygyň ýitirilmegi

Birnäçe ýagdaýlarda Eýleriň deňlemesini synag barlaglary tassyklamaýar. Bu bolsa seredilen mesele çözülen de gysylan sterženiň materialynyň plastiki deforma-

siýa almadyk ýagdaýyny öz içine alýar. Bu çaklama örän uzyn we inçe sterženler üçin dogrudyr. Bular ýaly çeyä sterženlerde kritiki güýjüň täsiri bilen döreýän gysylma dartgynlylygy proporsionallyk çäginde azdyr. Emma iňňän kelte we gaty sterženlerde kritiki güýç has köp bolýar we bu ýerde durnuklylyk ýitirilmezinden ozal plastiki deformasiýa döreýär. Şonuň üçin hem nazary we synag barlaglar görkezýär, ýagny Eýleriň deňlemesini maýyşgaklyk çäginde ýokarda durnuklylyk ýitirilende ulanmak, diňe bir prinsipial nädogry bolman, soňky netijelerinde çetin howply bolýar. XIX asyryň ahyryndaky birnäçe köpri desgalaryň ýykylmagy Eýleriň deňlemesiniň nädogry ulanylmagynyň netijeleridir.

Eýleriň deňlemesiniň ulanylýan çäginde tapmak üçin kritik dartgynlylygy tapýarys:

$$\sigma_{kr} = \frac{P_{kr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2 A} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}. \quad (\text{IX.10})$$

Bu ýerde $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ kesigiň inersiýa radiusy.

$$\text{Belleýäris: } \lambda = \frac{\mu l}{i}. \quad (\text{IX.11})$$

Ululyk (λ) **sterženiň çeyeligi** diýilýär we boý egilmede sterženiň esasy geometrik häsiýeti bolup hyzmat edýär.

(IX.12) deňlemeden görnüşi ýaly, kritiki dartgynlylyk çeyelige (λ) baglylykda Eýleriň giperbola kanuny boýunça üýtgeýär. Kritik dartgynlylyk proporsionallyk çäginde ýetende, ýagny $\sigma_{kr} \geq \sigma_{n.s.}$ şertde Eýleriň deňlemesini ulanyp bolmaýar.

$$(\text{IX.12}) \text{ deňlemeden: } \lambda_{pred} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{n.s.}}}. \quad (\text{IX.12})$$

Polat üçin çeyelik çäginde kesgitleýäris:

$$\sigma_{n.s.} = 20 \text{ kN/sm}^2, E = 2 \cdot 10^4 \text{ kN/sm}^2, \mu = 1.$$

$$\lambda_{pred} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{n.s.}}} = \sqrt{\frac{3.14 \cdot 2 \cdot 10^4}{20}} = 100.$$

$$\text{Goý, } \lambda = 50 \text{ deň bolsun, bu ýagdaýda } \sigma_{kr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{3.14^2 \cdot 2 \cdot 10^4}{50^2} = 80 \text{ kN / sm}^2$$

Görşümüz ýaly, bu çeyelikdäki steržen Eýleriň deňlemesi boýunça durnuklylygyny proporsionallyk çäginde has ýokary dartgynlylyk ýitirýär. Diýmek, Eýleriň deňlemesini orta çeyelikdäki sterženlerde ulanmak mümkin däl. Sebäbi bu sterženlerde durnuklylygy ýitirmek proporsionallyk çäginde has ýokary dartgynlylykda bolup geçýär.

Maýyşgak-plastiki oblastda durnuklylygyny ýitirýän sterženleriň tejribe maglumatlary geçen asyryň ahyrlarynda Tetmaýer tarapyndan alyndy. Bu alnan tejribe maglumatlary professor F.S.Ýasinskiý tarapyndan işlenildi. Geçen asyryň 30-njy

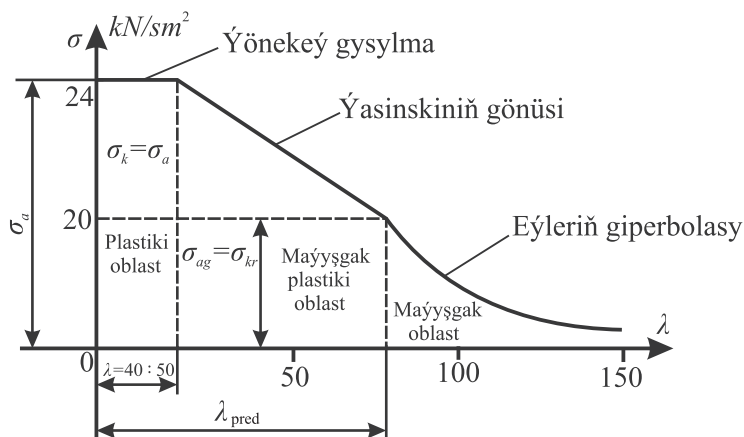
ýyllarynda Berlin-Dalembowskiý laboratorýasynda geçirilen tejiribeler esaslandyryjy netijeleri berdi. Geçirilen tejiribelere esaslanyp, Peterburguň inženerçilik institutynyň professory F.T.Ýasinskiý proporsionallyk çäginde ýokardaky kritik dartgynlygy kesgitlemegiň empirik deňlemesini tekliplendi:

$$\sigma_{n.s.} = a - b\lambda. \quad (\text{IX.13})$$

Bu ýerde a , b – Ýasinskiýiň tejiribe koeffisiýentleri, bahalary sprawoçniklerde getirilýär.

Kritik dartgynlygyň sterženiň çöýeligine baglylyk çyzgydny polat material üçin getirýäris.

0-dan–50-ä çenli çöýelikdäki steržen, juda kelte bolup, sterženiň berkligi bozulanda döwürlär. Şonuň üçin hem kritik dartgynlyk akyjylyk çäginde deň diýip kabul edilýär. $50 \leq \lambda \leq \lambda_{pred}$ çöýelikde steržen durnuklylygyny ýitirýär, maýyşgak-plastiki çäkte deformirlenýär, şonuň üçin grafik Ýasinskiýiň görnüşini boýunça çyzyladyr (76-njy surat).



76-njy surat

$\lambda > 100$ steržen durnuklylygyny proporsionallyk çäginde az bolan kritik dartgynlykda ýitirýär. Çyzgyt bolsa Eýleriň giperbolasy boýunça çyzylýar. Eýleriň we Ýasinskiýiň deňlemeleri gysylan sterženiň durnuklylygyny onuň çöýeliginiň islendik bahalarynda meseläni çözmäge ýardam edýär.

1.9.5. Sterženleriň durnuklylygyna amaly hasaplary

Sterženiň durnuklylygyna amaly hasaplamalar geçirilende kritik dartgynlygy goýbermeli däl, ýagny durnuklylyk ätiýaçlygyny saklamaly.

Durnuklylyga goýberilýän dartgynlygy almak üçin onuň ätiýaçlyk koeffisiýentini kabul etmeli.

Onda:

$$[\sigma]_d = \frac{\sigma_{kr}}{n_d}. \quad (\text{IX.14})$$

Bu koeffisiýent elmydama berkligiň esasy ätiýaçlyk koeffisiýentinden köp kabul edilýär ($n_d > n_b$).

Durnuklylyga we berklige goýberilýän dartgynlylyk elmydama biri-biri bilen özara baglanyşykda bolýar.

Bu dartgynlylyklaryň gatnaşygyna seredýäris:
$$\frac{[\sigma]_d}{[\sigma]_b} = \frac{\sigma_{kr}}{n_d} \cdot \frac{n_b}{\sigma_{howp}}.$$
 ýa-da
$$[\sigma]_d = \frac{\sigma_{kr}}{\sigma_{howp}} \cdot \frac{n_b}{n_d} [\sigma]_{gys}. \quad (IX.15)$$

$$\frac{\sigma_{kr}}{\sigma_{howp}} \cdot \frac{n_b}{n_d} = \varphi \text{ bilen belgiläp alarys: } [\sigma]_d = \varphi [\sigma]_{gys}. \quad (IX.16)$$

Bu ýerde: $\sigma_{howp} = \sigma_a$ – plastiki materiallar üçin;

$\sigma_{howp} = \sigma_b$ – port materiallar üçin;

φ – durnuklylygy hasplananda esasy goýberilýän dartgynlylygyň **kiçeldiş koeffisiýenti** ýa-da **boý egilmüniň koeffisiýenti**. Bu koeffisiýent sterženiň materialyna we onuň çöýeligine baglydyr. San bahasy bolsa maglumat kitapçalarynda getirilendir.

Durnuklylyk şerti:
$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \varphi [\sigma]_{gys}. \quad (IX.17)$$

Gysylan sterženiň durnuklylyga hasabynyň iki görnüşine seredýäris: barlag we taslama.

Barlag hasabynyň tertibi:

1) Kese kesigiň berlen ölçegleri we görnüşü boýunça, iň kiçi inersiýa momentini hem-de meýdanyny kesgitleýäris.

Iň kiçi inersiýa moment:
$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}.$$
 we çöýelik:
$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}}.$$

2) Tablisa boýunça φ koeffisiýenti tapýarys we $[\sigma]_d = \varphi [\sigma]_{gys}$ hasaplaýarys.

3) Hakyky dartgynlylyk $\sigma = \frac{P}{A}$ durnuklylyga rugsat edilýän dartgynlylyk hem-de $\sigma \leq [\sigma]_d$ bilen deňeşdirilýär.

Taslama hasaplamada durnuklylyga sterženiň deňlemesi aşakdaky ýaly kabul edilýär:
$$\sigma = \frac{P}{\varphi \cdot A} \leq [\sigma]_{gys}. \text{ ýa-da } A \geq \frac{P}{\varphi [\sigma]_{gys}}. \quad (IX.18)$$

(IX.18) deňleme iki näbelli ululyk girýär: koeffisiýent φ we kesigiň gözlenýän meýdany A . Şonuň üçin hem kesik saýlananda koeffisiýent φ -iň bahalaryny berip, yzygiderli çemeleşmek usuly peýdalanylýar.

X BAP. DINAMIKI GÜÝÇLERIŇ TÄSIRINDEN MAŞYNLARYŇ DETALLARYNYŇ BERKLIGE BOLAN GATNAŞYGyny HASAPLAMAK

1.10.1. Umumy düşüňjeler

Dersiň geçen baplarynda detallaryň statiki güýçlere edýän täsiriniň hasaplanylyşyna seretdik. Maşynlaryň köp detallary dinamiki güýçleriň täsirine sezewar bolýarlar. Statiki güýçlerden tapawutlylykda, dinamiki täsirde wagt boýunça güýçler ululygyny ýa-da ugruny üýtgedýärler we maşynyň böleklerinde hereketiň tizlenmesini döredýärler. Bu bolsa öz gezeginde inersiýa güýçlerini ýüze çykarýar. Inersiýa güýji käbir ýagdaýlarda detallarda esasy güýçden artyk goşmaça dartgynlylyk we deformasiya döredýär.

Adatça, güýjüň dinamiki täsiri dinamiki koeffisiýentiň kömegi bilen hasaba alynýar:

$$P_{din.} = \mu P_{st}, \quad (X.1)$$

bu ýerde μ – baýlaşdyrylan dinamiki koeffisiýent.

Dinamiki güýçleri aşakdaky görnüşlere bölýärler: inersiýa, urgy, yrgyldy we gaýtalanyp üýtgeýän güýçler. Konstruksiýanyň böleklerine bu güýçleriň täsirini aýratynlykda seredýäris.

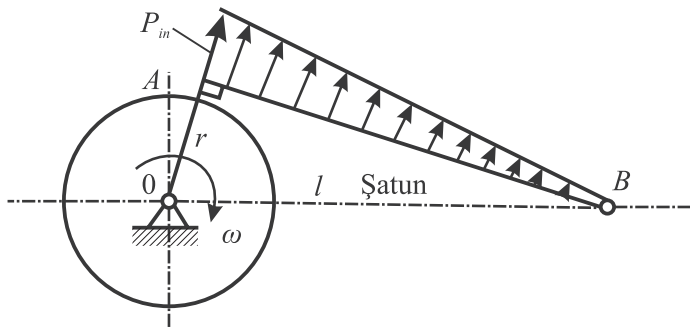
1.10.2. Inersiýa güýçlerini hasaba almak

1. Şatundaky dartgynlylygy kesgitlemek.

A nokatda AB şatun aýlaw, B nokatda bolsa öňe-yza gidýän göni hereket edýär.

Şonuň üçin hem $a_n^B = 0$, $a_n^A = a_n^{\max} = \omega^2 r$. $\angle OAB = 90^\circ$ bolanda şatunyň howpuly ýagdaýy emele gelýär we inersiýa güýji üçburçlygyň kanuny boýunça ýaýraýar. Ugry bolsa şatunyň okuna perpendikulýar bolýar:

$$P_{in.} = m a_n = m \omega^2 r.$$



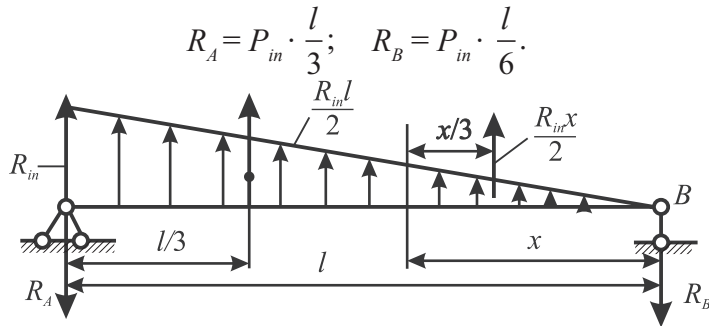
77-nji surat

Bu ýerde: $m = \gamma A/q$ – şatunyň uzynlyk birligine getirilen massasy;
 γ – şatunyň materialynyň göwrüm agramy;
 A – şatunyň kese kesiginiň meýdany;

$$\omega = \pi \frac{n}{30} - \text{kriwoşipiň burç tizligi.}$$

$$\text{Onda: } P_{in.} = \gamma \frac{Ar}{q} \pi^2 n^2 / 30^2 = \gamma Arn^2 / 30^2.$$

Şatuna iki daýanç nokatly balka görnüşde seredip, onuň iň uly momentini kesgitleýäris. Daýanç nokatlarynyň gaýtargylary üçburçlyk boýunça ýaýran güýçleriň deň täsir edijisiniň aralygyna ters proporsionaldyr we şonuň üçin hem:



78-nji surat

Erkin kesikde momentiniň deňlemesini ýazýarys.

$$M_x = -\frac{P_{in}l}{6} \cdot x + P_{in} \cdot \frac{x}{l} \cdot \frac{x}{3} \cdot \frac{x}{2} = -\frac{P_{in}l}{6} \cdot x + \frac{P_{in}^3}{6l}.$$

Momentiniň ekstremal bahasyny tapýarys:

$$dM_x/dx = -P_{in}l/6 + P_{in}x^2/2l = 0,$$

bu ýerde $x = l/\sqrt{3}$.

$$M_{\max} - P_{in}l/6 \frac{l}{\sqrt{3}} + P_{in} \frac{l^3}{6l \cdot 3 \cdot \sqrt{3}} = -P_{in}l^2/16 = -\gamma Arn^2l^2/120^2.$$

Iň uly dartgynlylygyň absolyút bahasy:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} = \frac{\gamma Arn^2l^2}{120^2 W_z}. \quad (\text{X.2})$$

2. Aýlanýan halkanyň dartgynlylygy.

Aýlanýan halka mahowik, awtomobil we demir ýol tigirleri we ş.m. detallar mysal bolup bilerler. Halkanyň aýlananda inersiýa güýjünden döreyän dartgynlylygyny kesgitleýäris. Merkezi burçy $d\phi$ bolan halkanyň böleginiň deňagramlylygyna seredýäris. Töweregiň dugasy boýunça bölegiň uzynlygy $rd\phi$ deňdir. Onuň göwrü-

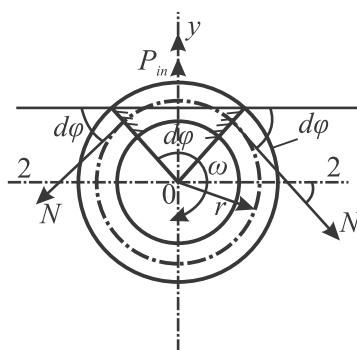
mi – $rAd\phi$, agramy – $rA\gamma d\phi$, agramy – $m = \frac{rA\gamma d\phi}{g}$.

$$\text{Inersiýa güýji} - P_{in.} = \frac{r^2 A \gamma d\varphi}{g} \omega^2.$$

Seredilýän element üçin deňagramlylygyň deňlemesini düzýäris:

$$\Sigma Y = -\frac{2N \sin d\varphi}{2} + \frac{r^2 A \gamma d\varphi}{g} \omega^2 = 0, \text{ çünki } \sin \frac{d\varphi}{2} = \frac{d\varphi}{2},$$

$$\text{onda: } N = N_{din} = \frac{A \gamma}{g} r^2 \omega^2.$$



79-njy surat

$$\text{Dinamiki dartgynlylyk: } \sigma_d = \frac{N_{din}}{A} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot r^2 \omega^2 = \frac{\gamma}{g} \cdot r^2 \cdot \frac{\pi^2 n^2}{30^2} \leq [\sigma].$$

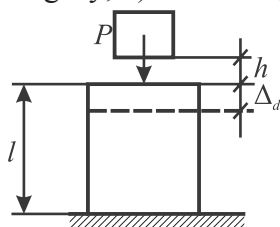
$$\text{Bu ýerden kritiki aýlaw sany: } [n] \leq \sqrt{\frac{30^2 [\sigma]}{\gamma r^2}} \leq \frac{30}{r} \sqrt{\frac{[\sigma]}{\gamma}}. \quad (\text{X.3})$$

1.10.3. Urguda dartgynlylyk we deformasiýa

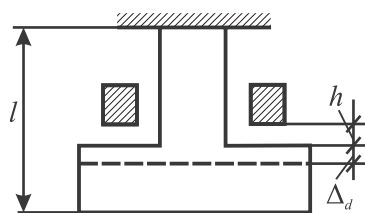
Eger konstruksiýanyň böleginiň tizligi örän az wagt aralygynda özüniň gutar-nykly ululygyna çenli üýtgesse, urgy hadysasy bolup geçýär. Deformasiýa baglylykda urga duçar bolýan ulgamlar aşakdaky görnüşde bolýarlar.

1. Boý urgusy:

a) gysma urgusy; b) dartma urgusy.

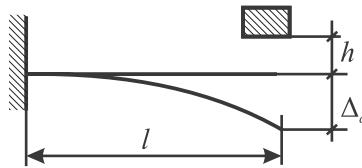


80-nji surat



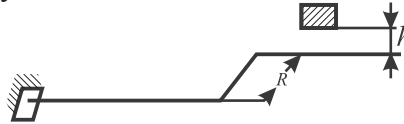
81-nji surat

2. Egiji urgy.



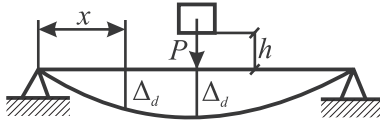
82-nji surat

3. Towlandyryjy urgy.

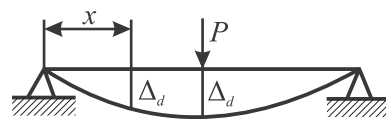


83-nji surat

Urgudan döreyän deformasiýanyň epýury urgyny döredýän ýüküň statiki goýlandaky deformasiýasynyň epýuryňa meňzeş bolýar diýip çaklaýarys. Goý, birinji ýagdaýda P ýük h beýiklikden iki daýanç nokatly balkanyň üstüne urgy bilen täsir edýär diýeliň. Ikinji ýagdaýda bolsa bu ýük statiki goýlandyr. Ýokarky çaklamanyň esasynda bu güýçlerden balkanyň egilme okunyň epýurlary aşakdaky ýaly bolýarlar.



84-nji surat



85-nji surat

Kabul edilen çaklama esasynda:

$$\frac{\Delta dx}{\Delta st} = \frac{\Delta d}{\Delta st}. \quad (X.4)$$

Bu ýerde k_d – urguda dinamiki koeffisiýent.

(X.4) deňlemäni deformasiýany tapmakda peýdalanmak üçin dinamiki koeffisiýenti kesgitlemek gerek. Bu koeffisiýenti kesgitlemek üçin, energiýanyň saklanmak kanunyny ulanýarys. Urýan jisimiň kinetik energiýasy maýyşgak ulgamyň deformasiýasynyň potensial energiýasyna doly geçýär diýip çaklaýarys.

$$T = U_{def}. \quad (X.5)$$

Kinetiki energiýanyň ätiýaçlygy ýerine ýetirilen iş bilen ölçelýär:

$$T = P(h + \Delta_d). \quad (X.6)$$

$$\text{Deformasiýanyň potensial energiýasy: } U_d = \frac{1}{2} P_d \Delta_d = \frac{1}{2} k_d P \Delta_d \quad (X.7)$$

$$\text{ýa-da } P(h + \Delta_d) = \frac{1}{2} k_d P_d, \quad 2(h + \Delta_d) = \frac{\Delta_d}{\Delta_{st}}.$$

$$\text{Bu ýerde } \Delta_d = \Delta_{st} \sqrt{\Delta_{st}^2 + 2\Delta_{st}h}$$

$$\text{ýa-da } \Delta_d = \Delta_{st} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{st}}} \right). \quad (X.8)$$

$$(X.7) \text{ we } (X.8) \text{ deňlemäni deňeşdirip alýarys: } k_d l = \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{st}}}. \quad (X.9)$$

$$\text{Berklik we gatylyk şertleri: } \sigma_d = k_d \sigma_{st} \leq [\sigma]; \quad (X.10)$$

$$\tau_d = k_d \tau_{st} \leq [\tau], \Delta_d = k_d \Delta_{st} \leq [\Delta].$$

Bu ýerden ulgamy urga hasap etmek üçin $P \cdot k_d$ statiki güýji hasaplamak ýeterlikdir. Indi bolsa urgynyň aýry-aýry ýagdaýlaryna seredýäris.

Goý, $h = 0$, onda $k_d = 2$ we bu ýagdaýa **güýjüň birden goýlan täsiri** diýilýär.

$$\text{Eger } h \gg \Delta_{st}, \text{ onda } 2h/\Delta_{st} \gg 1 \text{ we } K_d = \sqrt{\frac{2h}{\Delta_{st}}}. \quad (X.11)$$

Urgynyň täsirini azaltmak üçin Δ_{st} köpeltmeli, bu bolsa urgyny ýumşadar ýaly kömekçi ulgamlary (pružin, ressor, kesigiň gatylygyny azaltmak) talap edýär.

1.10.4. Mehaniki ulgamlaryň yrgyldynyň täsirinden berklige we gatylyga hasaplanylşy

1. Yrgyldy barada düşünje.

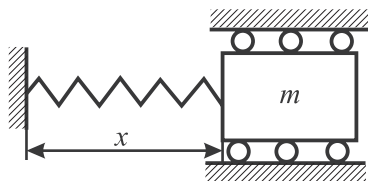
Yrgyldy hadysany öwrenmeklik mehanikany, fizikany we tehnikany bilmekde wajyp ähmiýete eýedir. Yrgyldylar ýagtylyk, ses, tolkun, mehaniki, biologiki we ş.m. görnüşlerde bolýarlar. Mehaniki yrgyldylar gurluşyk we maşyn gurluşyk meselelerine seredilende gabat gelýär. Şonuň üçin hem bu ýerde, esasan, mehaniki yrgyldylara seredilýär.

Belli bir çäklerde islendik deňagramlylyk ýagdaýynyň töwereginde bolup geçýän herekete **yrgyldyly hereket** diýilýär. Mehaniki yrgyldylarda yrgyldaýan jisimiň (ýüklenen balka, towlanan towdar ýa-da deformirlenen ressor we ş.m.) deňagramlylyk ýagdaýyndan ornuny üýtgetmesi wagtyň geçmegi bilen üýtgäp durýar. Mehaniki yrgyldylaryň erkin, mejbury, parametrik we awtoyrgyldy ýaly görnüşleri bolýar.

Deformasiýanyň görnüşine baglylykda, maýyşgak ulgamyň boý, kese we towlanan yrgyldylary bolýar. Yrgyldyly ýagdaýlar döwürleýiň we döwürleýiň däl bolýarlar.

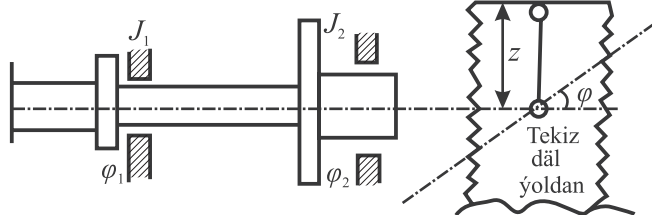
Maýyşgak ulgamyň mehaniki yrgyldysy bir we birnäçe erkin derejeli bolýarlar. **Erkin dereje** diýip berlen wagtda maýyşgak ulgamyň ýagdaýyny kesgitleýän garaşsyz koordinatalaryň sanyna aýdylýar.

Pružin bilen baglanan massanyň (86-njy surat) bir erkin derejesi bolýar, sebäbi onuň ýagdaýyny bir koordinata (x) kesgitleýär.

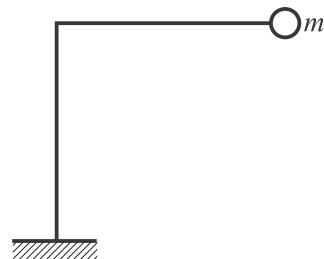


86-njy surat

Aşakdaky görkezilen ulgamyň iki erkin derejesi bar, çünki her diskiň öz öwrülme burçy (φ_1, φ_2) ýa-da iki okly maşynyň yrgyldysynyň (z we φ) iki erkin derejesi bolýar.



87-nji surat



88-nji surat

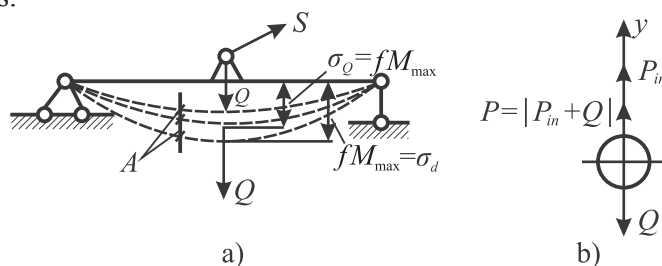
Indiki mysalda m ýüküň ýagdaýyny üç koordinata bilen, ýagny iki çyzyk we bir burç koordinatalary bilen kesgitlep bolýar. Şonuň üçin hem seredilýän ulgamyň üç erkin derejesi bar.

Hakyky balkalaryň sansyz köp erkin derejesi bolýar (ýaýran massaly balkalar).

1.10.5. Yrgyldydan dartgynlylygy we deformasiýany kesgitlemek

Yrgyldy prosesinde ulgamyň statiki deformasiýasynyň üstüne dinamiki deformasiýa goşulýar. Soňky deformasiýa bolsa yrgyldy hereketine we geriminiň (gymyldap ýetýän çäginin) ululygyna bagly. Dinamiki deformasiýany we oňa degişli dartgynlylygy yrgyldyda kesgitlemek ulgamy berklige hasaplamagyň zerur meselesi bolýar.

Bir erkin derejeli agramsyz balkanyň yrgyldy ýagdaýyndaky berkliginiň hasabynda seredýäris.



89-njy surat

Diýmek:

$$\delta_d = \delta_{st, \max} + A = \delta_{st, \max} (1 + A/\delta_{st, \max}) = k_d \delta_{st, \max} \quad (X.12)$$

$$\text{Şonuň ýaly-da: } \sigma_d = \sigma_{st} (1 + A/\sigma_{st, \max}) = k_d \sigma_{st} \quad (X.13)$$

$$\tau_d = \tau_{st} (1 + A/\tau_{st, \max}) = k_d \tau_{st} \quad (X.14)$$

$$\text{Bu ýerde: } k_d = 1 + A/\delta_{st, \max} \quad (X.15)$$

K_d – yrgyldyda dinamiki koeffisiýent.

Berklik şerti bolsa:

$$\begin{aligned}\sigma_d &= k_d \sigma_{st} \leq [\sigma]; \\ \tau_d &= k_d \tau_{st} \leq [\tau].\end{aligned}\quad (\text{X.16})$$

Soňky deňlemelerden görnüşi ýaly, yrgyldyda dinamiki dartgynlylygy tapmak hem-de berkligi barlamak statiki dartgynlylygy we dinamiki koeffisiýenti tapmaga getirilýär. Görşümüz ýaly, dinamiki koeffisiýent yrgyldynyň amplitudasynyň ululygyna bagly, şonuň üçin bu koeffisiýenti kesgitlemek hasaplamanyň esasy bolup durýar.

89-njy suraty ulanyp, Q ýüküň erkin yrgyldysyna seredýäris. Seredilýän nokatdan massa Q güýçden başga balkanyň maýyşgaklyk güýji we ýüküň inersiýa güýji täsir edýär.

$$\Sigma Y = P_{in} + P - Q = 0,$$

$$P_{in} = \frac{a}{d} \ddot{x} - \text{yrgyldydan döreýän inersiýa güýji.}$$

Bu ýerde: $P = (P_{may} + Q) - \text{doly maýyşgak garşylyk güýji,}$

$$P_{may} = cx - \text{dikeldiji güýç;}$$

$c = Q/\delta_{st}$ – proporsionallyk koeffisiýenti, bire deň bolan statiki deforma-siýany emele getirýän güýç (kN/sm).

$$\frac{Q}{g} \ddot{x} + cx = 0, \quad \text{ýa-da} \quad \ddot{x} + \frac{gc}{Q} x = 0. \quad (\text{X.17})$$

Bu ýerde $\omega^2 = cg/Q = c/m = g/\delta_{st}$ (X.18) – yrgyldynyň aýlaw ýygyllygy.

Bu deňlemäni $x = A \cos \omega t + B \sin \omega t$ X.19 funksiýalar kanagatlandyrýar.

A we B ulgamyň yrgyldy hereketiniň başlangyç şertlerinden kesgitlenilýär.

Eger $t = 0$ bolsa, onda $A = x_0$, $B = V_0/\omega_0$ ($x_0 = V_0$ bolanda:

$$x = x_0 \cos \omega_0 t + \frac{V_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t. \quad (\text{X.20}).$$

Islendik wagtda yrgyldynyň amplitudasyny kesgitleýär.

Yrgyldy hereketine daşky garşylyklar täsir edende, (X.20) çözgüt aşaky gör-nüşde ýazylýar:

$$x = e^{-nt} \left(x_0 \cos \omega_1 t + \frac{V_0}{\omega_0} \sin \omega_1 t \right). \quad (\text{X.21})$$

Bu ýerde: $\omega_1^2 = \omega^2 - n^2$ yrgyldynyň garşylykly gurşawda aýlaw ýygyllygy;

$$n = \frac{a}{2m} - \text{togtamak görkezijisi; } a - \text{garşylyk güýjüniň görkezijisi.}$$

Erkin yrgyldylar wagtyň geçmegi bilen togtaýarlar. Eger ulgam daşky güý-jüň täsiri astynda yrgyldynyň amplitudasy hemişelik saklanylýan bolsa, şular ýaly yrgyldylara **mejbury yrgyldylar** diýilýär. Goý, mejbur ediji güýç sinusyň üýtgeýşi ýaly üýtgeýär diýeliň:

$$S = H \sin \omega t, \quad (\text{X.22})$$

bu ýerde H – täsir edýän daşky güýjüň amplitudasy.

(X.22) deňlemäniň sag tarapyna (X.18) deňlemäni ýazyp, mejbury yrgyldynyň deňlemesini alarys:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = c \sin \omega t \quad (\text{X.23})$$

ýa-da garşylykly gurşawda:

$$\ddot{x} + 2nx + \omega_0^2 x = c \sin \omega t. \quad (\text{X.24})$$

Bu ýerde: $c = \frac{Hg}{Q}$ mejbury yrgyldynyň tizlenmesi.

(X.24) deňlemäniň çözüwi mejbury yrgyldynyň amplitudusy üçin aşakdaky deňlemäni berýär:

$$A = \frac{\delta_H}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + 4\left(\frac{n}{\omega_0}\right)^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}. \quad (\text{X.25})$$

$$\text{Bu ýerde: } \frac{gH}{Q\omega_0^2} = \frac{gH}{Q \cdot \frac{g}{\delta_Q}} = \frac{H \cdot \delta_Q}{Q} = \delta_H; \quad (\text{X.26})$$

δ_H – mejbury güýjüň täsirinden statiki deformasiýa.

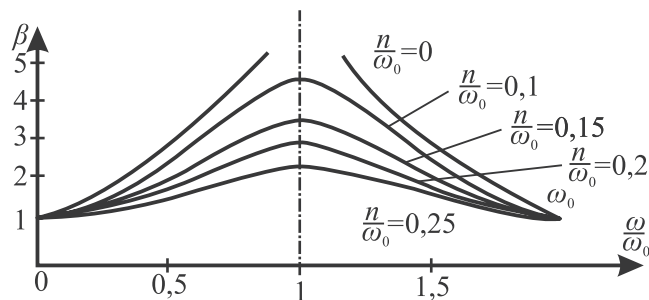
Mejbury yrgyldynyň amplitudasynyň statiki deformasiýa bolan gatnaşygyna **yrgyldynyň ösme koeffisiýenti** diýilýär:

$$\beta = \frac{A}{\delta_H} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + 4\left(\frac{n}{\omega_0}\right)^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}. \quad (\text{X.27})$$

Diýmek, (X.15) deňleme aşakdaky görnüşe gelýär:

$$K_d 1 + \frac{A}{\delta_{st.\max}} = 1 + \frac{\delta_H}{\delta_Q} \cdot \beta. \quad (\text{X.28})$$

Yrgyldynyň ösme koeffisiýentiniň togtamak görkezijisine we ω/ω_0 baglylykdaky çyzgydy aşakdaky ýaly boýlar:



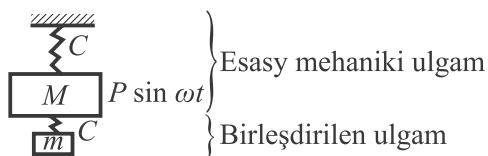
90-njy surat

Eger $\frac{\omega}{\omega_0} = 1$ we $\frac{n}{\omega_0} = 0$ bolsa, onda bu ýagdaýda köp bolmadyk mejbury güýç-

den dartgynlylyk tükeniksiz ýokary baha ymtylýar we rezonans hadysasy bolup geçýär. Garşylyk güýji köpeldigiçe yrgyldynyň amplitudasy we ösme koeffisiýenti nola ymtylýar. Bu ýagdaýda in uly dartgynlylyk Q güýçden statiki dartgynlylyga deň bolýar.

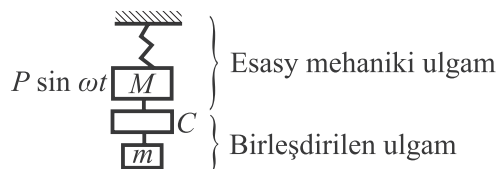
Amalyýetde rezonans ulgamda ýüze çykmazlygy üçin, ýörite enjamlar ulanylýar. Şular ýaly enjamlaryň üç görnüşine seredýäris.

1. Yrgyldyny dinamiki ýok etmek (togtutmak).



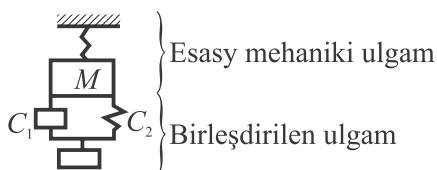
91-nji surat

2. Sürtülme böleginiň kömegi bilen yrgyldyny ýok etmek.



92-nji surat

3. Yrgyldyny sürtülme we dinamiki ýok etmek. Bu enjamda mehaniki ulgama maýyşgak hem-de şepbeşik bölekler birleşdirilýär.



93-nji surat

Rezonansyň peýdaly taraplary hem bolýar. Meselem, rezonans yrgyldyny özüne siňdirýän enjamlary, wibrograflary, seýsmograflary we beýleki enjamlar konstruirlemek üçin peýdalanylýar. Maşyn gurluşygynda amortizatorlary, resorlary saýlap almakda we ş.m. maksatlar üçin ulanylýar.

II BÖLÜM

MEHANIZMLERİN WE MAŞYNLARYŇ NAZARYÝETI

XI BAP. DERSIŇ ÖSÜŞ TARYHY WE MESELELERI

2.11.1. Mehanizmleriň düzümleri. Assuryň topary barada düşünje

Häzirki döwürde ylmyň we tehnikanyň ösmegi täze maşynlary döretmek bilen baglanyşyklydyr. Bu maşynlaryň zähmet öndürijiligi ýokarlandyrylýar, adamlaryň zähmeti ýeňilleşdirilýär.

Maşyn adamlaryň fiziki zähmetini akyl zähmeti bilen çalyşmak we ýeňilleşdirmek maksady bilen energiýany, materialy we informasiýany (habarlary) özgertmek üçin mehaniki hereketleri ýerine ýetirýän guraldyr.

Başgaça aýdylanda, materialy, energiýany, informasiýany özgerdýän serişdä maşyn diýilýär.

Ýerine ýetirýän wezipeleri boýunça maşynlar aşakdaky synplara bölünýänleri:

- energetiki maşynlar – dwigatel, maşyn-generator;
- iş maşynlary – tehnologiki we transport maşynlary;
- informasion maşynlar;
- kubernetiki maşynlar.

Energetiki maşynlar islendik energiýany mehaniki energiýa öwürýär ýa-da tersine bolup biler.

Tehnologiki maşynlar materialyň görnüşini, häsiýetini we ýagdaýyny üýtgetýär.

Ulag maşynlary materialyň ýagdaýyny üýtgedýär.

Informasion maşynlar informasiýany almak we özgertmek (dolandyryjy, matematiki) üçin niýetlenen maşynlardyr.

Kibernetiki maşynlar janly tebigatyň mehaniki, biologiki, fiziologiki ýagdaýlaryny çalyşýar ýa-da olaryň hereketini gaýtalaýar.

Mehaniki hereketleri özgerdýän bir ýa-da birnäçe jisimleriň toplumyna mehanizm diýilýär. Mehanizmleri gadymy döwürlerde hem ulanypdyrlar. Mysal üçin, daş asyrdä haýwanlary her hili mehanizmiň kömegi bilen awlapdyrlar. Eýýäm Leonardo da Winçiniň (1452-1519) döwründe häzirki mehanizmleriň esasy görnüşleri belli bolupdyr. Mehanizmleriň we maşynlaryň nazaryýeti maşynlaryň detailaryny we maşynlaryň hasaplamalaryny we gurnalyşyny öwrenmekligi taýýarlaýan ylymdyr.

Mehanizmleriň nazaryýetiniň ylym hökmünde ýüze çykmagy XVIII asyryň ikinji ýarymyna degişli. Ilki bilen mehanizmiň seljermek usuly uly ösüşe eýe bolýar. Bu ugurda umumy analitik usullar giň gerime eýe bolýar. Bu usuly rus akademigi P.L.Çebyşew (1821-1894) öz işlerinde has hem ösdürýär.

Mehanizmleriň nazaryýetiniň düýpli işlerini işläp düzmekde rus alymlary L.W.Assur (1878-1920), I.I.Artobolewskiý (1905-1977) önjeýli goşant goşdular.

Maşynlaryň düzümine girýän ýa-da maşynlary emele getirýän mehanizmler 3 topara bölünýärler:

1) gidrawliki; 2) pnevmatiki; 3) elektriki.

Funksional ähmiýeti boýunça mehanizmler aşakdaky ýaly görnüşlerde bolýarlar:

– Dwigateliň mehanizmleri dürli-dürli energiýany mehaniki işe öwürýär;

– Geçiriji mehanizmler dwigateliň mehaniki hereketini tehnologiýa iş maşynlaryna hereketi özgerdip geçirýär;

– Ýerine ýetiriji mehanizmler materialyň görnüşini, häsiýetini, ýagdaýyny üýtgedýär.

Dolandyryjy mehanizmler – ulgamy dolandyrmak üçin niýetlenendir.

Ulag we materialyň hilini (sortirowka) saýlaýan mehanizmler.

Awtomatiki hasaplaýan, gaplaýan, materialyň agramyny ölçeýän mehanizmler.

Mehanizmiň görnüşleriniň mysallary:

1. Kriwoşip polzunly mehanizm (94-nji surat).

2. Dört zwenoly koromyslaly mehanizm (95-nji surat).

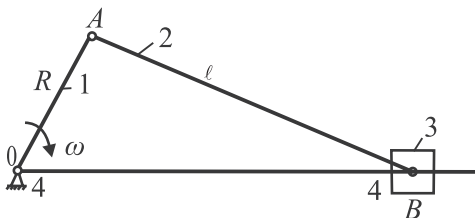
3. Alty zwenoly mehanizm (96-njy surat).

4. Kulaçokly mehanizm (97-nji surat).

5. Dişli geçiriji mehanizm. Silindr şekilli geçiriji (98-nji surat).

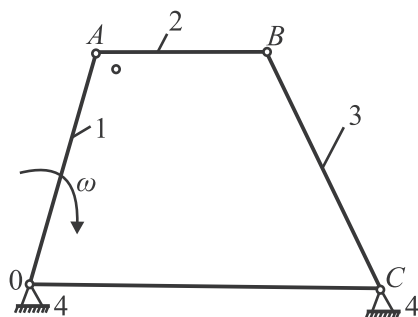
Mehanizmleriň nazaryýeti mehanizmleriň düzümini (strukturasyny), kinematikasyny we dinamikasyny seljrip, sintezini öwrenýän ylymdyr.

Mehanizmler: ryçagly, dişli, kulaçokly, friksion, maýyşgak elementli bolýarlar.



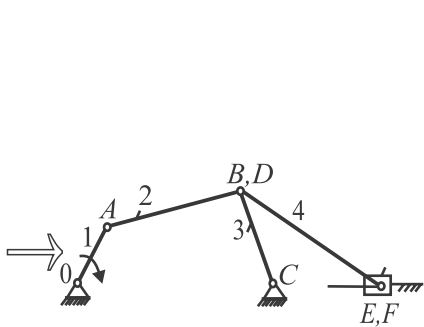
94-nji surat.

1 – křiwoşıp; 2 – şatun; 3 – polzun; 4 – direg

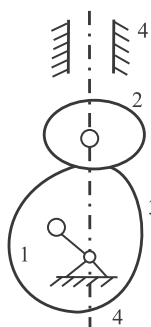


95-nji surat.

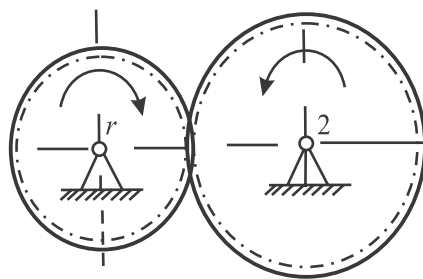
1 – křiwoşıp; 2 – şatun; 3 – koromyslo; 4 – direg



96-nji surat

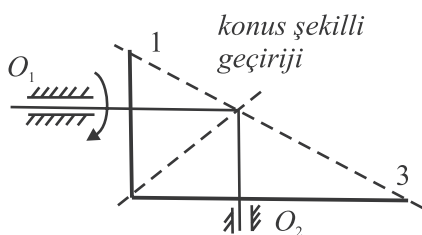


97-nji surat

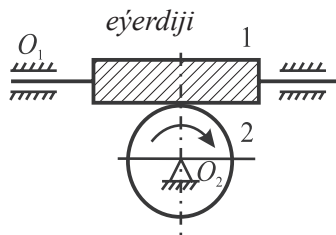


98-nji surat

burunly geçiriji



99-nji surat



100-nji surat

2.11.2. Mehanizmiň düzümini we kinematikasyňy seljermek

Mehanizmiň nazaryýeti iki meseläni çözyär:

1. Mehanizmi seljermek – mehanizmiň düzüminiň kinematikasyňy, dinamikasyny barlamak.

2. Mehanizmi sintez etmek.

Mehanizmi seljermek iki topara bölünýär:

1. Düzümini we kinematikasyňy seljermek.

2. Mehanizmiň dinamikasyny seljermek.

Mehanizmiň düzümini we kinematikasyny seljermek güýje garaşsyz, mehanizmiň gurluşyny nazary öwrenmek we onuň hereketini barlama maksady bilen geçirilýär.

Islendik mehanizmiň bir gozganmaýan (direg) we bir ýa-da birnäçe gozganýan zwenolary bolýar. Zwenó – mehanizmiň bölünmeýän bölegi, iki zwenonyň biri-biri bilen otnositel hereketdäki birleşmesine (şarnirli) kinematiki jübütlik diýilýär.

Kinematiki jübütligiň baglanyşygyndaky zwenolaryň ulgamyna kinematiki zynjyr diýilýär. İçinden ýandyrylýan dwigatelde, tirsekli wal-podşipnik – birinji kinematiki jübütlik.

Tirsekli wal-şatun ikinji kinematiki jübütlik, şatun-porşen üçünji we ş.m. hemme kinematiki jübütlikler bolsa kinematiki zynjyry emele getirýär.

Zwenolaryň birleşmesinde kinematiki jübütlik dürlü-dürli bolýar (aýlanýan, typýan we ş.m.)

Hemme kinematiki jübütlikler 5 synpa bölünýärler.

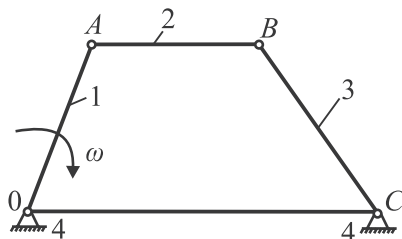
İki zwenonyň hereketiniň şertli baglanyşyklarynyň sany kinematiki jübütligiň synpyny kesgitleýär.

Meselem: I synp – baş gozganýan bir baglanyşykly;

II synp – dört gozganýan iki baglanyşykly we ş.m.

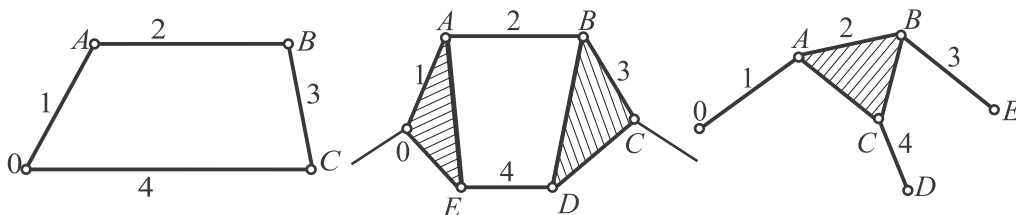
Ulgamyň mümkin bolan ornuny üýtgetmegiň sanyna mehaniki ulgamyň erkin derejelilik sany diýilýär.

Kinematiki zynjyrlar ýönekeý we çylşyrymly bolýar.



101-nji surat

Eger bir zwenó iki kinematiki jübütligige girse, ýönekeý, eger-de zynjyrdä bir ýa-da birnäçe zwenó ikiden köp jübütligige girse, onuň ýaly zynjyra, çylşyrymly kinematiki zynjyr diýilýär. Kinematiki zynjyrlar açyk we ýapyk bolýarlar (102-nji surat).



102-nji surat

2.11.3. Mehanizmleriň düzümleri

Mehanizmiň başgaça kesgitlemesi: bir zwenonyň berlen hereketi boýunça beýleki zwenolaryň kesgitli otnositel hereket edýän kinematiki zynjyryna mehanizm diýilýär.

Mehanizmiň eýerdiji (girýän) we eýeriji (çykýan) zwenolary bolýar.

Mehanizmler tekizlikde we giňişlikde hereketlendirýär diýen toparlara bölünýär.

Tekiz mehanizmler üçin gozganýanlyk derejesiniň sany Çebyşewiň deňlemesi boýunça kesgitlenilýär:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4.$$

Bu ýerde n – kinematiki zynjyrdaky gozganýan zwenolaryň sany;

P_4 – mehanizmdäki IV synp kinematiki jübütligiň sany;

P_5 – mehanizmdäki V synp kinematiki jübütligiň sany.

Tekiz mehanizm bolmak üçin Çebyşewiň deňlemesi boýunça hasaplanan gozganýanlyk derejesi 1-e deň bolmaly.

2.11.4. Assuryň topary barada düşünje

Mehanizmleri döretmegiň esasy ýörelgesini ilkinji gezek 1914-nji ýylda rus alymy L.W.Assur tarapyndan hödürlendi. Ol mehanizmleri döretmegiň usulyňy kinewatiki zynjyrlary başlangyç zwenony yzygider birikdirmek arkaly görkezipdir. Mehanizmi döretmegi dört zwenoly 104-nji suratda görkezilen kriwoşipli-polzunly mehanizmiň mysalynda yzarlasak, bu mehanizm 2-nji başlangyç zwenodan hem-de bu zwenony yzygiderli birikdirilen 3 we 4 zwenolary kinewatiki zynjyry emele getirýär. Şeýlelikde, bu mehanizmiň Çebyşewiň deňlemesi boýunça erkinlik derejesi deň bolar:

$$W + 3n - 2 \cdot p_5 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1,$$

ýagny 104-nji suratda görkezilen mehanizmiň erkinlik derejesi 1-e deňdir. Başlangyç zwenony hökmünde 2-nji zwenony alýarys. Onda bu mehanizmiň erkinlik derejesi 1-e deň bolan 2-nji başlangyç zwenodan we 1-nji diregden hem-de 3,4 zwenolardan durýan kinewatiki zynjyrdan ybaratdyr.

Şeýlelikde, mehanizmi döretmegiň esasy ýörelgesi 104-nji suratda görkezilen mehanizmde 1-nji gozganmaýan zwenony bolan erkinlik derejesine deň bolan başlangyç zwenodan we erkinlik derejesi 0-a deň bolan 3 we 4 zwenolardan durýan kinewatiki zynjyrdan ybaratdyr.

Erkinlik derejesi 0-a deň bolan kinewatiki zynjyry Assuryň topary diýilýär.

104-nji we 105-nji suratlarda görkezilen mehanizmlerde ABC kinewatiki zynjyr üç sany A, B, C kinewatiki jübütlere girýän iki sany 3 we 4 zwenolardan durýar. Şeýlelikde, bu toparyň erkinlik derejesi deňdir:

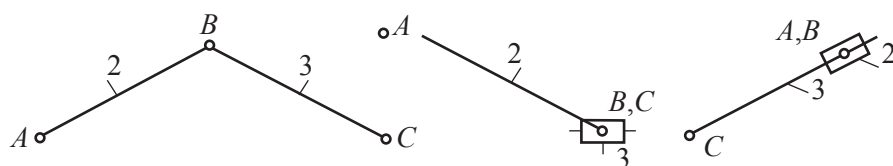
$$W = 3n - 2p_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0.$$

Ýokarda görkezilişi ýaly, tekizlikde hereketlenýän mehanizmiň düzümine IV we V synply kinematiki jübütlikler diňe V synply jübütliklerden emele gelen kinematiki zynjyrlar bilen çalşylyp bilner. Görkezilen usul bilen çalşylan mehanizmiň zwenolary başlangyç ýagdaýda düzümine ýokary jübütlik girýän mehanizmiň hereketi ýaly hereketlenmeli. Şonuň üçin mehanizmiň bölünişine seredilende ähli ýokary jübütlikler deslapky ýagdaýda V synply jübütlerden emele getirilen degişli kinematiki zynjyr bilen çalşyrylmagyny çäklendirmek bolar.

Çebyşewiň deňlemesinden düzümine diňe V synply jübütlik girýän topar şu şerti kanagatlandyrmaly, ýagny ol deňlemäni şeýle ýazmak bolar: $3n - 2p_5 = 0$, bu ýerden:

$$p_5 = \frac{3}{2}n,$$

ýagny topara girýän V synply jübütlikleriň sany, oňa girýän zwenolaryň ikiden üç sanysyna deň bolmaly. Bu şerti kanagatlandyryan sanlary $n = 2$; $p_5 = 3$ bolmaly. Olaryň görnüşleri 103-nji suratda görkezilendir.



103-nji surat

XII BAP. MEHANIZMI KINEMATIKI SELJERMEK

2.12.1. Umumy düşünje

Mehanizmiň kinematikasyň esasy meseleleri, zwenolara täsir edýän güýçleri hasaba almazdan, mehanizmiň zwenolarynyň hereketini öwrenmekden ybarat. Bu hereketleri nazary mehanika analitik ýol bilen kesgitleýär. Mehanizmiň nazary-ýetinde bolsa bu hereketler çyzgyt usul bilen kesgitlenýär.

Mehanizmiň kinematiki barlagy, esasan, üç meseläni çözmeklikden durýar:

1. Zwenonyň nokatlarynyň ornuny üýtgetmegini we traýektoriasyny kesgitlemek;
2. Zwenonyň belli nokatlarynyň tizliklerini kesgitlemek;
3. Zwenonyň nokatlarynyň tizlenmelerini kesgitlemek.

2.12.2. Zwenonyň ýagdaýlaryny (planyny) we zwenonyň nokatlarynyň traektoriýasyny kesgitlemek

Mehanizmiň ýagdaýlarynyň meselesini çözmek üçin (mehanizmiň planyny) mehanizmiň kinematiki shemasy we hereketlendiriji zwenonyň ornuny üýtgetmeginiň wezipesi berlen bolmaly.

Mehanizmiň zwenolarynyň ýagdaýyny kesgitlemek üçin onuň kinematiki shemasy gurulýar. Bu shema öňünden saýlanyp alnan masştab boýunça gurulýar.

Kinematiki shemany gurmak üçin naturada bir metriň shemada 1mm gabat gelýän masştabynyň koeffisiýentini saýlap almakdan başlanýar:

$$\mu_l = \frac{l(m)}{l(mm)} \left(\frac{m}{mm} \right),$$

$l(m)$ – zwenonyň hakyky uzynlygy;

$l(mm)$ – zwenonyň shemadaky uzynlygy.

Mehanizmiň shemasyndan zwenolaryň hakyky ululygyny kesgitlemek üçin zwenolaryň ululygyny mm-de ölçäp, saýlap alnan uzynlygyň masştabynyň koeffisiýentine (μ_l) köpeltmeli.

Kinematiki barlagda mehanizmiň başlangyç zwenosynyň hereketi elmydama deňölçegli diýip hasap edilýär ($\omega = \text{const}$, $\varepsilon = 0$).

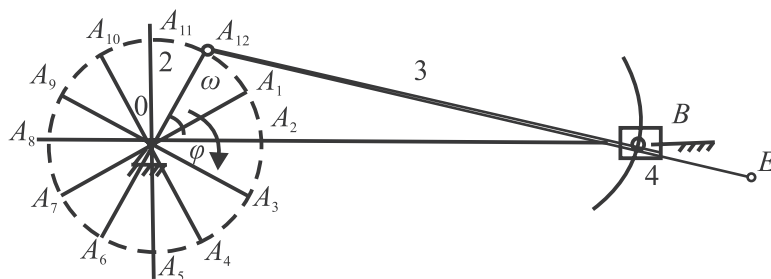
Kriwoşip polzuň mehanizmiň kinematiki barlagy, ýagny onuň ýagdaýynyň planyny gurýarys.

Mehanizmiň düzümini seljerýäris:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1,$$

Uzynlygyň masştabynyň koeffisiýentini kesgitleýäris:

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{OA} \left(\frac{m}{mm} \right), 0,002, 0,004, 0,008, 2, 4, 8, \dots \text{ esse kiçi.}$$



104-nji surat

l_{OA} – zwenonyň hakyky uzynlygy (m);
 OA – zwenonyň çyzgydaky ululygy (mm).

Mehanizmiň planynyň 12 ýagdaýyny gurmak üçin OA radiusly töwerek çyzýarys. Dik we kese oklary geçirýäris. Töwerekde deň aralykda ýerleşen 12 sany nokady tapýarys. Olary töweregiň merkezi O nokady bilen birleşdirýäris we kriwoşip OA 12 ýagdaýyny tapýarys. Dik okuň töwerek bilen kesişýän nokadyny O -njy ýagdaý diýip hasap edip, OA kriwoşipini aýlanýan ugruna nokatlary yzygiderli $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{12}$ diýip belleýäris (104-nji surat). AB şatunyň mehanizmiň planyndaky uzynlygy kesgitleýäris:

$$AB = \frac{l_{OA}}{\mu_e} (mm).$$

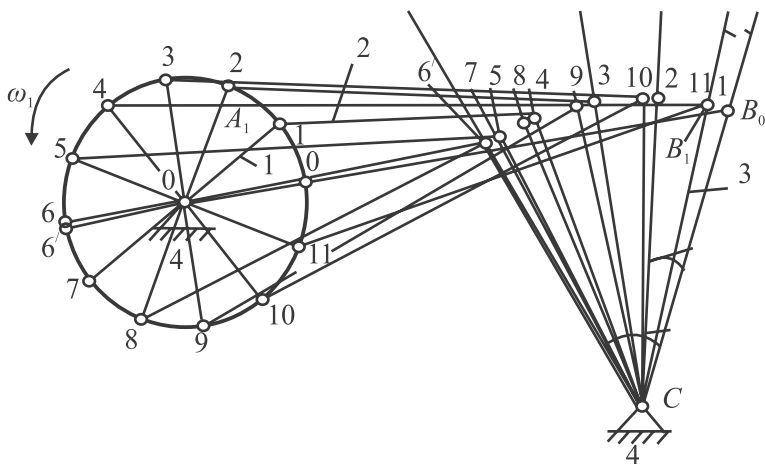
$A_0, A_1, A_2, \dots, A_{12}$ nokatlardan AB radiusly duga geçirip, polzunyň ugrukdyryjysy bilen kesişme nokadyny tapýarys. Bu nokatlar polzunyň ýagdaýyny kesgitleýär. Mehanizmiň planyndaky BE ululygyny kesgitleýäris:

$$BE = \frac{l_{BE}}{\mu_e} (mm).$$

Hemme ýagdaý üçin $E_0, E_1, E_2, \dots, E_{12}$ nokatlary endigan birleşdirip, E nokadyň traýektoriasyny alarys.

Dört zwenoly ryçagly mehanizmiň 12 ýagdaýynyň plany hem ýokardaky ýaly yzygiderlikde gurulýar (105-nji surat).

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1.$$



105-nji surat

XIII BAP. DIAGRAMMA USULY BILEN MEHANIZMLERİN KINEMATIKI BARLAGLARY

2.13.1. Mehanizmiň nokadynyň yolunyň, tizliginiň we tizlenmesiniň diagrammalarynyň gurluşy

Mehanizmleriň kinematiki barlaglarynda doly bir döwürde olaryň hereketleri öwrenilýär. Bu barlaglar analitik we grafiki usullaryň kömegi bilen ýerine ýetirilýär we biri-birinden ýakyn deň daşlaşýan birnäçe ýagdaýlary üçin geçirilýär. Alnan kinematiki ululyklary tablisa we grafiki görnüşde göz önüne getirip bolýar. Mehanizmleriň zwenolarynyň ornuny üýtgetmegini, tizlikleri we tizlenmeleri wagta görä grafiki şekillendirilmegine kinematiki diagrammalar diýilýär.

Kinematiki diagrammalar gurlanda kinematiki ululyklaryň wagta baglylykda ýa-da mehanizmiň başlangyç zwenosanyň seredilýän nokadynyň ornuny üýtgetmegine baýlaşdyrylýan koordinata baglanyşykda kinematiki diagrammalar gurulýar.

Mysal üçin, biz kriwoşip polzun mehanizmi üçin, göni hereket edýän B nokadyň ornuny üýtgetmegini S_B , tizligi V_B we tizlenmesini a_B diýip belgiläp, olaryň wagta görä üýtgeýşini aşakdaky ýaly aňladýarys:

$$S_B = S_B(t), \quad V_B = V_B(t), \quad a_B = a_B(t).$$

Umumylaşdyrylan koordinata görä:

$$S_B = S_B(\varphi_1), \quad V_B = V_B(\varphi_1), \quad a_B = a_B(\varphi_1).$$

φ_1 – birinji zwenonyň baýlaşdyrylan koordinaty.

Ikinji zwenonyň, ýagny şatunyň burç üýtgemesi φ_2 burç tizligi ω_2 we burç tizlenmesiniň üýtgemesi ε_2 barlananda $\varphi_2 = \varphi_2(t)$, $\omega_2 = \omega_2(t)$, $\varepsilon_2 = \varepsilon_2(t)$ ýa-da $\varphi_2 = \varphi_2(\varphi_1)$, $\omega_2 = \omega_2(\varphi_1)$, $\varepsilon_2 = \varepsilon_2(\varphi_1)$ aňlatmalar ulanylýar.

Kriwoşip polzun mehanizmiň $S_B = S_B(t)$, $V_B = V_B(t)$, $a_B = a_B(t)$ baglanyşyklaryny kinematiki diagrammalaryň gurluşynda seredeýäris. Ilki bilen mehanizmiň 12 ýagdaýynyň planyny gurýarys we onuň B nokadynyň çep çetki ýagdaýyny başlangyç ýagdaýy diýip hasap edýäris. Iki koordinat okuny geçirýäris we absissa oky boýunça l kesimi alyp goýýarys (mm), bu μ_t masştabda kriwoşipiň bir doly aýlaw wagtydyr. T , ýagny $T = \frac{60}{n_1} \mu_t l$, n_1 – kriwoşipiň minutdaky aýlaw ýygylgy, aýl/min. Bu ýerde wagtyň masştaby:

$$\mu_t = \frac{60}{n_1 l} \left[\frac{s}{mm} \right] = \frac{2\pi}{\omega_1 l} \left[\frac{s}{mm} \right].$$

l kesimi deň 12 bölege bölýäris we degişli nokatlardan 0, 1, 2..., B nokadyň çep çetki ýagdaýdan B_0 geçen aralyklaryny alyp goýýarys.

1 nokatdan $y_1 = B_0 - B_1$, 2 nokatdan $y_2 = B_0 - B_2$ we ş.m. dikligine alyp, şol ordinatalarda nokatlary belleýäris. Eger kesimleri bolşy ýaly shemadan alyp goýsak, onda diagrammanyň absissasynyň masşaby hem shemanyň masşabyna deň bolýar. $\mu_s = \mu_\ell$ kese ok boýunça wagty alman, burç alsak, onda onuň masşaby:

$$\mu_\varphi = \frac{2\pi}{l} \left[\frac{\text{rad}}{\text{mm}} \right].$$

Mehanizmleri kinematiki barlamak üçin polzunyň $S_B = S_B(t)$, ýolunyň diagrammasy boýunça $V_B = V_B(t)$ diagrammany gurmak üçin $V_B = \frac{ds_s}{dt} = \frac{d[S_B(t)]}{dt}$ baglanyşykdan peýdalanýarys.

$S_B = S_B(t)$ egri çyzygy grafiki differensirlemek ýoly bilen tizligiň diagrammasyny alarys.

Grafiki differensirlemek üç usulda geçirilýär:

1. Galtaşma usuly.
2. Ösüş usuly.
3. Horda usuly.

Biz bu ýerde hordalar usulyny peýdalanýarys. Hordalar usuly bilen grafiki differensirlemek şeýle geçirilýär: $S_B = S_B(t)$ diagrammadan 1, 2, 3...nokatlary hordalar bilen birleşdirýäris. Bu diagrammanyň aşagyndan V_B we $t(\varphi_1)$ koordianat oklaryny geçirýäris. Absissa okundan l kesimi 12 sany deň bölege bölýäris.

Koordinat oklarynyň başlangyç nokadynyň çep tarapyndan H_1 (mm) aralykda P_1 polýusy belleýäris we bu polýusdan $P_1 - 1'$, $P_1 - 2'$, $P_1 - 3'$... şöhleleri 0 – 1, 1 – 2, 2 – 3 hordalara parallel geçirýäris. $V_B = V_B(t)$ diagrammany gurmak üçin 1 nokatdan keseligine çyzyp birinji ordinat, ýagny 0 bilen 1 nokadyň ortasyndan geçirilen ordinat bilen kesişýän nokady $1''$ belleýäris. Beýleki nokatlar hem şun meňzeşlikde tapylýar. Bu bellen nokatlary yzygider endigan birleşdirip, $V_B = V_B(t)$ diagrammany gurýarys.

Diagrammanyň masşaby şeýle kesgitlenilýär:

$$\mu_v = \frac{\mu_s}{\mu_l H_1} \left[\frac{\text{ms}^{-1}}{\text{mm}} \right].$$

$V_s = y_1' \cdot \mu_v$ (m/s) deňleme boýunça diagrammanyň kömegi bilen B nokadyň tizliklerini kesgitleýäris.

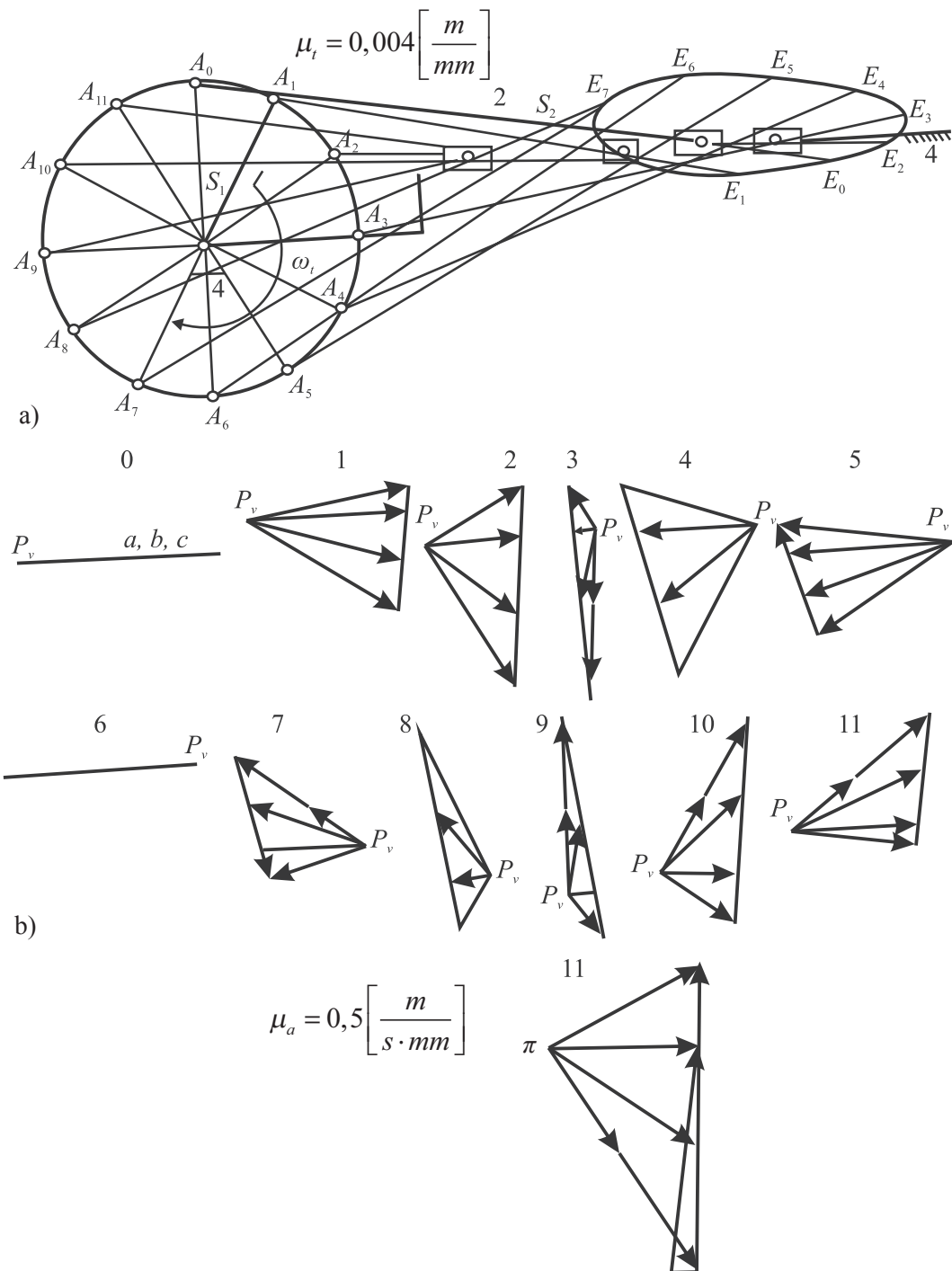
Tizlenmäniň diagrammasy tizligiň diagrammasyny grafiki differensirlemek ýoly bilen gurulýar. Hemme gurulmalar ornuny üýtgemegi differensirlemege meňzeş, ýöne birinji we soňky nokatlary 0-1 we 11-12 kesimleri dört bölege bölüp alýarys, onda galan nokatlar ($1''$, $2''$, $3''$... $11''$) 1, 2, 3 ... 11 nokatlardan geçirilen ordinatalardan alynýar.

Tizlenmäniň diagrammasynyň masşaby:

$$\mu_a = \frac{\mu_v}{\mu_l H_2}$$

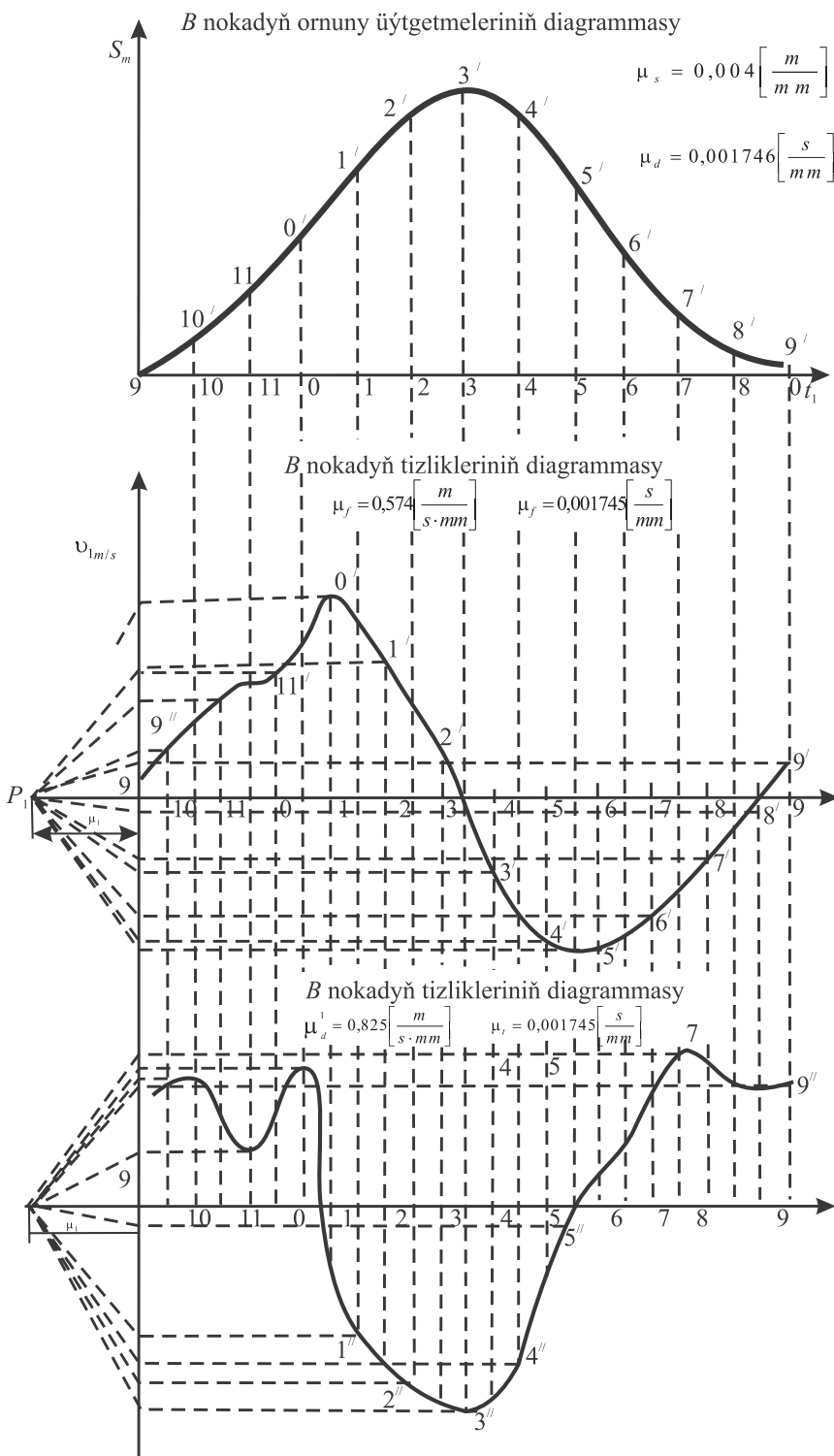
ýa-da

$$\mu_a = \frac{\mu_s}{\mu_l H_1 H_2}.$$



106-njy surat.

a – mehanizmiň shemasy we 12 ýagdaýynyň gurluşy, b – mehanizmiň 12 ýagdaýy üçin belli nokatlarynyň tizlikleriniň plany, ζ – mehanizmiň 11 ýagdaýynyň tizlenmeleriniň plany



107-nji surat

III BÖLÜM

MAŞYNLARYŇ DETALLARY

ESASY DÜŞÜNJELER

Maşynlaryň detallary barada umumy maglumatlar

Maşynlaryň detallary. Amaly mehanika dersiniň üçünji bölümi bolup, mehanizmleri we maşynlary taslamagyň esaslaryny öwredýän ylmydyr.

Mehaniki hereketleri geçirmek üçin niýetlenen gurnawa mehanizm diýilýär. Birnäçe mehanizmler burç tizligini üýtgetmek üçin (dişli, çekili we başgalar), birnäçe görnüşleri bolsa mehaniki hereketiň bir görnüşini başga görnüşe geçirmek üçin (kriwoşip-polzun, kulaçokly we başga mehanizmler) ulanylýar.

Energiýanyň bir görnüşini başga görnüşe öwürýän ýa-da peýdaly mehaniki işi ýerine ýetirmek üçin hyzmat edýän mehanizmleriň utgaşmasyna maşyn diýilýär. Maşyn adamyň akyl we fiziki zähmetlerini ýeňilleşdirmek üçin niýetlenen guraldyr.

Islendik maşynlar we mehanizmler birnäçe detallardan durýarlar.

Ýygnaýma operasiýasyz taýýarlanylýan maşynlaryň bölegine *detal* diýilýär. Eger detallar maşynlaryň hemme görnüşlerinde ulanylýan bolsalar, şular ýaly detailara umumy ähmiýetli detallar (bolt, wal, podşipnik, dişli tigiřçeler we beýlekiler) diýilýär. Bu detallar bolsa maşynlaryň detallary dersinde öwrenilýär.

Detaillar ýönekeý (gaýka, bolt, şponka we ş.m.) we çylşyrymly (tirsekli wal, reduktoryň gutusy, dişli tigirler, podşipnikler we ş.m.) görnüşlere bölünýärler.

Maşynlaryň detallarynyň gurnawy aşakdaky talaplary ýerine ýetirmeli: ygtybarlylyk we tygşylylyk, berklik we gatylyk, ýylylyga we iýilmäge durumlylygy, yrgylda durnuklylygy.

Maşynlaryň detallarynyň ygtybarlylygy diýip onuň uzak wagtlap özüniň iş ukybyny saklamagyna aýdylýar. Tygşylylyk materialyň bahasyny, önümçilige we ulanylyşyna edilýän çykdajylary kesgitleýär.

Iýilmeklik diýlip bu detallaryň ölçegleriniň kem-kemden üýtgemegine aýdylýar.

Barlag hasabaty – gurnawlaryň berkligini, ýüklenilýän ýüküň möçberini bilmek üçin ulanylýar.

Hasap ýüklenmeleriniň kesgitlenilişi $P = P_n K$.

P_n – normatiw güýç; K – dinamiki ýüklenmelerden döreýän goşmaça güýji hasaba alýan koeffisiýent.

Maşynlary we mehanizmleri taslamagyň esasy meseleleriniň biri hem maşynlaryň detallarynyň materiallaryny saýlap almakdyr.

Maşyngurluşygynda detallar metal we metal däl (plastmassa, agaç we başga materiallardan) materiallardan ýasalýarlar.

Maşynlaryň detallary dersiniň ösüş taryhy

Adamzat özüniň ösüş eýýamynda köp ajaýyp zatlary döretdi, şeýle hem dürli-dürli işleri ýerine ýetirmek döredilen maşynlardyr.

Ir wagtlar, takmynan, 25 müň ýyldan gowrak mundan öň, adamzat ýaýyň okuny zýňmakda pružin ulanmagy öwrenipdir. Biziň eýýamymyzdan 5 müň ýyla golaý öň ilkinji gezek tigri ulanypdyrlar. Ýagny typma sürtülme tigirlenme sürtülme bilen çalşyrylypdyr. Häzirki maşynlaryň şertinde işleýän detallaryň hataryna tigr, ok, podşipnik girýär. Bu detallar ýük daşamak üçin iň gadymy ulanylan detallardyr. Gresiyada biziň eýýamymyzdan 3,5 müň ýyl öň metaldan edilen sapfalar, dişli tigrler, kruwoşipler, katoklar, polispastlar ulanylandygy hakynda Platonyň (“Döwlet”) we Aristoteliň (“Mehaniki problemalar”) afilosofiki işlerinde maglumatlar getirilýär.

Biziň eýýamymyzdan öňki 287-212-nji ýyllardan Arhimed suw galdyryjy maşynlary ulanypdyr, bu maşynlaryň Arhimede çenli belli bolmagy ähtimal. Polli-ona Witriwuýanyň “Arhitektura” diýen işinde biziň eramyzdan öňki 16-13 ýyllarda suw galdyryjy maşynlaryň zynjyra berkidilen guýgujy agzalyp geçilýär. Eýýam biziň eramyzyň 284-305-nji ýyllarynda hereketi geçirmek üçin örän ýönekeý dişli we burumly reduktorlar ulanylyp başlanýar. Diş ştift görnüşinde oka parallel bolupdyr.

Meşhur Leonardo da Winçiniň (1452-1519 ý.) işlerinde kesişýän okly wintli dişli tigrler, tigirlenme podşipnikler, şarnirli zynjyrlar we dürli-dürli maşynlaryň çyzygysy getirilýär. Leonardo da Winçiniň galdyryp giden çyzyglary, suratlary boýunça ýasalan maşynlaryň birnäçe görnüşleri häzirki wagtda hem giňden ulanylýar.

Ýönekeý hasaplamalar – geçiriljek gatnaşyklary, täsir edýän güýçleri kesgitlemek gadymy Gresiyada belli bolupdyr. Maşynlaryň detallaryny ilkinji barlag eden Leonarda da Winçi hasaplanylýar. Onuň sürtülme baradaky barlaglary uly ähmiýete eýedir. L.Eýler çekiniň şkiw bilen sürtülmesiniň nazaryýetini işläp düzýär.

Görşümüz ýaly, maşynlaryň detallarynyň köp görnüşleri gadymy, şeýle hem dikeldiş döwürlerinde belli bolupdyr.

XVIII asyryň ahylarynda bug maşynynyň ýüze çykmagy bilen berçinleme birikdirmeler giňden ulanylyp başlanýar (bug gazanlary we demir ýol köprüleri).

Hyrly birikdirmeler yzygiderli kämilleşdirilýär. 1840-njy ýylda inlis alymy Witwort hyrly berkitmäni işläp düzýär. Bu bolsa maşyngurluşygynda standartlaşdyrmak boýunça ilkinji işler bolup hyzmat edýär. XIX-XX asyrlarda (çekili we ýüpli) geçirijiler stanoklarda we beýleki maşynlarda giňden ulanylyp başlanýar.

Dişli geçirijiler üznüksiz kämilleşdirilýär. L.Eýler dişli ewolment formasyny önümçilige girizýär. Dürli wagtlarda rus alymlary A.K.Nartow, K.D.Frolow, F.A.Blinow tokar stanoklaryny kämilleşdirmekde, zynjyrlý hereketi oýlap tapmakda, maýyşgak muftany döretmekde bahasyna ýetip bolmajak goşant goşdular.

Ýaglanyşyň gidrodinamiki nazaryýetini esaslandyryjy professor N.P.Petrowdyr. N.I.Gohman dişli ilişmäniň umumy nazaryýetini işläp düzýär.

Mundan başga-da maşynlaryň detallarynyň barlagy O.Reýnoldsyň, A.Zommerfeldiň, A.Mitçelliň, H.Gýugençiniň, K.Bahyň we başgalaryň işlerinde uly orun tutýar.

Ilkinji okuw kitaby 1881-nji ýylda professor B.I.Kirpiçýewiň, P.K.Hudýakowyň, A.I.Sidorowyň, M.A.Sawerinanyň we başgalaryň atlary bilen baglanyşyklydyr. Häzirki döwürde bu ders boýunça rus dilinde ýazylan okuw kitaplary maglumatlarynyň baýlygy we manysy boýunça dünýä möçberinde esasy orun tutýar.

XIV BAP. MAŞYNLARYŇ DETALLARYNYŇ BIRIKDIRMELERI

Dürli-dürli wezipeleri ýerine ýetirmek üçin maşynlaryň detallary biri-biri bilen baglanyşdyrylýar. Bu baglanyşyklar dürli-dürli usulda bolýarlar. Baglanyşyklar gozganýan (şarnir, podşipnik, ilişme) we gozganmaýan (bolt, kebşirleme, berçinleme, şponka we ş.m.) görnüşlere bölünýärler. Tehnikada gozganmaýan baglanyşyklara birikdirmeler diýilýär. Bu birikdirmeler bölünýän (bolt, stift, şponka, şlisa, klemma) we bölünmeýän (kebşirleme, berçinleme we ş.m.) görnüşde bolýarlar.

Berlen konstruksiýalar üçin birikdirmeleriň görnüşini saýlamak, konstruksiýanyň gurluşy, ahmiýeti we tygşytlylygy bilen kesgitlenilýär.

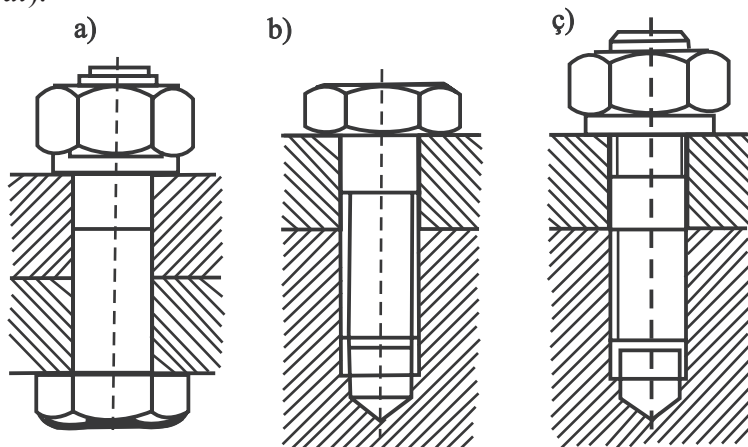
3.14.1. Hyrly birikdirmeler

Detallaryň hyryň kömegi bilen birikdirilmegine, hyrly birikdirmeler diýilýär. Esasy üstün görnüşi boýunça hyrlar konus we silindr görnüşli bolýarlar. Profilleriniň şekili boýunça hyrlar üçburçly, dörtburçly, kwadrat, trapesiýa, tegelek we ş.m. görnüşlerde bolýarlar. Ugry boýunça sag we çep hyrlar bolýar.

Hyrlar dürli usullarda ýasalýarlar: hyry el bilen kesmek, tokar-wint kesýän stanoklarda, hyr kesýän frezer stanoklarda, basmak, guýmak we başga usullar bilen hyrlar ýasalýarlar.

Maşyn gurluşygynda ulanylýan birikdirmeleriň iň köp ýaýrany hyrly birikdirmeler bolýar. Sebäbi beýleki birikdirmeler bilen deňeşdirilende olaryň birnäçe artykmaçlyklary bar.

Hyrly birikdirmäniň esasy berkidiş detallary bolt, gaýka, wint we şpilka bolýar (108-nji surat).



108-nji surat

Polat boltlar, wintler we şpilklar 12-nji synp berklikde ýasalýarlar we iki san bilen belgilenýär: 3.6, 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.6, 6.8, 6.9, 8.8, 10.9, 12.9, 14.9 birinji sanyň 100-e köpeldilmegi materialyň berklik çäginini- σ_b (MPa), sanlaryň köpeltmek hasylynyň 10-a köpeldilmegi materialyň akyjylyk çäginini aňladýar.

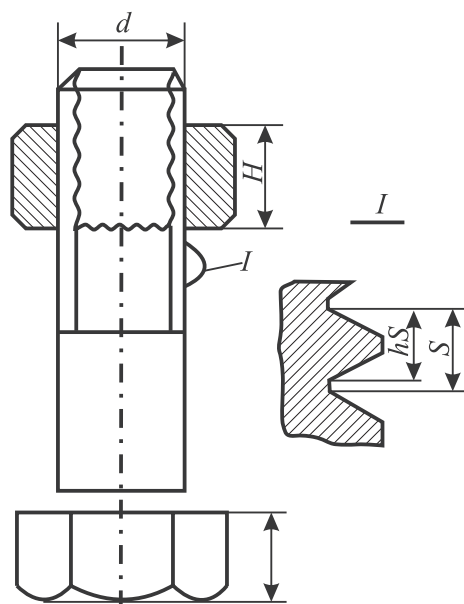
Berklikde synplar saýlananda ýüklenmäniň häsiýeti (hereketini), işleýiş şerti we ýasamagyň usuly hasaba alynýar.

Hyrly birikdirmeleriň daşky ýüklenmeden sandan çykmagy haýsy hem bolsa aşakdaky görkezilen sebäplerden bolup biler (109-njy surat):

1. Sterženiň hyr boýunça ýa-da boltuň kellesine geçýän kesik boýunça üzülmegi;
2. Hyryň zaýalanmagy ýa-da döwürmegi (ýemşirme we iýilme, kesilme, egilme);
3. Boltuň kellesiniň döwürmegi.

Boltuň sterženiniň süýnmä nominal dartgynlylygy:

$$\sigma = \frac{4P}{\pi d_h^2} \leq [\sigma], \quad (\text{XIV.1})$$



109-njy surat

$$\text{bu ýerden hasaplama diametri } d_h \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma]}}, \quad (\text{XIV.2})$$

bu ýerde $d_h = d - 0,94 S$; d – hyryň nominal daşky diametri; S – hyryň ädimi; $[\sigma]$ – boltuň materialynyň süýnmä rugsat edilýän dartgynlylygy.

Ok güýji we towlanma moment bilen ýüklenen boltuň hasaby 3-nji berklik nazaryýeti esasynda ekwiwalent dartgynlylyk boýunça geçirilýär.

$$\text{Süýnmede: } \sigma = \frac{4P}{\pi d_h^2}, \text{ towlanmada: } \tau = \frac{16T_t}{\pi d_h^3},$$

$$\text{onda: } \sigma_{ekw} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{4P}{\pi d_h^2}\right)^2 + 4\left(\frac{16T_t}{\pi d_h^3}\right)^2} \leq [\sigma]. \quad (\text{XIV.3})$$

Eger bolt we gaýka birmeňzeş materialdan ýasalan bolsa, onda kesilmek Boltuň silindr üstüniň içki diametri boýunça howply bolýar.

Boltuň hyrynyň kesme dartgynlylygy:

$$\tau = \frac{P}{\pi d_1 k H k_m} \leq [\tau]_{kes}. \quad (\text{XIV.4}).$$

Bu ýerde: d_1 – hyryň içki diametri;

H – gaýkanyň beýikligi;

k – hyryň dolulyk (polnoty) koeffisiýenti;

k_m – hyryň sarymyna ýüküň endigan däl ýaýramagyny hasaba alýan ýüklenme koeffisiýenti.

Hyrda döreýän ýemşerme dartgynlylygy:

$$\sigma_{yem} = \frac{4P}{\pi (d - d_1)^2 k_m \cdot z}. \quad (\text{XIV.5})$$

Bu ýerde: $z = \frac{H}{S}$ – gaýkanyň beýikligindäki sarymyň sany;

d – hyryň daşky diametri.

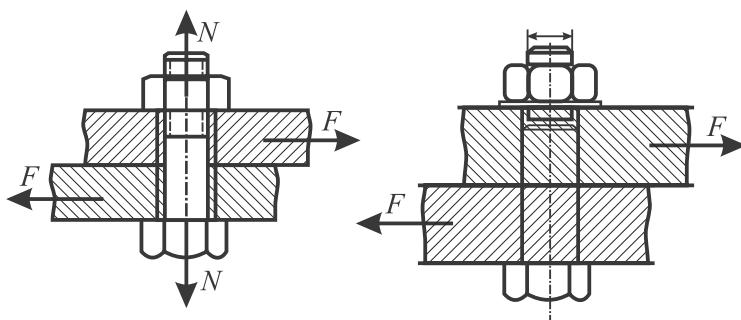
$$\text{Wintiň kellesiniň kesilmä barlagy } \tau = \frac{P}{\pi d h} \leq [\tau]_{kes}, \quad (\text{XIV.6})$$

bu ýerde h – boltuň kellesiniň beýikligi.

Boltly birikdirmeler bilen detallar iki usulda birikdirilýär:

Detal bilen boltuň arasynda boşluk bolýar (*110-njy a surat*);

Detal bolt bilen boşluksyz birikdirilýär (*110-njy b surat*).



110-njy surat

Birinji ýagdaýda birikdirmäniň detaly boltuň okuna perpendikulýar täsir edýän güýçden biri-birine görä süýşmezlik üçin, bolty çekdirýän güýç, sürtülme güýjüň ululygy, P güýçden deň ýa-da uly bolmaly:

$$F_{\text{sürt}} \geq P, \quad Nf \geq P,$$

$$N = \frac{\pi d_1^2}{4} [\sigma]_{\text{süýn}}, \quad P = \frac{\pi d_1^2}{4} f [\sigma]_{\text{süýn}}. \quad (\text{XIV.7})$$

Bolt çekilen ýagdaýda, şonuň üçin $P_1 = 1,3P$, onda:

$$d_1 = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot P}{f \pi [\sigma]_{\text{süýn}}}}. \quad (\text{XIV.8})$$

Eger bolt bilen detalyň arasynda boşluk bolmasa, kesilme şertinden boltuň diametri kesgitlenilýär:

$$d_b = \sqrt{\frac{4P}{\pi [\tau]_{\text{kes}}}}. \quad (\text{XIV.9})$$

$$[\tau]_{\text{kes}} = 0,6 [\sigma]_{\text{süýn}} \text{ deňligi ulanyyp } d_b = 1,29 \sqrt{\frac{4P}{\pi [\sigma]_{\text{süýn}}}}. \quad (\text{XIV.10})$$

3.14.2. Berçinli birikdirmeler

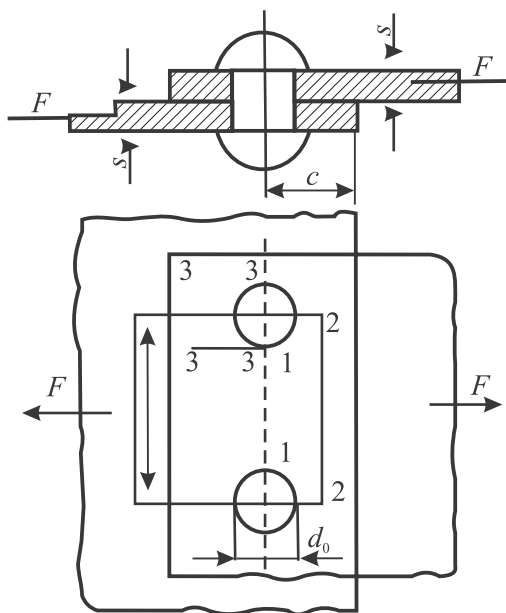
Tegelek kesikli soňunda petikli we berçinlenende ýerine ýetirilýän kellesi bolan steržene berçin diýilýär.

Berçin maşynlaryň list we prokat profilli böleklerini birikdirmek üçin ulanylýar. Himiki korroziýa bolmazlyk üçin berçiniň materialy birikdirilýän bölegiň materialyna gabat getirilip saýlanylýar.

Berçinleme polat, alýumin, latun, mis materiallardan ýasalýar.

Berçinleme tikiniň hasaby sterženiň diametrini we berçiniň sanyny, berçinleme tikiniň ädimini we setiriň arasyndaky uzynlygy kesgitlemekden durýar.

Kesilme we ýemşerme berçinleme tikini hasaplanýlar.



111-nji surat

Ýönekeý tikiniň, ýagny bir kesilmä işleýän, bir hatarly Berçiniň hasabyna seredýäris (111-nji surat)

Seredilýän berçinleme tikini üçin aşakdaky berklik şertlerini ýazyp bolýar.

Berçinleme üçin kesilmede:

$$\tau_{kes} = \frac{4P}{\pi d^2} \leq [\tau]_{kes} \quad (XIV.11)$$

Berçin bilen we listiň arasyndaky ýemşerme dartgynlylygy:

$$\sigma_{yem} = \frac{P}{d \cdot \delta} \leq [\sigma]_{yem} \quad (XIV.12)$$

I – I kesik boýunça listiň süýnmesi:

$$\sigma_{süýn} = \frac{P}{(t-d)\delta} \leq [\sigma]_{süýn} \quad (XIV.13)$$

Berkligiň deňlemelerinden talap edil-

ýän berçiniň sanyňy aşakdaky aňlatmalar boýunça kesgitlenilýär.

$$\text{Kesilme şertinden: } n \geq \frac{4P}{\pi d^2 \cdot m [\tau]_{kes}} \quad (XIV.14)$$

m – berçiniň kesilýän meýdanynyň sany.

$$\text{Ýemşerme şertinden: } n = \frac{P}{\delta \cdot d \cdot [\sigma]_{süýn}} \quad (XIV.15)$$

Soňky wagtlarda berçinli birikdirmeleri gymmatynyň ýokarylygy sebäpli kebşirli birikdirmeleri bilen çalşyrylýar. Ýöne häli häzirem jogapkärli konstruksiýalarda diňe berçinli birikdirmeler ulanylýar.

3.14.3. Kebşirli birikdirmeler

Kebşirli birikdirmeleri iki detalyň birleşýän ýerini kebşirleme ýoly bilen emele getirilýär. Kebşirleme bilen maşynlaryň staninalary we ramalary, reduktorlaryň korpusy, dişli tigrler, skiwler, ýyldyzjagazlar, mahowikler, bug gazanlary, barabanlar we ş.m. ýasalýarlar. Kebşirlenen detaly birleşdirýän, kebşirlemeden soňky gatan metala kebşirleme tikini diýilýär.

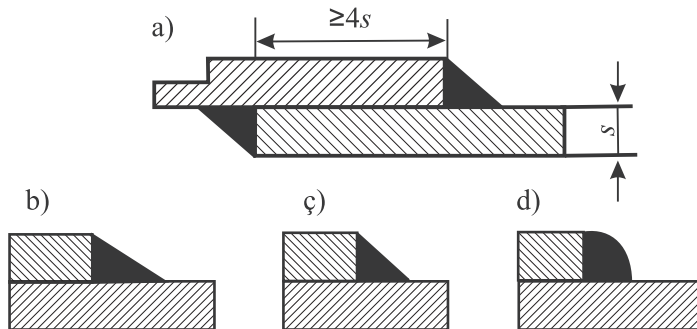
Kebşirlenen konstruksiýalary berçinlenen we guýlup ýasalýan konstruksiýalardan örän arzandyr. Sebäbi kebşirlemäni ulanmaklyk berçinleme bilen deňeşdirilende konstruksiýanyň agramyny 10...20% azaldýar.

Birikdirilýän detallaryň ýerleşişine baglylykda kebşirli birikdirmeler. Kebşirleme tikiniň çatyrymly birikdirilmegine çatyrym tinkerleri diýilýär. Kebşir-

leme tikiniň iki detaly urna bilen birikdirmek, burçlaýyn we tawr birikdirmelerine bolsa burçlaýyn tikiň diýilýär. Burçlaýyn tikiňler maňlaý, gapdal, gyýa we kombinasiýalanan görnüşde bolýarlar.

Kebşirleme konstruksiýalary taslananda esasy edilýän talap tikiň bilen birikdirilýän detalyň deň berkligini üpjün etmekdir.

Çatýrymlaýyn tikiň süýnme we gysylma taýýndan işlände berklige bolan gatnaşygy aşakdaky deňlemeleriň kömegi bilen ýerine ýetirilýär (112-nji surat).



112-nji surat

Süýnmede

$$\sigma_s = \frac{P}{\delta l} \leq [\sigma_s]. \quad (\text{XIV.16})$$

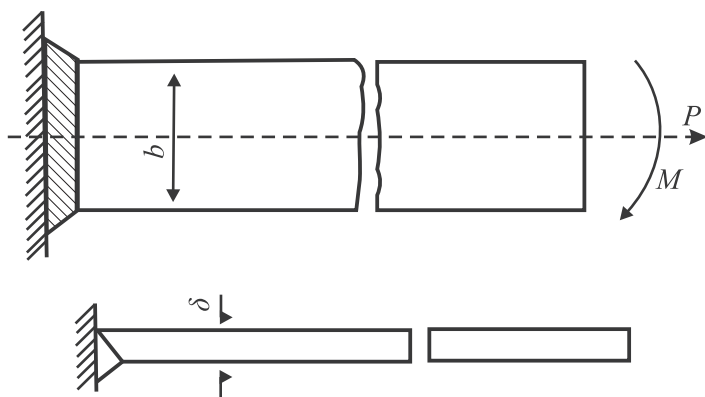
Gysylmada

$$\sigma_g = \frac{P}{\delta l} \leq [\sigma_g], \quad (\text{XIV.17})$$

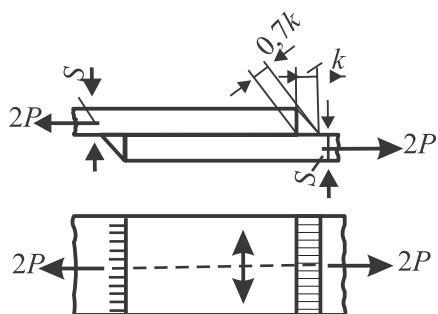
$[\sigma_s]$, $[\sigma_g]$ – tikiňe süýnmede we gysylmada rugsat edilýän dartgynlylyk; δ – tikiň beýikligi.

Eger tikiňe bir wagtda süýindirýän (gysýan) güýç we egme moment täsir edýän bolsalar (113-nji surat), onda tikiň berklik deňlemesi aşakdaky görnüşde ýazylýar:

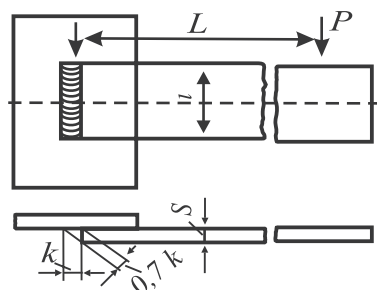
$$\sigma = \frac{P}{\delta l} + \frac{6M}{\delta l^2} \leq [\delta]. \quad (\text{XIV.18})$$



113-nji surat



114-nji surat



115-nji surat

Burçlaýyn tikin, tikiniň kese kesiginiň bissektor tekizligi boýunça ýerleşen iň kiçi kesigi boýunça kesilmä hasap edilýär (113-nji surat):

$$\tau_{kes} = \frac{P}{0,7kl} \leq [\tau_{kes}], \quad (\text{XIV.19.})$$

bu ýerde k – tikiniň kese-kesiginiň kateti.

Burçlaýyn tikine bir wagtda tikine parallel güýç we egme moment täsir edýän bolsa (115-nji surat), hasap aşakdaky deňleme boýunça ýerine ýeritilýär.

$$\tau_k = \sqrt{\left(\frac{P}{0,7kl}\right)^2 + \left(\frac{6M}{0,7kl^2}\right)^2} = [\tau_{kes}]. \quad (\text{XIV.20})$$

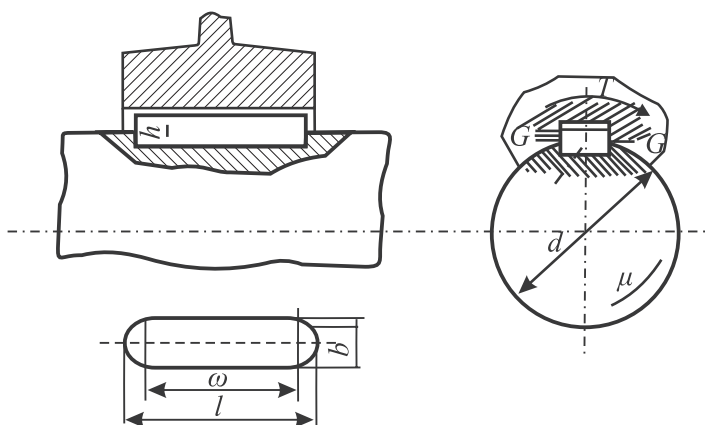
3.14.4. Şineli (şponkaly) birikdirmeler

Bu birikdirmeler dişli tigirleri, muftany, kulaçokly waly, çarhy we waly birikdirmek üçin hyzmat edýär. Bu birikdirmeler waldan topa ýa-da tersine topdan wala aýlaw momentini geçirmek üçin ulanylýar.

Şponka iki galtaşýan üstüň köweginde goýulýan detal bolup, bu üstleriň oňnositel öwrülmesine ýa-da süýşmesine päsgel berýär. Şineler klin (pahna), prizma we segment görnüşlerinde bolýar.

Klin şponkalary aýlaw momentini waldan çarhyň topuna sürtülme güýji esasynda geçirýär. Topuň we walyň arasynda boşluk (zazor) bolmaýar, urgy bar ýerinde ulanylýar. Preslenen klin walyň we topuň merkezini süýşürýär. Şonuň üçin hem soňky wagtlarda klin şineler seýrek ulanylýar.

Prizma görnüşli şineler walyň we topuň deşiginiň ýasalyşynyň uly takyklygyny talap edýär. Aýlaw moment waldan topa şinäniň gapdal granlary bilen geçirilýär. Şonuň üçin hem şinäniň gapdal üstünde ýemşerme, boý kesiginde bolsa kesilme dartgynlylyklary döreýär (116-njy surat).



116-njy surat

Prizma görnüşli şinä birikdirmäniň ýemşermä bolan berkliginiň barlag hasaby aşakdaky deňleme boýunça geçirilýär:

$$\sigma_{\text{ýem}} = \frac{2P}{hl_n} \leq [\sigma_{\text{süýn}}]. \quad (\text{XIV.21})$$

Bu ýerde: P – şinäniň gapdal üstüne täsir edýän güýç;

h – şponkanyň beýikligi;

l_h – şponkanyň hasap uzynlygy;

$[\sigma_{\text{ýemş}}]$ – şponkanyň materialynyň ýemşermä rugsat edilýän dartgynlylygy.

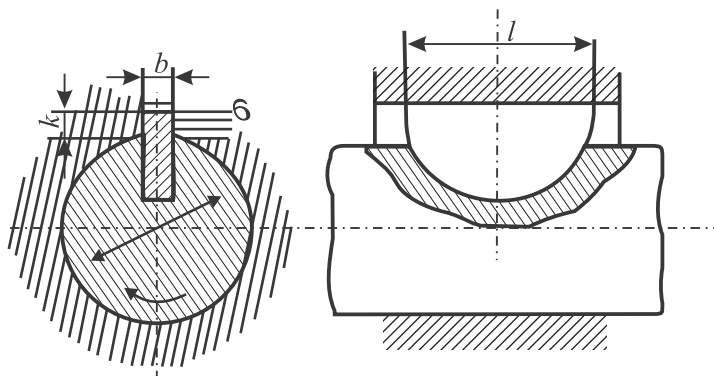
Şinäniň boý kesigi boýunça kesilmä barlag hasaby:

$$\tau_{\text{kes}} = \frac{P}{bl} \leq [\tau_{\text{kes}}], \quad (\text{XIV.22})$$

bu ýerde $b = 0,9 h$ – şponkanyň ini;

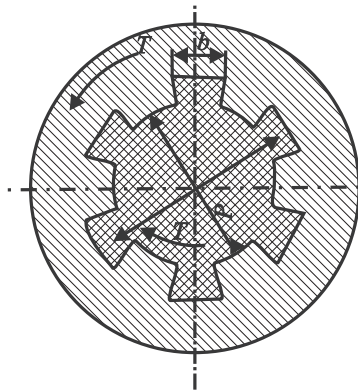
$[\tau_{\text{kes}}]$ – şponkanyň materialynyň kesilmä rugsat edilýän dartgynlylygy.

Segment şineleri durnuklylygy bilen tapawutlanýar we walyň soňunda detalla-ry birikdirmek üçin ulanylýar (117-nji surat).



117-nji surat

3.14.5. Şlisaly (dişli) birikdirmeler



118-nji surat

Şlisa birikdirmeler walyň daşynda we topuň deşiginiň içinde diş bolanda emele gelýär. Dişiniň profiliniň şekili boýunça göni gapdally, ewölwent, üçburçly görnüşde bolýarlar. Şlisaly birikdirmeleriň şponkadan artykmaçlygy: detal walyň merkezine takyk uýgunlaşan bolýar, uly aýlaw momentini geçirýär, topuň wal boýunça ornuny üýtgetmeginiň oňat ugrukdyrylmagy, walyň uly berkligi bilen tapawutlanýar (118-nji surat).

Şlisaly birikdirmeleriň ýemşerme hasaby aşakdaky deňleme boýunça geçirilýär:

$$\sigma_{\text{ýem}} = \frac{P}{\Psi z hl} \leq [\sigma_{\text{ýem}}]. \quad (\text{XIV.23})$$

Bu ýerde: P – şlisanyň gapdal üstüne täsir edýän güýç;

z – dişiň sany;

l – şlisanyň uzynlygy;

h – şlisanyň beýikligi;

Ψ – ýüklenmäniň şlisa endigan bolmadyk ýaýrawyny hasaba alýan koeffisiýent;

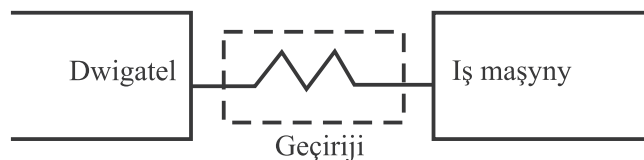
$[\sigma_{\text{ýem}}]$ – şlisanyň gapdal üstüne ýemşermede rugsat edilýän dartgynlyk.

XV BAP. MEHANIKI GEÇIRIJILER

3.15.1. Geçirijiler barada umumy maglumatlar

Energiýany uzak aralara geçirmek üçin hyzmat edýän konstruksiýalara geçirijiler diýlýär. Tehnikada dürli-dürli energiýalar geçirilýär: elektrik, gyrgyznlyk, gidrawlik, pnevmatik we mehaniki. Maşynlaryň detallary dersinde diňe mehaniki energiýany geçirýän geçirijiler öwrenilýär.

Mehaniki geçirijileriň iň köp ýaýrany aýlaw hereketleri geçirmekdir. Aýlaw hereketiň üznüksiz bolýandygy üçin endigan hereket bolýar, şeýle-de aýlaw hereketde sürtülmä ýitgi az bolýar. Aýlaw hereket dwigatelden iş maşynyna geçirilende tizlikler we aýlaw momentler özgerdilip geçirilýär (119-njy surat).



119-njy surat

Jisimiň aýlanmasy netijesinde aýlaw hereketiniň geçirilişi deňşirme esasynda we çäýe baglanyşyk (120-nji a, b, ç suratlar) geçirilýär, ýagny aýlanýan jisimler biri-biri bilen çäýe elementler arkaly birikdirilýär. Birinji topara friksion, dişli we burumly, ikinji topara bolsa çekili we zynjyrly (120-nji d, e suratlar) geçirijiler deňşilidirler.

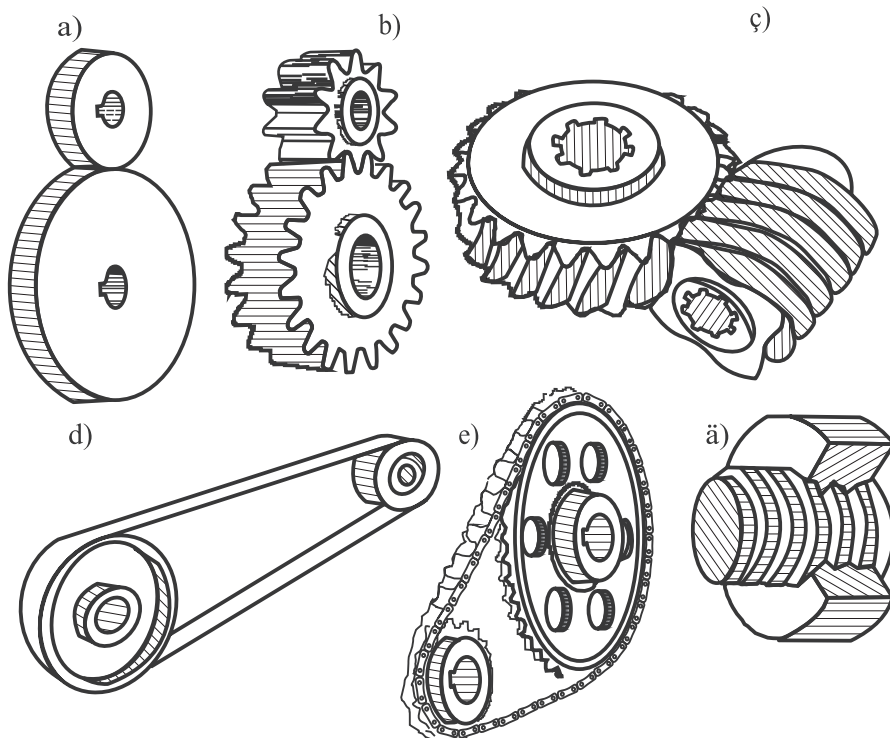
Aýlanýan eýerdiji aýlanma jisimden eýerijä hereket geçirmegiň usullaryna baglylykda sürtülme we ilişme esasynda hereketi geçirijilere bölünýärler. Birinji topara friksion we çekili, ikinjä bolsa dişli, burumly we zynjyrly geçirijiler deňşli. Aýlaw hereketi göni hereketine özgerdýän geçirijä wint-gaýka deňşlidir. Aýlanýan jisimiň nokadynyň töwerekleýin tizligi aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$V = \omega \frac{D}{2} = \frac{\pi n D}{60}. \quad (\text{XV.1})$$

Bu ýerde: D – aýlanýan jisimiň diametri; ω – burç tizlik; n – aýlaw ýyglyk. Geçirijiniň kuwwaty:

$$N = \frac{PV}{102} \text{ (kWt)}, \quad N = \frac{PV}{75} \text{ (a.g.)}. \quad (\text{XV.2})$$

Bu ýerde: N – geçirijiniň kilowattda we at güýjünde aňladylan kuwwaty; P – töwerekleýin täsir edýän güýç. Bu güýç geçirilýän aýlaw momenti bilen aşakdaky ýaly baglanyşykda bolýar:



120-nji surat

$$P = \frac{2T}{D}. \quad (\text{XV.3})$$

Bu ýerde T – geçirijiniň aýlaw momenti.

Geçirijiniň eýerdiji elementleriniň indeksi 1, eýeriji elementleriň indeksi bolsa 2 sanlar bilen şertli belgilenýär.

Geçirijiniň peýdaly täsir koeffisiýenti:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1}. \quad (\text{XV.4})$$

Bu ýerde: N_1 – eýerdiji;

N_2 – eýeriji elementiň kuwwaty.

Geçirilýän aýlan moment:

$$T = \frac{N (kWt)}{\omega} = 974 \frac{N}{n} \text{ kgg} \cdot m; \quad (\text{XV.5})$$

$$T = \frac{N (a \cdot g)}{\omega} = 716,2 \frac{N}{n} \text{ kgg} \cdot m.$$

Eýerdiji jisimiň burç tizliginiň eýeriji jisimiň burç tizligine bolan gatnaşygyna geçirijilik gatnaşygy diýilýär:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (\text{XV.6})$$

$$\text{ýa-da} \quad u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{T_2}{T_1 \cdot \eta}. \quad (\text{XV.7})$$

Dişli geçirijilerde $u = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ – geçirijilik gatnaşygy,

$i = \frac{z_2}{z_1}$ – geçirijilik sany.

Birnäçe yzygiderli birikdirilen mehaniki geçirijileriň peýdaly täsir koeffisiýenti we geçirijilik gatnaşygy aşakdaky deňlemeler esasynda kesgitlenilýär:

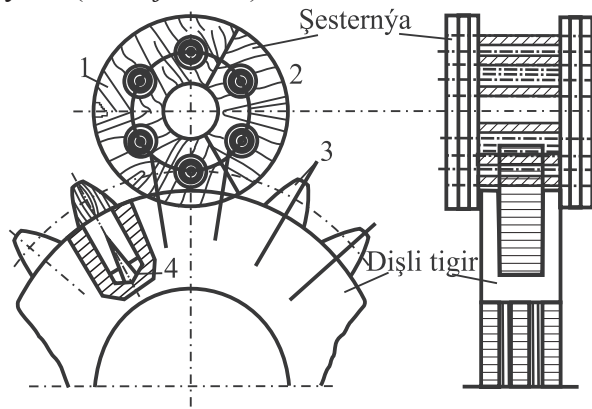
$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots \eta_k, \quad (\text{XV.8})$$

$$u = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 \dots u_k. \quad (\text{XV.9})$$

Bu deňlemelere görä, birnäçe geçirijileriň peýdaly täsir koeffisiýenti geçirijileriň aýratynlykda alnan peýdaly täsir koeffisiýentleriniň köpeltmek hasylyna deň, onuň geçirijilik gatnaşygy bolsa geçirijileriň aýratynlykda alnan geçirijilik gatnaşygynyň köpeltmek hasylyna deň.

3.15.2. Dişli geçirijiler. Dişli geçirijiler barada umumy maglumatlar

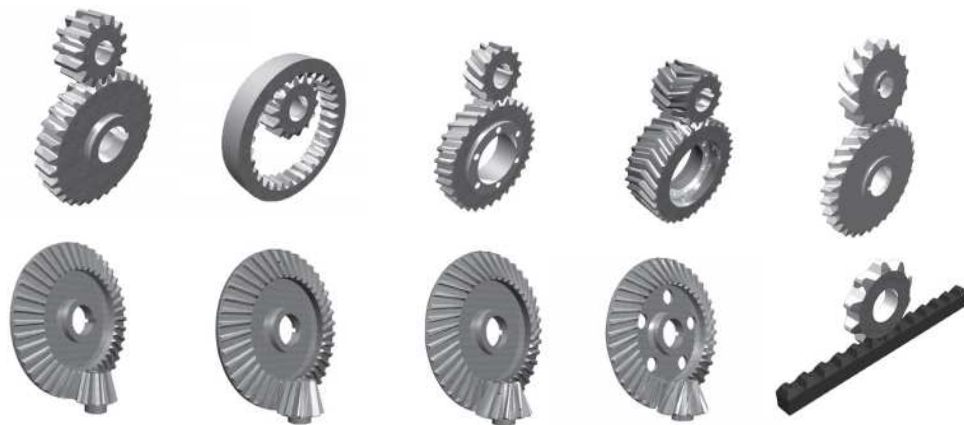
Dişli geçirijilerin ýüze çykmagy ir döwre degişlidir. Şol wagtlarda dişli tigrleri agaçdan ýasapdyrlar (121-nji surat).



121-nji surat

Kiçi dişli tigrler radius boýunça ýerleşdirilen birnäçe agaç plastinalardan ýasalydyr. Plastinada (1) alty deşik bolup, gaty agaçdan ýasalan steržen (2) deşiklere kakylpdyr. Daşky görnüşü boýunça bu tigr dişli tigiri ýada salmaýar, ýöne alty sterženiniň bolany üçin şesternýa (şest-alty sözünden) diýip atlandyrypdyrlar. Uly dişli tigr hem agaçdan ýasalydyr. Agaç dişler (3) önünden goýlan klin (pahna) (4) deşige sokulýar. Diş urlanda dişniň aşaky bölegindäki pahnany çykarýar we deşikde dişni berk saklaýar. Kiçi tigr şesternýa, uly tigr bolsa dişli tigr diýip atlandyrylýar. Bu at tehniki edebiýatlarda häzirk wagta çenli saklanyp gelinýär. Dişli geçirijilerde hereket bir jübüt dişli tigrniň ilişmesiniň kömegi bilen geçirilýär.

Dişli tigrler bilen aýlaw hereketi özgertmek wallaryň ýerleşşi boýunça parallel (122-nji a, b, ç, d suratlar), kesişýän (122-nji e, ä, f suratlar) we atanak (122-nji g, h suratlar) geometriki okly ýerine ýetirilýär.



122-nji surat

Görnüşi boýunça silindr, konus, ellips görnüşli we figuraly dişli tigriler tapawutlanýarlar.

Görnüşi we ýerleşiş boýunça dişli tigriler göni, gyýa, toýnak, tegelek we beýleki egričyzykly dişler bilen tapawutlanýarlar.

Dişin profiliniň görnüşine baglylykda, ewolwent, Nowikowyň ilişmesi we sikloidal görnüşde bolýarlar. Ewolwent ilişme 1760-njy ýylda L.Eýler tarapyndan teklipl edilýär we häzirki maşyn gurluşygynda giňden ulanylýar. 1954-nji ýylda M.L.Nowikow dişin profiliniň töweregiň dugasy boýunça çyzylan täze ilişmäni teklipl etdi. Bu ilişme diňe gyýa dişlide ulanylsa-da, uly ýüklenmä ukyplylygy üçin gelejekde giňden ulanylmak mümkinçiligi bar.

Geçirijiniň wallarynyň özara ýerleşiş, dişli tigrin we dişin görnüşine baglylykda dişli geçirijiler aşakdaky görnüşlere bölünýärler: silindr – göni dişli (122-nji a, b suratlar), gyýa dişli (122-nji ç surat) we toýnak görnüşli (122-nji d surat); konus – göni dişli (122-nji e surat), gyýa dişli (122-nji ä surat) we tegelek dişli (122-nji f surat); wintli (122-nji g surat), iki gyýa dişli tigriden ybarat bolup, atanaklaýyn wallarda oturdylyp; gipoid ýa-da konus wintli (122-nji h surat), iki konus gyýa dişli tigriden durýar we atanaklaýyn wallarda oturdylyp.

Dişli tigrileriň özara ýerleşişine görä, dişli geçirijiler daşky we içki ilişme bilen tapawutlanýarlar. In köp ýaýrany daşky ilişme, şonuň üçin hem aşakda ilişmäniň diňe şu görnüşine serederis. Konstruktiw ýerine ýetirilişine görä dişli geçirijiler açyk we ýapyk görnüşde bolýarlar.

Dişli geçirijileriň başga görnüş reýkaly geçirijiler (122-nji k surat) bolup, şesternýa bilen reýkanyň ildirilmegi esasynda aýlaw hereketi göni herekete ýa-da tersine, göni hereketi aýlaw herekete özgertmek üçin ulanylýar.

Dişli geçirijileriň in köp ýaýrany silindr we konus görnüşli geçirijilerdir, ýasamak we gurnamak ýönekeý bolýandygy sebäpli silindr görnüşli geçirijiler has köp ulanylýar. Silindr we konus görnüşli geçirijiler uly däl we orta (15 m/s çenli) tizliklerdäki hereketi geçirmek üçin ulanylýar.

Mehaniki geçirijileriň içinde aşakdaky artykmaçlygy üçin has giň ýaýrany dişli geçirijilerdir; olar ýygnaçlylygy, ýokary p.t.k-i, geçirijilik sanynyň hemişeligi, işde uzakmöhletlilik we ynamlylygy, islendik kuwwaty, islendik tizlikde we geçirijilik sanda geçirmekligi, hyzmat etmekligiň ýönekeýligi bilen tapawutlanýar. Özbaşdak ýapyk dişli geçirijiler $i > 1$ bolanda reduktorlar; $i < 1$ bolanda bolsa multiplikatorlar (çaltlandyryjylar) diýilýär.

3.15.3. Dişli tigrileriň materiallary

Polatlar. Dişli tigrileriň aglabasy gyzdrylyp işlenilen polat materialdan ýasalýar. Örän seýrek ýagdaýda çöyundan we plastmassadan hem dişli tigriler ýerine ýetirilýär.

Gatylygyna baglylykda polat dişli tigrirler iki topara bölünýärler:

Birinji topar – \leq HB 350 gatylykly tigrir. Gowşak we orta ýüklenen geçirijilerde ulanylýar. Bu toparyň materialy uglerodly polatlardan 35, 40, 45, 50, 50Г, legirlenen polatlardan 40X, 45X, 40XH we başgalardan ýasalýar. Gyzdyrylyp işlemeklik – gowulandyrmak diş kesmezden ön ýerine ýetirilýär. \leq HB 350 gatylykly dişli tigrirler işlenilip bejerilýär we port döwürmeklik ýüze çykmaýar.

Dişleriň endigan iýilmegini we oňat işläp bejermekligi üpjün etmek üçin şesternýanyň berkligi tigrinikiden elmydama (25...50) HB köp bolmaly. Gyýa dişli geçirijiler üçin bu tapawut has köp alynýar.

Ikinji topar – $>$ HB350 berklikli tigrirleriň materialynyň gatylygy Rokwelliň şkalasy (10HB \approx 1HRC) boýunça ölçenýär. Bu gatylykdaky materiallar agyr ýüklenen we jogapkärli geçirijilerde ulanylýar. Kadalaşdyrma we gowulandyрма bilen deňeşdirilende göwrüm we üst taplamak, sementleme, azotlama, sianirleme gyzdyrylyp işlemeler birnäçe gezek geçirijiniň ýüklenme ukybyny artdyrýar. Sementleme polat 15, 20, 15X, 20X we başga polatlar peýdalanylýar. Azotlama gyzdyrylyp işlemekde tigrir üçin polat 38 AMIOA we başga polatlar ulanylýar. Gatylyk $>$ HB 350 tigrin diş gyzdyrylyp işlemekden ön ýasalýar. Umumy ähmiýetli geçirijilerde HB $<$ 350 gatylykdaky dişli tigrirleri ulanmak talabalaýykdyr. Şesternýa we tigrir ýasalanda ulanylýan polat materiallaryň birnäçesini 1-nji tablisada getirýäris.

1-nji tablisa

Şesternýa we tigrir üçin ulanmaga maslahat berilýän birnäçe polat kysymly materiallaryň utgaşmasy

Gatylyk	Poladyň kysymy						
HB \leq 350	Şesternýa	45	50	55	50Г	35X, 40X	40XH
	Tigrir	35, 40Л	35, 45Л	45, 55Л	45, 50	50, 55	35X, 40X

Guýma polat. Örän uly dişli tigrirler ($D_e \geq 500$ mm) polat 35Л-den 55Л-e çenli guýulyp ýasalýar. Guýlan tigrirler kadalaşdyрма bilen gyzdyrylyp işlenilýär.

Polat kysymly materialdan ýasalan dişli tigrirleriň, olaryň gyzdyrylyp işlenişi we mehaniki häsiýetnamalary 2-nji tablisada getirilendir.

Çoýunlar. Haýal aýlanýan açyk geçirijilerde uly gabaraly dişli tigrirleri ýasamak üçin ulanylýar. ÇÇ 18-36-dan ÇÇ 35-56-a çenli çoýunlary ulanmak maslahat berilýär. Çoýun tigrirleriň diş gowy işlenilýär, ýöne egilmede berkligi kiçi bolýar.

Plastmassalar. Metal tigrir bilen jübütlilikde, çalt aýlanýan az ýüklenen geçirijilerde şesternýany ýasamak üçin ulanylýar. Plastmassadan ýasalan dişli tigrirler sessiz işleýändigini we endigan aýlanýandygy bilen tapawutlanýar. In köp ýaýran plastmassalar tekstolit, lignofil, kapron we başgalardyr.

Polat kysymly materiallardan ýasalan dişli tigrileriň mehaniki häsiýetnamalary

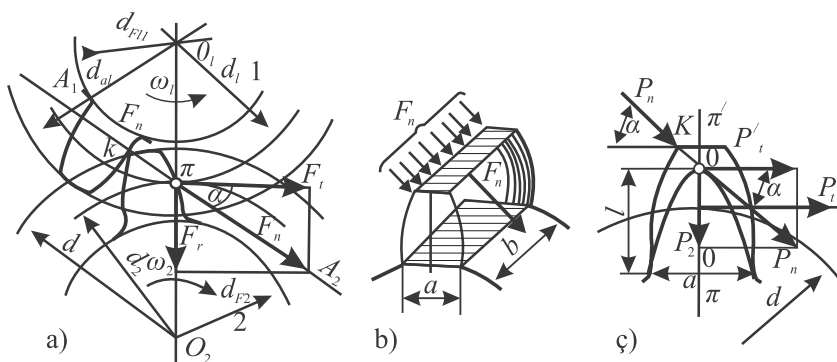
Poladyň kysymy	Taýýar tigrileriň gör-nüşleri	Gyzdyrylyp işleniş	Taýýar tigriniň diametri, mm	Mehaniki häsiýetnamalar N/mm^2			Gatylyk		Ulanylýan ýerleri
				σ_b	a	σ_{-1}	B	RC	
40JI	Guýma	Kadalaşdyrylan	Islendik	520	94	224	147	-	Az ýüklenen geçirijileriň tigrileri üçin
45	Ýenjilen	Bu hem	100-e çenli 100-300 300-500	589 569 608	94 84 04	253 245 262	67-217	-	Umumy maşyn gurluşygynyň tigrileri üçin
55	Bu hem	Bu hem	100-e çenli 100-300 300-500	647 628 608	24 14 04	278 270 262	185-229	-	$V \leq 8 \text{ m/s}^{-1}$ tizlikde umumy maşyn gurluşygynyň şesternýalary üçin
50Г	Bu hem	Bu hem	150-ä çenli 150-400	637 608	63 14	274 262	90-229	-	$V \leq 8 \text{ m/s}^{-1}$ tizlikde umumy maşyn gurluşygynyň tigrileri we şesternýalary üçin
40X	Bu hem	Bu hem	60-a çenli 100-200 200-300	981 765 736	85 90 90	437 362 352	00-230	-	$V \leq 10 \text{ m/s}^{-1}$ tizlikde umumy ähmiýetli şesternýalar üçin
40X	Bu hem	Gowulandyrylan	120-ä çenli	948	86	480	57-285	-	Bu hem
40X	Bu hem	Üst taplama	Islendik	736	90	351	00-550	51-55	Bu hem

3.15.4. Dişli ilişmä täsir edýän güýçler

Silindr görnüşli göni dişli geçirijiler işlände, olaryň hereket basyş güýji P_n arkaly ilişmäniň başlangyjynda eýerdiji şesternýanyň 1 dişiniň aşaky bölegi bilen eýeriji tigriniň 2 dişiniň depesiniň gapdal üsti (degşirme çyzyk) boýunça geçirilýär (123-nji surat).

Basyş güýji P_n dişini boýunça endigan ýaýran we bu güýç umumy kada (A_1 , A_2 ilişme çyzygy) boýunça dişniň gapdal üstüne galtaşdyrylyp ugrukdyrylan diýip hasap edýäris.

Basyş güýjüniň P_n goýlan nokadyny A_1 , A_2 ilişme çyzygynyň ilişme polýusyny P nokada geçirýäris (123-nji surat).



123-nji surat

P_n güýji iki bölüjä dargadýarys: P_t şesternýanyň we tigrin bölüji diametrlerine umumy galtaşmanyň ugry boýunça we P_r merkezi çyzygyň ugry boýunça ugrukdyrylandyr. Onda:

$$\overline{P}_n = \overline{P}_t + \overline{P}_r.$$

Bu ýerde dişi egýän töwerekleýin güýç $P_t = P_n \cos \alpha = \frac{2M_t}{d}$,

d – şesternýanyň ýa-da dişli tigrin diametri.

Dişi gysýan radial güýç, $P_r = P_n \sin \alpha = P_t \operatorname{tg} \alpha$.

M_t – eýerdiji ýa-da eýeriji walyň geçirýän aýlaw momenti; α – ilişme burçy.

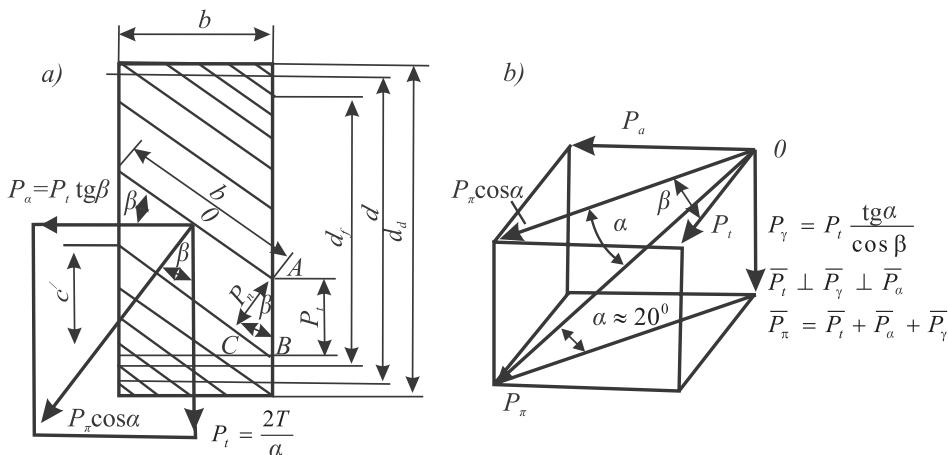
Göni dişli ilişmedäki ýaly, gyýa dişli geçirijide hem şesternýanyň dişli tigre basyş güýji P_n jübüt dişin gapdal üstüne kada boýunça täsir edýär.

Normal güýji P_n üç özara perpendikulýar ugr boýunça dargadýarys (124-nji surat).

$$\overline{P}_n = \overline{P}_t + \overline{P}_a + \overline{P}_r.$$

Bu ýerde: $P_t = \frac{2M_t}{d}$, $P_r = P_t \operatorname{tg} \alpha / \cos \beta$, $P_a = P_t \operatorname{tg} \beta$; (XV.10)

β – dişin çyzygynyň ýapgyt burçy.



124-nji surat

Konus görnüşli göni dişli geçirijiniň dişleriniň bir-birine basyş güýjüni P_n k nokatda (124-nji surat) iki düzüjä dargadýarys: P_t şesternýanyň we tigrin orta diametri boýunça umumy galtaşma boýunça ugrukdyrylan we \overline{P} wektora perpendikulýar ugrukdyrylan güýçlere dargadýarys.

$$P_n = P_t + \overline{P},$$

$$P_t = P_n \cos \alpha = \frac{2 T_t}{d_m}, \quad (\text{XV.11}).$$

bu ýerde: d_m – şesternýanyň ýa-da tigrin orta bölüji diametri; α – dişli ilişmäniň burçy.

\overline{P} düzüji güýjüni hem iki güýje dargadýarys

$$\overline{P} = \overline{P}_r + \overline{P}_a.$$

P_a güýç şesternýa üçin ok ugra, güýji, tigr üçin bolsa radial güýçdür:

$$P_{a_1} = P_{r_2} = P \sin \varphi_1 = P \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi_1. \quad (\text{XV.3})$$

Şonuň ýaly-da P_r güýç şesternýa üçin radial güýç, tigr üçin bolsa ok güýjüdür:

$$P_{r_1} = P_{a_2} = P \cos \varphi_1 = P_t \operatorname{tg} \alpha \cos_1. \quad (\text{XV.4})$$

3.15.5. Ewolwent geçirijileriň dişleriniň berklige bolan gatnaşygynyň hasabynyň görnüşleri

Dişli geçirijiler hereket geçirende, dişli tigrileriň arasynda ilişme çyzygy boýunça ugrukdyrylan basyş güýji – P döreýär. Şonuň ýaly-da dişleriň biri-birine görä typmagy zerarly sürtülme güýji $P_s = f P$ ýüze çykýar (125-nji surat).

Bu güýçleriň täsirinden dişler çylşyrymly dartgynlylyk ýagdaýda bolýarlar.

Bu güýçlerden dişleriň üst gatlagynda degşirme, kese kesiginde bolsa egilme dartgynlylyklary döreýär.

Egilme dartgynlylygy dişleriň döwürmegine, degşirme dartgynlylygy bolsa dişleriň üst gatlaklarynyň ýadawlykdan owranyň döwürmegine sebäp bolýarlar.

Dişin döwürmegi dişin weýran bolmagynyň in howply görnüşleriniň biri bolup durýar. Dişin döwürmesiniň ýüze çykmazlygy üçin olar egilmä hasap edilýär.

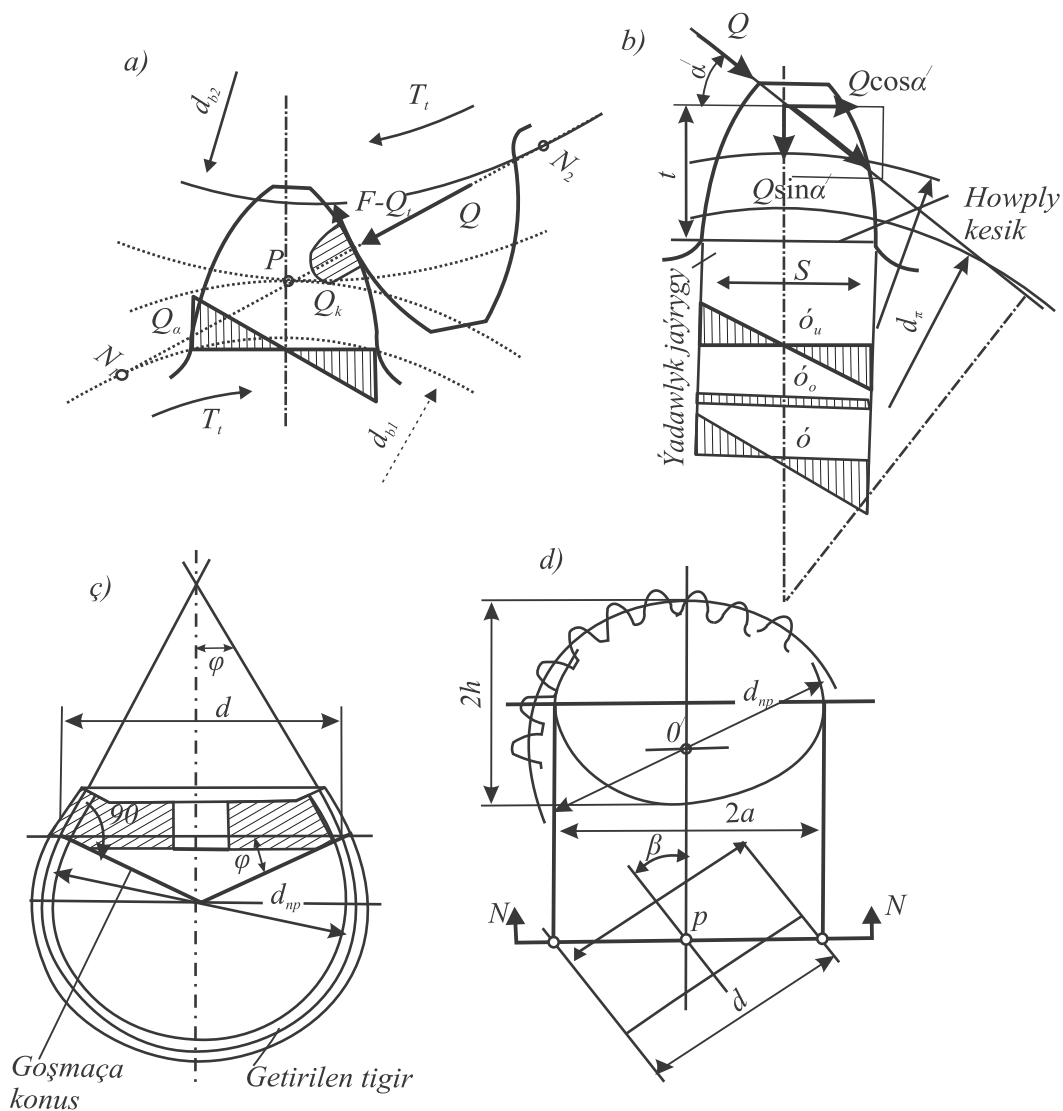
Ýadawlykdan dişin üst gatlagynyň owranyň döwürmegi örän köp ýaýran we howply weýran bolmagyň görnüşlerine degişlidir. Dişin owranyň döwürmesi uly degşirme dartgynlylykda bolup geçýär, dişin işleýän üstünde ýadawlyk dartgynlylygy ýüze çykýar. Owranyň döwürmäniň önüni almak üçin dişler degşirme berkligi hasap edilýär.

Abraziw materiallaryň roluny oýnaýan tozanyň, hapanyň, çägäniň, dişleriň arasyna düşmegi netijesinde, dişleriň işleýän üstünde abraziw iýilme döreýär. Abra-

ziw iýilme diňe açyk dişli geçirijilerde ýüze çykýar. Mundan başga-da uly ýüklenmede we ýokary tizlikli geçirijilerde ýag plýonkanyň üznükliligi ýa-da ýaglanyşyň ýokdugy sebäpli dişlerde iýilme bolýar.

Ýapyk geçirijileriň dişleriniň hasaby degşirme we egilme dartgynlylyklary boýunça geçirilýär. Açyk geçirijilerde bolsa hasap diňe egilme berkligine geçirilýär.

Dişniň egilme we degşirme berklikleriniň hasaplaryna seredýäris.



125-nji surat

3.15.6. Dišli tigrileriň dişiniň hasaplanylşy

Silindr görnüşli dišli tigrileriň dişi egilmä bolan gatnaşygy hasaplananda diş, dişin depesine goýlan P güýç bilen ýüklenen bir tarapy berkidilen konsol balka boýunça seredilýär (123-nji *ç surat*). Ýüklenmäniň bu ýagdaýy in howply diýip kabul edilýär, sebäbi dişin howply kesigine görä güýjün egni in uly baha eýe bolýar. Dişin howply kesigi onuň düýbündäki kesik diýip kabul edilýär, sebäbi dişin bu kesiginde egme moment dartgynlygynyň konsentrasiýasy juda uludyr. Dişin egilmede rugsat edilýän dartgynlygy kesgitlenende dartgynlygyň konsentrasiýasy, konsentrasiýanyň koeffisiýentiniň kömegi bilen hasaba alynýar.

Täsir edýän çyzygynyň ugruna P güýji dişin simmetriýa okunda ýerleşen nokada geçirýäris we iki düzüjä dargadýarys: dişin howply kesiginde egme dartgynlygy döredýän $P_n \cos \alpha'$ egme güýje we dişde gysma dartgynlygy döredýän $P \sin \alpha'$ gysýan güýje. Dişin depesindeki α' burç dişin profiliniň α burçundan ep-esli köpdügini bellemek gerek.

In uly dartgynlyk dişin gysylýan tarapynda (işleýän tarapynda) ýüze çykýan hem bolsa, berklige hasap dişin işleýän tarapyndaky dartgynlyk boýunça geçirilýär. Sebäbi eksperiment we ulanylşyň tejribesi görkezýär, ýagny ýadawlyk jaýrygy we dişin döwürleşmesi dişin süýnýän tarapyndan başlanýar.

Dišli geçiriji işlän wagtynda dišli tigrilerde, wallarda we podşipniklerde maýyşgak deformasiýa netijesinde, şonuň ýaly-da olar ýasalanda we ýygnalanda ýalňyşlyk göýberilmegi netijesinde, ýüklenme dişin uzynlygyna endigan däl ýaýran bolýar. Ondan başga-da dişe goşmaça dinamiki güýç täsir edýär.

Şonuň üçinem dişin berklige hasabynyň deňlemelerine düzediş koeffisiýentler girizilýär: K_k -ýüklenmäniň konsentrasiýa koeffisiýenti, dişin uzynlygyna ýüklenmäniň ýaýraşynyň endigan dälligini hasaba alýar we K_d -dinamiki ýüklenmäniň koeffisiýenti, dişe goşmaça dinamiki ýüklenmäni hasaba alýar.

Hasaplaýyş deňlemelerde P_n güýji koeffisiýentler K_k we K_d köpeldilip girizilýär.

Ýokarda beýan edilenlere degişlilikde göni dišli silindr geçirijiniň dişiniň işleýän tarapynyň howply kesigindäki (125-nji *b surat*) dartgynlyk aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$\sigma = \sigma_{eg} - \sigma_{gvs} = \frac{6 K_k K_d P_n \cos \alpha^1 \cdot \ell}{b s^2} - \frac{K_k K_d P_n \sin \alpha^1}{b s}$$

$$\text{ýa-da } \sigma = \frac{K_k K_d P_n}{b} \left(\frac{6 l \cos \alpha^1}{s^2} - \frac{\sin \alpha^1}{s} \right). \quad (a)$$

Bu ýerde b – dişin uzynlygy (dišli tigrin jygasyynyň ini); s – howply kesikde dişin galyňlygy; l – dişi egýän güýjün howply kesige görä egni; $\frac{b s^2}{6} = W$ – dişin howply kesiginiň egilmede garşylyk momenti

(a) deňlemä $P_n = P / \cos \alpha$ goýup, sanawjyny we maýdalawjyny modul m köpeldip we bölüp alarys:

$$\sigma = \frac{K_k K_d P}{mb} \left(\frac{6 ml \cos \alpha^1}{s^2 \cos \alpha} - \frac{m \sin \alpha^1}{s \cos \alpha} \right)$$

ýa-da
$$\sigma = \frac{K_k K_d P}{Y mb} . \quad (b)$$

Bu ýerde:
$$y = \frac{1}{\frac{6 ml \cos \alpha^1}{s^2 \cos \alpha} - \frac{m \sin \alpha^1}{s \cos \alpha}} .$$

y dişiň görnüşine bagly, şonuň üçin hem dişiň görnüşiniň koeffisiýenti diýilýär.

$P = \frac{2 T}{d_w} = \frac{2 T}{z m}$ deňlemäni (b) aňlatma goýup, göni dişli silindrik dişli geçiriji-

niň egilmä degişli barlag hasabynyň deňlemesini alarys:

$$\sigma = \frac{2}{z y b m^2} K_k K_d T \leq [\sigma]. \quad (XV.14)$$

Dişiň egilmä taslama babatdaky gatnaşygynda dişiň modulynyň ululygy kesgitlenilýär. (XV.14) deňlemäni özgerdýäris. $b = \psi m$ kabul edýäris, bu ýerde ψ – modul boýunça dişli tigrin ýygasyňyň ininiň koeffisiýenti.

Onda:
$$m = \sqrt[3]{\frac{2}{z y \psi [\sigma_e]} K_k K_d \cdot T}. \quad (XV.15)$$

(XV.6) deňleme boýunça alnan modulyň ululygyny ýakynlaşan standart bahasyňa çenli tegeleklemeli.

Konus görnüşli dişli geçirijiler geometrik oklary kesişýän wallarda hereketi geçirmek üçin ulanylýar.

Konus şekilli tigrin dişiniň moduly konusynyň uly bölüji diametri boýunça kesgitlenilýär (126-njy surat).

Göni dişli konus geçirijiniň konus bölüji aralygy aşaky deňleme boýunça kesgitlenilýär (126-njy surat):

$$l = \frac{d}{2 \sin \varphi} = \frac{mz}{2 \sin \varphi}. \quad (XV.16)$$

Bu ýerde φ – bölüji ýa-da başlangyç konusynyň emele getirijisiniň burçy.

Göni dişli geçirijiniň dişiniň egilmä hasaby silindr geçirijiniňki ýaly geçirilýär.

Konus dişli tigrin dişiniň kesiginiň ölçegi bu kesikden konusynyň depesine çenli aralyga proporsionallykda üýtgeýär.

Şonuň üçin hem bu dişleriň bölüji konusynyň orta diametri d_{or} we orta moduly

$m_{or} = \frac{d_{or}}{z}$ boýunça dişiň orta kesigi kabul edildi.

Konus geçirijileriň silindr geçirijiden ýüklenme ukybynyň pesligi tejribe maglumatlar bilen subut edildi. Konus geçirijileriň dişiniň hasaby silindr geçirijileriň hasap deňlemelerine ýüklenme ukybyny peseldýän koeffisiýenti girizmek bilen ýerine ýetirilýär.

Ýokarda beýan edilenleri hasaba alyp, gönüdişli silindr geçirijileriň egilme berkliginiň deňlemelerini ulanyp, göni dişli konus geçiriji üçin aşakdaky deňlemeleri alarys:

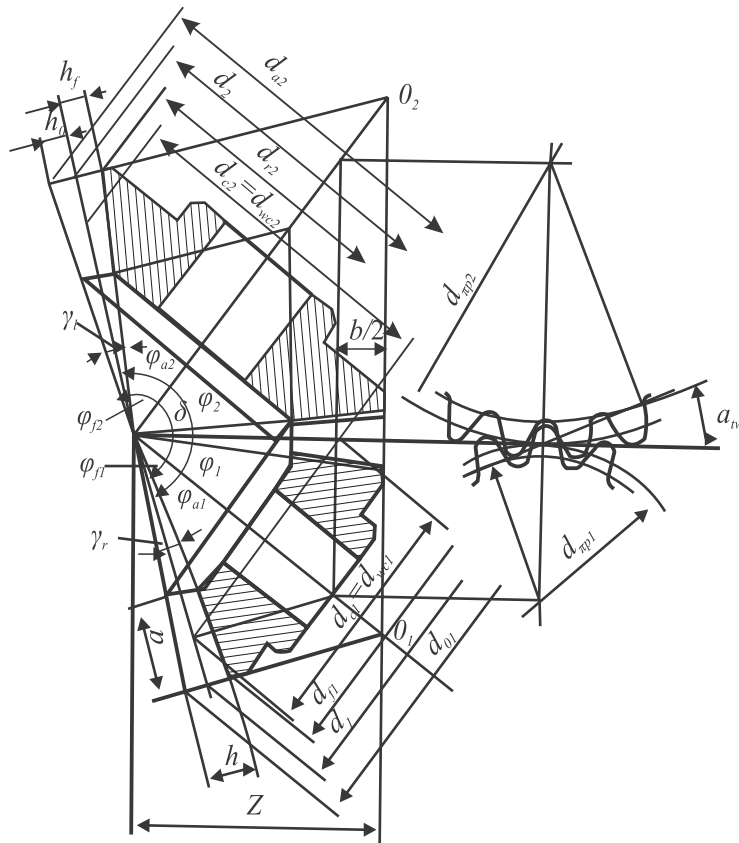
$$\text{Barlag hasaby üçin } \sigma = \frac{2}{zybm_{or}^2} \cdot \frac{K_k K_d \cdot T}{V} \leq [\sigma_e]. \quad (\text{XV.17})$$

$V = 0,85$ – tejribe koeffisiýenti, konus gönüdişli geçirijiniň silindr göni dişli geçiriji bilen deňeşdireniňde ýüklenme ukybynyň peselýändigini hasaba alýan koeffisiýent.

$$\text{Taslama hasaby üçin: } m_{or} = \sqrt[3]{\frac{2}{zy\psi [\sigma_e]} \cdot \frac{K_k K_d T}{V}}. \quad (\text{XV.18})$$

Bu ýerde $\psi = \frac{b}{m_{or}}$ – orta modul boýunça konus dişli tigrň jygasynyň ininiň

koeffisiýenti. Konus dişli tigrň önümçilik we çyzgy ölçegleri onuň daşky gyrasynyň ölçegi bolýar (126-njy surat). Bu ýerde modul m bölüji konusyň daşky diametrine d degişlidir. Şonuň üçin hem (XV.18) deňleme boýunça kesgitlenen orta modulyň ululygyny ulanyp, m moduly kesgitlemek zerur:



126-njy surat

126-njy suratdan alarys: $d = d_{or} + b \sin \varphi$ ýa-da $m z = m_{or} z + b \sin \varphi$

$$\text{onda: } m = m_{or} + \frac{b}{z} \sin \varphi. \quad (\text{XV.19})$$

φ burçuň bahasyny aşakdaky deňleme boýunça tapýarys:

$$\text{ctg } \varphi_1 = \text{tg } \varphi_2 = u. \quad (\text{XV.20})$$

Bu ýerde φ_1 – eýerdiji; φ_2 – eýeriji dişli tigirlere degişli $u = d_{w_2}/d_{w_1}$ – geçiriji-niň geçirijilik gatnaşygy.

Gyýa we şewron dişleriň egilmä bolan hasaby, şekili esasynda göni dişiň hasabyna çalymdaş. Ýöne gyýa we şewron dişli geçirijileriň dişleri göni dişliniňkiden berkligi örän ýokary, şonuň üçin gyýa we şewron dişli silindrik geçirijileriň hasaby ýerine ýetirilende göni dişliniň hasabynyň deňlemelerine berkligi ýokarlandyrylan koeffisiýenti girizip amala aşyrylýar.

Gyýa we şewron dişli silindr geçirijileriň egilme hasaby aşakdaky deňlemeler boýunça hasaplanylýar:

$$\text{Barlag hasabynda: } \sigma = \frac{2 \cos \beta}{z y b m^2} \cdot \frac{K_k K_d T}{V} \leq [\sigma_e]. \quad (\text{XV.21})$$

$$\text{Taslama hasabynda: } m = \sqrt[3]{\frac{2 \cos \beta}{z y \psi [\sigma_e]} \cdot \frac{K_k K_d T}{V}}. \quad (\text{XV.22})$$

Bu ýerde $\psi = \frac{b}{m}$ – modul boýunça jyganyň ininiň koeffisiýenti.

Eger dişli tigirleriň materiallary birmeňzeş bolsalar, onda egilme hasaby şesternýa boýunça geçirilýär. Eger şesternýanyň materialynyň berkligi dişli tigriňkiden uly bolsa, adat boýunça şeýle hem kabul edilýär, onda hasap $Y \cdot [\sigma_e]$ köpeltmek hasyly haýsy dişli tigiriňki kiçi bolsa, dişli egilme hasaby şol tigr üçin geçirilýär.

Şesternýanyň we dişli tigriň materiallary saýlanyp alnanda, $Y \cdot [\sigma_e]$ köpeltmek hasylyny iki tigriň dişi üçin hem deň bolar ýaly edip saýlamaly.

Geçirijiniň barlag hasabynda m , m_{or} we b ölçegler, şonuň ýaly-da dişleriň sany z belli ululyklar.

Dişi hasaplamak üçin beýleki ululyklaryň bahalary aşakdaky ýaly kesgitlenilýär.

Ýüklenmäniň konsentrasiýa koeffisiýentiniň orta bahasy $HB > 350$ suwlandyrylan dişli tigirler we töwerekleýin tizlik $V > 15 \text{ m/s}$ şertlerde işleýän bolsa, geçirijiniň wallarynyň diregleriniň ýerleşişine we şesternýanyň ininiň koeffisiýentine

$\psi_1 = \frac{b}{d}$ baglylykda 3-nji tablisada görkezilendir.

Ýüklenmäniň dinamiki koeffisiýentiniň bahalary göni dişli silindr tigr üçin 4-nji tablisada, gyýa dişli we şewron tigirler üçin 5-nji tablisada getirilendir. Konus dişli tigr üçin koeffisiýent K_d 4-nji we 5-nji tablisalardan takyklyk derejesini bir dereje aşakladyp kabul edilýär.

3-nji tablisa

$\psi_1 = \frac{b}{d_1}$	Şesternýanyň ýerleşşi			
	direge görä simmetriýaly	bir diregiň golaýynda; wal örän ýokary gatylykda	bir diregiň golaýynda; wal orta gatylykda	konsolda
	K_k koeffisiýentiň orta bahasy			
0,2	1	1	1,05	1,1
0,4	1	1,05	1,15	1,2
0,8	1,05	1,15	1,3	1,5
1,2	1,15	1,25	1,4	-
1,6	1,25	1,4	-	-
2,0	1,45	-	-	-

4-nji tablisa

Geçirijiniň takyklyk derejesi	Dişin işleýän üstüniň gatylygy HB	Töwerekleýin tizlik, m/s		
		1...3	3...8	8...12
		Koeffisiýent K_d		
6	≤ 350	1	1,2	1,3
	> 350	1	1,2	1,3
7	≤ 350	1,2	1,4	1,5
	> 350	1,2	1,3	1,4
	> 350	1,3		
8	≤ 350		1,55	-
	> 350		1,4	-

Deslapky hasaplamalar üçin $K_k K_d = 1,2...1,5$ kabul etmek rugsat edilýär.

5-nji tablisa

Geçirijiniň takyklyk derejesi	Dişin işleýän üstüniň gatylygy HB	Töwerekleýin tizlik, m/s				
		2...3	3...8	8...12	12...18	18...25
		Koeffisiýent K_d				
6	≤ 350	1	1	1,1	1,2	1,3
	> 350	1	1	1,1	1,2	1,3
7	≤ 350	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4
	> 350	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3
8	≤ 350	1,1	1,3	1,4	-	-
	> 350	1,1	1,2	1,3	-	-

Dişin egilmä taslama hasabynda şesternýanyň dişiniň sany berilýär, dişli tigrin dişiniň sanyny aşakdaky deňlemä görä kesgitlenýär:

$$z_2 = z_1 \cdot u. \quad (\text{XV.23})$$

Korregirlenmedik dişli geçirijiler için $z_1 \geq 17$ dişe deň diýip kabul edilýär.

Haýal hereket edýän dişli geçirijiler için $z_1 \geq 12$ diş, çalt hereket edýän dişli geçirijilerde $z_1 \geq 25$ diş kabul edilýär.

Dişliň şekiliniň (formasynyň) koeffisiýentiniň bahalary daşky ilişmede işleýän göni dişli silindrik geçirijiler için dişliň sanyna we süýşme koeffisiýentine baglylykda 6-njy tablisada getirilendir.

6-njy tablisada

z ýa-da z_{get}	Süýşme koeffisiýenti x			
	-0,2	0	0,2	0,5
16	-	0.338	0.436	0.526
17	-	0.357	0.444	0.528
20	-	0.392	0.461	0.532
25	0.353	0.429	0.478	0.536
30	0.392	0.451	0.492	0.539
40	0.435	0.476	0.510	0.546
50	0.458	0.490	0.519	0.549
60	0.471	0.499	0.525	0.553
80	0.487	0.511	-	-
100	0.495	0.517	-	-

Gyýa, şewron we konus dişli tigrirler için dişliň şekiliniň koeffisiýentiniň bahalary 6-njy tablisada getirilen dişleriň sany z_{get} boýunça alynýar. Konus dişli tigrir için getirilen silindrik göni dişli tigrir konusyň tekizlikde goşmaça ýazylan görnüşinde alynýar (125-nji ç surat).

Suratdan görünýär:

$$d_{\text{get}} = \frac{d}{\cos \varphi} \quad \text{ýa-da} \quad mz_{\text{get}} = \frac{mz}{\cos \varphi}$$

onda:

$$z_{\text{get}} = \frac{z}{\cos \varphi}. \quad (\text{XV.24}).$$

Gyýa ýa-da şewron dişli tigrirler dişe normal kesigiň NN tekizliginde (125-nji d surat) $a = d/(2 \cos \beta)$ we $b = d/2$ ýarym oky bolan ellipsi emele getirýär.

Diş polýusda ilişende ellipsiň egrilik radiusy:

$$\rho_e = \frac{a^2}{b^2} = \frac{d}{2 \cos^2 \beta}.$$

Şol bir wagtda bu radius getirilen gönüdişli silindr tigrir bölüji töwereginiň radiusy bolýar:

$$\text{onda } d_{\text{get}} = 2\rho_e = d/\cos^2 \beta,$$

$$\text{ýa-da } mz_{\text{get}} = m_t z/\cos^2 \beta = m_n z/\cos^2 \beta,$$

$$m = m_n \text{ hasap edip alarys.}$$

$$z_{\text{get}} = z/\cos^3 \beta. \quad (\text{XV.25})$$

Açyk geçirijiler hasap edilende dişli tigrir ininiň koeffisiýenti ψ berilýär: göni dişli silindr geçiriji için $\psi = 8...15$, gyýadişli we şewron geçiriji için $\psi = 10...20$ we gönüdişli konus geçiriji için $\psi = 4...10$.

Açyk geçirijiniň moduly kesgitlenenden soň kabul edilen koeffisiýent ψ boýunça dişi tigrň jygasyňyň ini kesgitlenýär:

$$b = \psi m \quad (\text{XV.26})$$

gönüdişli konus üçin:

$$b = \psi m_{or}. \quad (\text{XV.27})$$

Hemişelik düzgünli ýüklenmede uzak işleýän geçirijiniň dişiniň egilmede rugsat edilýän dartgynlygy aşakdaky deňlemeler boýunça kesgitlenýär:

Bir taraplaýyn işleýän diş üçin (pulsirleýji döwür boýunça üýtgeýän dartgynlyk):

$$[\sigma_e] = \frac{(1,4 \dots 1,6) \sigma_{-1}}{[n] \cdot K_\sigma}. \quad (\text{XV.28})$$

Iki taraplaýyn işleýän diş üçin (simmetriýaly sikl boýunça üýtgeýän dartgynlyk)

$$[\sigma_e] = \frac{\sigma_{-1}}{[n] K_\sigma}. \quad (\text{XV.29})$$

σ_{-1} – simmetriýaly döwür boýunça egilýän dişiň materialynyň çydamlylyk çägi;

$$\sigma_{-1} = (0,4 \dots 0,45) \sigma_b. \quad (\text{XV.30})$$

σ_b – dişiň materialynyň berklik çägi; $[n]$ – rugsat edilýän ätiýaçlyk koeffisiýenti; K_σ – dişiň düýbündäki dartgynlygyň konsentrasiýasynyň effekt koeffisiýenti.

$[n]$ bahasy 7-nji tablisadan alynýar.

7-nji tablisa

Dişi tigrň materialy	Taýýarlanyşyň (zagotowka) görnüşi	Gyzdyrylyp işleniş	Berkligiň ätiýaçlyk koeffisiýenti $[n]$
Polat ýa-da çoýun	Guýma	Ýakmak, taplamak	2 1,8
Polat	Süýnme, sozma	Göwrüm ýa-da üst suwlandyryma, gowulandyryma	1,8...2 1,5

K_σ bahasy 8-nji tablisadan alynýar.

8-nji tablisa

Dişiň materialy we gyzdyrylyp işlenilişi	K_σ
Göwrümi suwlandyrylan polat (>HB350)	2
Gowulandyrylan polat	1,8
Sementlenen ýa-da üst suwlandyrylan we çoýun	1,2

Üýtgeýän ýüklenmede işleýän geçirijiniň dişleri üçin egilmede rugsat edilýän dartgynlygy aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$[\sigma_e]_9 = [\sigma_c] \sqrt[m]{N_o / N_e}. \quad (\text{XV.31})$$

Bu ýerde $N_o = (1 \dots 5) \cdot 10^6$ – siklleriň baza sany; N_e – siklleriň ekwiwalent baza sany, aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$N_e = \frac{60}{T_{\max}^m} (T_{\max}^m n t + T_1^m t_1 n_1 + T_2^m t_2 n_2 + \dots + T_i^m t_i n_i). \quad (\text{XV.32})$$

Bu ýerde T_{\max} – dişli tigrin n aýl/min aýlaw ýygylkda geçirijiniň hyzmat ediş möhletindäki t , sag dowamlylygynda geçirýän maksimal momenti; T_1, T_2, \dots, T_i – n_1, n_2, n_i – aýlaw ýygylkda t_1, t_2, \dots, t_i wagtyň dowamlylygynda dişli geçirijiniň geçirýän momentleri XV.31 deňlemedäki kökün görkezijisi m -in san bahasy gowulandyrylan polat üçin 6-a, suwlandyrylan polat üçin bolsa 9-a deň.

Eger $N_e > N_o$ bolsa, $[\sigma_e]_y = [\sigma_e]$ kabul edilýär.

Diňe gysga wagtly aşa ýüklenme täsir edende, egilmäniň çür depesindäki ýüklenmeden dişler plastiki deformasiýa ýa-da port döwürlme barlag hasaplary talap edýär we bu barlag hasaby aşakdaky deňleme boýunça ýerine ýetirilýär:

$$\sigma_{e\max} = \sigma_e (T_{\zeta.d} / T) \leq [\sigma_e]_{\zeta.d}. \quad (\text{XV.33})$$

Bu ýerde $\sigma_{e\max}$ – dişli tigre aşa ýüklenmäniň çür depesindäki täsir edýän momentden $T_{\zeta.d}$ dişiň egilmeden maksimal dartgynlylygy; σ_e – geçirilýän momentin dişde ýüze çykarýan egilme dartgynlylygy; $[\sigma_e]_{\zeta}$ – dişe egilmede rugsat edilýän dartgynlylyk çägi. San bahalary 9-njy tablisadan alynýar.

9-njy tablisa

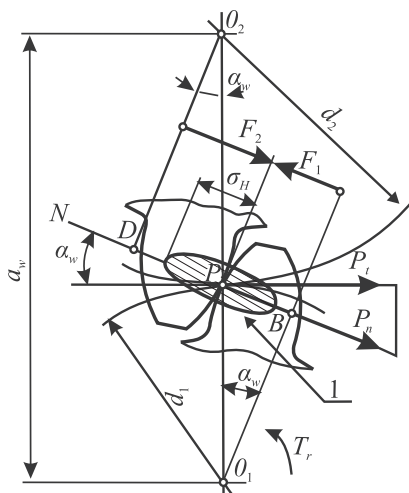
Material	Dişiň üstüniň gatlylygy	$[\sigma_e]_{\zeta}, kN/sm^2$	$[\sigma_e]_{\zeta}, kN/sm^2$
Polat	$\leq \text{HB } 350$	$0,8 \sigma_a$	$2,5 [\sigma_d]$
	$> \text{HB } 350$	$0,36 \sigma_b$	$2 [\sigma_d]$
Çoýun	-	$0,6 \sigma_b$	$1,8 \sigma_b$

Ýüklenme ukybyny aşaklandyryýan koeffisiýent gyýa we şewron dişler üçin $V = 1,3 \dots 1,4$ kabul edilýär.

Dişli tigrilerin işe ukyplylygynyň esasy kriteriýasy dişiň degşirme berkligi bolup durýar.

Degşirme berkligine hasabyň deňlemesini getirip çykarmak üçin dişleriň polýusda galtaşmasyna seredýäris. Dişleriň degşirmesini ilişmäniň polýusyndaky ewolwentin radiuslaryna ρ_1 we ρ_2 deň bolan iki silindr görnüşinde seredýäris (127-nji surat).

Silindr görnüşli göni dişli geçirijilerin dişiniň ilişýän böleginiň degşirme dartgynlylygy nemes alymy Gersiň (1881ý.) deňlemesine esaslanandyr. Degşirme dartgynlylygy σ_H bilen belgilenýär. σ_H indeksi H Gersiň (Hersiň) hatyrasyna Hersiň baş harpy bilen belgilenýär.



127-nji surat

Iň uly degşirme dartgynlylygy üçin dişiň ilişme zonynda Gersiň deňlemesi aşakdaky ýaly ýazylyar:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{E_{get} \cdot q}{2 \pi (1 - \mu^2) \rho_{get}}} . \quad (XV.34)$$

Bu ýerde: $E_{get} = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2}$ – getirilen maýyşgaklyk moduly;

E_1 we E_2 – şesternýanyň we tigrin maýyşgaklyk moduly;

μ – Puassonyň koeffisiýenti;

q – degşirme uzynlygyna getirilen normal ýüklenme.

Göni dişli tigr üçin degşirme çyzygyň uzynlygy tigrin dişiniň jygasynyň inine deň:

$$q = \frac{P_n}{b_2} K_{H\alpha} K_{H\beta} \cdot K_{HV} = \frac{P_t}{b_2 \cos \alpha_w} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{HV} . \quad (XV.35)$$

Bu ýerde: α_w – ilişme çyzygy bilen başlangyç diametrlere umumy galtaşmanyň arasyndaky burç;

$K_{H\alpha}$, $K_{H\beta}$, K_{HV} – ýüklenmäniň koeffisiýentleri, degişlilikde dişleriň arasynda ýüklenmäniň ýaýramagyny, degşirme çyzygynyň uzynlygyna ýüklenmäniň endigan bolmadyk ýaýrawyny we goşmaça döreýän dinamik ýüklenmäni hasaba alýar.

$$\rho_{get} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \text{ – egriligiň getirilen radiusy.}$$

BPO₁ we DPO₂ üçburçlyklardan (127-nji surat):

$$\rho_1 = \frac{d_1 \sin \alpha_w}{2} = \frac{d_2 \sin \alpha_w}{2U}, \quad \rho_2 = \frac{d_2 \sin \alpha_w}{2} .$$

Onda: $\rho_{get} = \frac{d_2 \sin \alpha_w}{2} \cdot \frac{1}{u+1}$, q we ρ_{get} bahalaryny Gersiň deňlemesine goýup alarys:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{E_{get}}{2 \pi (1 - \mu^2)}} \cdot \frac{2 P_t}{b_2 \sin 2 \alpha_w} \cdot \frac{2 (u+1)}{d_2} \cdot K_{H\alpha} K_{H\beta} \cdot K_{HV} .$$

Belgileýäris: $Z_H = \sqrt{\frac{2}{\sin 2 \alpha_w}}$ – dişiň galtaşýan üstüniň şekilini hasaba alýan

koeffisiýent. Eger $\alpha_w = 20^\circ$ bolanda $Z_H = 1,76$ deň.

$Z_M = \sqrt{\frac{E_{get}}{\pi (1 - \mu^2)}}$ – tigrleriň materiallarynyň mehaniki häsiýetlerini hasaba

alýan koeffisiýent, polat tigrler üçin $Z_M = 275 \cdot 10^3 \text{ Pa}^{1/2}$.

$$\text{Onda} \quad \sigma_H = Z_H Z_M Z_\varepsilon \sqrt{\frac{P_t (u+1)}{d_2 b_2}} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{HV} . \quad (XV.36)$$

Deňlemä goşmaça degşirme çyzygynyň uzynlygyny hasaba alýan z_ε koeffisiýent girizilen, göni dişli geçiji üçin $z_\varepsilon = 0,9$; $K_{H\alpha} = 1$.

Onda silindr göni dişli polat geçirijiler üçin barlag hasaby aşakdaky şert boýunça ýerine ýetirilýär.

$$\sigma_H = 436 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{P_t (u+1)}{d_2 b_2}} \cdot K_{H\beta} K_{HV} \leq [\sigma]_H, \quad (\text{XV.37})$$

u – geçirijilik sany; $P_t(N)$, d_2 we $b_2(m)$; $\sigma_H(Pa)$

$b_2 = \psi_a a_w$, we $P_t = \frac{2M_2}{d_2}$; $d_2 = \frac{2a_w u}{u+1}$ çalyşyp alarys:

$$\sigma_H = Z_H Z_M Z_\varepsilon \sqrt{\frac{M_2}{2\psi_a a_w^3} \cdot \frac{(u+1)^3}{u^2} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{HV}} \leq [\sigma_H], \quad (\text{XV.38})$$

bu ýerden

$$a_w \geq (u+1) \sqrt[3]{0,5 (Z_H Z_M Z_\varepsilon)^2 K_{H\alpha} \cdot K_{HV}} \cdot \sqrt[3]{\frac{M_2}{\psi_a u^2 [\sigma]_H^2} \cdot K_{H\beta}},$$

$$K_a = \sqrt[3]{0,5 (Z_H Z_M Z_\varepsilon)^2 K_{H\alpha} K_{HV}} \text{ belgileýäris.}$$

$K_a = 4950 Pa^{1/3}$ – göni dişli geçiriji üçin,

$K_a = 4300 Pa^{1/3}$ – gyýa dişli geçiriji üçin.

Onda göni dişli polat geçirijilerin taslama hasaby:

$$a_w \geq 4950 (u+1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{\psi_a u^2 [\sigma_n]_H^2}}. \quad (\text{XV.39})$$

$$\text{Gyýa dişli geçiriji üçin } a \geq 4300 (u+1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{\psi_a u^2 [\sigma]_H^2}}. \quad (\text{XV.40})$$

Bu ýerde: a_w – okara aralyk, m ;

T_2 – tigirdäki aýlaw moment, $N \cdot m$;

$[\sigma]_H$ – dişli tigrin deňşirmä rugsat edilýän dartgynlylygy, Pa .

$\psi_a = \frac{b_2}{a_w}$ – tigrin dişiniň ininiň koeffisiýenti, silindr görnüşli geçirijilerin hasa-

bynda ψ_a bahasy berilýär.

Direge görä şesternýanyň ýerleşşi:

Simmetriýaly 0,4...0,5

Simmetriýaly däl 0,25...0,4

Konsol 0,2...0,25

$K_{H\beta}$ bahasy $\psi_d = \frac{b_2}{d_2} = 0,5 \psi_a (u+1)$ baglylykda alynýar (10-njy tablisa).

Şesternýanyň direge görä ýerleşşi	Tigriň dişiniň gatylygy HB ₂	$\Psi_d = b_1 / d_1$					
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,2	1,6
Konsol, diregi şarikli podşipnik	≤ 350	1,08	1,17	1,28	-	-	-
	> 350	1,22	1,44	-	-	-	-
Konsol, diregi rolikli podşipnik	≤ 350	1,06	1,12	1,19	1,27	-	-
	> 350	1,11	1,25	1,45	-	-	-
Simmetriýaly	≤ 350	1,01	1,02	1,03	1,04	1,07	1,11
	> 350	1,01	1,02	1,04	1,07	1,10	1,26
Simmetriýaly däl	≤ 350	1,03	1,05	1,07	1,12	1,19	1,28
	> 350	1,06	1,12	1,20	1,29	1,48	-

Goşmaça dinamiki ýüklenme dişli geçirijilerde nätakyk ýasalanda we ilişme ýygналanda döreyär we dinamiki ýüklenmäniň ululygy töwerekleýin tizlige, ädimiň ýalňyşlygyna, dişliň maýyşgaklygyna we başgalara bagly bolup durýar. Bu goşmaça ýüklenme dinamiki ýüklenmäniň koeffisiýenti arkaly hasaba alynýar. Bu koeffisiýentiň bahalary göni dişli geçiriji üçin haçan-da $V \leq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ $K_{HV}=1,2$, $HB \leq 350$ $K_{HV} = 1,1$ we $HB > 350$ diýip kabul edilýär.

XV.17 we XV.19 deňlemelere görä dişli tigriň degşirme berkligi geçirijiniň materialyna we gabarasyna bagly dişliň modulyna we dişliň sanyna bagly bolmaýar. Degşirme berkliginiň şertinden berlen okara aralykda, aşaky şert ýerine ýetirilýän bolsa, dişliň moduly we dişliň sany dürli-dürli bahalara eýe bolup biler:

$$m(z_1 + z_2) / 2 = a_w. \quad (\text{XV.41})$$

Konus tigirli dişli geçirijiniň berklige hasaby, konus dişli tigriň yük görterijilik ukyby, dişliň uzynlygy we profili orta goşmaça konusa gabat gelýän ekwiwalent silindr geçiriji bilen deň diýip çak edilýär.

Barlag hasaby (XV.17) deňleme orta goşmaça konusýň ekwiwalent göni dişli silindr geçirijiniň parametrlinde aşakdaky görnüşde ýazylyar.

$$\sigma_H = 436 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{P_t(u_v + 1)}{V_H d_{v_2} b} K_{H\beta} K_{HV}} \leq [\sigma]_H, \quad (\text{XV.42})$$

bu ýerde $u_v = d_{v_2}/d_{v_1} = d_2 \cos \varphi_1 / d_1 \cos \varphi_2 = u \sin \varphi_2 / \cos \varphi_2 = u^2$.

$$d_{v_2} = d / \cos \varphi_2 = d_2 \sqrt{\text{tg}^2 \varphi_2 + 1} = d_2 \sqrt{u^2 + 1} = 0,857 d_{i_2} \sqrt{u + 1}.$$

(XV.21) deňlemä goýup alarys:

$$\sigma_H = 470 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{P_t \sqrt{u^2 + 1}}{V_H d_{e_2} b} K_{H\beta} K_{HV}} \leq [\sigma_H]. \quad (\text{XV.43})$$

Bu ýerde V_H – konus tigriň görnüşiniň koeffisiýenti.

Göni dişli tigrir üçin $V_H = 0,85$; tegelek dişli tigrir üçin $V_H = 1,5$; $K_{H\beta}$ – jyganyň inine ýüküň ýaýraýşyny hasaba alýan koeffisiýent; K_{HV} – dinamiki ýüklenmäniň koeffisiýenti.

Göni dişli geçiriji tigrin dişiniň gatylygy $HB \leq 350$, $V \leq 5$ m/s: $K_{HV} = 1,15$; eger $HB > 350$ bolsa $K_{HV} = 1,1$.

Taslama hasaby XV.22 deňlemedäki:

$$P_t = 2M_2 / 0,857 d_{e_2}, \quad b = \psi_R R_e = 0,5 \psi_e R_e = 0,5 \psi_R d_{e_2} \sqrt{u^2 + 1} / u$$

bahalaryny çalşyp we d_{e_2} görä çözüp alarys:

$$d_{e_2} \geq \sqrt[3]{\frac{2(470 \cdot 10^3)^2 K_{HV}}{0,857 \cdot 0,5 \psi_R}} \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 U}{V_H [\sigma]_H^2} \cdot K_{H\beta}}.$$

$$\sqrt[3]{\frac{2(470 \cdot 10^3)^2 \cdot K_{HV}}{0,857 \cdot 0,5 \psi_R}} = 16,5 \cdot 10^3 \text{ Pa}^{\frac{1}{3}} \text{ kabul edip taslama hasabyň gutarnykly}$$

deňlemesini alarys, polat konus dişli geçiriji üçin:

$$d_{e_2} \geq 16,5 \cdot 10^3 \sqrt[3]{\frac{T_2 u}{V_H [\sigma]_H^2} \cdot K_{H\beta}}. \quad (\text{XV.44})$$

Bu ýerde d_{e_2} – tigrin daşky bölüji diametri.

Gyýa we şewron dişleriň degşirme berkligi hasaby göni dişliniň hasaby ýaly geçirilýär. Ýöne dişleriň egilmä bolan gatnaşygynda belleýşimiz ýaly, göni dişler bilen deňeşdirilende gyýa we şewron dişleriň berkligi ýokary bolýar, şonuň üçin hem gyýa we şewron dişleriň degşirme hasabynda göni dişli bilen deňeşdireniňde degşirme dartgynlylygyny ýokarlandyryan koeffisiýent – V_H hasaba alynýar.

Ewolwent profilli gyýa we şewron dişli silindr polat tigrin dişiniň degşirme berkligine bolan gatnaşygy aşakdaky deňlemeler boýunça geçirilýär:

$$\text{Barlag hasaby: } \sigma_H = 436 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{P_t (u+1)}{b_2 d_2 V_H}} K_{H\beta} K_{HV} \leq [\sigma_H]. \quad (\text{XV.45})$$

$$\text{Taslama hasaby: } a_w = 4950 (u+1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{V_H \psi_a u^2 [\sigma_H]^2}}. \quad (\text{XV.46})$$

Dowamly işleýän geçirijileriň dişleri üçin rugsat edilýän degşirme dartgynlylyklary $[\sigma]_H$ Brinel HB ýa-da Rokwell HRS boýunça dişin işleýän üstüniň gatylygyna baglylykda 11-nji tablisada getirilendir.

Materialy we gyzdyrylyp işleniş	$[\sigma]_H, kN/sm^2$	Siklleriň baza sany, N_0
HRS 56...62-ä çenli suwlandyrylan ýokary berklikli legirlenen polat: 12XH3A, 18X2HYMA	(1,95...2,1) HRS	$12 \cdot 10^7$
HRS 56...62-ä çenli suwlandyrylan legirlenen polat: 15X, 20X	(1,75...1,95) HRS	$12 \cdot 10^7$
HRS 45...50-ä çenli suwlandyrylan legirlenen ortauglerodly polat	1,9 HRS	$7 \cdot 10^7$
şol sanda HRS 50...55-ä çenli suwlandyrylan orta uglerodly polat orta uglerodly we ortauglerodly legirlenen gowulandyrylan we kadalaşdyrylan polat	(1,6...1,8) HRS	$10 \cdot 10^7$
HB 200...250	2,6 HB	10^7
HB 260...300	2,45 HB	$1,5 \cdot 10^7$
HB 320...350	2,3 HB	$2,5 \cdot 10^7$
Çal çöýün	1,5 HB	-
modifisirlenen çöýün	1,8 HB	-
tekstolit $E=7 \cdot 10^2$ NK/sm ²	4,3...5,7	-

Üýtgeýän ýüklenmeden rugsat edilýän degşirme dartgynlyk aşakdaky deňleme boýunça kegitlenilýär:

$$[\sigma]_{deg_} = [\sigma]_H \sqrt[6]{N_0/N_e}, \quad (XV.47)$$

bu ýerde $[\sigma]_H$ we N_0 bahalary 3.4-nji tablisadan alynýar. N_e – siklleriň ekwiwalent sany (XV.32) deňlemä görä $m = 3$ -e deň diýip hasaplanylýar.

Dişe gysga wagtly aşýa ýüklenme täsir edýän bolsa, onuň işleýän üstüni plastiki deformasiýa ýa-da port döwürmesi aşakdaky formula boýunça barlanylýar:

$$\sigma_{H\max} = \sigma_H \sqrt{T_C/T} \leq [\sigma_H]_{pr}. \quad (XV.48)$$

Bu ýerde: $\sigma_{H\max}$ – aşýa ýüklenmäniň çür depesindeki dişli tigre täsir edýän momentden maksimal degşirme dartgynlyk;

σ_H – (XV.17), (XV.22), (XV.24) deňlemeler boýunça kesgitlenýän dişli işleýän üstünde döreýän degşirme dartgynlygy;

$[\sigma_H]_{pr}$ – rugsat edilýän aňryçäk degşirme dartgynlyk (11-nji tablisa).

Ýapyk geçirijiniň taslama hasaby degşirme berkligi boýunça geçirilýär, soň bolsa diş egilmä barlanylýar.

Korregirlenmedik ýa-da uly korrupsiýaly daşky ilişmeli dişli geçirijiler üçin modul m aşakdaky deňlemelerden kesgitlenilýär: göni dişli silindr görnüşli tigr üçin:

$$m = 2 a_w/z_\Sigma \quad (XV.49)$$

gyýa ýa-da şewron dişli silindr görnüşli dişli tigr üçin:

$$m = \frac{2a_w \cos \beta}{z_\Sigma} . \quad (\text{XV.50})$$

Göni dişli konus üçün: $m = \frac{d_2}{z_2} . \quad (\text{XV.51})$

Göni dişli konus geçiriji üçün orta modul:

$$m_{or} = m - \frac{b}{z} \sin \varphi . \quad (\text{XV.52})$$

Dişin değirme berkliginiñ taslama hasaby tigrin jygasyynyñ ini aşakdaky deñleme esasynda kesgitlenilýär:

Silindr üçün $b = \psi_{aw} \cdot a_w ; \quad (\text{XV.53})$

konus üçün $b = \psi_d \cdot d_2 . \quad (\text{XV.54})$

Şesternýanyñ z_1 we z_2 dişiniñ sany geçirijiniñ tigrileriniñ dişleriniñ jemine (öňünden berilýär) we geçirijiniñ geçijilik sanyna baglylykda kesgitlenilýär.

$$z_1 + z_2 = z_\Sigma \text{ we } \frac{z_2}{z_1} = u ,$$

onda $z_1 = z_1 = \frac{z_\Sigma}{1+u} \quad (\text{XV.55})$

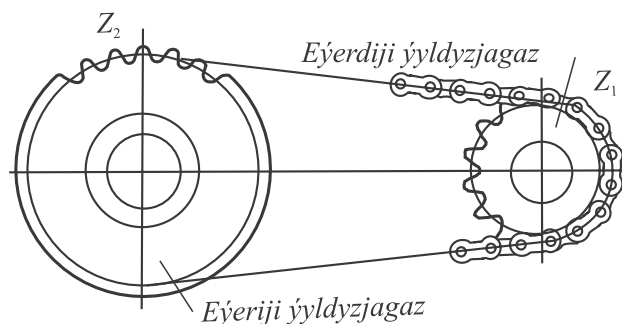
we $z_2 = z_\Sigma - z_1 . \quad (\text{XV.56})$

z_Σ sany saýlanyp alnanda aşakdakylary göz öňünde tutmaly: berlen okara aralykda $a_w z_\Sigma$ köpelmegi bilen dinamiki güýç we dişlere sürtülme ýitgisi azalýar, ýöne egilme dişin berkligi aşaklanýar. Ondan başga-da z_Σ saýlananda aşakdaky şerti ýerine ýetirmeli, ýagny $z_1 \geq z_{\min}$, bu ýerde z_{\min} – dişlerde gyrkylma bolmaz ýaly şerte laýyklykdaky şesternýanyñ dişiniñ sany.

XVI BAP. ZYNJYRLY GEÇIRIJILER

3.16.1. Zynjyrly geçirijiler barada umumy maglumatlar

Zynjyrly geçirijiler eýerdiji we eýeriji dişli çarhdan we dişli çarhy gurşap alýan we dişli çarhyñ dişine ilişýän zynjyrdan durýar (128-nji surat). Şeýle hem birnäçe eýeriji ýyldyzjagazlary bolan zynjyrly geçirijiler ulanylýar.



128-nji surat

Agzalan esasy elementlerden başga zynjyrly geçirijiler dartuw, ýaglaýyş we goraw gurnawlary öz içine alýar.

Zynjyr şarnirli zwenolaryň birikmelerinden durýar we zynjyryň gozganmagyny we “çeyeligini” üpjün edýär.

Zynjyrly geçirijiler ulag maşynlarynda (motosikllerde, welosipedlerde, awtomobillerde, transportýorlarda) we gural-maşynlarda (oba hojalyk, nebitburaw we beýlekilerde) giňden ulanylýar.

Zynjyrly geçirijiler orta okara aralyklarda, typman işlemek zerur bolan ýagdaýlarynda ulanylýar. Zynjyrly geçirijileriň artykmaçlygy: 1) hereketi uzak aralara geçirilmekligi; 2) çekili geçirijä garanda kiçi gabaralylygy; 3) typma bolmazlygy; 4) ýokary P.T.K.; 5) uly başlangyç dartuw güýjüniň zerur dälidiği üçin wala täsir edýän güýjüň kiçiligi; 6) zynjyry çalyşmagyň aňsatlygy; 7) birnäçe dişli çarhlara hereket geçirmegiň mümkinçiligi.

Zynjyrly geçirijiniň ýetmezçiligi: 1) şarnirlerde suwuk sürtülmäniň bolmaýandygy üçin, ýaramaz ýaglanyşda iýilmäniň köp bolýandygy; 2) wallaryň ýerleşdirmäniň ýokary takyklygyny talap edýändigini; 3) geçirijiniň karteri talap etmegi; 4) dişli çarhyň endigan bolmadyk aýlanmagynyň döremegi.

Ähmiýeti boýunça zynjyrlar aşakdaky toparlara bölünýärler (129-njy surat):

1. Ýük-göterýän maşynlarda ulanylýan ýük zynjyrlary;
2. Transport (ulag) maşynlarynda ýüki süýşürmek üçin ulanylýan dartyjy zynjyrlar;
3. Bir waldan beýleki wala mehaniki energiýany geçirmek üçin hyzmat edýän hereketi geçiriji zynjyrlar.



129-njy surat

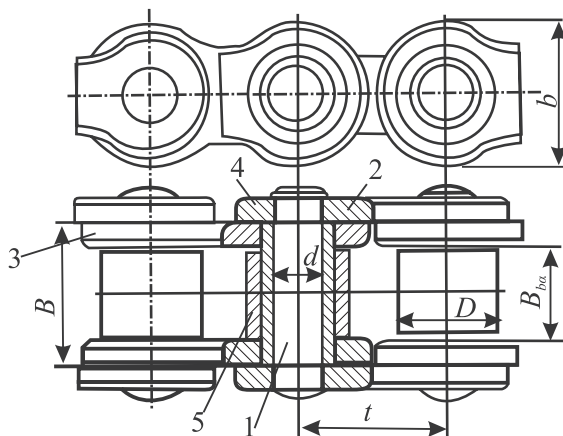
Ýük zynjyrlar (129-njy a we b suratlar) uly ýüklenmede we kiçi tizlikde (0,25 m/s-da çenli) işleýärler. Dartyjy zynjyrlar (129-njy ç surat) orta tizlikde (2...4 m/s) işleýärler. Hereketi geçiriji zynjyrlar (129-njy d...j suratlar) örän ýokary tizlikde işlemäge ukyply, bu zynjyrlary dinamiki ýüklenmeleri we iýilmä durnuklylygy azaltmak üçin kiçi ädimli edip ýerine ýetirýärler.

Zynjyrlar standartlaşdyrylan, olary ýörite zawodlarda öndürýärler.

3.16.2. Herekete getiriji zynjyrlar

Herekete getiriji zynjyrlar rolikli, wtulkaly, dişli we krýukly (ildirgiçli, gaňyrçakly) görnüşlerde bolýarlar (12-nji tablisa). Zynjyryň esasy geometrik häsiýetleri onuň ädimi we ini, esasy güýç häsiýetleri bolsa tejribe ýoly bilen kesgitlenen syndyrma ýüklenmesi bolýar. Halkara standartlygyna laýyklykda 25,4 mm ädimli zynjyrlar ulanylýar.

Rolikli zynjyrlar (130-njy surat) waljagaz 1, daşky zwenolar 2, içki zwenolar 3, wtulka 4 we rolik 5 böleklerden durýar.



130-njy surat

Rolik wtulkada erkin aýlanyp bilýär. Wtulkanyň iki gyrasy içki zwenos preslenendir. Waljagaz wtulkanyň içinden erkin geçýär. Onuň soňy daşky zwenos preslenýär we berçinlenýär. Diýmek, waljagaz daşky zwenos bilen içki zwenos görä, wtulkanyň içinde, rolik bolsa wtulkanyň daşynda aýlanyp bilýär. Zynjyryň hemme detallary gyzdyrylyp işlenilýär (rolik toplanýar). Köphatarly zynjyrlar uly ýüklenmelerde we ýokary tizlikde zynjyryň ädimini kiçeltmek üçin ulanylýar.

Konstruksiýasy boýunça wtulkaly zynjyrlar rolikli zynjyra gabat gelýär, ýöne rolik bolmaýar. Bu bolsa zynjyryň bahasyny arzanladýar we onuň massasyny aşakladýar (129-njy surat). Zynjyrlar kiçi ädimli ýasalýar we motosikllerde (öňdäki geçiriji) we awtomobillerde paýlaýjy wala hereket geçirilende ulanylýar. Zynjyrlaryň ukyplylygy ýeterlikdir.

129-njy g, h, 131-nji suratlardan görnüşi ýaly, dişli zynjyrlar ýörite diş bilen dişli tigre geýdirilýär.

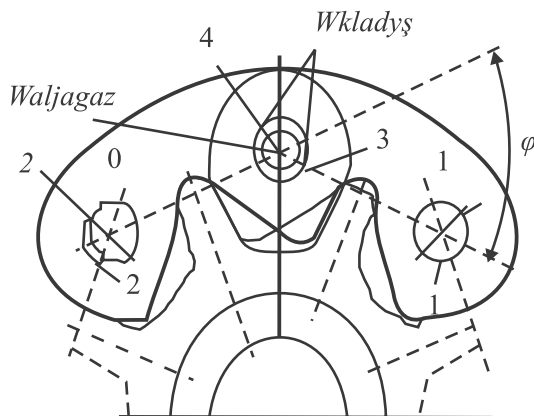
Dişli zynjyrlar duga şekilli plastinalar toplumyndan ybarat bolup, biri-biri bilen waljagazyň we iki wkładyşyň kömegi arkaly birikdirilýär. Plastinalarda 3 we 4 wkładyşlar üçin oýuk we çykyp duran deşikler bolýar. Wkładyşlaryň arasynda plastinalary birleşdirýän waljagaz ýerleşdirilen. Waljagaz pes kinematiki jübütlik bolup, olar işlände üstlerinde typma-sürtülme döreýär.

**Wtulkaly we rolikli herekete getiriji zynjyrlar
(ГОСТ 10947-64) (ölçeçleri mm-de, 130-njy surat)**

12-nji tablisa

Zynjyryň görnüşleri	Zynjyryň ädimi, t	1 m massasy, q , kg	Içki plastinalaryň aralygy, $b_{iç}$	Okuň diametri, d	Roligň diametri, D	Içki plastinanýň ini, b	Syndyryjy güýç, kg	Içki zwenonýň ini, b	Şarniriň meýdany, A nyň proyeksiýasy, A
Birhatarly wtulkaly (IIB)	9.525	0.44	7.60	3.59	$d_{iç}=5$	8.80	1100	11.20	40
	9.525	0.62	9.52	4.45	$d_{iç}=6$	9.85	1200	13.44	60
Birhatarly rolikli (IIP)	8.00	0.18	3.00	2.31	5.00	7.11	460	4.77	11
	9.252	0.41	5.72	3.28	6.35	8.26	900	8.53	28
	12.70	0.31	3.30	3.66	7.75	9.91	900	5.80	21
	12.70	0.62	5.40	4.45	8.51	11.81	1800	8.90	40
	12.70	0.71	7.75	4.45	8.51	11.81	1800	11.30	50
	15.875	0.80	6.48	5.08	10.16	14.73	2300	10.78	55
	15.875	0.96	9.65	5.08	10.16	14.73	2300	13.95	71
	19.05	1.52	12.70	5.96	11.91	18.08	2500	17.75	105
	25.40	2.57	15.88	7.95	15.88	24.13	5000	22.61	180
	31.75	3.73	19.05	9.55	19.05	30.18	7000	27.46	260
	38.10	5.50	25.40	11.12	22.23	36.10	10000	35.46	395
	44.45	7.50	25.40	12.72	25.40	42.24	13000	37.19	475
	50.80	9.70	31.75	14.29	28.58	48.26	16000	45.21	645

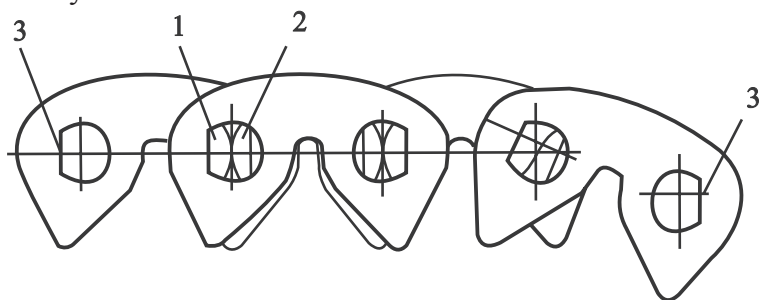
Bellik: Şeýle hem ГОСТ 10947-64 ädimi 19.05...63 mm aralykda bolan uzyn-zwenoly rolikli zynjyrlar ulanylýar; güýçlendirilen birhatarly (IIPY), iki hatarly (2IIP we 2IIPY), üç hatarly (3IIP we 3IIPY) dörthatarly (4IIP we 4IIPY) we altyhatarly (6IIPY) wtulkaly, iki hatarly, plastinkasy egredilen rolikli zynjyrlar ulanylýar.



131-nji surat

132-nji suratda typma sürtülmäni tigirlenme bilen çalşyrylan şarniriň tipi görkezilendir.

Zynjyryň zwenolarynyň otnositel öwrülmesinde 1 we 2 wkładyşlaryň silindr görnüşli üstleri biri-birine görä tigirlenýärler. Meýdança 3 deşikde wkładyşyň aýlanmagyny saklaýar.



132-nji surat

Dişli zynjyryň ýyldyzjagazlardan gapdala çykyp gitmezligini ugrukdyryjy plastinalar üpjün edýärler (129-njy g, h suratlar). Içki ýa-da gapdal ugrukdyryjy plastinalar ulanylýar.

Rolikli zynjyrlar bilen deňeşdirilende dişli zynjyrlaryň artykmaçlygy: ýokary tizliklerde işlemäge ukyply, ýokary ygtybarlylykly we pes sesli. Ýöne olar agyr, ýasamagy çylşyrymly we gymmat, şonuň üçinem dişli zynjyrlar çäkli ulanylýar.

Ildirgiçli (krýuçkowyý) zynjyrlar (129-njy i surat) birmeňzeş zwenolardan düzülýär we olar goşmaça detallary talap etmeýär. Bu zynjyrlaryň zwenolaryny birikdirmek we dargatmak erkin zwenolary bir-birleri bilen 60° boýunça gysardyp amala aşyrylýar. Wtulka-ştyrly zynjyrlaryň zwenolary (129-njy j surat) polat 3-den ýasalan ştyrlaryň kömegi bilen birikdirilýär. Stiftler berçinlenýärler, birikdirilýän zwenolar şplintlenýärler. Şekilli (fosonnyýe) zwenoly zynjyrlar kiçi tizlikde ulanylýar, esasan hem, oba hojalyk maşyngurluşygynda giňden ulanylýar.

Ýörite zynjyrlar, ýagny ýyldyzjagazlaryň oklarynyň arasy özara perpendikulýar bolanda hereketi geçirmek üçin ulanylýar.

3.16.3. Zynjyrlý geçirijileriň esasy parametrleri

Zynjyrlý geçirijiler zynjyryň konstruksiýasyna baglylykda, 3500 kWt kuwwata çenli, adatça bolsa, 100 kWt çenli kuwwat geçirmek üçin ulanylýar.

Adatça, zynjyryň tizligini 15 m/s çenli kabul edilýär, tizligiň artmagy bilen zynjyryda iýilme köpeliýär, şonuň ýaly-da sürtülme, zynjyryň ýyldyzjagaza urgý güýji, geçirijiniň sesi köpeliýär. Çalt hereket edýän geçirijilerde ädimi kiçi, ýyldyzjagazyň dişiniň sany köp we oňat ýaglanmada ýokary hilli zynjyrlaryň tizligi 30...35 m/s çenli ýetýär.

$$\text{Zynjyryň tizligi (orta): } V = \frac{z \cdot n \cdot t}{60 \cdot 1000}. \quad (\text{XVI.1})$$

Bu ýerde: z – ýldyzjagazyň dişiniň sany;
 n – zynjyryň aýlaw ýygylgy, aýl/min;
 t – zynjyryň ädimi, mm.

Ýldyzjagazyň aýlaw ýygylgy zynjyryň ýldyzjagaza urgý dartgynlylygy bilen çäklendirilýär.

Ýldyzjagaza hödürülenýän we aňryçäk aýlaw ýygylgy 13-nji tablisada getirilendir.

Geçirijilik sany zynjyryň ýldyzjagazlardaky tizlikleriniň deňlik şertlerinden kesgitlenilýär (132-nji surat).

$$z_1 \cdot n_1 \cdot t = z_2 \cdot n_2 \cdot t. \quad (\text{XVI.2})$$

Çalt hereket edýän ýldyzjagazyň aýlaw ýygylgynyň haýal hereket edýän ýldyzjagazyň aýlaw ýygylgyna bolan gatnaşygyna geçirijilik sany diýilýär

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}. \quad (\text{XVI.3})$$

13-nji tablica

Zynjyryň görnüşü (tipi)	Aýlaw ýygylgy	Zynjyryň ädimi, t , mm					
		8	9.52	12.7	15.875	19.05	25.4
Rolikli ПП, ППҮ, ПРТ	n_h	3000	2500	1250	1000	900	800
	$n_{a\phi}$	6000	5000	3100	2300	1800	1200
Dişli	n_h			3300	2650	2200	1650
	$n_{a\phi}$			4000	3300	2700	2000
Zynjyryň görnüşü	Aýlaw ýygylgy	31.75	38.1	44.45	50.8	63.5	78.1
	n_h	630	500	400	300	200	150
	$n_{a\phi}$	1000	900	600	450	300	210
	n_h	1320					
	$n_{a\phi}$	1500					

Bellik: n_h aýlaw ýygylgyda kiçi ýldyzjagazyň dişiniň sany $z_1 \geq 15$. $n_{a\phi}$ ýygylgyda $z_1 \geq 20$, ýldyzjagazy ýokary takyklykda ýasamak talap edilýär.

Bu ýerde n_1 we n_2 – çalt we haýal aýlanýan ýldyzjagazlaryň aýlaw ýygylgy, aýl/min; z_1 we z_2 – çalt we haýal aýlanýan ýldyzjagazlaryň dişiniň sany.

Geçirijilik sany geçirijiniň rugsat edilýän gabarasy, zynjyryň ýldyzjagazy gurşap alýan burçy we ýldyzjagazyň dişiniň sany bilen çäklendirilýär. Adatça, $u \leq 7$, haýal hereket edýän geçirijilerde $u \leq 10$ -a çenli kabul edilýär.

Ýldyzjagazyň dişiniň sany şarniriň iýilmesi, dinamiki ýüklenme we geçirijiniň sesi bilen çäklendirilýär. Ýldyzjagazyň dişiniň sany näçe az bolsa, şonça-da iýilme uly bolýar. Sebäbi zynjyryň zwenosynyň öwrülme burçy $360^\circ/z$ deň. Dişiň sany azaldygyça, şonça-da, zynjyryň hereketiniň tizliginiň endigansyzlygy we ýldyzjagaza zynjyryň urgusynyň tizligi artýar. Rolikli zynjyrlarda ýldyzjagazyň dişiniň in az sany, in uly aýlaw ýygylgynda $z_{1\min} = 19...23$; ortada – $17...19$ we aşakda – $13...15$. Dişli zynjyrlý geçirijilerde z_{\min} 20...30% köpeldilýär.

Iň kiçi okara aralyk a_{\min} (mm) ýyldyzjagaza zynjyryň gurşap alýan burçy 120° az bolmadyk şertden kesgitlenilýär:

$$\text{eger } u \leq 3 \rightarrow a_{\min} = \frac{D_1 + D_2}{2} + (30 \dots 40), \quad (\text{XVI.4})$$

$$\text{onda } u > 3 \rightarrow a_{\min} = \frac{D_1 + D_2}{2} + \frac{9 + u}{10}. \quad (\text{XVI.5})$$

Bu ýerde D_1 we D_2 – ýyldyzjagazlaryň daşky diametrler, mm.

Iň gerekli (amatly) okara aralyk: $a = (30 \dots 50) t$. (XVI.6)

Adatça, okara aralyk: $a_{\max} = 80 t$. (XVI.7)

Zynjyryň talap edýän zwenolarynyň sany deslapky saýlap alynan okara aralyk a , ädim t we ýyldyzjagazyň dişiniň sany z_1 we z_2 boýunça:

$$W = \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{2a}{t} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{a}. \quad (\text{XVI.8})$$

XVI.8-nji deňlemäniň birinji iki goşulyjysy $z_1 = z_2$, ýagny zynjyryň şahalary parallel bolanda talap edilýän zwenolarynyň sany, üçünji goşulyjy zynjyryň şahasynyň ýapgytlygyny hasaba alýar. Zynjyryň saýlanan zwenolarynyň sany boýunça ýyldyzjagazlaryň oklarynyň arasyndaky aralyk (zynjyryň sallanmagyny hasaba almazdan)

$$a = \frac{t}{4} \left[W - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(W - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2} \right]. \quad (\text{XVI.9})$$

Zynjyryň sallanmagyny üpjün etmek üçin okara aralyk $(0,002 \dots 0,004)a$ azaldylýar.

Zynjyrlý geçirijileriň esasy parametri zynjyryň ädimi bolýar. Uly ädimdäki zynjyrlaryň yük göterijilik ukyby uly bolýar, ýöne aýlaw ýygylgyna az rugsat edilýär, uly dinamiki ýüklenme we sesli işleýär.

Köplenç, $\frac{a}{80} \leq t \leq \frac{a}{25}$ kabul edilýär; dişi zynjyrlaryň ädimini kiçeltmek üçin inini köpeltmeli, köp setirli zynjyrlary ulanyp zynjyryň ädimini kiçeldip bolýar.

3.16.4. Zynjyrlý geçirijileriň ýükgöterijilik ukyby we zynjyry saýlamak

Zynjyrlý geçirijileriň yük göterijilik ukyby şärnirdäki basyş rugsat edilýänden ýokary bolmazlyk şerti boýunça kesgitlenilýär. Rugsat edilýän basyş basyş P bilen sürtülmäniň ýolunyň S arasyndaky ýönekeý derejeli baglanyşygy peýdalanylýar:

$$P^m S = C. \quad (\text{XVI.10})$$

Bu ýerde C – berlen şertiň çäginde hemişelik ululyk. Onda $P = \frac{C_1}{\sqrt[m]{S}}$. (XVI.11)

Görkeziji m sürtülmäniň häsiýetine bagly dereje; oňat ýaglanyşda $m = 3$, ýagla-nyşyň pes ýagdaýynda $m = 1,5$.

$$\text{Rugsat edilýän peýdaly güýç } P = \frac{[p]_0 \cdot A}{K_u}. \quad (\text{XVI.12})$$

Bu ýerde $[p]_0$ – orta ulanyş şertler üçin rugsat edilýän basyş, kg/mm^2 (14-nji tablisa); A – şarniriň direg üstüniň proyeksiýasy, mm^2 , rolikli zynjyr üçin d ; B , typýan şarnirli dişli zynjyr üçin $0,76 Bd$, bu ýerde d – okuň diametri; B – wtulkaly we rolikli zynjyrlar üçin – içki zwenonyň ini, dişli zynjyr üçin zynjyryň ini.

$$\text{Ulanýş koeffisiýenti: } K_u = K_d \cdot K_a \cdot K_y \cdot K_{saz} \cdot K_{yag} \cdot K_r. \quad (\text{XVI.13})$$

Bu ýerde K_d – dinamiki ýüklenmäni hasaba alýan koeffisiýent; rahat ýüklenmede $K_d = 1$; endigan däl ýüklenmede $K_d = 1,2 \dots 1,5$; güýçli urguda $K_d = 1,8$; K_a – zynjyryň uzynlygyny (okara aralygy) hasaba alýan koeffisiýent; eger $a = (30 \dots 50) t$, $K_a = 1$ kabul edilýär; eger $a \leq 25t$, $K_a = 1,25$; eger $a = (60 \dots 80)t$, $K_a = 0,9$; K_y – geçirijiniň ýapgytlygyny hasaba alýan koeffisiýent; gorizonta ýapgytlyk näçe köp bolsa, şonça-da rugsat edilýän jemleýji iýilme az bolýar; ýyldyzjagazlaryň merkezlerini birikdirýän çyzyk gorizonta 60° boýunça ýapgytlanan bolsa, $K_y = 1$; eger ýapgytlyk burçy 60° -dan köp bolsa, $K_y = 1,25$.

K_{saz} – geçirijiniň sazlanysyny hasaba alýan koeffisiýent; haýsy hem bolsa bir ýyldyzjagazyň okunyň ýagdaýy sazlanýan geçiriji üçin $K_{saz} = 1$; dartyş ýyldyzjagazly ýa-da gysýan rolikli geçiriji üçin $K_{saz} = 1,1$; ýyldyzjagazlaryň oklary sazlanmaýan bolsa $K_{saz} = 1,25$; K_{yag} – ýaglamagyň häsiýetini hasaba alýan koeffisiýent; nasos bilen ýa-da ýag wannasynda üznüksiz ýaglanyş üçin $K_{saz} = 0,8$; damja ýa-da şarniriň içi yzygiderli ýaglanyşda $K_{saz} = 1$; periodiki ýaglanyşda $K_{saz} = 1,5$; K_r – geçirijiniň işleýiş düzgünini hasaba alýan koeffisiýent; bir smenaly işleýişde $K_r = 1$; iki smenalyda, sürtülmäniň ikeldilen ýoluny hasaba alyp $K_r = \sqrt[3]{2} = 1,25$; üç smenada $K_r = \sqrt[3]{3} = 1,45$.

14-nji tablisa

Zynjyryň ädimi, mm	[p] ₀ , kg/mm ² kiçi ýyldyzjagazyň aýlaw ýyglygynda, aýl/min											
	<50	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000	2400	2800	3200
Rolikli zynjyrlar												
12...15.875	3.5	3.15	2.85	2.6	2.4	2.25	2.1	1.85	1.65	1.5	1.4	-
19.05...25.4	3.5	3.0	2.6	2.35	2.1	1.9	1.75	1.5	-	-	-	-
30...38.1	3.5	2.9	2.4	2.1	1.85	1.65	1.5	-	-	-	-	-
40...50.8	3.5	2.6	2.1	1.75	1.5	-	-	-	-	-	-	-
Dişli zynjyrlar												
12.7...15.875	2	1.8	1.65	1.5	1.4	1.3	1.2	1.05	0.95	0.85	0.8	0.7
19.5...25.4	2	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	0.85	0.75	-	-	-
31.75	2	1.65	1.4	1.2	1.05	0.95	0.7	-	-	-	-	-

Bellik: Ýokarlandyrylan takyklyk we berklik üçin rolikli zynjyrlarda $[p]_0$ 30...40% köpeldip bolýar.

Hasap boýunça $K_u > 3$ bolsa, geçirijiniň işleýişini gowulandyrar ýaly konstruktiw çäreler kabul etmeli.

Geçirijiniň zynjyryny saýlamak aşakdaky yzygiderlikde geçirilýär.

Ilki bilen kiçi ýyldyzjagazyň dişiniň sany kabul edilýär we uly ýyldyzjagazyň dişiniň sany barlanýar. Soň kiçi ýyldyzjagazyň aýlaw ýygylýgyna baglylykda zynjyryň ädimi ýa-da in gerekli nusagany saýlamak üçin birnäçe ädimlerden zynjyryň ädimi kabul edilýär.

Bir hatarly wtulka rolikli zynjyrlý geçiriji taslananda zynjyryň saýlanan nusganyň geçirip biljek kuwwaty (kWt) barlanýar:

$$N_1 = \frac{P_0 A V}{102 K_u} . \quad (\text{XVI.14})$$

Köp hatarly rolikli zynjyrlý geçirijini taslamak üçin birhatarly zynjyryň kuwwaty kesgitlenilýär. Soň zynjyryň hatarynyň koeffisiýenti $m_h = N/N_1$, bu koeffisiýent boýunça talap edilýän hataryň sany z_h kesgitlenilýär:

$$z_h \dots 1 \ 2 \ 3 \ 4$$

$$m_h \dots 1 \ 1,7 \ 2,5 \ 3$$

Hataryň koeffisiýenti köphatarly zynjyrdä ýüklenmäniň deň ýaýramanlygyny hasaba alýar. Kadaly we güýçlendirilen bir hatarly rolikli zynjyryň direg üstüniň proyeksiýasy (mm^2) ädimiň funksiýasy görnüşinde $A = 0,28 \ t^2$ göz önüne getirip bolýar.

Onda zynjyryň geçirýän güýjüni P we kuwwatyny N ädimiň wezipesini görnüşinde aňladyp bolýar:

$$P = \frac{p_0 A}{K_u} = \frac{0,28 [p]_0 t^2 m_h}{K_u} ; \quad (\text{XVI.15})$$

$$N = \frac{P V}{102} = \frac{0,28 [p]_0 t^2 Z_1 n_1 m_h}{102 \cdot 60 \cdot 1000 \cdot K_u} . \quad (\text{XVI.16})$$

$$\text{Bu ýerden ädim (mm)} \ t \geq 280 \sqrt[3]{\frac{N K_u}{[p]_0 Z_1 n_1 m_h}} . \quad (\text{XVI.17})$$

Typma şarnirli dişli zynjyrlý geçiriji taslananda ini 10 mm zynjyryň saýlanan ädimiň geçirýän kuwwaty kesgitlenilýär. Soň bolsa zynjyryň ini tapylýar. Ini 10 mm zynjyryň şarniriniň direg meýdanynyň proyeksiýasy, takmynan, $A = 10 \ t \ mm^2$ kabul edilýär. Tigirlenme şarnirli zynjyryň ini aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$B = \frac{2,5 P \sqrt[3]{V} \cdot K_u}{t} = \frac{250 N K_u}{t \sqrt[3]{V^2}} . \quad (\text{XVI.18})$$

Zynjyryň tizligi $V \geq 10 \ m/s$ bolanda hasaplama güýjüniň ýa-da kuwwatynyň deňlemelerini $1 + \frac{0,1 q V}{N}$ köpeltmeli, $q - 1 \ m$ zynjyryň massasy, kg .

Tigirlenme şarnirli zynjyryň ulanyş koeffisiýenti häli-häzire çenli ýeterlik öwrenilmedik, şonuň üçin hem diňe ýüklenmäniň dinamiki koeffisiýenti hasaba alynýar.

Zynjyryň şahalaryndaky hemişelik güýçler we walyň ýüklenmesi

Zynjyryň eýerdiji şahasy peýdaly güýçden we eýeriji şahanyň dartuwy S_2 güýçden durýan hemişelik S_1 ýüklenmäni kabul edýär:

$$S_1 = P + S_2. \quad (\text{XVI.19})$$

Eýeriji şahanyň dartuwy zynjyryň agramynyň dartuwyndan we merkezden daşlaşýan güýjüniň dartuwyndan durýar.

Zynjyryň agramyndan şahanyň dartuwy:

$$S_q = \frac{qa^2}{8f} \quad \text{ýa-da} \quad S_q = K_f qa, \quad (\text{XVI.19})$$

bu ýerde q – zynjyryň bir metr uzynlykda bir-birligine getirilen agramy, kg ; a – geçirijiniň okara aralygy we f – zynjyryň sallanmagynyň strelasy (ýaýy).

$f = 0,02 a$ kabul edip, gorizontal geçiriji üçin $K_f = 6$.

Geçirijiniň ýapgyt burçy 40° -a çenli bolanda $K_f = 4,40^\circ$ -dan köp bolanda $K_f = 2$, dik geçirijiler üçin $k_f = 1$.

Merkezden daşlaşýan güýçden zynjyryň dartylmasy:

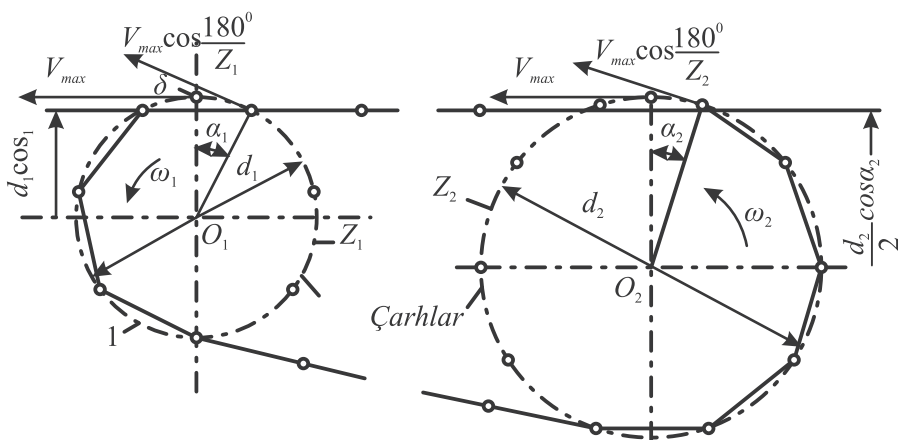
$$S_{m.d} = \frac{qV^2}{g}. \quad (\text{XVI.20})$$

Bu ýerde v – zynjyryň tizligi, m/s ; $g = 9,8 m/s^2$ – dartýş güýjüniň tizlenmesi.

Merkezden daşlaşýan güýç şarnirde goşmaça iýilme döredýär. Zynjyryň agramyndan $K_b P$ döreyän dartuw güýji waldaky hasap ýüklenmeden ep-esli az. Kesel geçirijide $K_a = 1,15$; dik geçirijide $K_b = 1,05$.

3.16.5. Geçirijilik gatnaşygy we dinamiki ýüklenme

133-nji suratda zynjyrly geçirijiniň yönekeýleşdirilen shemasy görkezilendir.



133-nji surat

Ýyldyzjagaz 1 deňölçeqli aýlaw hereket edende zynjyryň iň uly tizligi, haçanda ýyldyzjagazyň şarniri diş bilen zynjyryň hereketiniň ugruna O_1B perpendikulýarda ilişende bolýar.

Onda:
$$V_{\max} = \frac{d_1}{2} \omega_1. \quad (\text{XVI.21})$$

Diş bilen ilişmä girýän soňky şarnirler O_1B perpendikulýara α_1 burç bilen ýapgytlanan bolýar. Geçiriji işlände α_1 burç $\frac{180^\circ}{z_1}$ -den 0° -a çenli üýtgeýär we eýerdiji

ýyldyzjagazda mgnowen tizlik $V_{\max} \cdot \cos \frac{180^\circ}{z_1}$ -dan V_{\max} -a çenli üýtgeýär.

Eýeriji ýyldyzjagazda mgnowen tizlik V_{\max} -dan $V_{\max} \cdot \cos \alpha_2 = V_{\max} \cdot \cos \frac{180^\circ}{Z_1}$ -a çenli üýtgeýär. Mgnowen tizlikleriň gatnaşygy:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_1 \cos \alpha_2}{d_2 \cos \alpha_1}. \quad (\text{XVI.22})$$

α_1 we α_2 burçlar her zwenno ilişmä girende üýtgeýärler, onda geçirijilik gatnaşygy hem (XVI.22) aňlatma boýunça üýtgeýär.

Zynjyryň orta tizligini aşakdaky şertden kesgitleýäris, ýagny ýyldyzjagazyň bir aýlawynda zynjyryň geçen ýoly $z_1 t$, ýyldyzjagazyň dişiniň geçen ýoly πd_1 we bu geçilen ýollar deň, şonuň üçin hem:

$$d = \frac{z_1 t}{\pi} \text{ orta tizlik.}$$

$$V_0 = \omega_1 \frac{d_1}{2} = \frac{z_1 t \omega_1}{2 \pi} = \frac{z_1 t n_1}{60000} \text{ m/s.} \quad (\text{XVI.23})$$

Kiçi ýyldyzjagazyň iň uly aýlaw sany, orta tizlik v_0 we ädim t bilen baglanyşygy 15-nji tablisada getirilendir.

15-nji tablisa

Kiçi ýyldyzjagazyň iň uly rugsat edilýän aýlaw sany
 $[n_1]_z$ aýl/min

Zynjyryň tipi	Ýyldyzjagazyň dişiniň sany, z_1	Zynjyryň ädimi, t , mm				
		12 (12.7)	15 (15.87)	20 (19.05)	25 (25.4)	30 (31.75)
ГОСТ 598-60 boýunça wtul- ka rolikli	15	2300	1900	1350	1150	1000
	15	2400	2000	1450	1200	1050
	23	2500	2100	1500	1250	1100
	27	2550	2150	1550	1300	1100
	30	2600	2200	1550	1300	1100
Däneli	17-35	3300	2650	2200	1650	1300

Bellik: Ýokarlandyrylan takyk we berk wtulka rolikli zynjyryň (ГОСТ 5528-50) aýlaw sanyny 25% galdyryp bolýar.

Orta tizligiň aňlatmasyndan alarys:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}. \quad (\text{XVI.24})$$

Tizlikleriň tapawudy zynjyrda $t \frac{V_2}{Z_1}$ -e proporsional dinamiki ýüklenme döredýär we zyýanly täsirini çäklendirmek üçin onuň ululygy aşakdaky şerti kanagatlandyrmaly:

$$t \frac{V_2}{Z_1} \leq C; \quad (\text{XVI.25})$$

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{Z_1}{c}} \cdot C = C_0 \sqrt{\frac{Z_1}{t}}. \quad (\text{XVI.26})$$

Wtulkaly rolikli zynjyr üçin $C_0 = 7,3$; dişli zynjyr üçin $C_0 = 10$ kabul edilýär.

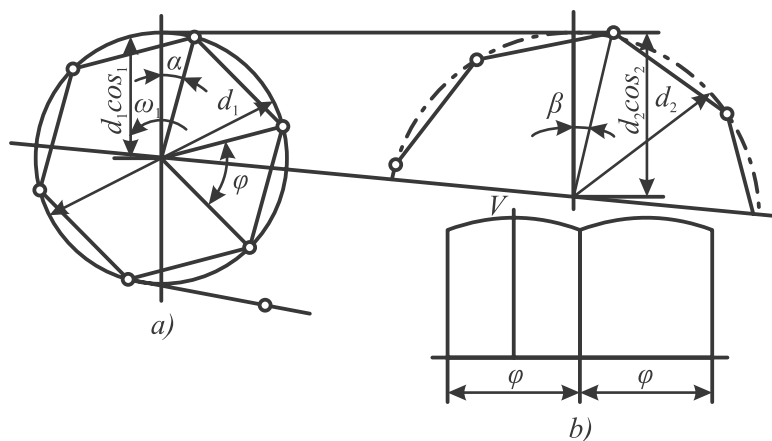
Zynjyrly geçirijilere dinamiki ýüklenmeden ýüze çykýan täsirler: a) üýtgeýän geçirijilik gatnaşykda zynjyrly geçirijiniň birikmeleriniň massasynyň tizlenmesi; b) täze zweno ilişmä girişinde zynjyryň zwenolary bilen ýyldyzjagazyň dişindäki urgy.

Üýtgeýän geçirijilik gatnaşygynda döreýän dinamiki ýüklenmä seredýäris, ýagny geçirijide döreýän deňölçegsiz hereketiň sebäbini zynjyryň eýerdiji ýyldyzjagaz bilen ilişmesi netijesinde ýüze çykýar.

τ wagt pursatynda eýerdiji ýyldyzjagaza zynjyryň oralmak (nabeganiýe) tizligi (134-nji surat).

$$V = \omega_1 \frac{d_1}{2} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \omega_1 \tau\right). \quad (\text{XVI.27})$$

Bu ýerde τ – zwenonyň ýyldyzjagaza ilişmä girýän pursatyndan hasaplanylýar.



134-nji surat

$$\text{Zynjyryň tizlenmesi } j = \frac{dV}{d\tau} = \omega_1^2 \frac{d_1}{2} \sin \left(\frac{\pi}{z_1} - \omega_1 \tau \right). \quad (\text{XVI.28})$$

Zynjyryň iň uly tizlenmesi ($\tau = 0$)

$$j_{\max} = \omega_1^2 \frac{d_1}{2} \sin \frac{\pi}{z_1} = \frac{\omega_1^2 t}{4}. \quad (\text{XVI.29})$$

Eýeriji ýyldyzjagazyň we oňa birikdirilen detallaryň massalaryny zynjyryň şarnirine getirilen massa bilen çalşyryp, inersiýa momentleriň aýlanma oka göreňlik şertinden:

$$m_2 = 2\theta_2 / d_2^2. \quad (\text{XVI.30})$$

Bu ýerde θ_2 – eýeriji ýyldyzjagazyň we oňa birikdirilen massalaryň inersiýa momenti; d_2 – eýeriji ýyldyzjagazda zynjyryň şarniriniň ýerleşen diametri.

Zynjyry absolýut gaty hasap edip, Nýutonyň kanuny boýunça zynjyryň iň uly dinamiki ýüklenmesi:

$$P_d = m_2 j_{\max} = 0,25 \cdot m_2 \omega_1^2 t. \quad (\text{XVI.31})$$

Zynjyryň çeýeligini we onda döreýän yrgyldyny hasaba alyp:

$$P_d = 0,25 m_2 \omega_1^2 t K_\theta, \quad (\text{XVI.32})$$

bu ýerde K_θ – yrgyldynyň ösme koeffisiýenti,

$$K_\theta = \frac{1}{1 - \left(\frac{C_0^1}{\omega} \right)^2} = \frac{1}{1 - z_1^2 \cdot \omega_1^2 \cdot m_2 K_z}, \quad (\text{XVI.33})$$

$\omega^1 = \omega_1 z_1$ – mejbury yrgyldynyň aýlaw ýygylgy; $\omega = \sqrt{\frac{1}{K_z m_2}}$ – ulgamyň

hususy yrgyldysynyň aýlaw ýygylgy; K_z – zynjyryň çeýeligi.

Zynjyryň maýyşgak uzalmasy şarniriň deşirme deformasiýasyndan kesgitlenilýär.

Zynjyryň eýerdiji şahasynyň çeýeligini göni sterženiň süýnmesi ýaly göz önüne getirýäris:

$$K_z = l / E_z \cdot A, \quad (\text{XVI.34})$$

bu ýerde l – şahanyň uzynlygy, m ; A – şarniriň proyeksiýasynyň meýdany, mm^2 ; E_z – koeffisiýent, rolikli zynjyr üçin $2,1 \dots 2,5 \cdot 10^3$, dişli zynjyr üçin $1,8 \cdot 10^3$ -e deň. Zynjyrlý geçirijiniň köp işleýiş režimi üçin mejbury yrgyldynyň ýygylgy hususy yrgyldynyňkydan uly bolýar we ösme koeffisiýent birden kiçi, şonuň üçin hem zynjyrlý geçirijiniň deňölçegli aýlawy kinematiki hasap boýunça beýan edilenden ýokary bolýar.

Eger eýerdiji we eýeriji ýyldyzjagazlaryň getirilen massalary bir derejede bolsalar, onda ýokardaky deňlemelere m_2 -niň ýerine aşakdaky getirilen massa goýulýar

$$m = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}. \quad (\text{XVI.35})$$

XVII BAP. ÇEKİLİ GEÇİRİJILER

3.17.1. Umumy maglumatlar

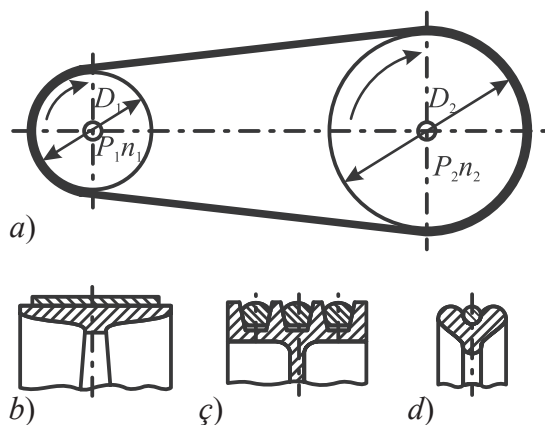
Çekili geçirijiler (135-nji a surat) biri-birinden birnäçe uzaklykda ýerleşdirilen, dartylyp eýerdiji we eýeriji şkiwlere geýdirilip birikdirilen çekiden (çekilerden) ybaratdyr.

Eýerdiji şkiwiň aýlaw hereketi çeki we şkiwiň arasynda döreýän sürtülme esasynda eýeriji şkiwe geçirilýär.

Kese kesiginiň görnüşi boýunça çekiler tekiz (135-nji b surat), pahna (klin) (135-nji ç surat) we tegelek (135-nji d surat) görnüşde bolýarlar.

Tekiz çekileriň kese kesigi gönüburçly bolup, onuň ini galyňlygyndan ep-esli uly bolýar.

Pahna görnüşi çekileriň kesigi trapesiýa görnüşinde bolýar. Pahna çekileriň işleýän üstleri şkiwiň oýjagazynyň gapdal üstlerine galtaşýan üstleri bolýar.



135-nji surat

Şkiwiň oýjagazynyň çuňlugyny çekiniň beýikliginden uly edip kabul edilýär. Bu bolsa çekiniň aşaky esasy bilen şkiwiň oýjagazynyň arasynda boşluk bolar ýaly mümkinçilik döredýär.

Iň köp ýaýrany tekiz we pahna çekili geçirijilerdir. Tekiz çekili geçirijiler pahna çekiliden ýönekeý, ýöne pahna çekili geçirijileri ýokary dartyş ukyplylygy we gabarasynyň kiçiligi bilen tapawutlanýar.

Çekili geçirijiler endigan we sessiz işleýär. Çekiniň typýanlygy üçin mehanizmi aşa ýüklenmeden gorýar.

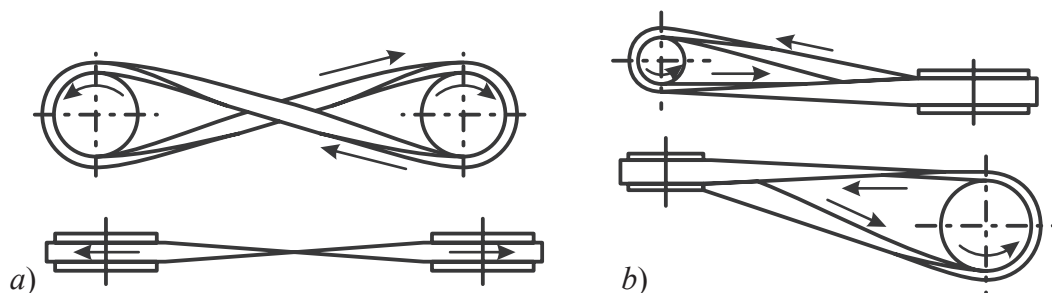
Tekiz çekili geçirijiler uly okara aralyklarda ulanylýar, mundan başga-da tekiz çekili geçirijiler ýokary tizlikde (100 m/s çenli) işlemäge ukyply. Kiçi okara aralyklarda uly geçirijilik gatnaşygynda we bir eýerdiji şkiwden birnäçe eýeriji şkiwlere hereketi geçirmek klin çekili geçirijiler peýdalanmak amatly bolýar.

Tekiz çekili geçirijilerin ýükgöterijilik ukyby, esasan hem, çekiniň inini üýtgetmek arkaly, klin çekili geçirijilerde bolsa çekiniň sanyny üýtgetmek arkaly amala aşyrylýar.

Tegelek çekili geçirijiler uly bolmadyk maşynlarda, mysal üçin, tikin maşynlarynda we azyk senagatynda, stolda oturdylyan stanoklarda we köp dürli abzallarda ulanylýar. Bu geçirijilerde elmydama bir çeki goýulýar.

Tekiz çekili geçirijilerin birnäçe görnüşleri bar. Olaryň iň köp ýaýrany açyk tekiz çekili geçirijilerdir (135-nji a surat), çünki, köplenç, oklary parallel bolan wallarda hereketi geçirmek ýüze çykýar we olar iň ýönekeý, ygtybarly we oňaýly geçiriji diýip hasap edilýär.

Şkiwlerin garşylyklaýyn aýlanmasynyň zerurlygy ýüze çykanda atanaklaýyn tekiz çekili geçirijiler ulanylýar (136-njy a surat).



136-njy surat

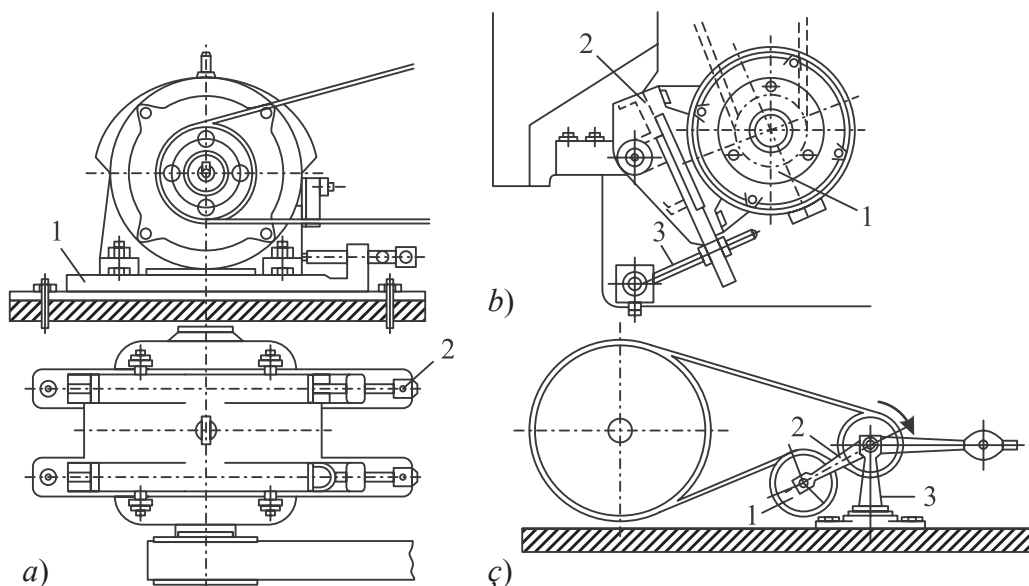
136-njy b suratda burçlaýyn (ýarymatanaklaýyn) tekiz çekili geçiriji görkezilen, bu geçirijiniň wallary göni burç boýunça ýerleşdirilendir. Çekileriniň gyrasynyň tiz iýilýändigine atanaklaýyn we ýarymatanaklaýyn tekiz çekili geçirijiler häzirki wagtda seýrek ulanylýar.

Çekili geçirijilerin kadaly işlemegi üçin olaryň çekileri dartylan bolmaly. Çekini dartmaklyk haýsy hem bolsa bir şkiwiň süýşürilmegi we dartyş rolikleri arkaly amala aşyrylýar. 137-nji a, b suratlarda elektrodwigateliň walynda oturdylan eýerdiji şkiwiň süýşürilmegi bilen amala aşyrylýan çekini dartmak usuly görkezilendir.

137-nji a suratda salazkada 1 oturdylan elektrodwigatel şkiw bilen bile gysýan boltuň 2 kömegi bilen salazkanyň ugruna süýşürilýär.

137-nji b suratda gozganýan plitada oturdylan 2 elektrodwigateliň 1 ýagdaýy boltuň 3 kömegi bilen sazlanýar.

137-nji ç suratda dartyş rolikli çekili geçirijiniň shemasy görkezilen; ryçag 2 berkidilen okda dartyş roligi aýlanýar. Direge 3 berkidilen ryçag 2 okuň daşynda erkin aýlanyp durýar.



137-nji surat

Çeki 137-nji ç suratda görkezilen ýüküň ýa-da pružiniň kömegi bilen çekilýär. Çeki sazlanandan soň oky gozganmaýan berkidilýän dartys rolkler hem peýdalanylýar. Bu rolkler gozganýan okly rolklerden ýönekeý, emma gozganýan okly rolkler çekini gerek bolan dartuwa awtomatiki üpjün edýär.

Dartys rolkler, köplenç, tekiz çekili geçirijilerde ulanylýar, pahna çekili geçirijilerde rolkler seýrek ulanylýar.

Şol bir gabaraly geçirijide adaty çekili geçirijide dartys rolkli geçirijiler aşadaky artykmaçlygy bilen tapawutlanýar: uly kuwwaty geçirmeklik mümkinçiligi, wala basyş güýji azlygy ýygy-ýygýdan tekiz çekini dartylmagyndan tikip birleşdirmek zerurlygynyň ýokdugy, çekini şkiwe ýeňil geýdirip bolýandygy, ýöne şeýle-de bolsa çekiniň uzakmöhletliligi örän pes bolýar.

Çekili geçirijiniň artykmaçlygy: uzak aralykda ýerleşen wallara hereket geçirmek mümkinçiligi; bir walda momentiň birdenkä köpelmegi şkiwde çekiniň typmagynyň köpelmegi netijesinde geçiriji endigan we urgusyz işlemekligi; geçirijiniň boş aýlanmasy onuň aşa ýüklenmeginden we döwürmeginden gorap saklamaklygy; gurluşynyň ýönekeýligi, bahasynyň uly dældigi we ideginiň ýeňilligi bilen tapawutlanýar.

Bu geçirijiniň esasy ýetmezçiligi: gabarasynyň ululygy; typma sebäpli geçirijilik gatnaşygyny hemişelik dälligi; wallara we podşipniklere uly basyşyň döremegi çekili geçirijiniň ulanmagyny çäklendirýär.

1500 kWt we ondan ýokary kuwwatly çekili geçiriji duş gelinse-de, köplenç, 0,3-den 50 kWt çenli kuwwaty geçirmek üçin ulanylýar.

3.17.2. Çekiniň materiallary we konstruksiýasy

Islendik hereket geçirýän çekiler zerur dartyşa ukyply (berlen ýüki boş aýlanman geçirmeklik ukyby) we ýeterlik uzakmöhletli bolmagyny üpjün etmeli.

Çekiniň dartyş ukyplylygy şkiw bilen ýokary sürtülme koeffisiýenti üpjün edýär.

Çekiniň uzakmöhletliligi onda döreýän egilme dartgynlylygyna we ýüklenmäniň sikliniň uzynlygyna bagly bolýar. Aşakdaky getirilen hödürlemeleri peýdalanyň, çekiniň zerur bolan uzakmöhletliligi üpjün edip bolýar.

Çekiler materiallary we konstruksiýalary boýunça birnäçe tipler bilen tapawutlanýarlar. Olaryň iň köp ýaýranlary standartlaşdyrylandyr.

Standart çekili geçirijiler: rezinleşdirilen mata (ГОСТ 101-54), gaýyş (ÖST/NKLP-5773/176), pagtakagyzyly bütewi mataly (ГОСТ 6982-52) we ýüň (ÖST/NKTP 3157) çekiler degişli.

Rezinleşdirilen mata çekileri iň köp ýaýran bolup, olar üç tipde ýasalýarlar: A, B we B.

A tipli çekiler (*138-nji a surat*) iri dokalan pagtakagyzy matadan (beltinga) birnäçe gatladan ýasalýar, çekiniň çeyeligini ýokarlandyrmak üçin wulkanizirlenen rezin gatlaklara çekiniň aralygynda ýerleşdirilýär. Agyr şertlerde işläř ýaly gatlaklar (prokladkalar) sapak matadan ýerine ýetirilýär. Çekiniň gyrasy suwa durumly düzüm bilen örtülýär.

Gatlakly oralan prokladkaly pagtakagyzy matadan (beltinga) bolan B tipli çekiniň (*138-nji b surat*) ýerleşşi aşakdaky ýaly bolýar: merkezi prokladkany aýratyn halka prokladkalar gurşap alýarlar. Bu çekiler rezin gatlakly we rezin gatlaksyz ýasalýarlar.

Spiral görnüşinde oralan B tipli çeki (*138-nji ç surat*) prokladkalaryň arasynda gatlaksyz bir bölek pagtakagyzy (beltinga) matadan ýasalýar.

Rezinleşdirilen çekileriň hemme tipleri rezin obkladkaly we obkladkasyz ýasalýar.

Rezinleşdirilen çekileriň prokladkalarynyň matasy olaryň ýeterlik berkligini we uzakmöhletliligini üpjün edýär. Rezin bolsa çekiniň baglaşdyryjy jisimi bolup hyzmat edýär we çeki bilen şkiwiň arasyndaky sürtülme koeffisiýentini ýokarlandyrýar.

Rezinleşdirilen çekileriň ini 20-den 1200 mm-e çenli, prokladkalarynyň sany 2-den 9-a çenli we her prokladkanyň galyňlygy 1,25-den 2 mm-e çenli ýasalýar. Bu çekiler uzyn lenta görnüşde bolýarlar. Tekizligi ýokarlandyrmak üçin we köp-çülikleýin göýberilýän maşynlar üçin rezinleşdirilen çekiler ini 30, 40 we 50 mm, galyňlygy 1,75, 2,5 we 3,3 mm we uzynlygy 500-den 2500 mm-e çenli halka görnüşinde ýasalýarlar. Rezinleşdirilen we

beýleki çekileriň ahyrlary ýelimlemek, tikmek we metally birikdirmeleriň kömegi bilen birleşdirilýär.

Ýokary çeyelikli bolany üçin rezinleşdirilen çekileriň iň giň ýaýrany A tipli çekiler.

Kadaly şertlerde işleýän çekiler üçin rezinsiz obkladkalar ulanylýar. Çygly jaýlarda, şonuň ýa-



a)



b)



ç)

138-nji surat

ly-da kislotanyň ýa-da aşgaryň bugy bilen dolan sredada işleýän çekilerde rezinli obkladkalar ulanylýar. Rugsat edilýän in uly tizlik A tipli çeki üçin – 30 m/s , B tipli çeki üçin – 20 m/s we B tipli çeki üçin – 15 m/s .

Gaýyş çekiler ýörite ýelim arkaly ýelimlemek ýa-da çig gaýyşjagazlaryň ýa-da damar (žila) simleriniň (strun) (diametri $1,5...3,5\text{ mm}$) kömegi bilen tikmek ýoly bilen aýratyn bütewi gaýyş zolaklardan ýasalýar.

Standart gaýyş çekiler ahyrlary bolan ini 20-den 300 mm -e çenli we galyňlygy 3-den 10 mm -e çenli ölçeglerde ýasalýarlar. Gaýyş çekiler kiçi we orta kuwwatlary geçirmek üçin niýetlenendir. Gaýyş çekileriň dartuw ukyplylygy ýokary, şonuň üçin hem berkligini ygtybarlylygyny we uzakmöhletlilikini göz önünde tutup üýtgeýän we urgy ýüklenmelerde işleýän geçirijilerde ulanylýar. Bu çekileriň gyralarynyň iýilmegi durumly we 45 m/s tizlige çenli işläp bilýär, ýöne gymmatynyň ýokarlygy sebäpli häzirki wagtda seýrek ulanylýar.

Gaýyş çekiler çalt zaýalanýanlygy we hatardan çykýanlygy üçin çygly we kislotanyň we aşgaryň bugy bar ýerinde düýbünden ulanylmaýar.

Pagtakagyzyly bütewi mataly çekiler pagtakagyz ýüplükden birnäçe gatladan ýasalýar (dokalýar), adatça, çekiniň ini 30-dan 250 mm -e çenli, galyňlygy 4,5-den $8,5\text{ mm}$ -e çenli bolýar (gatlagyň sany 4-den 8-e çenli).

Pagtakagyzyly çekileri atmosferanyň täsirinden gorap saklamak üçin we berkligini we uzakmöhletlilikini köpeltmek üçin, şonuň ýaly-da erkin ýagdaýda ölçegleriniň azalmagynyň önüni almak üçin ýörite düzümler, ýagny ozokrit we bitum siňdirilýär.

Pagtakagyzyly çekiler in arzan bolsa-da, ýükleme ukyplylygy boýunça we uzakmöhletlilik boýunça rezinleşdirilen we gaýyş çekilerden yza galýar. Şonuň üçin hem pagtakagyzyly çekiler 25 m/s tizlige çenli we uly bolmadyk kuwwaty geçirmek üçin ulanylýar. Çygly jaýlarda ýa-da 50°C ýokary temperaturada we kislotanyň bugunyň howply täsirinde pagtakagyzyly çekiler ulanylmaýar.

Ýüň çekiler birnäçe gatlakly ýüňden we pagtakagyzyly ýüplüklerden ýasalýar (dokalýar). Bu çekileriň düzümine olif, meliň poroşogy we demir surigi siňdirilýär (iýmitlendirilýär). Beýleki çekilere garanda ýokary temperatura, çyga, kislotanyň we aşgaryň buguna duýgurlygy pes.

Ýüň çekileri lenta görnüşinde ini 50-den 500 mm -e çenli, galyňlygy 6-dan 11 mm -e çenli (gatlagyň sany 3-den 5-e çenli) ýerine ýetirilýär.

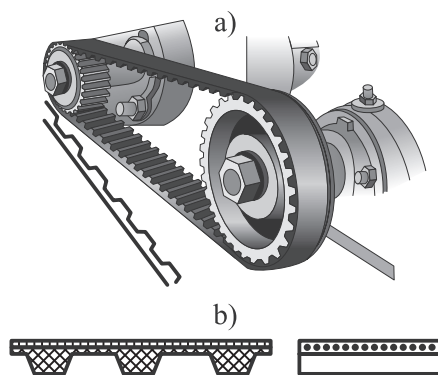
Bu çekiler ýokary maýyşgaklygy bilen tapawutlanýar, şonuň üçin hem endigan däl we urgy ýüklenmeleri bolan ýagdaýlarda gowy işleýärler. In uly rugsat edilýän tizligi 30 m/s -a çenli.

Ýokary tizlikde işleýän çekili geçirijiler üçin ini 15-den 25 mm -e çenli, galyňlygy $1,75\text{ mm}$ we uzynlygy 1000-den 1800 mm -e çenli dokalan ýarymlýon şeýle hem çalt hereket edýän geçirijiler üçin ýüpek çekiler ulanylýar.

Ýarym amid çekiler ýarymamid ýüplüklerden dokalýar, şonuň ýaly-da ýuka metal urganjagaz bilen armirlenip ulanylýar.

Bu çekiler adaty çekilerden birnäçe gezek berk we uzakmöhletli, olar tizligi 100 m/s -a çenli bolan ýokarytizlikli geçirijilerde ulanylýar. Ini 10-dan 1500 mm -e çenli ýasalýar we iň kiçi kuwwatdan birnäçe müň kilowatt kuwwaty geçirmäge ukyplydyr.

Soňky wagtlarda çekili geçirijileriň we dişli ilişmeleriň utgaşmasy bolan dişli çekiler ulanylyp başlandy. Çekiniň iş üstündäki diş şkiwindäki diş bilen ilişip hereketi geçirýär (139-njy a surat).



139-njy surat

Dişli çekiler ýaga durumly emeli material-dan polat simler bilen armirlenip ýasalýar (139-njy b surat). Aýratyn ýeňil şertlerde işleýän çekiler üçin (barlag-ölçeyji abzallar) polat simlere derek ýarymamid kord ulanylýar.

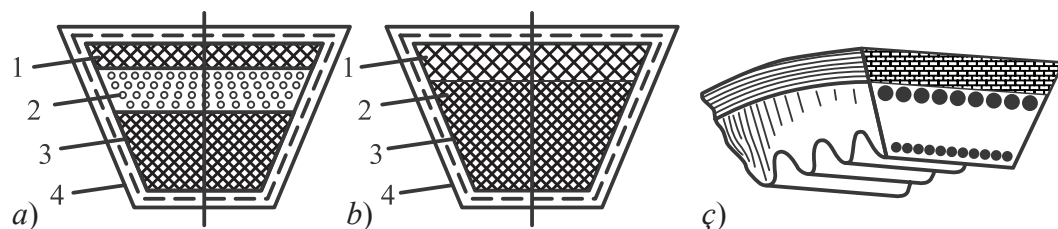
Bu çekiler ýagly (gurşawda) işläp bilýärler. Iýilmä durumlylygyny ýokarlandyrmak üçin dişli çekiler neýlon mata bilen örtülýär.

Dişli çekiler deslapky dartuwsyz gurnalýar; olar typman we sessiz işleýärler. Adaty çekili geçirijiler bilen deňeşdireniňde dişli çekiler ýerleşşi boýunça örän amatly we p.t.k. ýokary.

Dişli çekileriň ini 5-den 380 mm -e çenli göýberilýär, 80 m/s tizlige we 200 kWt kuwwata çenli geçirip bilýär.

Pahna görnüşli çekiler umumy ähmiýetli hereket geçirijiler üçin ГОСТ 1284-68 boýunça standartlaşdyrylan bolup, olar iki görnüşde ýasalýar: kordmataly we kordsapakly.

Kordmataly pahna görnüşli çekiler (140-njy a surat).



140-njy surat

Rezinleşdirilen dokma kordmatadan 2 birnäçe gatlaklardan durýar we ýüklenmäni geçirýän esasy bölek bolup çekiniň bitarap okuna görä simmetriýa boýunça ýerleşendir; korddan ýokarda ýerleşen rezin we rezinmata süýnýän gatlaklar 1; rezin ýa-da seýrek rezinmata gysylýan gatlak 3, bu gatlaklar kord sapagynyň aşagyn-da ýerleşen; rezinleşdirilen matanyň saralan gatlaklary 4.

Kordsapakly pahna görnüşli çekileriň (140-njy b surat) kordmataly çekiden tapawudy aşakdakylardan ybarat; kordmata gatlag derek galyňlygy 1,6...1,7 mm bolan birgatlak kordsapak goýulýar, süýnýän gatlak 1 orta gatylykly rezinden ýerine ýetirilýär we gysylýan gatlak 3 has gaty rezinden ýasalýar.

ГОСТ 1284-68 boýunça pahna görnüşli çekiler kesiginiň ölçegi boýunça ýedi görnüşde ýasalýar: O, A, Б, В, Г, Д we E. Bu çekiler dürli-dürli tükeniksiz standart uzynlykda ýerine ýetirilýärler. Çekiniň pahnasynyň ýapgyt burçy $\varphi_0 = 40^\circ$ kabul edilýär.

Kordsapakly çekileriň çeyeligi we uzakmöhletlilik üçin agyr şertlerde işleýän geçirijilerde ulanylýar.

16-njy tablisada geçirýän kuwwatyna we çekiniň tizligine baglylykda hödürlenýän kesikler getirilendir.

16-njy tablisa

Geçirilýän kuwwat N, kWt	$V, m/s$ tizlikde hödürlenýän kesikler		
	<5	5...10	>10
≤ 1	O, A	O, A	O
1...2	O, A, Б	O, A	O, A
2...4	A, Б	O, A, Б	O, A
4...7,5	Б, В	A, Б	A, Б
7,5...15	В	Б, В	Б, В
15...30	-	В	Б, Г
30...60	-	Г, Д	Б, Г
60...120	-	Д	Г, Д
120...200	-	Д, E	Г, Д
> 200	-	-	Д, E

Oba hojalyk maşynlarynda ulanylýan pahna görnüşli çekiler ГОСТ 10286-62 boýunça standartlaşdyrylandyr.

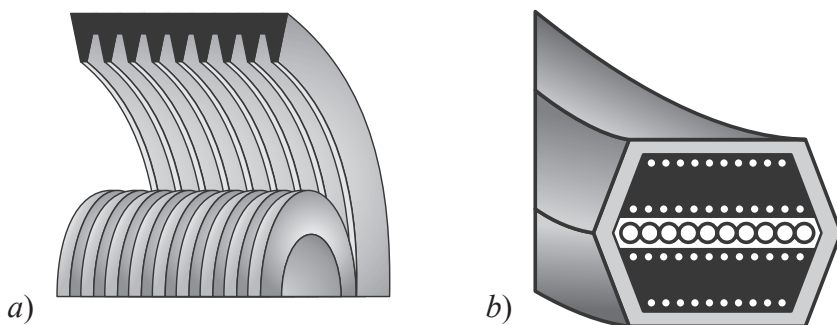
Awtotraktor dwigatelleri üçin ýokarlandyrylan çeyelikdäki ýörite kordsapakly wentilýator çekiler ýasalýar (ГОСТ 5813-64).

O, A, B we Г profilli standart pahna görnüşli çekiler üçin rugsat edilýän tizlik – 25 m/s çenli, Г, Д we E profiller üçin – 30 m/s çenli. Kiçi diametrli şkiwler üçin pahna çekili geçirijiler üçin gofrirlenen çekiler ulanylýar (141-nji b surat).

Soňky wagtlarda agyr şertlerde (ýokary tizlik we titreme, kiçi diametrli şkiw) işlemek üçin poliamid süýmünden ýasalan kord sapakly pahna görnüşli çekiler ulanylyp başlandy.

Göterijilik ukybyny we uzakömürliligini üpjün etmek üçin daşary ýurt maşyn-gurluşygynda polat urgandan (trosdan) ýasalan kord sapakly pahna görnüşli çekiler ulanylýar. Bu çekiler 60 m/s tizlige çenli işlemäge ukyplydyr.

Daşary ýurtlarda birnäçe enjamlarda köp pahnaly (141-nji a surat) we iki taraply (141-nji b surat) pahna görnüşli çekiler ulanylýar.



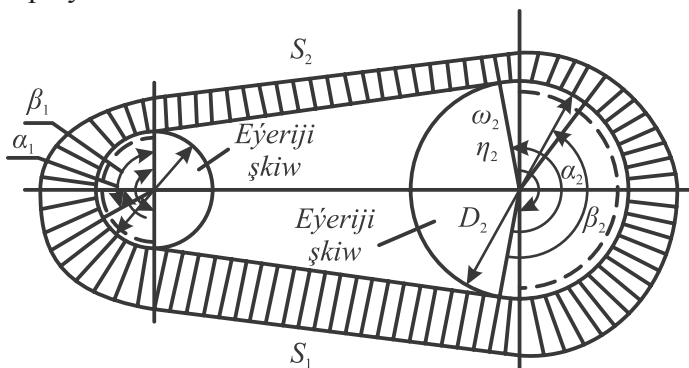
141-nji surat

Tegelek görnüşli çekilerden in köp ýaýrany pagtakagyzyly we kapron çekiler. Rezinleşdirilen we gaýyş tegelek çekiler örän seýrek ulanylýar.

3.17.3. Çekili geçirijileriň kinematiki, güýç we geometriki hasaplamalary

Çekili geçiriji işlände eýerdiji şahadaky dartys güýji S_1 eýeriji şahanyň dartys güýjünden S_2 uludyr.

Çekiniň kese-kesiginde ýüze çykýan epýuryndan (142-nji surat) görünýär, dartys güýji eýerdiji şkiwde kem-kemden azalýar, eýeriji şkiwde bolsa bu güýç kem-kemden köpeliýär.



142-nji surat

Çekiniň deformasiýasy dartys güýje, takmynan, proporsional bolýar, şonuň üçin hem eýerdiji şkiwde çeki gysgalýar (çeki şkiwden galýar) eýeriji şkiwde bolsa, çeki süýn-ýär we typma bolýar (çeki şkiwden öňe gidýär). Diýmek, çekili geçiriji işlände şkiwlerde maýyşgak typma bolup geçýär we eýerdiji şkiwde tizligiň ýitirilmesi bolup geýär.

Çekiniň maýyşgak typmasynyň nazaryýeti professorlar N.P.Petrow we N.Ý.Žukow tarapyndan işlenilip taýýarlandy.

Bu nazaryýet boýunça dartys güýjüň üýtgemesi maýyşgak typmanyň dugasynda çekiniň şkiwi gurşap alýan α_1 we α_2 burçlaryndan kiçi β_1 we β_2 burçlarda bolup geçýär.

Çekiniň otnositel typmasy ξ eýerdiji ε_1 we eýeriji ε_2 şahalarda otnositel uzalmanyň tapawudyna deň:

$$\xi = \varepsilon_1 - \varepsilon_2.$$

Eýerdiji we eýeriji şkiwleriň töwerekleýin tizlikleri:

$$V_1 = \omega_1 \cdot \frac{D_1}{2} = \frac{\pi n_1 D_1}{60}, \quad (a)$$

$$V_2 = \omega_2 \cdot \frac{D_2}{2} = \frac{\pi n_2 D_2}{60}. \quad (b)$$

Çekiniň şkiwdäki maýyşgak typmasy netijesinde, $V_2 < V_1$. Bu tizlikleriň baglanyşygy aşadaky deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$V_2 = (1 - \xi) V_1. \quad (c)$$

a, b we c deňlemelerden çekili geçirijiniň hakyky geçirijilik sany:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1(1 - \xi)}. \quad (XVII.1)$$

Otnositel typmanyň bahasy kabul edilýär:

Çekiniň tipi	ξ
Rezinleşdirilen we ýüňli	0,001
Gaýyş	0,015
Pahna görnüşli kordmataly	0,02
Pahna görnüşli kordsapakly	0,01

Otnositel typmanyň ululygy örän az, şonuň üçin hem amaly hasaplarda ýeterlik takyklykda deňlemäniň ýerine aşadaky deňlemäni peýdalanyp bolýar:

$$u = \omega_1 / \omega_2 = n_1 / n_2 = D_1 / D_2. \quad (XVII.2)$$

Geçirijilik sanyny aýyk çekili geçiriji üçin $u \leq 6$, dartuw rolikli tekiz çekili geçiriji we pahna çekili geçiriji üçin $u \leq 10$ kabul etmek hödürlenýär. Köp halatlarda çekili geçirijiniň geçirijilik gatnaşygy $u \leq 4$.

Eýerdiji şkiwdäki töwerekleýin güýç P aşadaky aňlatmalardan kesgitlenilýär:

$$P = 102 N_1 / V \text{ ýa-da } P = N_1 / V.$$

Amaly hasaplamalar dinamiki ýüklenmäni hasaba alyp hasaplanan töwerekleýin güýç boýunça geçirilýär:

$$P = 102 K_d N_1 / V \quad (XVII.3)$$

$$\text{ýa-da} \quad P = K_d N_1 / V. \quad (XVII.4)$$

(XVII.3) deňlemede $P - \text{kg}$, $N_1 - \text{kWt}$, $V - \text{m/s}$.

(XVII.4) deňlemede $P - \text{N}$, $N - \text{wt}$, $V - \text{m/s}$.

Ýüklenmäniň dinamiki koeffisiýenti K_d , geçirijiniň işleýiş häsiýetine baglylykda 1-nji tablisa boýunça kabul edilýär.

Çekiniň başlangyç dartuw güýji S_0 (deslapky dartuw) kabul edilýär: awtomatiki dartuw gurluşy bolmadyk tekiz standart çekileri üçin $\sigma_0 = 0,18 \text{ kN/sm}^2$; awtomatiki dartuw gurluşy bolan tekiz standart çekiler üçin $\sigma_0 = 0,20 \text{ kN/sm}^2$; pahna görnüşli standart çekiler üçin $\sigma_0 = 0,12 \dots 0,15 \text{ kN/sm}^2$; poliamid çekiler üçin $\sigma_0 = 0,30 \dots 0,40 \text{ kN/sm}^2$.

Ýüklenmäniň häsiýeti	Maşynlaryň tipleri	Koeffisiýent K_d
Rahat	Elektrogeneratorlar, wentilýatorlar, merkezden daşlaşýan nasoslar we kompressorlar; lentaly transportýorlar; üznüksiz kesme prosesli stanoklar (tokar, swerlil, şlifowal)	1
Aram yrgyldyly ýüklenme	Porşenli nasoslar we üç we ondanda köp silindrli kompressorlar; plastinkaly transportýorlar; awtomat-stanoklar	1,1
Uly yrgyldyly ýüklenme	Rewersiý hereket geçirijiler, strogal we dolbež stanoklar; porşenli nasoslar bir ýa-da iki silindrli kompressorlar; Boltuň we berkidilen (skrebkowyýe) transportýorlar; elewatorlar, agyr mahowikli Boltuňly we ekssentrikli pres	1,25
Urgy we birden deňölçegsiz ýüklenme	Göterijiler, elewatorlar, draglar, ýeňil mahowikli ekssentrikli we Boltuňly presler; gaýçy, çekiler, harazlar	1,5 1,6

Çekileriň başlangyç dartuw güýji S_0 aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$S_0 = A \sigma_0. \quad (\text{XVII.5})$$

Bu ýerde A – tekiz çekili geçirijiler üçin çekiniň kese kesiginiň meýdany, pah-na görnüşli çekili geçijiler üçin hemme çekileriň kese kesiginiň meýdany.

Ýüklenen geçirijide çekiniň eýerdiji S_1 we eýeriji S_2 şahalaryndaky dartyş güýçleri aşakdaky ýaly kesgitlenilýär. Şkiwiň deňagramlylyk şertinden (143-nji b surat).

$$T_1 = \frac{D_1}{2} (S_1 - S_2).$$

Geçirijiniň töwerekleýin täsir edýän, güýji – $P = 2 T_1 / D_1$.

Çekiniň şahalarynyň dartyş güýçleriniň jemi hemişelik, onda $S_1 + S_2 = 2 S_0$.

Ýokardaky aňlatmadan alarys:

$$S_1 = S_0 + 0,5 P, \quad (\text{XVII.6})$$

$$S_2 = S_0 - 0,5 P. \quad (\text{XVII.7})$$

Ýokarda seredilen usuldan başga geçiriji işlände çekiniň şahalarynda döreýän güýçleri kesgitlemek üçin бүдүр-сүдүр üsti barabanyň (şkiwiň) daşyny gurşap alan süýnmeýän sapagyň deňagramlylyk şertine seretmeklige esaslanan usul hem bar.

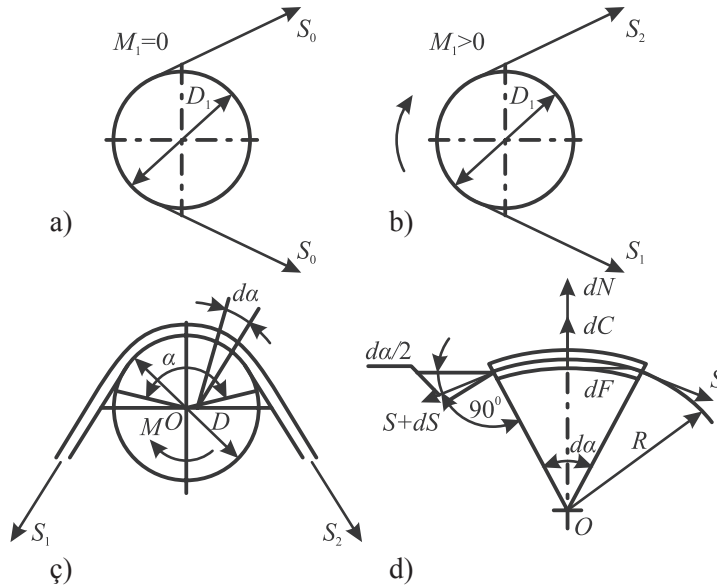
Ikinji usuly ulanyp çekide goşmaça dartylma döredýän merkezden daşary güýjüň täsirini hasaba alýarys.

Işleýän çekide kiçi şkiwi gurşap alan böleginden merkezi burçy $d\alpha$ -den bolan elementi bölüp alýarys (143-nji ç surat).

Çekiniň hemişelik tizlikdäki hereketinde çekiniň seredilýän elementi deňagramlylyk ýagdaýynda bolmak üçin çekä hakyky täsir edýän güýje merkezden daşary inersiýa güýjüni goşmaly. Diýmek, çekiniň bölünip alnan elementine aşakdaky güýçler täsir edýärler (143-nji d surat). S we $S + dS$ – elementiň gyrasynyň kese kesigindäki güýçler; dC – elemntiň agyrylyk merkezine goýlan we aýlanma okundan

radius boyunca ugrukdyrylan merkezden daşlaşýan güýç; dN – şkiwiň normal gaý-targysy; dF – element bilen şkiwiň arasyndaky sürtülme güýji.

Nazary mehanikadan belli, merkezden daşlaşýan güýç elemntiň massasynyň dm merkeze ymtýlýan tizlenmä köpeldilmegine deň, ýagny:



143-nji surat

$$dC = dm \cdot a_n = \frac{q R d\alpha}{d} \cdot \frac{V^2}{R} = \frac{q V^2}{g} d\alpha.$$

Bu ýerde q – çekiniň uzynlyk birligine getirilen agyrylyk güýji; g – agyrylyk güýjüň tizlenmesi; R – çekiniň ok çyzygynyň radiusy.

Ähli güýçleri da burçuň bissektisasyna proyektirläp alarys:

$$2 S \sin \frac{d\alpha}{2} + dS \sin \frac{d\alpha}{2} - dC - dN = 0.$$

$$\text{Bu ýerden } dN = 2S \sin \frac{d\alpha}{2} + dS \sin \frac{d\alpha}{2} - dC.$$

$$\sin \frac{d\alpha}{2} = \frac{d\alpha}{2}; \quad dS \sin \frac{d\alpha}{2} \approx 0 \text{ kabul edip alarys}$$

$$dN = \left(S - \frac{q V^2}{g} \right) d\alpha.$$

Çekiniň elementi bilen şkiwiň arasyndaky sürtülme güýji:

$$dF = f dN$$

$$\text{ýa-da } dF = f \left(S - \frac{q V^2}{g} \right) d\alpha.$$

Ähli güýçleri şkiwiň üstüne galtaşmanyň ugruna proyektirläp, ýagny dF ugruna proyektirläp alarys:

$$(S + dS) - S - dF = 0, \text{ bu ýerde } dF = dS.$$

$$\text{Onda: } f \left(S - \frac{qV^2}{g} \right) d\alpha = ds, \text{ ýa-da } \frac{dS}{S - \frac{qV^2}{g}} = f d\alpha.$$

Soňky deňlemäni S -i S_2 -den S_1 -e we α -ny 0-dan α -ny çenli üýtgeýän çäginde integrirläp alarys:

$$\int_{S_2}^{S_1} \frac{dS}{S - \frac{qV^2}{g}} = f \int_0^\alpha d\alpha.$$

$$\text{Bu ýerden } \frac{S_1 - \frac{qV^2}{g}}{S_2 - \frac{qV^2}{g}} = e^{f\alpha}, \text{ } e - \text{ natural logarifmanyň esasy.}$$

$$\text{Ýokardaky deňlemeleri ulanyp alarys: } S_1 = P \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1} + \frac{qV^2}{g} \quad (\text{XVII.8})$$

$$\text{we } S_2 = P \frac{1}{e^{f\alpha} - 1} + \frac{qV^2}{g}. \quad (\text{XVII.9})$$

Eger merkezden daşary güýji hasaba almasaň:

$$S_1 = P \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1}, \quad (\text{XVII.10})$$

$$S_2 = P \frac{1}{e^{f\alpha} - 1}. \quad (\text{XVII.11})$$

$$(\text{XVII.10}) \text{ we } (\text{XVII.11}) \text{ deňlemelere görä: } \frac{S_1}{S_2} = e^{f\alpha} \quad (\text{XVII.12})$$

Bu baglanyşyga **Eýleriň deňlemesi** diýilýär. Eýleriň deňlemesine görä α we f näçe köp bolsa, $S_1 : S_2$ gatnaşyk şonça-da köp bolýar we bu güýçleriň tapawudy uly bolýar, başgaça aýdylanda, çekiniň deslapky dartylmasy doly peýdalanylýar.

Eýleriň deňlemesi çekili geçirijileriň hasabynda seýrek ulanylýan hem bolsa, lentaly transportýorlaryň, lentaly tormozlaryň we ş.m. hasabynda ýygy-ýygdan ulanylýar.

Çoýun we polat şkiwleriň sürtülme koeffisiýentiniň orta bahasyny aşakdaky ýaly kabul edip bolýar:

$f = 0,35 + 0,012 V$ – rezinleşdirilen çekiler üçin;

$f = 0,22 + 0,012 V$ – gaýyş çekiler üçin;

$f = 0,3 + 0,012 V$ – pagtakagyzlary we ýüň çekiler üçin.

Pahna görnüşli çekileriň S_1 we S_2 güýçleri kesgitlenende 6.8...6.11 deňlemelerdäki sürtülme koeffisiýenti f -e derek pahna görnüşli çeki üçin getirilen sürtülme

koeffisiyenti goýulýar we bu getirilen sürtülme koeffisiyenti, takmynan, aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$f_1 = \frac{f}{\sin \frac{\varphi_0}{2}},$$

bu ýerde φ_0 – pahna görnüşli çekiniň burçy.

Şkiwiň walyna basyş güýji Q çekiniň şahalarynyň dartuw güýçleriniň geometrik jemine deň (144-nji surat).

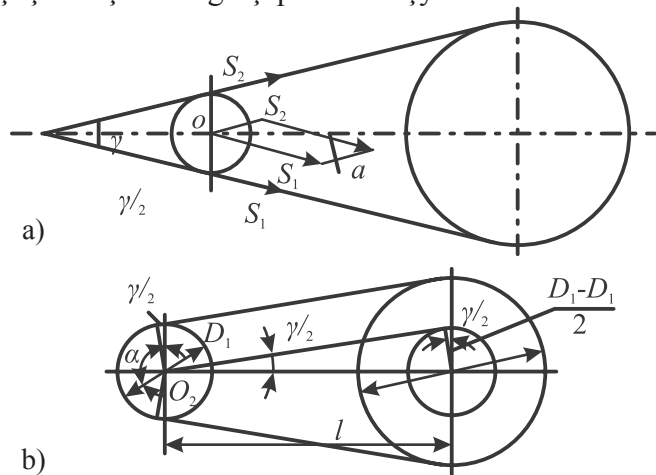
Güýjüň parallelogramyndan alarys: (144-nji surat):

$$Q = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + 2 S_1 S_2 \cos \alpha} \approx (S_1 + S_2) \cos \frac{\gamma}{2},$$

bu ýerde γ – şahalaryň arasyndaky burç.

$$144\text{-nji b suratdan } \frac{\gamma}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2},$$

bu ýerde α – kiçi şkiwi çekiniň gurşap alan burçy.



144-nji surat

$S_1 + S_2$ jemiň ýerine çekiniň deslapky dartylmasynyň S_0 ikeldilen bahasyny goýýarys we $\frac{\gamma}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2}$ hasaba alyp gutarnykly alarys:

$$Q = 2 S_0 \sin \frac{\gamma}{2}. \quad (\text{XVII.13})$$

Kadaly şertde işleýän geçirijiniň p.t.k. η ortaça tekiz çekili geçiriji üçin 0,96, pahna görnüşli üçin bolsa, 0,95. Amatsyz şertlerde işleýän, mysal üçin kiçi diametrli şkiwde, çekiniň aňryçäk tizliginde p.t.k. 0,85 çenli azalýar.

Tekiz çekili geçirijiniň kiçi şkiwiniň diametri empiriki deňleme boýunça hasaplanylýar:

$$D_1 = (1100 \dots 1300) \sqrt[3]{N_1/n_1} \quad (\text{XVII.14})$$

$$\text{ýa-da } D_1 = (520 \dots 610) \sqrt[3]{N_1/\omega_1}. \quad (\text{XVII.15})$$

Bu ýerde $D_1 - m$, $N_1 - kWt$, $n_1 - \text{aýl/min}$ we $\omega_1 - \text{rad/s}$.

(XVII.14) ýa-da (XVII.15) deňlemeler boýunça hasaplanan kiçi şkiwiň diametri D_1 çeki üçin göýberilýän tizligiň üsti bilen barlanýar:

$$V = \omega_1 D_1 / 2 = \pi n_1 D_1 / 60 \leq [V]. \quad (\text{XVII.16})$$

Bu ýerde V we $[V]$ – deňşilikde çekiniň hasap we rugsat edilýän tizligi.

Pahna görnüşli çekili geçirijiniň kiçi şkiwiniň diametri çekiniň saýlap alnan profiline baglylykda GOCT 1284-68-den kabul edilýär.

Uly şkiwiň diametri D_2 tekiz we pahna görnüşli çekili geçirijiler üçin (XVII.1) we (XVII.2) deňlemelere görä kesgitlenilýär.

Şkiwleriň gutarnykly GOCT 1655-den tekiz çekili geçirijiler üçin, pahna görnüşli çekili geçirijiler üçin GOCT 1284-68-den kabul edilýär.

Çekiniň kiçi şkiwi gurşap alýan burçy (*144-nji b surat*):

$$\alpha = 180^\circ - \gamma,$$

α we γ gradusda.

$$\text{Radianda: } \gamma = 2 \arcsin \frac{D_2 - D_1}{2l} \approx \frac{D_2 - D_1}{l}.$$

$$\text{Onda, } \alpha \text{ burçy gradusda kesgitlemek üçin: } \alpha = 180^\circ - 57 \frac{D_2 - D_1}{l} \quad (\text{XVII.17})$$

$$\text{ýa-da radianda: } \alpha = \pi - \frac{D_2 - D_1}{l}, \quad (\text{XVII.18})$$

l – geçirijiniň okara aralygy.

Tekiz çekili geçiriji üçin $\alpha \geq 150^\circ$ we pahna görnüşli çekili geçiriji üçin $\alpha \geq 120^\circ$ kabul etmek maslahat berilýär.

Uly geçirijilik sanlarynda we kiçi okara aralyklarda α burçy köpeltmek üçin dartuw rolikler ulanylýar (*146-njy ç surat*).

Çekili geçirijileriň okara aralygy, esasan, maşynlaryň konstruksiýasyny ýa-da onuň geçirijilerini göz önünde tutup kesgitlenilýär.

Iň oňaly we şoňa deňşilikde okara aralyk l_0 indiki deňleme boýunça kesgitlenilýär: açyk tekiz çekili geçiriji üçin:

$$l_0 = 2 (D_1 + D_2). \quad (\text{XVII.19})$$

$$\text{Pahna görnüşli çekili geçiriji üçin: } l_0 = CD_2. \quad (\text{XVII.20})$$

C – san koeffisiýenti, geçiriljek sanyna baglylykda kabul edilýär:

u	1	2	3	4	5	6 we ondan köp
C	1,5	1,2	1	0,95	0,9	0,85

Açyk tekiz we pahna görnüşli çekili geçirijileriň hasap uzynlygy – L , takmynan, aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$L = 2l_0 + 1,57 (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4l_0}. \quad (\text{XVII.21})$$

Bu ýerde $D_2 > D_1$.

Soňky çeki üçin ГOCT bilen gutarnykly razylaşmaly. Uzynlyk L -iň gutarnykly bahasy üçin geçirijiniň hakyky okara aralygy l

$$l = \frac{2L - \pi(D_2 + D_1) + \sqrt{[2L - \pi(D_2 + D_1)]^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8}. \quad (\text{XVII.22})$$

Dartuw roligiň diametri D_r eger $D_1 < D_2$ bolsa, kabul edilyär (145-nji surat): tekiz çekili geçiriji üçin:

$$D_r = (0,8 \dots 1) D_1. \quad (\text{XVII.23})$$

Pahna görnüşli çekili geçiriji üçin; eger rolik çekiniň içki tarapynda goýlan bolsa:

$$D_r \geq D_1 \quad (\text{XVII.24})$$

Eger rolik çekiniň daşky tarapynda goýlan bolsa:

$$D_r \geq 1,5 D_1. \quad (\text{XVII.25})$$

Rolik bilen kiçi şkiwiň arasy:

$$a_1 \geq 0,5 D_1, \quad (\text{XVII.26})$$

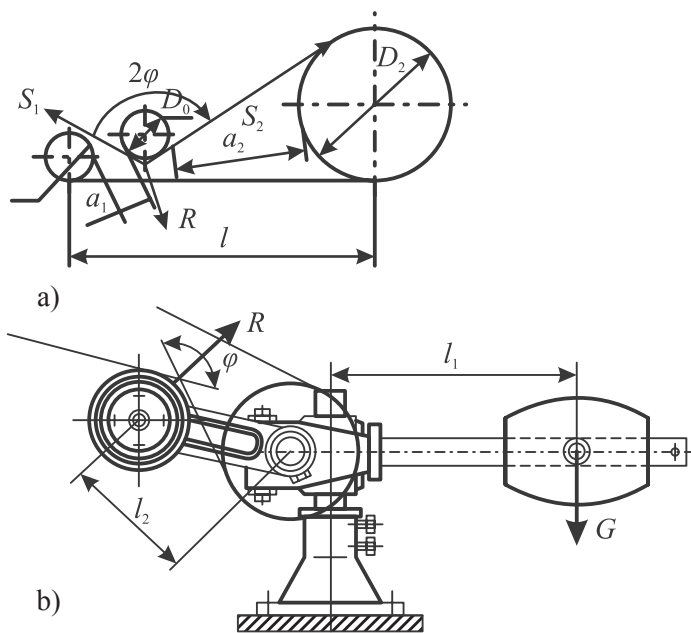
$a_2 > a_1$ we burç $2\varphi \geq 120^\circ$ bolmaly.

Dartuw rolikler çekiniň az dartylan şahasynda, ýagny eýeriji şahasynda goýulýar.

Çeki bilen roligiň arasyndaky basyş güýji (145-nji surat) indiki deňlemä görä kesgitlenilýär:

$$R = 2 S_2 \cos \varphi. \quad (\text{XVII.27})$$

Bu ýerde φ burç geçirijiniň çyzygysy boýunça kesgitlenilýär.



145-nji surat

Roliginiň ryçagynyň ýüküniň agramy aşakdaky deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$G = R \frac{l_2}{l_1}. \quad (\text{XVII.28})$$

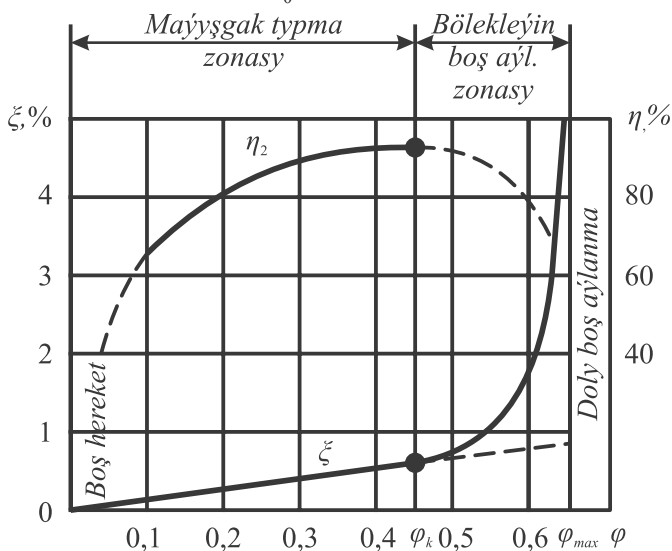
l_1 we l_2 – ryçaglaryň eginleriň ölçegleri berilýär.

3.17.4. Çekiniň hasaplanylşy

Çekä edilyän esasy talaplara degişlilikde çekiler çekijilik ukyby boýunça we uzakmöhletlilige hasaplanylýar. Bu hasaplamalar çekiniň berklige hasabynyň talaplaryny hem doly üpjün edýär.

Çekiniň esasy hasaby onuň çekijilik ukyby boýunça hasap bolýar. Çekiniň uzakmöhletlilige bolan gatnaşygy barlag hasaby hökmünde geçirilýär.

Çekiniň çekijilik ukyby eksperimental typma egri häsiýetlendirilýär (146-njy surat) we aşakdaky ýaly gurulýar: ordinata ok boýunça çekiniň otnositel süýşmesi ξ , % we geçirijiniň p.t.k. η , absissa oky boýunça bolsa, geçirijiniň çekijilik koeffisiýenti, otnositel ýüklenme $\varphi = P/2 S_0$ goýulýar.



146-njy surat

Çekiniň ýüklenmesiniň ösmegi bilen onuň maýyşgak typmasy göni çyzygyň kanuny boýunça köpeliýär; geçirijiniň p.t.k. bolsa ep-esli köpeliýär. Bu kanunalaýyk çekijilik koeffisientiniň kritiki φ bahasyna çenli bolýar we çekä iň uly rugsat edilyän ýüklenmä degişli bolýar.

Çekiniň ýüklenmesi rugsat edilyänden köpeldigiçe goşmaça typma döreýär we jemleýji typma çalt ösýär (bölekleyin boş aýlanma ýüze çykýar, şonuň ýaly-da geçirijiniň P.T.K. üzül-kesil aşak gaçýar. $\varphi = \varphi_{\max}$ aňryçäk bahada çekide doly boş aýlanma bolýar.

Typmanyň we P.T.K. egrilerinden görünýär, ýagny çekiniň oňaýsyz çekijilik ukyby çekijilik koeffisiýentiniň φ_k krtiki bahasyna degişli bolýar.

Synag esasynda dikeldilen, ýagny tekiz çeki üçin $\varphi_k = 0,4...0,6$, pahna çeki üçin $\varphi_k = 0,7...0,9$.

Tekiz çekiniň çekijilik ukyby boýunça hasaby rugsat edilýän peýdaly dartgynlylyk $[K]$ boýunça geçirilýär. $[K]$ bahasy typma egrisi esasynda kesgitlenilýär.

Çekiniň peýdaly dartgynlylygy çekiniň peýdaly ýüklenmesiniň P (töwerekleýin täsir edýän güýç) kese kesigiň meýdanyna bolan gatnaşygyna deň:

$$K = P/A.$$

$$\varphi = \frac{P}{2S_0} = \frac{P/A}{2S_0/A} = \frac{K}{2\sigma_0}, \text{ onda } K = 2\sigma_0. \quad (a)$$

Synag ýoly bilen dikeldilen, ýagny aýyk tekiz çekili geçirijiler üçin çekidäki başlangyç dartgynlylyk $\sigma_0 = 0,18 \text{ kN/sm}^2$, tizligi $V = 10 \text{ m/s}$ we şkiwi gurşap alýan burç $\alpha = 180^\circ$ bolsa, rugsat edilýän peýdaly (getirilen) dartgynlylyk:

$$[K_0] = a - w (\delta/D). \quad (\text{XVII.29})$$

Bu ýerde a we w bahalary 18-nji tablisada getirilen, ölçeg birlikleri dartgynlylygyňky ýaly koeffisiýentler; δ – çekiniň galyňlygy; D – kiçi şkiwiň diametri.

Kabul edilýär:

Rezinleşdirilen çekiler üçin $D = (30...40) \delta$

Gaýyş çekiler üçin $D = (25...35) \delta$

Pagtakagyzy çekiler üçin $D = (25...30) \delta$

Ýüň çekiler üçin $D = (25...30) \delta$

(6.29) deňleme boýunça $[K_0]$ kesgitlenende δ/D gatnaşyk berilýär.

D/δ gatnaşyk näçe köp bolsa, çeki berk we uzakmöhletli bolýar. Şonuň üçin hem hasap boýunça çeki inçe bolsa, onda onuň inini galyňlygyna kiçeltmek arkaly ulaldyp bolýar.

18-nji tablisa

Çekiler	Başlangyç dartgynlylyk σ_0 <i>kN/sm²</i>			<i>w</i> , <i>kN/sm²</i>
	0,16	0,18	0,20	
	<i>a</i> , <i>kN/sm²</i>			
Rezinleşdirilen	0,23	0,25	0,27	1,00
Gaýyş	0,27	0,29	0,31	3,00
Pagta kagyz mataly	0,20	0,21	0,22	1,50
Ýüňli	0,17	0,18	0,19	1,50

Rugsat edilýän dartgynlylygyň $[K_0]$ bahasy 19-njy tablisada getirilendir.

Çekiler	D_{\min}/δ									
	20	25	30	35	40	45	50	60	75	100
	$[K_0], kN/sm^2$									
Rezinleşdirilen	-	0,21	0,217	0,221	0,225	0,228	0,230	0,233	0,237	0,240
Gaýyş	0,14	0,17	0,17	0,204	0,215	0,223	0,23	0,24	0,25	0,26
Pagta kagyz mataly	0,135	0,15	0,16	0,167	0,172	0,177	0,18	0,185	0,19	0,195
Ýüňli	0,105	0,12	0,13	0,137	0,142	0,147	0,15	0,155	0,16	0,165

Poliamid mataly çekiler üçin $[K_0]$ rezinleşdirilenden 50% köp kabul edilýär.

Çygly we tozanly ýerlerde ulanylanda $[K_0]$ bahasyny 19-njy tablisadakydan 10...30% aşaklandyrylyp alnýar.

Eger şkiwler agaçdan gurşawy bolsa tekstolitden we beýleki plastmassalardan ýasalan bolsa, $[K_0]$ bahasy 20% ýokarladyrylyp alnýar. Hasap rugsat edilýän peýdaly dartgynlyk tekiz çekiler üçin aşadaky deňleme boýunça geçirilýär:

$$[K] = [K_0] K_v K_a K_b. \quad (\text{XVII.30})$$

Bu ýerde K_v – tizligiň koeffisiýenti, merkezden daşlaşýan güýjüň täsirinden şkiw bilen çekiniň iňişmesiniň gowşamagyny hasaba alýar; K_a – çekiniň kiçi şkiwi gurşap alýan burçuny hasaba alýan koeffisiýent; K_b – geçirijiniň görnüşini we onuň ýerleşişini hasaba alýan koeffisiýent.

20-nji tablisa

K_v koeffisiýentiň bahasy

Çekiniň tizligi, V m/s		1	5	10	15	20	25	30
K_v	tekiz çekiler üçin	1,04	1,03	1,00	0,95	0,88	0,79	0,68
	pahna görnüşli çekiler üçin	1,05	1,04	1,00	0,94	0,85	0,74	0,60

21-nji tablisa

K_a koeffisiýentiň bahasy

Çekiniň tizligi, V m/s		180	170	160	150	140	130	120
K_v	tekiz çekiler üçin	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	-	-
	pahna görnüşli çekiler üçin	1,00	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86	0,83

23-nji tablisa

K_b koeffisiýentiň bahasy

Geçirijiniň shemasy	Gorizontaý ýapgytlanan burç, grad		
	0...60	60...80	80...90
Açyk	1	0,9	0,8
Atanaklaýyn	0,9	0,8	0,7
Ýarymatanaklaýyn	0,8	0,7	0,6

Çekijilik ukyby boýunça tekiz çekiniň hasabynda çekiniň kese kesiginiň meýdany aşakdaky deňleme esasynda kesgitlenilýär:

$$A = P/[K_0]. \quad (\text{XVII.31})$$

Soň bolsa FOCT boýunça çekiniň galyňlygy δ we ini b kabul edilýär.

Eýerdiji şkiwdäki kuwwat aşakdaky deňlemeler bilen kesgitlenýär:

$$N_1 = \frac{[K] A V_1}{102 K_d}. \quad (\text{XVII.32})$$

$$\text{ýa-da } N_1 = [K_0] A V_1 / K_d, \quad (\text{XVII.33})$$

K_d – dinamiki koeffisiýent.

(XVII.32) deňlemede N_1 – kWt , $[K_0]$ – kg/sm^2 , A – sm^2 , V_1 – m/s , (XVII.33) deňlemede N_1 – Wt , $[K_0]$ – N/m^2 , A – m^2 we V – m/s .

Pahna görnüşli çekileriň hasaby rugsat edilýän peýdaly dartgynlylyk boýunça ýa-da bir çekä rugsat edilýän kuwwat N_0 boýunça geçirilýär.

Pahna görnüşli çekiniň çekijilik ukyby boýunça bir çekiniň rugsat edilýän kuwwaty N_0 boýunça hasabyna seredýäris. 6.8-nji tablisada çekiniň başlangyç dartgynlylygy $\sigma_0 = 0,12 \text{ kN/sm}^2$, $\alpha = 180^\circ$ we aram ýüklenmede N_0 -yň bahasy getirilendir.

Pahna görnüşli çekiniň çekijilik ukyby boýunça hasaby seredilýän geçiriji üçin çekiniň sanyny Z kesgitlemekden durýar:

$$Z = \frac{K_d N_1}{N_0 K_\alpha}. \quad (\text{XVII.34})$$

Bu ýerde N_1 – eýerdiji şkiwiň kuwwaty.

Tegelek çekiniň çekijilik ukyby boýunça hasaby tekiz çekiniň hasaby ýaly ýerine ýetirilýär.

23-nji tablista

Çekiniň kesiginiň belgisi	Kiçi şkiwiň hasap diametri, mm	Çekiniň V , m/s tizliginde kuwwaty N_0 , kWt					
		2	5	10	15	20	25
O	63	0.15	0.36	0.69	1.03	1.26	1.18
	71	0.17	0.39	0.78	1.15	1.38	1.26
	80	0.20	0.45	0.85	1.21	1.51	1.47
	≥ 90	0.21	0.49	0.93	1.33	1.67	1.62
A	90	0.37	0.74	1.33	1.69	1.84	1.69
	100	0.37	0.81	1.40	1.87	1.89	1.91
	112	0.37	0.81	1.47	2.63	2.41	2.29
	≥ 125	0.44	0.96	1.69	2.29	2.65	2.65
B	125	0.59	1.10	2.06	2.98	2.94	2.50
	140	0.66	1.25	2.23	3.16	3.60	3.24
	160	0.74	1.40	2.50	3.60	4.35	4.35
	≥ 180	0.81	1.55	2.72	3.82	4.71	4.94
B	200	1.03	2.14	3.68	5.28	6.25	5.90
	224	1.10	2.42	4.27	5.97	7.15	6.70
	250	1.25	2.65	4.64	6.34	7.50	7.73
	≥ 280	1.33	2.88	5.00	7.07	7.80	8.10

Г	315	-	4.71	8.45	11.02	11.90	10.08
	355	-	5.15	9.20	12.08	13.72	13.32
	400	-	5.59	10.08	13.52	15.72	15.80
	≥ 450	-	6.10	10.98	14.56	17.00	17.25
Д	500	-	7.35	14.00	18.40	20.46	20.46
	560	-	8.45	15.95	20.00	23.60	24.30
	600	-	9.43	16.08	22.30	26.50	27.50
	≥ 710	-	9.80	18.00	24.10	29.00	31.20
Е	800	-	11.75	21.80	31.00	36.30	39.70
	900	-	13.10	25.20	34.60	40.60	44.90
	≥ 1000	-	14.35	27.20	38.20	44.90	49.30

Uzакmöhletliligin hasabynda şkiwdäki çekiniň geçen ýolunyň sanyny barlamak bilen çäklenýär:

$$i = V/L \leq [i]. \quad (\text{XVII.35})$$

i – çekiniň hakyky geçen ýoly, l/s ; $[i]$ – çekiniň rugsat edilýän geçen ýoly, s^{-1} ; $[i] \leq 5 s^{-1}$ – adaty tekiz çekiler üçin; $[i] = 10 \cdot s^{-1}$ ýörite tekiz we pahna çekiler üçin; $[i] = 10...20 \cdot s^{-1}$ aýratyn ýagdaýlarda.

3.17.5. Şkiwiň materialy, konstruksiýasy we hasaplanylşy

Çekili geçirijileriň şkiwleri çоýundan, polatdan, ýeňil garyndydan, plastmasadan we aгаçdan ýasalýarlar.

Şkiwiň çeki geýdirilýän daşky bölegine gurşaw (obod), merkezi, ýagny walda oturýan bölegine top (stupisa) diýilýär (147-nji surat).

Gurşaw top bilen disk (147-nji a surat) ýa-da keýe (spisa) (147-nji ç surat) bilen birleşdirilýär.

Eger şkiwi walyň soňundan geýdirip bolýan bolsa, onda bölünmeýän (147-nji a, b, ç suratlar), wala geýdirip bolmaýan bolsa ýa-da diametri uly bolsa bölünýän şkiwler ulanylýar. Şkiwler keýe boýunça bölünilip ýasalýarlar.

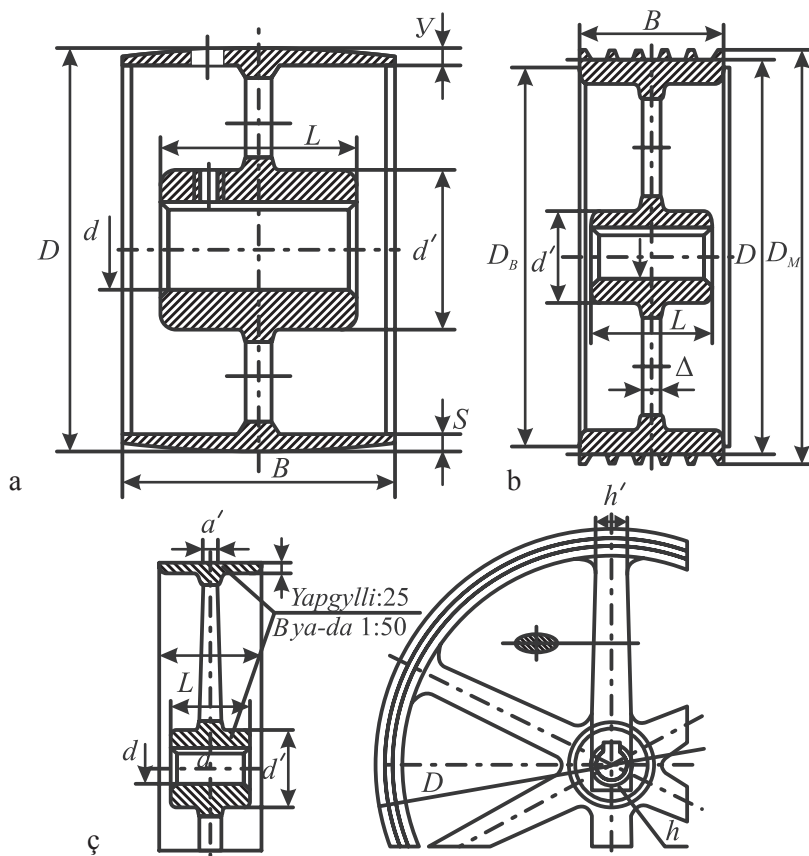
Tekiz çekili geçirijiniň şkiwiniň gurşawy silindr (147-nji ç surat) ýa-da güberçek (147-nji a surat) görnüşde ýerine ýetirilýär. Güberçek gurşaw şkiwiň orta tekizliginde çekini saklamak ýagny çekini merkezleşdirmek üçin ýerine ýetirilýär. Gurşawdaky güberçeklik çekiniň uzakömürliligine ýaramaz täsir edýär, şonuň üçin hem, adatça, bir şkiwiň gurşawyny güberçek edip ulanylýar. Pahna görnüşli çekili geçirijiniň şkiwiniň gurşawy pahna görnüşli çekili ýerleşer ýaly pahna şekilli oýjagaz bilen ýerine ýetirilýär (147-nji b surat).

Çоýун şkiwler (147-nji surat) iň giň ýаýран şkiwler bolup geçirijiniň töwerekleyin tizligi $v \leq 15 m/s$ ÇÇ 12-28, $v \leq 15...30 m/s$ ÇÇ 15-32 we $v \leq 30...35 m/s$ ÇÇ 21-40 kysymly çоýунlardan ýasalýar.

Keýäniň tekizliginde gurşaw gapyrga bilen güýçlendirilýär (147-nji ç surat). Diametri 300...500 mm-e çenli çoýun şkiwler disk bilen ýasalýar, şkiwiň agramyny azaltmak üçin we şkiw stanokda mehaniki işlenende berkitmek oňaýly bolar ýaly tegelek deňlemä deşikler goýulýar (147-nji a, b suratlar). Uly diametrdäki şkiwler gurşawyň diametri $b \leq 300 \text{ mm}$ bir hatarly keýe bilen ýerine ýetirilýär (147-nji ç surat) we gurşawyň ini $b > 300 \text{ mm}$ iki hatarly keýe goýulýar.

Çoýun şkiwleriň keýeleri, köplenç, ellips kesikli ýasalýar (147-nji ç surat), sebäbi tegelek kesikli keýeler bilen deňeşdirende olar berk (birmeňzeş meýdanly kese kesikde) we howanyň garşylygy az bolýar. Keýäniň kese kesiginde döreýän egme moment gurşawyň töwereginde kiçi, şonuň üçin hem gurşawyň ýakynyndaky keýeleriň kesigini 20 % topuň töwregindäki keýäniň kesginden az kabul edilýär.

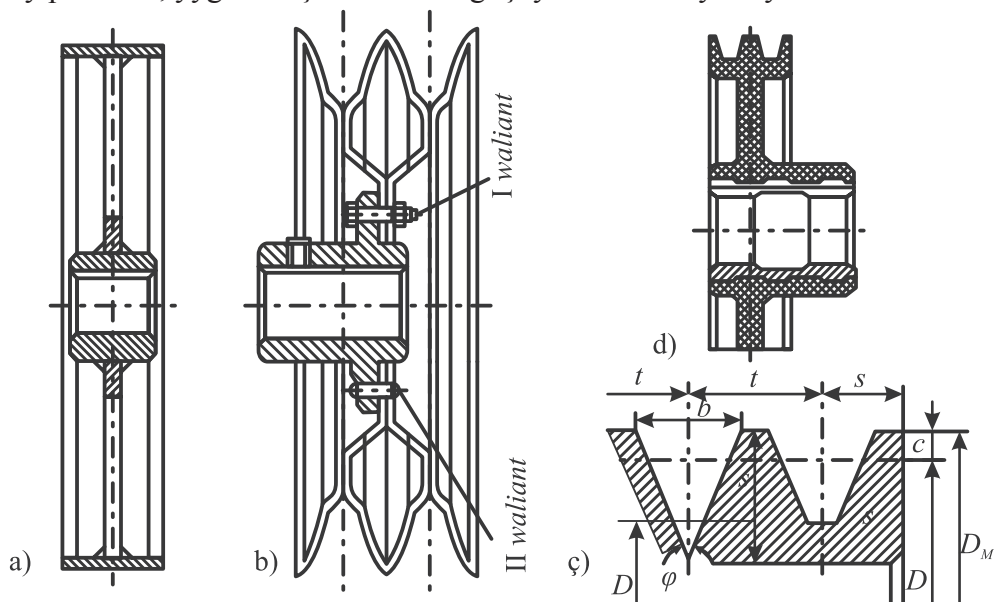
Şkiwleriň daşky diametrleri we gurşawyň ini tekiz çekiler üçin ГОСТ 3133-56 boýunça kadalaşdyrylandyr.



147-nji surat

Kebşirlenen polat (148-nji a surat) we **ýygñalan** (148-nji b surat) şkiwler töwerekleýin tekizlik 60 m/s çenli bolanda ulanylýar. Bu şkiwleriň gurşawlary,

diskleri we keyeleri az uglerodly polatdan (polat 3) ýasalýarlar. Şkiwleriň toplary şineden uly ýemşerme dartgynlylygyna duçar bolýarlar, şonuň üçin topy orta uglerodly polatdan, ýygňalan şkiwler käwagt çöýundan hem ýasalýar.



148-nji surat

Tekiz çekili geçirijileriň kebşirlenen we ýygňalan polat şkiwleri polat listlerden walsowkalanyp we seplenip kebşirlenýär. Bu şkiwleriň diskleri polat listlerden ýasalýar, keyesi bolsa бүкүlen polosdan (zolokdan), turbadan, galyplanan önümden, birnäçe ýagdaýlarda polat listlerden ýasalýar (148-nji a surat). Gurşawyň ini $b \leq 350 \text{ mm}$ bolsa, şkiwde bir disk ýa-da birhatarly keye, eger $b \leq 350 \text{ mm}$ bolsa, şkiw iki diskli ýa-da iki hatarly keye bolýar.

Tekiz çekili geçirijileriň polat we çöýun topa tovlanyp ýa-da çöýun topa guýulyp ýygňalan tegelek sim görnüşli polatdan ýasalan şkiwleri hem gabat gelýär.

Ýuka diwarly polatdan galyplanyp we soň tarelkalar kebşirlenip ýasalan pahna görnüşli çekili geçirijileriň ýygňalan şkiwleri örän giňden ulanylýar (148-nji b surat). Bu tarelkalar polat ýa-da çöýun toplara bolt ýa-da berçin bilen berkidilýär.

Polatdan ýasalan guýma şkiwler seýrek ulanylýar.

Ýeňil garyndydan (splawdan) ýasalan şkiwleriň aglabasy alýuminden guýlup ýasalýar. Konstruksiýasy boýunça çöýun şkiwlere meňzeş, ýöne diwarlary ýuka ýasalýar.

Ýeňil garyndylaryň şkiwleriň agramy polat we çöýun şkiwlerden örän ýeňil, şonuň üçin hem çalt hereket edýän geçirijilerde ulanmak amatly.

Plastmassadan ýasalan şkiwleriň (uly bolmadyk diametrli) iň köp ýaýrany tekstolit we woloknitden ýasalan şkiwlerdir. Bu şkiwleriň topy polatdan ýasalýar (148-nji ç surat). Metaldan ýasalan şkiwlerden agramynyň azlygy we sürtülme koeffisiýentiniň ýokarlygy sebäpli, çalt hereket edýän geçirijilerde giňden ulanylýar.

Stanok gurluşygynda pahna görnüşli çekili geçirijileriň plastmassadan ýasalan şkiwleriň diametri 250 mm çenli kadalaşdyrylandyr.

Agaç şkiwler häzirki wagtda örän seýrek gabat gelýär.

Şkiwiň diametrini hasaplamak ýokarda seredildi, bu paragrafda şkiwiň beýleki ölçeglerini kesgitlemäge seredýäris.

Tekiz çekili geçirijileriň şkiwiniň gurşawynyň ini B (147-nji a, b suratlar) we onuň güberçekliginiň strelasy y OST 1655 boýunça çekiniň inine baglylykda kabul edilýär.

Tekiz çekili geçirijileriň çöýün şkiwleriniň diametri D we gurşawynyň ini B ГОСТ 3133-56 boýunça kabul edilýär.

Gurşawyň galyňlygy S kabul edilýär.

Çöýün şkiw üçin $S = 0,005 D + 3 \text{ mm}$, (XVII.36)

Polat şkiw üçin $S = 0,002 (D + 2b) + 3 \text{ mm}$. (XVII.37)

Pahna görnüşli çekileriň şkiwleriň oýjagazynyň profiliniň ölçegleri (148-nji d surat) çekiniň kesiginiň profile baglylykda ГОСТ 1284-68 boýunça alynýar.

147-nji d suratdan $B = (z - 1) t + 25$. (XVII.38)

Bu ýerde z – oýujaklaryň sany.

Gurşawyň galyňlygyny konstruktiw kabul edilýär.

Topuň daşky diametri we uzynlygy (147-nji surat):

$d^I = (1,6...2) d$, (XVII.39)

$$L = \frac{b}{3} + d \geq 1,5d. \quad (\text{XVII.40})$$

Bu ýerde d – walyň diametri.

Keýäniň talap edilýän sany empiriki deňlemeden kesgitlenilýär:

$$K_k = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{7} \right) \sqrt{D}. \quad (\text{XVII.41})$$

Bu ýerde D – şkiwiň diametri, mm.

(XVII.41) deňleme boýunça $K_k \leq 3$ bolsa, şkiw disk bilen ýerine ýetirilýär. Eger $K_k > 3$ bolsa, onda şkiw keýeli ýasalýar, ýöne keýäniň sany jübüt bolmaly.

Keýe uzynlygy $D/2$ bolan konsol balka görnüşinde töwerekleýin güýjüň P täsirinden egilmä şertli hasaplanylýar. Keýäniň arasyndaky ýüklenmeler endigan bolmadyk ýaýrawyny hasap edip, töwerekleýin güýjiň P hemme keýelere üçden biri kabul edilýär.

Keýäniň şertleýin kese kesiginiň talap edilýän garşylyk momenti:

$$W_e = \frac{M_e}{[\sigma_e]} = \frac{P(D/2)}{\frac{1}{3} K_k [\sigma_e]}$$

ýa-da

$$W_e = \frac{1,5 P D}{K_k [\sigma_e]}. \quad (\text{XVII.42})$$

Rugsat edilýän dartgynlylyk: çoýun üçin $[\sigma_e] = 3...4,5 \text{ kN/sm}^2$, polat üçin $[\sigma_e] = 6...10 \text{ kN/sm}^2$.

Çoýun şkiw üçin hasap edilýän kesikde keyäniň galyňlygy:

$$a = 0,4 h, \quad (\text{XVII.43})$$

h – keyäniň hasap edilýän kesigindäki ini.

Ellips üçin: $W_e = 0,1 a h^2$.

$$\text{Onda: } 0,04 h^3 = \frac{1,5 P D}{K_k [\sigma_e]}.$$

$$\text{Bu ýerden: } h = 3,4 \cdot \sqrt[3]{\frac{P D}{K_k [\sigma_e]}}. \quad (\text{XVII.44})$$

Fason böleklerden ýasalan dürli-dürli düzülen şkiwleriň ölçegleri konstruktiv we tehnologiýa nazara almaly göz önünde tutup (*148-nji b surat*) kabul edilýär.

XVIII BAP. OKLAR WE WALLAR

3.18.1. Oklaryň we wallaryň ähmiýeti, konstruksiýalary we materiallary

Oklar maşynlaryň detallaryny we mehanizmlerini saklamak üçin hyzmat edýär. Oklar ýüklenmäni özünde ýerleşen detallardan kabul edýär we köplenç egilmä işleýär. Wallar oklardan tapawutlylykda, esasan hem, aýlaw momentlerini geçirmek üçin niýetlenen detal bolup, köp halatlarda aýlanýan detallary saklaýar. Wallar, köplenç, birwagtda egilmä we töwlanma işleýärler. Walda ýerleşdirilen detallaryň (konus dişli tigr, burum tigr we ş.m.) täsirinden, ok ýüklenmeden wallar goşmaça süýnmä ýa-da gysylma işleýärler.

Birnäçe wallar, meselem, awtomobilleriň kardan wallary, prokat gurnawlaryň birleşdiriji waljagazlary we ş.m. aýlanýan detallary saklamaýarlar, şonuň üçin hem bu wallar diňe towlanma işleýärler.

Wallar ähmiýeti boýunça aşadaky lara bölünýärler: geçiriji wallar – wallara geçiriji detallar, ýagny dişli tigirler, ýyldyzjagazlar, muftalar we başgalar oturdylýar; tirsekli wallar – geçiriji detallardan başga mahowik, kriwoşip we beýlekiler oturdylýar, çeýe wallar. Oklar göni steržen görnüşinde bolýarlar (*149-njy a, b suratlar*). Wallar bolsa göni (*149-njy ç, d suratlar*), tirsekli (*149-njy e suratlar*) we çeýe (*149-njy ä surat*) görnüşinde bolýarlar. In köp ýaýrany göni wallardyr. Tirsekli wallar kriwoşip-şatun geçirijilerde öňe-yza hereketi aýlaw herekete özgertmek üçin

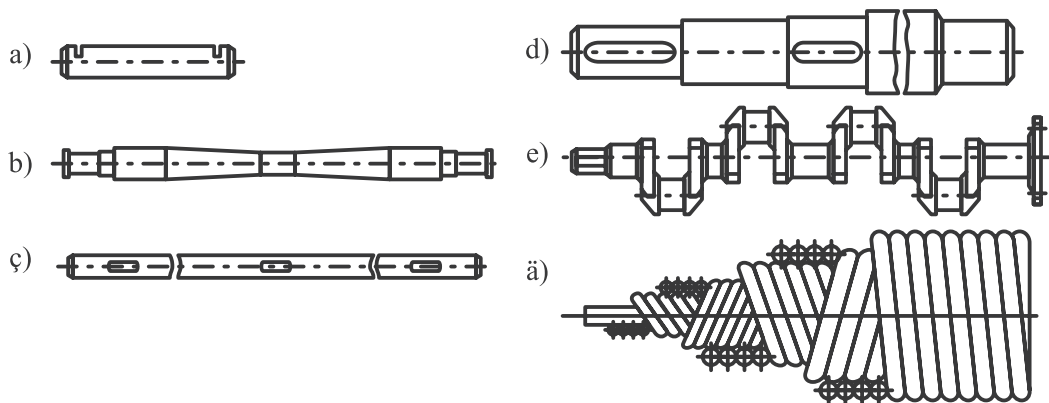
ýa-da tersine, aýlaw hereketi öňe-yza herekete özgertmek üçin, köplenç, porşenli maşynlarda (dwigatellerde, nasoslarda) ulanylýar.

Çeýe wallar, köpzahodly hyr görnüşinde simden towlanan pružin işlände otnositel ýagdaýyny üýtgedýän (mekanizmleşdirilen instrument, diş wraçyň bormaşyny we ş.m) maşynyň uzelleriniň arasynda momenti geçirmek üçin ulanylýar.

Tirsekli we çeýe wallar ýörite detallara degişli, şonuň üçin hem olar ýörite derslerde öwrenilýär.

Oklar we wallar, köplenç, bütewi tegelek, şeýle hem halka görnüşli kesikli bolýarlar. Wallaryň birnäçe bölekleri şine kanawkasy bolan ýa-da şlisaly bütewi ýa-da halka görnüşli kesikli (149-njy ç we d suratlar), käwagtlar profilli kesikli bolýarlar. Oklaryň we wallaryň bütewi görnüşli kesigi halka görnüşli kesik bilen deňeşdiren-de gymmaty uly, şonuň üçin hem konstruksiýanyň agramyny azaltmak üçin halka kesikler ulanylýar, mysal üçin, uçarlarda, planetar reduktorlaryň satellitiniň oklarynda ýa-da uzynlygyna başga detallary geçirmek üçin we ş.m.

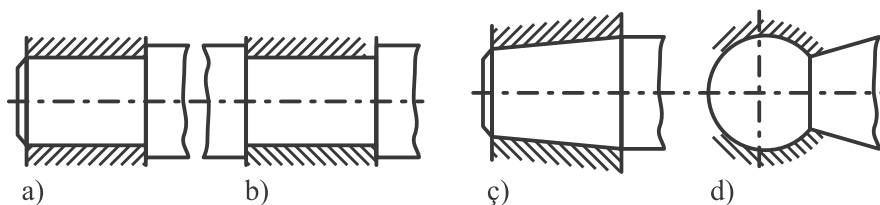
Uzyn bolmadyk oklar uzynlygy boýunça birmeňzeş diametrde ýasalýarlar, (149-njy a surat), uzyn we güýçli ýüklenen oklary fasonly (149-njy b surat) edýärler. Ähmiýetine baglylykda göni wallar uzynlygy boýunça ýa hemişelik diametrde (transmission wallar, (149-njy ç surat) ýasalýarlar, ýa-da basgançakly, birnäçe bölekleri dürli-dürli diametrlerde ýasalýarlar (149-njy d surat), käwagtlarda wallar şesternýa ýa-da burum bilen bütewi ýasalýar.



149-njy surat

Podşipnigiň oka we wala direlýän bölegi radial ýüklenmäni kabul edýän bolsa sapfa, ok ugra ýüklenmäni kabul edýän bolsa, pýata diýilýär. Walyň soňundaky typma podşipniginde işleýän sapfa, şip (150-nji a surat) diýilýär, okuň we walyň soňundan birnäçe uzaklykda ýerleşen bölegine sapfa, şeýka (boýunjagaz) (150-nji b surat) diýilýär.

Typma podşipniklerinde işleýän okuň we walyň sapfalary silindr (150-nji a surat), konus (150-nji ç surat) we togalak (şar) görnüşinde bolýarlar. Iň köp ýaýrany silindr görnüşli sapfalardyr, sebäbi bu sapfalar ýönekeý, oňaly we ony ýasamaklyk arzan.

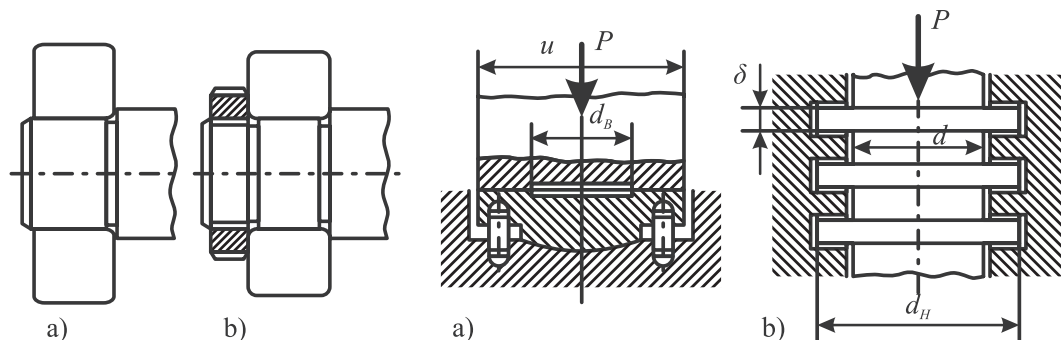


150-nji surat

Konus we togalak görnüşli sapfalar seýrek ulanylýar.

Tigirlenme podşipniklerde işleýän silindr görnüşli sapfalaryň diametrini goňşy bölegi bilen deňeşdireniňde kiçi ýasaýarlar (150-nji b surat), netijede, sapfa okuň ugra süýşmesini saklaýar.

Tigirlenme podşipnikler üçin oklaryň we wallaryň sapfalary elmydama silindr sapfalardan ýerine ýetirýärler (152-nji a we b suratlar).



151-nji surat

152-nji surat

Birnäçe oklarda we wallarda tigirlenme podşipnigi saklar ýaly içki sapfa bilen bir hatarda gaýka üçin hyr hem edýärler (152-nji b surat) typma podşipniginde işleýän podşipnikleri köplenç halka görnüşinde edýärler (152-nji -nny a surat), käbir ýagdaýlarda örküçli (152-nji b surat) ýerine ýetirilýär.

Okuň we walyň bir basgançagyndan beýleki goňşy basgançagyna endigan geçýän üstüne gatel diýilýär (150-nji a, b suratlar).

Konsentrasiýa dartgynlygyny azaltmak üçin okuň we walyň goňşy basgançaklarynyň diametrleriniň tapawudy mümkin boldugyça az bolmaly. Aýlanýan maşynlaryň detallarynyň ýerine goýulmagyny ýeňilleşdirmek üçin okuň we walyň gyrasynda faska (konus görnüşinde ýonulýar) ýasalýar (149-njy we 151-nji surat). Galteliň we faskanyň ölçegleri ГОСТ 10948-69 boýunça kadalaşdyrylandyr.

Oklar we wallar, esasan, uglerodly we legirlenen konstruksiýa polatlardan ýasalýar.

Gyzdyrylyp işlenmesiz oklar we wallar üçin uglerodly polatlardan polat 3, polat 4, polat 5, 25, 30, 35, 40 we 4,5, ýokary talaplar bildirilýän oklar we wallar ortauglerodly ýa-da legirlenen polatlardan 20, 20X, 35, 40, 40X, 40XH we beýleki-lerden gowulandyrylyp gyzdyrylyp işlenilip ýasalýar.

Typma podşipniklerde aýlanýan wallaryň sapfalarynyň iýilmä durumlylygyny köpeltmek üçin wallar 20, 20X, 12XH3A polatlardan, soňundan sapfalar sementlenip we taplanyp ýasalýar. Jogapkärli agyr ýüklenen wallar 40XH, 40XHMA, 30XIT legirle-nen polatdan ýasalýar. Çylşyrymly şekilli agyr ýüklenen wallar, mysal üçin, dwigateliň tirsekli wallary modifisirlenen ýa-da uly berklige bolan çöýundan ýasalýar.

3.18.2. Oklaryň we wallaryň statiki berklige hasaplanylyşy

Ilki bilen oklaryň statiki berkliginiň hasabyna seredýäris.

Ýokarda görkezilişi ýaly, oklar egilmä işleýärler we deňşililikde egilmä hasap edilýär.

Hasap shemalar düzülenden soň hem-de oka täsir edýän güýçler kesgitlenip egme momentiniň epýury gurulýar we maksimal egme moment boýunça hasap edilýär. Oklaryň statiki berklige hasaplary aşakdaky deňlemeler boýunça geçirilýär:

$$- \text{barlag hasaby } \sigma_e = M_e / 0,1 d^3 \leq [\sigma_e], \quad (\text{XVIII.1})$$

$$- \text{taslama hasaby } d = \sqrt[3]{10 M_e / [\sigma_e]}, \quad (\text{XVIII.2})$$

bu ýerde: σ_e – okuň howply kesiginde hasap dartgynlylyk; M_e – okuň howply kesiginde egme moment; $0,1 d^3$ – okuň kesigindäki egilmä garşylyk momenti; d – okuň diametri; $[\sigma_e]$ – egmede okuň materialyna rugsat edilýän dartgynlylygy.

Aýlanýan oklar üçin $[\sigma_e]$ bahalaryny 24-nji tablisadan kabul edilýär, aýlanmaýan oklar üçin bolsa, 24-nji tablisadaky $[\sigma_e]$ -niň bahalaryny 75% ýokarlandyryp almaly.

Wallar we aýlanýan materiallarynyň egmede rugsat edilýän dartgynlylyklary $[\sigma_e]$, kN/sm^2 .

24-nji tablisa

Konsentrasiýa dartgynlylygyň çeşmesi	Walyň diametri, mm	Polatlar gyzdrylyp işleniş, mehaniki häsiýetleri, kN/sm^2			
		35. Polat 5 σ_b ≥ 50 $\sigma_{-1} \geq 22$	45. Polat 6 σ_b ≥ 60 $\Sigma_{-1} \geq 26$	45 taplanan σ_b ≥ 85 $\sigma_{-1} \geq 34$	40X taplanan $\sigma_b \geq 50$ $\Sigma_{-1} \geq 22$
Dartgynly oturdylan detal	30	8	8,5	9	9,5
	50	6,5	7	7,5	8
	100	6	6,5	7	7,5
Preslenip elti- len detal (wal güýçlendiril- medik)	30	5,8	6,3	6,7	7
	50	4,8	5	5,5	6
	100	4,5	4,8	5	5,5
Galtel	30	6	7	8	9
	50	5,5	6,5	7,5	8
	100	5	5,5	6,5	7

Indi bolsa wallary statiki berkliginiň hasabyna seredýäris. Wallaryň arassa towlanma işlenişiniň hasabyna seredýäris:

$$- \text{barlag hasaby } \tau_t = T_t / 0,2 d^3 \leq [\tau_t]; \quad (\text{XVIII.3})$$

$$- \text{taslama hasaby } d = \sqrt[3]{5T_t / [\tau_t]}; \quad (\text{XVII.4})$$

bu ýerde: τ_t – walyň howply kesigindäki hasap dartgynlylygy; M_t – walyň howply kesigindäki towlanma moment; d – walyň diametri; $0,2 d^3$ – walyň kese kesiginiň polýar garşylyk momenti; $[\tau_t]$ – towlanmada wala rugsat edilýän dartgynlylyk, $[\tau_t] = 0,5 [\sigma_e]$.

Wallaryň statiki berkliginiň hasabyna seredýäris – wala egme we towlama momentiň bilelikdäki täsiri.

Wala täsir edýän güýçler bir tekizlikde ýatmadyk ýagdaýynda, onda bu güýçleri iki özara perpendikulýar tekizlikler boýunça dargadyp, bu tekizliklerdäki gaýtargylary we egme momentleri aýratynlykda kesgitlep, soň bolsa olary geometriki jemlemeli, ýagny:

$$R = \sqrt{R_E^2 + R_y^2}; \quad (\text{XVIII.5})$$

$$M = \sqrt{M_{ex}^2 + M_{ey}^2}; \quad (\text{XVIII.6})$$

bu ýerde: R_x , R_y , M_{ex} we M_{ey} – deňşililikde direg gaýtargylary we egme momentler özara perpendikulýar tekizliklerde.

Köplenç getirilen ýa-da ekwiwalent momentleri 3-nji berklik nazaryýeti boýunça hasaplanylýar:

$$M_{ekw} = \sqrt{M_e^2 + T^2}. \quad (\text{XVIII.7})$$

Walyň hasaby bu ýagdaýda aşakdaky deňlemeler boýunça geçirilýär.

$$- \text{barlag hasaby } \sigma_{ekw} = M_{ekw} / 0,1 d^3 \leq [\sigma_e]; \quad (\text{XVIII.8})$$

$$- \text{taslama hasaby: } d = \sqrt[3]{10M_{ekw} / [\sigma_e]}. \quad (\text{XVIII.9})$$

Sapfalaryň (şipleriň we şeýkalaryň) hasaplary oklaryň we wallaryň berkliginiň hasabyna girýär. Örküçli pýata egmä hasaplanylýar. Örküçleriň daşky diametri we olaryň galyňlygy walyň diametrine baglylykda empiriki deňlemeden kesgittenilýär:

$$d_d = (1,2 \dots 1,6) d, \quad (\text{XVIII.10})$$

$$\delta = (0,1 \dots 0,3) d. \quad (\text{XVIII.11})$$

Örküjiň egmä berklik şerti aşakdaky deňleme boýunça aňladylyr:

$$z \cdot \frac{\pi d \delta^2}{6} = P \cdot \frac{d_d - d}{4 \cdot [\sigma_e]},$$

$$\text{bu ýerden pýatanyň örküçleriniň sany: } z = \frac{1,5P(d_d - d)}{\pi d \delta^2 [\sigma_e]}. \quad (\text{XVIII.12})$$

XIX BAP. PODŞIPNIKLER

3.19.1. Tigirlenme podşipnikler

Tigirlenme direkleri aşakylardan ybarat bolýar: tigirlenme podşipniginden, podşipnigi wala we korpusa berkidýän gurnawlardan, podşipnigi goraýan we ýaglaýan gurnawlardan.

Tigirlenme podşipnikler, köplenç, aşakdakylardan durýar: tigirlenme ýodajykly daşky we içki halkalardan; halkalaryň tigirlenme ýodajyklarynda tigirlenýän şariklerden ýa-da roliklerden (tigirlenýän jisimlerden); şarikleri ýa-da rolikleri bölýän we ugrukdyrýan separatorlardan. Birnäçe podşipniklerde halkalaryň biri ýa-da ikisem bolmaýar, birnäçelerinde separator bolmaýar.



153-nji surat

Typma podşipnikleri bilen deňeşdirende tigirlenme podşipnikler aşakdaky artykmaçlyklary bolýar: sürtülme momentiniň güýjüniň azlygy (sürtülmä ýitginiň azlygy), işlenilmäge göýberlende talap edilýän aýlaw momentiniň azlygy, az gyzma, ýaglaýyş materialyň harçlanyşynyň ujypsyzlygy, hyzmat etmegiň ýönekeýligi. Tigirlenme podşipnikleriň bu artykmaçlygy maşyn we abzal gurluşygynda giň ýaýramagyny üpjün edýär. Tigirlenme podşipnikler standartlaşdyrylan we olar ýörite zawodlarda öndürilýärler.

Tigirlenme podşipnikler 1000 görnüşli ölçeglerde ýasalýar, olaryň daşky diametri 1 mm-den 2,6 m-e çenli, massasy bolsa, 0,5 d-dan 3,5 t çenli bolýar.

Ýokarda görkezilen artykmaçlygy bilen bir hatarda tigirlenme podşipnikleriň typma podşipnikler bilen deňeşdirilende aşakdaky ýetmezçilikleri bar: uly burç tizliginde we uly ýüklenmede işlände uzakmöhletlilik örän az; urgy we dinamiki ýüklenmeleri kabul edişiniň ukyby çäklil; aýratynam, uly ýüklenmelerde diametri boýunça uly gabaraly: unikal podşipnikler maýda seriýaly önümçilikde gymmaty ýokary, tigirlenme jisimleriň şekili boýunça şarik we rolik görnüşinde bolýarlar.



154-nji surat

Rolikleriň şekiline baglylykda rolikli podşipnikler aşakdaky ýaly tapawutlanýar: kelte silindr görnüşli (154-nji a surat) we uzyn rolikli, hyr şekilli rolik, boçkogörnüşli rolik (154-nji b surat), konus şekilli rolik (154-nji ç surat), iňňe görnüşli rolik.

Uly burç tizliginde şarikli podşipnikler rolikli podşipniklerden gowy işleýär, rolikli podşipnik bolsa uly ýük göterijiligi bilen tapawutlanýar.

Tigirlenme jisiminiň hatar sany boýunça tigirlenme podşipnikler bir – (153-nji a, ç, d we 154-nji a we ç suratlar) iki – (153-nji b we 154-nji b suratlar) we köphatlylygy bilen tapawutlanýarlar.

Kabul edýän ýüklerine baglylykda tigirlenme podşipnikler radial – diňe radial ýüklenmäni kabul edýär (153-nji a, b we 154-nji b suratlar), direg – diňe ok ýüklenmäni kabul edýär (153-nji ç surat), radial – direg (153-nji -nny d we 154-nji ç suratlar) we direg – radial radial we ok ýüklenmeleri kabul edýärler.

Standart ölçeg seriýalary boýunça tigirlenme podşipnikler aşakdakylara bölünýärler: radial ölçegleri boýunça – aşa ýeňil (iki seriýa), aýratyn ýeňil (iki seriýa), ýeňil, orta, agyr (hemmesi ýedi seriýa); ini boýunça – dar, kadaly, giň we aýratyn giň.

Tigirlenme podşipnikleriň kadaly ini bolan ýeňil we orta seriýalary giňden ýaýrandyr.

ГОСТ 520-71 boýunça tigirlenme podşipnikler takyklyk derejesiniň ýokarlanmak tertibinde 0, 6, 5, 4 we 2 takyklyk synplara bölünýärler. Maşyngurluşygynda, köplenç, O synp takyklygy bolan tigirlenme podşipnikler ulanylýar.

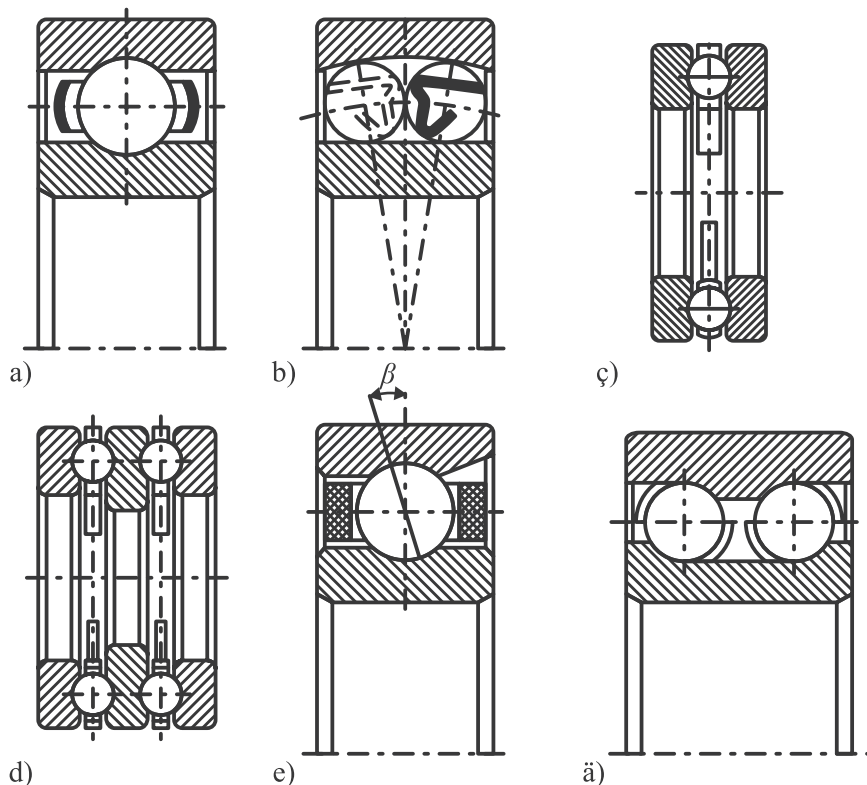
Tigirlenme podşipnikler sanlardan we harplardan ybarat kataloglarda we maglumat kitapçalarda getirilen şertli belgileri bolýar. Tigirlenme podşipnikleriň şarikleri, rolikleri we halkalary, esasan hem, ИИХ15, ИИХ15СТ, ИИХ20СТ, 18ХГТ we 20Х2Н4А polatlardan ýasalýar.

Bu polatlardan başga tigirlenme podşipnikleriň şarikleri, rolikleri we halkalary az uglerodly legirlenen polatdan taplanyp we sementasiýa geçirilip ýasalýar. Tigirlenme podşipnikleriň seperatory ýumşak polatdan, latun, bronza, alýumin garyndydan, plastmassadan (tekstolitden, poliamidden we beýleki gatlakly plastiklardan) we başga birnäçe materiallardan ýasalýar.

Soňky wagtlarda urgy ýüklenmelerde we ýokary talap bolan şertlerinde sessiz işlär ýaly podşipnikleriň şarikleri we rolikleri plastmassalardan ýasalyp başlandy.

3.19.2. Tigirlenme podşipnikleriň esasy görnüşleri we konstruksiýalary

Ilki bilen şarikli podşipnikleriň esasy görnüşlerine seredýäris (155-nji surat).



155-nji surat

Radial bir hatarly şarikli podşipnikler (154-nji a we 155-nji a suratlar) ГОСТ 8338-57 boýunça kadalaşdyrylan, daşky we içki halkalardan bir hatar şarikden we separatorlardan durýar. Bu podşipnikler, esasan, radial ýüklenmäni kabul etmek bilen, azda-kände ok ugra ýüklenmäni hem kabul edýär. Uly bolmadyk gymmaty bolany üçin maşyngurluşygynda iň köp ýaýran podşipnik bolup durýar. Seredilenden başga radial birhatarly podşipnikleriň beýleki görnüşleri hem giňden ulanylýar.

Iki hatarly sferiki radial şarikli podşipnikler (154-nji b we 155-nji b suratlar, ГОСТ 5720-51) konstruksiýasy boýunça bir hatarlydan, şariginiň ýerleşşi bilen iki hatarly şahmat tertibi boýunça tapawutlanýar. Ondan başga-da daşky halkasynyň tigirlenýän ýodajygy sferiki üst bilen ýerine ýetirilen bu podşipnikler wallaryň $2...3^{\circ}$ çenli ýaý beren şertlerinde radial we peýdalanylmandyk radial ýüklenmäniň 20% ýokary bolmadyk ok ugra güýjüni kabul etmäge ukyply. Köplenç, bu podşipnikler wallar aýry-aýry korpuslarda oturdylan bolsalar ulanylýar.

Bir we iki hatarly direg şarikli podşipnikler (154-nji ç we 155-nji ç, ГОСТ 6874-54 we 155-nji d, ГОСТ 7872-56) diňe ok ugra ýüklenmeleri kabul edýär.

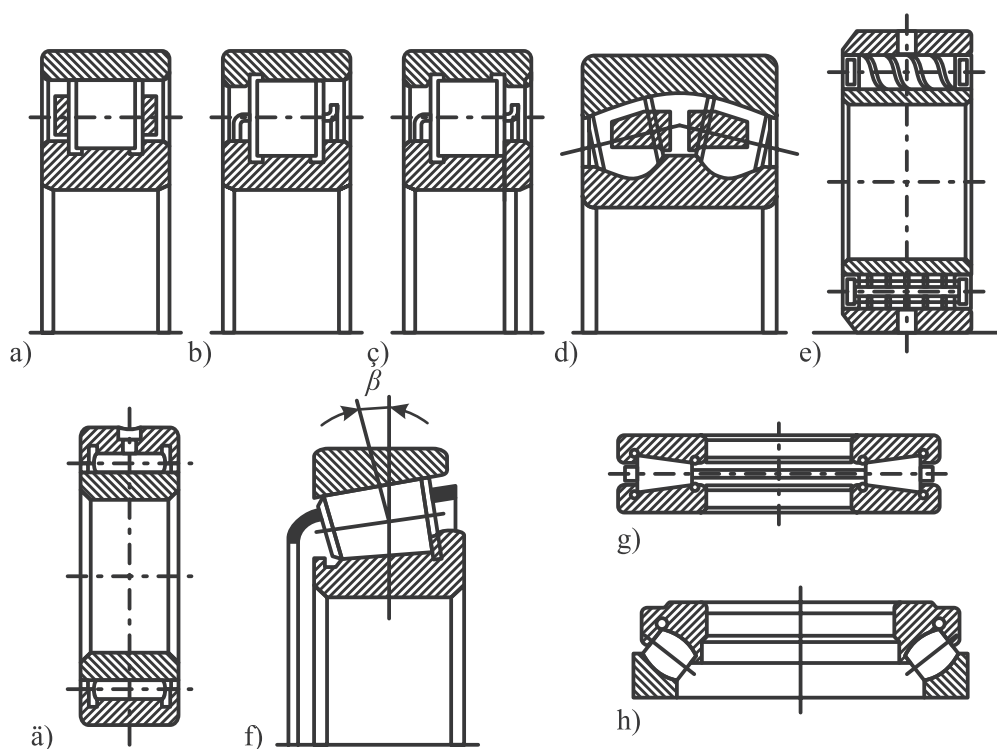
ler, bir gat – birtaraplaýyn, iki gat bolsa, üýtgeýän alamatly ýüklenmeleri. Radial şarikli podşipniklerden tapawutlylykda bu podşipnikleriň tigirlenme ýodajyklary we şarikleri halkanyň gyraky üstünde ýerleşýär. Bu şarikli podşipnikler walyň pes we orta burç tizliklerinde kanagatlanarly işleýärler. Uly burç tizliklerde şariklere merkezden daşlaşýan güýçleriň täsiri netijesinde bu podşipnikler erbet işleýärler.

Bir hatarly radial – direg şarikli podşipnikler (155-nji ç surat, ГОСТ 831-62) bir wagtda radial we bir taraplaýyn ok ýüklenmeleri kabul edýär. Käwagtlar diregiň uly ýükgöterijilini üpjün etmek we ok ugra ýüklenmäni iki taraplaýyn kabul etmek üçin diregde iki podşipnik goýulýar.

Iki hatarly radial – direg şarikli podşipnik (155-nji d surat, ГОСТ 4252-48) walyň diregleriniň ýokary gatylyk talap edilýän ýagdaýynda uly radial, alamaty üýtgeýän ok ýüklenmäni we utgaşdyrylan ýüklenmeleri kabul edýär.

Indi bolsa rolikli podşipnikleriň esasy görnüşlerine serederis (156-njy surat).

Kelte silindr rolikli radial rolikli podşipnikler (154-nji a, 156-njy a, b, ç suratlar, ГОСТ 8328-57) uly radial ýüklenmeleri kabul edýär. Bir hatarly radial şarikli podşipnik bilen deňeşdirende ýükgöterijiligi 1,7 gezek uly. Konstruksiýasy boýunça bu podşipnikler 9 görnüşde bolýarlar.



156-njy surat

Uzyn silindr radial rolikli podşipnikler çäkli radial gabaritde (ölçegde) uly radial ýüklenmeleri kabul etmäge ukyplydyr. Bu podşipnikler ГОСТ bilen kadalaşdyrylmadyk we maşyngurluşygynda olar çäkli ulanylýar.

Sferiki ikihataryly radial rolikli podşipnikler (154-nji b we 156-njy d suratlar, ГОСТ 5721-57) sferiki üsti bolany özi dikeldýär. Ikihataryly sferiki şarikli podşipnikleriň ulanylýan ýerlerinde ulanylýar, ýöne uly radial ýüklenmeleri kabul etmäge ukyplydyr. Peýdalanylmadyk radial güýjüň ok ugra güýjüniň 25% kabul edýär.

Hyrly rolikli podşipnikler (156-njy e surat, ГОСТ 26005) radial urgy güýçleri kabul edýär. Hyrly rolikler gönüburçly kesikli lentany orap ýasalýarlar.

Iňňeli rolikli podşipnikler (156-njy ä surat, ГОСТ 4657-71) uly radial güýçleri gysylan radial ölçeglerde kabul edýär. Podşipnigiň seperatory bolmaýar. Bu podşipnik ýüklenen zonasynda tigirlenip, ýüklenmedik zonasynda typyp işleýär, ýagyň gatlagyndaky inçe iňňeler, hereket edýän ýag wkladyşlaryny emele getirýärler.

Birhataryly konus görnüşli rolikli podşipnikler (154-nji ç we 156-njy f suratlar, ГОСТ 333-71) birwagtda ep-esli radial we birtaraplaýyn ok ugra ýüklenmeleri kabul etmäge ukyplydyr. Bulara rolikli konus görnüşli. Bu podşipnikler ýygnamaga, sökmäge, boşlugyny sazlamaga örän amatly we şonuň üçin hem maşyngurluşygynda giň ýaýrandyr.

Iki hataryly konus rolikli podşipnikler (ГОСТ 6364-68) walyň diregine radial we ugruny üýtgedýän ok ugra ýüklenmeler täsir edýän bolsalar ulanylýar. Dört hataryly konus görnüşli rolikli podşipnikler (ГОСТ 8419-57) örän uly radial ýüklenmelerde ulanylýar.

Konus görnüşli rolikli direg podşipnikler (156-njy g surat, ГОСТ 5380-50) diňe ok ýüklenmeleri kabul edýär.

Diregli sferiki rolikli podşipnikler (156-njy h surat, ГОСТ 9942-62) ok ugra ýüklenmesi bilen birhatarda az-kem radial ýüklenmäni hem kabul edýär.

Soňky iki podşipniklere rolikleriň merkezden daşlaşýan güýçleriniň çäklendirilen täsiri esasynda diňe uly bolmadyk burç tizliklerde uly ok ugra ýüklenmeleri kabul etmäge ukyply.

Ýokarda seredilenlerden başga-da standartlaşdyrylan we standartlaşdyrylmadyk podşipnikleriň köp beýleki görnüşleri maşyngurluşygynda ulanylýar.

3.19.3. Tigirlenme podşipnikleriň hasaplanyşy we olary ГОСТ boýunça saýlamak

Tigirlenme podşipnikleriň hatardan çykmaklarynyň esasy sebäbi aşakdakylardan durýar: degşirilýän detallarynyň işleýän üstleriniň üýtgeýän dartgynlylyklardan döreýän ýadawlykdan gopmagy; haýal aýlanýan podşipniklerde uly statiki ýüklenmeden we dinamiki ýüklenmäniň täsirinden döreýän halkanyň ýodajygynda emele gelýän şepbeşikleriň döremegi; podşipnigiň halkalarynyň we tigirlenýän jisimleriniň abraziw sredada (ulag, oba hojalyk we ş.m. maşynlar) iýilmegi; urgy we titreme aşa ýüklenmeden podşipnikleriň halkalarynyň we tigirlenýän jisimleriniň

döwürmegi; merkezden daşlaşýan güýjüň we tigirlenme jisimleri tarapyndan separator täsir edýän güýçlerden sepratoryň weýran bolmagy; kadaly şertlerde tigirlenme podşipnikleriň dowamly işläninden soň hatardan çykmagynyň esasy görnüş-i ýadawlyk döwürmesi bolýar. Şonuň üçin hem tigirlenme podşipnikler, köplenç, dinamiki ýük göterijilige ГООТ 18855-73 boýunça hasap edilýär.

Ýuwaş aýlanýan ($n \leq 1$ aýl/min) tigirlenme podşipnikleri (aýlanýan kranlaryň direk podşipnikleri, domkratlar ýüklenme gaňyrçaklar) statiki ýük göterijilige hasap edilýär.

Ilki bilen tigirlenme podşipnikleriň uzakmöhletlilige hasabyna seredýäris.

Tigirlenme podşipnikleriň uzakmöhletlilige hasaby podşipnigiň nominal uzak uzakmöhletliligi (hyzmat ediş möhleti) boýunça geçirilýär.

Tigirlenme podşipnikleriň uzakmöhletlilige hasaby podşipnik üçin ekwiwalent dinamiki ýüklenmesi we onuň dinamiki ýük göterijiligi boýunça geçirilýär.

Uzakmöhletlilik, ekwiwalent dinamiki ýüklenme we dinamiki ýük göterijilik aşakdaky deňleme bilen aňladylýar

$$l(C/P)^{\alpha}, \quad (\text{XIX.1})$$

Bu ýerde C – podşipnigiň dinamiki ýük göterijiligi; P – ekwiwalent ýük; $\alpha = 3$ – şariklipodşipnik üçin; $\alpha = 10/3$ – rolikli podşipnik üçin.

Podşipnigiň sagatdaky uzakmöhletlilik:

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^{\alpha}, \quad (\text{XIX.2})$$

Bu ýerde: L_h – sagat, L – mln aýlaw we n – aýl/min.

Ekwiwalent dinamiki ýüklenmäni kesgitlemek üçin podşipnigiň görnüş-i, podşipnige radial we ok ýüklenmeleriniň ululygy, bu ýüklenmeleriniň häsiýeti, podşipnigiň gyrgyzlyk derejesi we halkalaryň haýsy aýlanýanlygy hasaba alynýar.

Radial şarikli podşipnikler we radial-direk şarikli we rolikli podşipnikler üçin ekwiwalent dinamiki ýüklenme:

$$P = (X V P_r + Y P_a) K_h K_t, \quad (\text{XIX.3})$$

direk-radial şarikli we rolikli podşipnikler üçin:

$$P = (X P_r + Y P_a) K_h K_t, \quad (\text{XIX.3})$$

$$\text{– rolikli podşipnikler üçin: } P = V P_r K_h K_t, \quad (\text{XIX.4})$$

$$\text{– direk podşipnikleri üçin: } P = P_a K_h K_t, \quad (\text{XIX.5})$$

bu ýerde P_r – ululygy we ugry boýunça hemişelik radial ýüklenme; P_a – ululygy we ugry boýunça hemişelik ok ugra ýüklenme; X – radial ýüklenmäniň koeffisiýenti; V – aýlaw koeffisiýenti, haýsy halkanyň aýlanýanlygyny (içki we daşky) hasaba alýar; K_h – howpsuzlyk koeffisiýenti, ýüklenmäniň häsiýetini hasaba alýar; K_t – temperatura koeffisiýenti, podşipnigiň temperaturasy 100°C-dan ýokary bolanda podşipnigiň gyrgyzlygyny hasaba alýar. X we Y bahalary ГООТ 18855-73 tablisalarynda berilýär.

Tigirlenme podşipnikleri uzak möhletlilige hasaplanandan soň dinamiki ýük göterijiligi boýunça ГООТ-a podşipnik saýlanýar.

Tigirlenme podşipnikleriň statiki ýük göterijiligi boýunça hasabyna seredýäris.

Podşipnige radial we ok ýükleri täsir edende statiki ekwiwalent ýük aşakdaky iki aňlatmanyň kömegi bilen hasaplanyp we olaryň iň uly bahalary kabul edilýär:

$$P_0 = X_0 P_r + Y_0 P_a \quad \text{we} \quad P_0 = P_r, \quad (\text{XIX.6})$$

bu ýerde X_0 – radial statiki ýüküň koeffisiýenti; Y_0 – statiki ok ugra ýüküň koeffisiýenti.

X_0 we Y_0 bahalary ГОСТ 18854-73 tablisalarynda berilýär.

XX BAP. MUFTALAR

3.20.1. Umumy maglumatlar

Muftaly geçirijiler wallary birikdiriji gurnaw bolup, bir waldan beýleki wala aýlaw momenti geçirmek üçin hyzmat edýär.

Muftalary ulanmaklygyň zerurlygy dürli-dürli ýagdaýlara bagly bolup durýar, şol sanda: bir bölekden ýasalan wallary birikdirip uzyn wallary almak üçin; wallaryň nätakyk ýasalmady netijesinde montaž edilen wallarda emele gelýän zyýanly täsire kompensirmek üçin; haýsy hem bir wala gozganmaklygy bermek üçin; dinamiki ýüklenmäni azaltmak üçin; haýsy hem bir walyň hemişelik aýlawynda, beýleki walyň hereketini togtatmak ýa-da herekete getirmek üçin; wallary dürli tigirler, çekili geçirijileriň şkiwleri bilen birikdirmek üçin.

Häzirki döwürde maşyn gurluşygynda ulanylýan geçiriji muftalar ähmiýeti, konstruksiýasy we işleýiş prinsipleri boýunça örän köpsanly we dürli-dürlüdür. Standart boýunça geçiriji muftalar dört synpa bölünýärler. 1-nji synpa hemme hemişelik birikdirilen muftalar (nerasseplýaýemyý), bu muftalar eýerdiji we eýeriji ýarymmuftalary hemişelik birikdirilen bolýarlar. Muftalaryň bu synpy köp ýaýrandyr. Muftalaryň 2-nji synpyna dolandyryjy muftalar girýär, bu muftalar hereket geçirilende ýa-da togtanda eýerdiji we eýeriji wallaryň hereketini bir-birinden aýryp ýa-da bir-birine goşup bilýärler. Muftalaryň 3-nji synpyna özi täsir edýän muftalar degişli bolup, muftanyň berlen işleýiş režimine baglylykda hereketi awtomatiki aýryp ýa-da goşup bilýärler.

Beýleki hemme muftalar 4-nji synp muftalara degişli.

1-nji synp muftalar iki topara bölünýärler: 1) mehaniki (mehaniki täsirli) we 2) gaýrylar.

1-nji synp muftalaryň toparlary aşakdaky toparçalara bölünýärler: 1) gaty we gozganmaýan birikdirmeler üçin niýetlenen gaty muftalar; 2) wallaryň uly bolmadyk özara süýşmesini we geometriki oklarynyň gýşarmasyny kompensirlenýän özi dikeldýän muftalar; 3) dinamiki ýüklenmeleri azaltmak üçin niýetlenen maýyşgak muftalar.

2-nji synp muftalar topary iki toparça bölünýärler: 1) eýerdiji we eýeriji wallaryň burç tizlikleri bolan wallary bir-birinden aýyrýar we baglaşdyrýan sinhron muftalar; 2) friksion (asinhron) – dürli-dürli burç tizliklerde eýerdiji we eýeriji wallary aýyrýar we baglaşdyrýar.

3-nji synp muftalar üç topara bölünýär: 1) mehaniki; 2) gidrodinamiki; 3) gaýrylar.

3-nji synpyň mehaniki toparlary üç toparça bölünýär: 1) merkezden daşlaşýan; 2) ozup geçýän; 3) goraýjy muftalar.

Birnäçe muftalar ГОСТ boýunça kadalaşdyrylan ГОСТ boýunça muftalary saýlamagyň esasy häsiýetnamasy muftanyň geçirýän aýlaw momenti bolup durýar:

$$T_{tras} = K \cdot T_{nom}, \quad (XX.1)$$

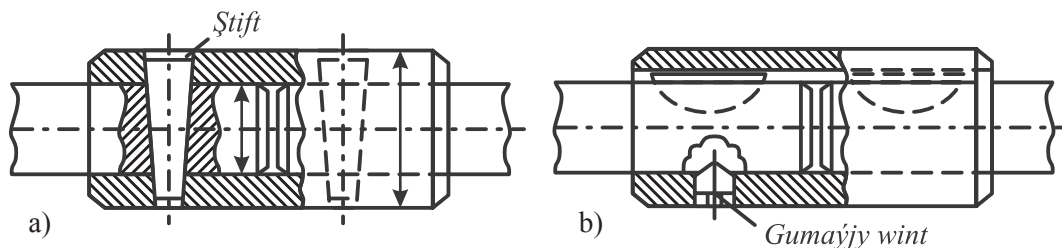
bu ýerde: T – muftanyň geçirýän nominal momenti; K – dinamiki koeffisiýent ýa-da işleýiş şertlerine hasaba alýan koeffisiýent ($K = 1 \dots 6$).

3.20.2. Gaty muftalar

Gaty bölünmeýän muftalaryň iň ýönekeý görnüşi wtulkaly muftalardyr (157-nji surat).

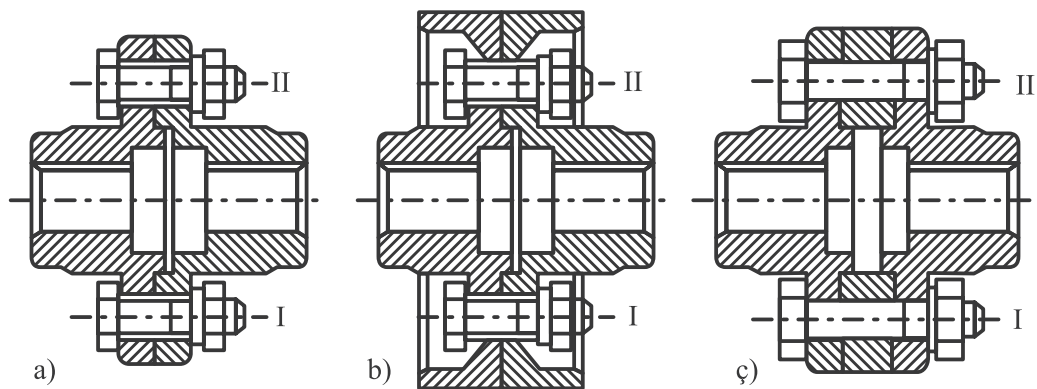
Bu muftalar diametri 100 mm çenli bolan ýeňil maşynlaryň wallaryny birikdirmek üçin giňden ulanylýar.

Wtulkanyň materialy polat 35, 40, 45 çenli, uly diametrli wtulkalarda çöýun ÇÇ 21-40, ÇÇ 24-44 hem ulanylýar.



157-nji surat

Gaty muftalaryň iň köp ýaýrany flanes muftalary. Bu muftalar iki ýarymmuftadan ybarat bolup, boltlar bilen birikdirilýär walyň soňunda oturdylýar (158-nji surat).



158-nji surat

Muftanyň boltlaryny yşly (zazor) (I wariant) we yşsyz (II wariant) goýýarlar. Birinji ýagdaýda moment boltlary çekdirmekden döreýän ýarymmuftalaryň sepgidindäki sürtülme arkaly geçirilýär, ikinji ýagdaýda momenti boltlar geçirýär. Muftanyň boltlary kesilmä we ýemşermä işleýärler.

Ýarymmuftalary özara merkezleşdirmegi, merkezleşdiriji burtigiň (çykyntgynyň) (158-nji a we b suratlar), käwagtlarda merkezleşdiriji ýarymhalkanyň (158-nji ç surat) kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Ýarymmuftalar polat 35, polat 35 listden, guýma çöýundan ÇÇ 28-48, ÇÇ 35-52 muftalardan ýasalýar.

Konstruksiýasynyň ýönekeýligi, uly ýüklenme kabul edýänligi, şol sanda urgynyň täsirini kabul edýänligi üçin flanesli muftalar diametri 220 mm we uly bolan wallary birikdirmek üçin maşyn gurluşygynda giňden ulanylýar.

Flanesli muftalaryň ýarymmuftalary şponkany ýa-da şlisany ulanmak bilen ýeňil preslenip ýa-da ýapyk preslenip wala oturdylýar.

Flanesli muftalaryň boltlarynyň, wal bilen ýarymmuftany birikdirýän şponka-ly ýa-da şlisanyň berklige barlag hasaplary degişli baplarda seredilen deňlemeler boýunça geçirilýär.

3.20.3. Maýyşgak muftalar

Maýyşgak muftalar, esasan, birikdirilýän wallaryň dinamiki ýüklenmelerini azaltmak üçin hyzmat edýär, şeýle hem bu muftalar birikdirilýän wallary rezonans urygdyларыndan gorap saklaýar we wallaryň özara nätakyk ýerleşişini kompensirleýär.

Maýyşgak muftalaryň esasy häsiýetnamalary olaryň gatylygy ýa-da oňa ters ululyk ýumşaklygy we dempfilreýji ukyby bolýar.

Konstruksiýasy boýunça maýyşgak muftalar örän dürli-dürli bolýarlar. Maýyşgak elementleriniň materiallary boýunça olar iki topara bölünýärler: metal däl maýyşgak elementli muftalar we metal maýyşgak elementli muftalar.

Metal däl maýyşgak elementli muftanyň esasy materialy rezinden bolup, onuň artykmaçlygy ýokary elastikligi, ýokary dempfilreýji we elektroizolýasiýalyk ukyby bilen tapawutlanýar.

Muftalaryň metal maýyşgak elementleri polat pružin ýa-da polat pružin sterženleri, plastinalar ýa-da plastinalaryň paketi bolup hyzmat edýär.

Metal däl maýyşgak elementli muftalaryň in köp ýaýrany wtulka palesli mufta – gysgaça MMWP (MYBII) (159-njy a surat); onuň ölçegleri hasap momenta baglylykda maşyngurluşykda kadalaşdyrylan MH2096-64 (diametri 16...150 mm bolan wallary birikdirmek üçin).

Mufta birikdirilýän wallaryň soňunda oturdylan iki ýarymmuftadan; konus boýunça oturdylan, haýsy hem bolsa ýarymmufta gaýka bilen berkidilen polat palesden; maýyşgak rezin wtulkalardan durýar.

Ýarymmuftalar ÇÇ21-40 çöýundan, polat 30 ýa-da 35 L polat guýmadan ýasalýar. Palesiň materialy – polat 45.

MMWP hasaby maýyşgak elementleriniň ýemşermä barlag hasabyndan durýar:

$$\sigma_{yem-} = \frac{2T_{has}}{zD_1ld} \leq [\sigma_{yem-}], \quad (XX.2)$$

bu ýerde D_1 – palesleriň merkezleriniň ýerleşen töwereginiň dimetri; d – rezin halkanyň ýa-da wtulkanyň aşagynda ýerleşen palesiň diametri; ℓ – wtulkanyň uzynlygy; z – palesiň uzynlygy; $[\sigma_{yem-}] = 0,2...0,4 \text{ kN/sm}^2$ – ýemşermäde rezin üçin rugsat edilýän dartgynlylyk.

Palesleriň egilmä barlagynyň hasaby:

$$\sigma_e = \frac{T_{has}l}{0,1d^3 \cdot zD} \leq [\sigma_e], \quad (XX.3)$$

bu ýerde σ_e – paleslerdäki hasap dartgynlylyk; $[\sigma_e] = 6...8 \text{ kN/sm}^2$ paleslere egilmäde rugsat edilýän dartgynlylyk.

Dişli çarhly maýyşgak muftalar ГОСТ14084-68 boýunça kadalaşdyrylan (159-njy b surat). Mufta iki ýa-da üç trapesiýa kesikli kulaçokly iki ýarymmuftadan durýar. Kulaçoklar rezinden ýasalan maýyşgak elementi dişli çarha girýär.

Bu mufta örän sygyşykly we ulanmaga ygtybarly. Ýarymmuftanyň materialy polat 3. Muftanyň ölçegleri hasap moment T_{has} boýunça ГОСТ boýunça kabul edilýär.

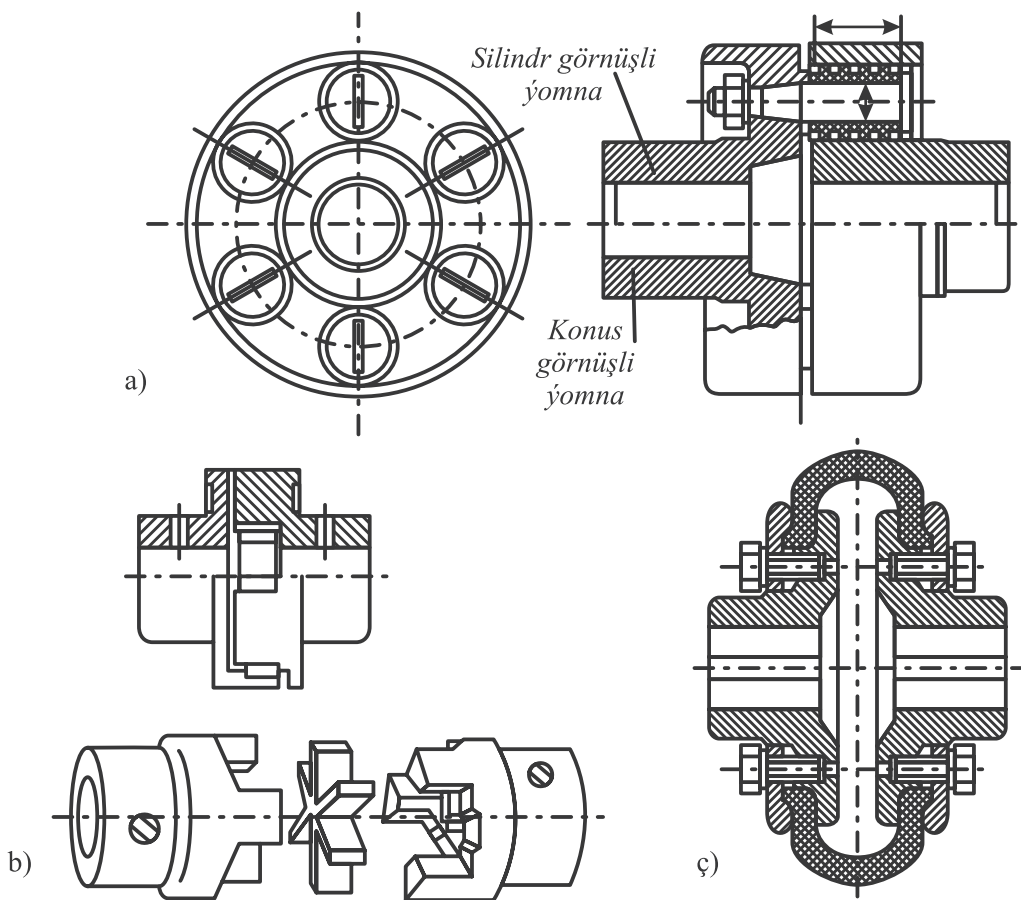
Dişli çarhyň dişleri ýenjilmä hasap edilip barlanylýar. Aýlaw ýygylgy $n = 1750 \text{ aýl/min}$ bolanda dişli çarh üçin Ýemşermä rugsat edilýän dartgynlylyk $[\sigma_{yem-}] = 0,2 \text{ kN/sm}^2$, $n = 100 \text{ aýl/min}$ – $[\sigma_{yem-}] = 0,7...1 \text{ kN/sm}^2$ çenli kabul edilýär.

Maýyşgak muftalaryň ýene bir görnüşü maýyşgak gabykly (oboloçka) muftalar (159-njy ç surat). Bu muftalar iki ýarymmuftadan şekili boýunça awtomobil şinasyna meňzeş bolt bilen ýarymmufta berkidilýän maýyşgak gabykdan durýar.

Bu muftanyň esasy artykmaçlygy: birikdirilýän wallaryň nätakyk oturdylmagyny sazlaýar we ýygnamaklygynyň dargatmaklygynyň (razborka) we maýyşgak elementi çalşyrmaklygynyň ýönekeýligi.

Metal däl maýyşgak elementli mufta bilen deňeşdirende metal maýyşgak elementli muftalar köp uzakmöhletli, gabarasynyň kiçiligi, emma gymmatlylygy bilen tapawutlanýar. Metal maýyşgak elementli muftalarm esasan hem, uly momentleri geçirmek üçin ulanylýar. Metal maýyşgak elementli muftalaryň in köp ýaýrany ýylan görnüşli pružinli muftalardyr.

Bu muftalar ýörite şekilli dişleri bolan iki ýarymmuftalardan durýar. Birnäçe bölekler bölünen ýylan görnüşli egredilen pružinler dişleriň oýugynda ýerleşendir. Dişler we pružinler daşyndan boltlar ýa-da hyr bilen birikdirilen iki guty bilen ýapylan (159-njy a, b suratlar). Guty muftany ýaglamak we tozandan gorap saklamak üçin hyzmat edýär.



159-njy surat

Ýylan görnüşli maýyşgak muftalar iki görnüşli boýunça: çzyk we çzyk däl. Bu muftalar dişleriň gapdal tarapynyň işleýän üstleriniň şekili bilen tapawutlanýarlar. Çzyk muftalaryň dişiniň işleýän üstleri depesi pružin üçin direg bolup hyzmat edýän kütäk burçy emele getirýän iki göni çzyk bilen şekillenendir (159-njy ç surat). Bu ýerde 2a aralyk diş bilen pružiniň degşirme nokadynyň arasy hemişelik we pružiniň ýüklenmesine bagly bolmaýar. Gysykly däl muftalaryň dişleriniň işleýän üstleri töweregiň dugasy boýunça şekillendirilen (159-njy d surat).

Bu ýerde 2a aralyk azalýar, netijede pružiniň gatylygy köpeliýär.

Çzyk muftalaryň has kämilleşenligi sebäpli maşyngurluşygynda giňden ulanylýar.

Ýarymmuftalaryň materialy polat 45 ýa-da 45 l guýma polat. Pružinler 65Г, 60С2 polatdan ýasalýar. Ýarymgutylar ÇÇ12-28, ÇÇ15-32 çоyundan guýulyp ýasalýar.

Ýylan görnüşli muftanyň berklige hasaby, onuň pružininiň egilmä barlagy aşakdaky deňleme boýunça geçirilýär:

$$\sigma_e = \frac{8T_i ah}{zD_o b t^2 \left(\ln \frac{t+h}{t-h} - \frac{2h}{t} \right)} \leq [\sigma_e], \quad (\text{XX.4})$$

bu ýerde σ_e – pružiniň egilmä bolan hasap dartgynlylygy; T_i – (XX.1) deňleme boýunça hasaplanýan moment. z – ýarymmuftanyň dişiniň sany; D_o – dişiň orta töwereginiň diametri; b – pružiniň kesiginiň ini; t – pružiniň ädimi; h – pružiniň kesiginiň galyňlygy; $[\sigma_e] = 40...70 \text{ kN} / \text{sm}^2$ – pružiniň materialyna egilmede rugsat edilýän dartgynlylyk.

3.20.4. Sinhron muftalar

Sinhron muftalara kulaçokly we dişli muftalar degişli. Bu muftalarda eýerdiji waldan eýeriji wala moment ýarymmuftanyň kulaçogynyň ýa-da dişleriniň özara ilişmesi netijesinde geçirilýär.

Kulaçokly we dişli muftalar friksion muftalara garanyňda ýönekeý we arzan, ýöne olaryň uly ýetmezçiligi wal aýlanyp başlanda urgy bolýanlygy sebäpli geçirijiniň ýa-da maşynyň detallarynda döwürleme emele getirýär. Şonuň üçin hem bu muftalar endigan aýlanyp başlamaga talap ýok ýerinde, seýrek işlenilende we otnositel burç tizliginiň az bolanda ulanylýar.

Bu mufta gyraky kulaçoga ildirilen iki ýarymmuftadan durýar. Wallary merkezleşdirmek üçin wtulka 4 hyzmat edýär.

Ýarymmuftalaryň biri (suratda çep bölegi) wal bilen gozganmaýan birikdirilen, beýleki ýarymmufta (sag bölegi) walda ok boýunça şponkanyň ugruna süýşer ýaly edip oturdylandyr. Mufta işden boşadylan ýagdaýynda onuň sag tarapy suratda görkezilişi ýaly ştrihlenen ýagdaýy eýeleýär. Kulaçogynyň profilleri trapeseidal, gönüburçly we simmetriýasyz bolýarlar.

Kulaçokly muftalaryň ýarymmuftalary polat 15, 20, 15X, 20X, uly ölçegleri bolan muftalar polat 40, 45, 40X, 20XH, 40XH ýasalýarlar. Kulaçokly muftalar iýilmä durnuklylyk we berk hasap edilýär.

Iýilmä durumlylygy işleýän üstüniň basyşynyň ululygy boýunça geçirilýär:

$$p = \frac{2 K T_{has}}{z D_1 b h} \leq [p]; \quad (\text{XX.5})$$

$$\text{berklige (egilmede): } \sigma_e = \frac{2 K T_{has} \cdot h}{z D_1 W_e} \leq [\sigma_e], \quad (\text{XX.6})$$

bu ýerde $k = 2...3$ – kulaçogynyň endigan däl işlemeginiň koeffisiýenti, kulaçogynyň takyk ýasalşyna bagly; T_{has} – muftanyň hasap momenti; z – ýarymmuftanyň kulaçogynyň sany; D_1 – kulaçogynyň orta töwereginiň diametri; b – kulaçogynyň ini; h – kulaçogynyň beýikligi; W_e – kulaçogynyň kesiginiň egilmede garşylyk momenti; P – kulaçogynyň işleýän üstüne

hasap basyşy; $[p]$ – kulaçoga rugsat edilýän basyş; σ_e – kulaçogyň egilmä hasap dartgynlylygy; $[\sigma_e]$ – kulaçogyň egilmä rugsat edilýän dartgynlylygy.

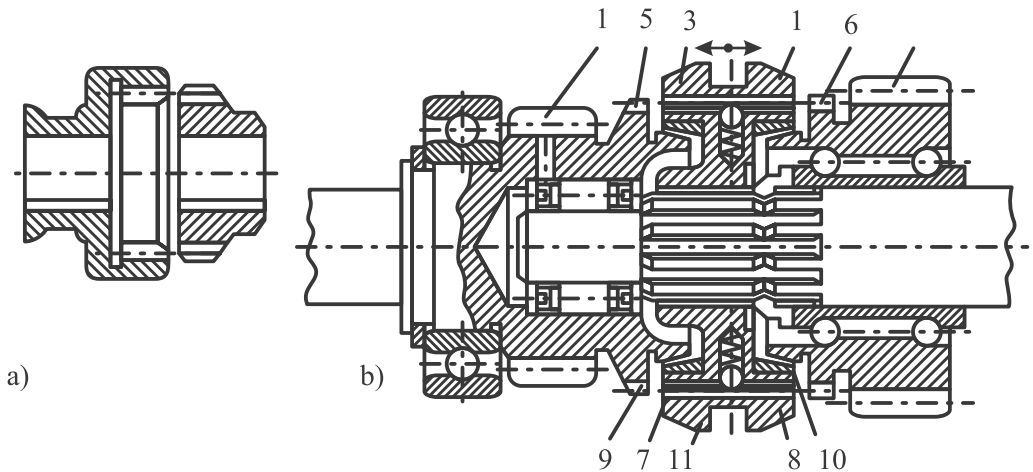
Rugsat edilýän basyş: $[p] = 3 \dots 4 \text{ kN/sm}^2$ – işläp duran mufta üçin; $[p] = 8 \dots 10 \text{ kN/sm}^2$ – işlemäge başlaýan mufta üçin; kulaçok üçin egilmä rugsat edilýän dartgynlylygy $[\sigma_e] = [p]$ diýip kabul edilýär. Iň ýönekeý dişli mufta 160-njy a suratda görkezilendir.

Ýarymmufta dişli tigr görnüşinde bolup, ýarymmuftalaryň birisiniň diş daşynda, beýlekisiniň diş bolsa içinde bolýar. Kulaçokly muftanyňky ýaly bu muftanyň hem ýarymmuftasy wal bilen gozganmaýan birikdirilen (160-njy a surat-sag), beýleki ýarymmufta (160-njy a surat-çep) walyň ugruna süýşýär, netijede bolsa, ýarymmufta we wal bilen ilişýän we ilişmedik ýagdaýynda bolýar.

160-njy b suratda dişli muftanyň has çylşyrymlyrak konstruksiýasy görkezilendir. Bu mufta 1 we 2 şesternýalaryň gezekme-gezek ilişmegi üçin hyzmat edýär. Mufta içi dişli gozganýan halkadan 3; gozganmaýan daşky dişli ýarymmuftadan 4; iki birmeňzeş gozganmaýan daşky dişli ýarymmuftadan 5 we 6 durýar.

Ýygy-ýygydan dişli we kulaçokly muftalary işletmek we işletmezlik zerur bolan ýagdaýynda urgyny we gohy azaltmak üçin sinchronizatorlar ulanylýar.

Dişli mufta üçin sinchronizatoryň ýönekeý konstruksiýasy 160-njy b suratda getirilen we iki konus muftadan durýar. 7 we 8 daşky gozganýan ýarymmuftalar halka 3 bilen birikdirilen 9 we 10 içki gozganmaýan ýarymmuftalar dişli muftanyň 5 we 6 ýarymmuftalary bilen bütewi ýerine ýetirilendir. Halka 3 ok boýunça süýşende şesternýanyň 4 üsti bilen otwodkadan (çykyndy) 9 we 10 konus ýarymmufta ok güýjünü geçirýär.

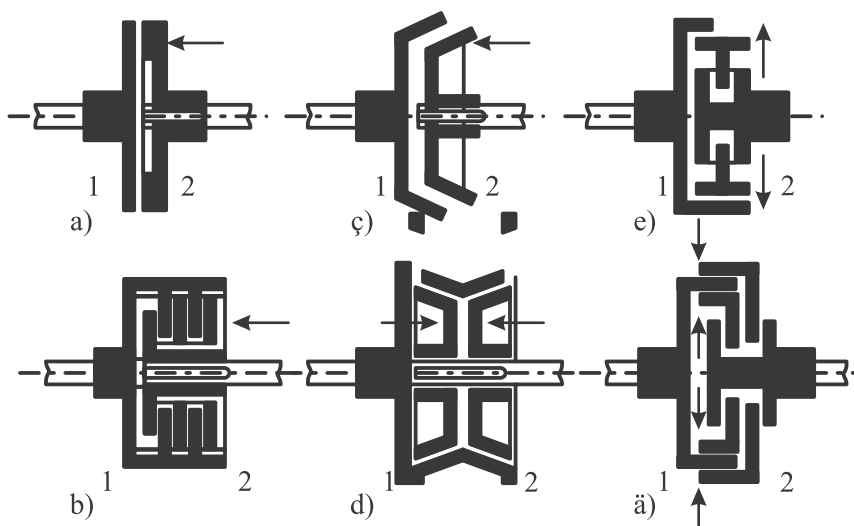


160-njy surat

Friksion muftanyň işleýşi birden başlanmaýar, endigan başlanýar, şonuň üçin hem dişli muftanyň ýarymmuftalarynyň burç tizlikleri deňleşýärler. Şondan soň halkanyň süýşmegi netijesinde dişli mufta işläp başlaýar.

3.20.5. Friksion (asinhron) muftalar

Dolandyryňan mehaniki muftalaryň iň giň ýaýrany friksion muftalardyr. Sebäbi bu muftalar bir waldan beýleki wala aýlaw hereketini örän endigan geçirýär. Wallary endigan ilişdirmek friksion muftalarda sürtülme güýjüň hasabyna amala aşyrylýar, sürtülme güýjüni bolsa, ýarymmuftalaryň detallarynyň gysma güýjüniň ululygyny üýtgetmek arkaly sazlap bolýar. Friksion muftalaryň shemasy 161-nji suratda görkezilen.

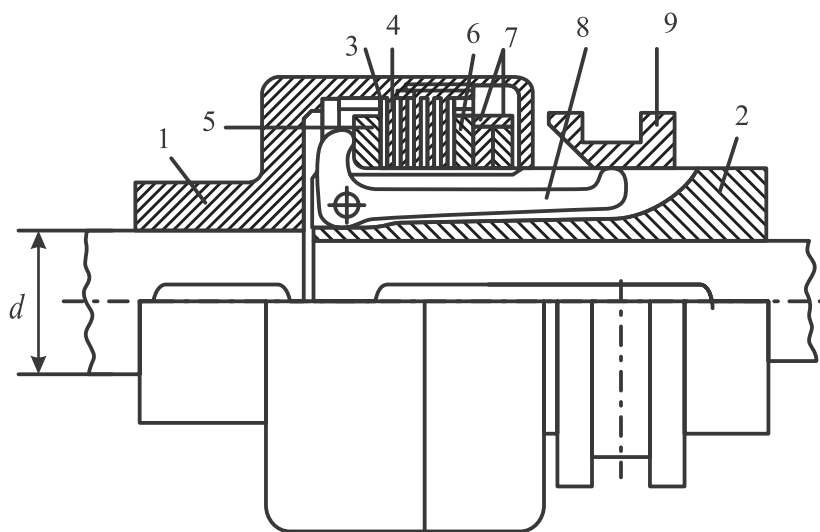


161-nji surat

Bu shemalarda ýarym mufta 1 gozganmaýan, ýarymmufta 2 bolsa doly gozganýandyr. İşleýän üstüniň şekili boýunça friksion muftalar dürli-dürli bolýarlar: diskaly (161-nji a, b suratlar), konusly (161-nji ç, d surat) silindrlil (161-nji e, ä surat).

Diskaly muftalar bir diskaly (161-nji a surat) we köp diskaly (161-nji b surat) muftalara bölünýärler. Konus muftalar bir konusla (161-nji ç surat) we iki konusla (161-nji d surat) bölünýärler. 161-nji suratda köp diskaly friksion mufta görkeilendir we bu muftalar giň ýaýran muftalara degişlidir.

Mufta işläp başlanda hemme diskler direg halkalaryň arasynda gysylýarlar, diskleriň biri gaýka direlýär, beýlekisi – işlemäge girizýän mehanizmiň ryçagyna. Netijede, diskleriň arasynda emele gelýän sürtülme güýjüniň täsirinden ýarymmuftalaryň ilişmesi we walyň mufta bilen birikmesi bolup geçýär.



162-nji surat

Muftanyň arasy açyk ýagdaýynda diskleriň arasynda boşluk bolýar. Diredg halkalaryň arasyndaky talap edilýän uzaklyk diredg gaýkanyň kömegi bilen sazlanyp amala aşyrylýar.

Diskleriň materialyna baglylykda friksion muftalar ýa disk ýag bilen ýaglanyp ýa-da gury ýaglanylman işleýär. Diski ýaglamaklyk iýilmäni azaltmak we işmäni gowulandyrmak üçin hyzmat edýär. 162-nji suratda görkezilen mufta ýag bilen işleýär. 25-nji tablisada friksion muftalaryň diskleriniň materiallarynyň utgaşmasy getirilendir.

Ilişýän disk bilen ýarymmuftanyň diskiniň arasyndaky sürtülmäni köpeltmek üçin asbest esasda friksion nakladkalar polat disklere berçinlenýär ýa-da ýelmenýär, metallokeramiki nakladkalar polat diskiň ýüzüne basyş astynda ýapmak arkaly ýerine ýetirilýär.

25-nji tablica

Diskiň materiallary	Sürtülme koeffi-siýenti, f	Rugsat edilýän basyş, $[p]$, kN/sm^2	
		birnäçe sürtülme üstli (diskli muftalar)	bir sürtülme üstli (konus we silindr muftalar)
Ýaglanylýan			
Suwlandyrylan polat suwlandyrylan polat boýunça	0,06	0,06...0,08	-
Çoýun çoýun boýunça ýa-da suwlandyrylan polat boýunça	0,08	0,06...0,08	0,1
Tekstolit polat boýunça	0,12	0,04...0,06	-
Metallokeramika suwlandyrylan polat boýunça	0,1	0,08	-

Gurulygyna			
Asbest esasynda preslenen material polat ýa-da çoýun boýunça	0,3	0,02...0,03	0,03
Metallokeramika suwlandyrylan polat boýunça	0,4	0,03	-
Çoýun çoýun boýunça ýa-da suwlandyrylan polat boýunça	0,15	0,02...0,03	0,03

Friksion köpdiskli muftalaryň hasaby, esasan hem, diskleriň işleýän üstleriniň iýilmäge durumlylygynyň barlag hasaby ýüze çykýan ululygy boýunça geçirilýär:

$$p = \frac{8\beta T}{\pi (D_d^2 - D_i^2) D_o f z} \leq [p], \quad (\text{XX.6})$$

bu ýerde $\beta = 1,25 \dots 1,5$ – ilişmäniň ätiýaçlyk koeffisiýenti; M – muftanyň geçirýän momenti; D_d – diskiň işleýän üstüniň daşky diametri; D_i – bu üstüň içki diametri; D_o – diskiň işleýän üstüniň orta diametri; f – diskleriň sürtülme koeffisiýenti; z – sürtülme üstleriň sany; p – diskiň işleýän üstüniň hasap basyşy; $[p]$ – diskler üçin rugsat edilýän basyş.

Diskleriň ok boýunça gysylma güýji aşakdaky deňlemä görä hasaplanylýar:

$$Q = \frac{2 \beta T}{D_o f z}.$$

Konus, kolodka silindr görnüşli we lentaly friksion muftalar häzirki wagtda çäkli ulanylýar. Maşyngurluşygyň aýratyn oblastlarynda aşakdaky friksion muftalar ulanylýar; elektromagnit diskli; elektromagnit poroşokly; pnevmatiki dolandyryjy diskli muftalar; gidrawliki dolandyryjy muftalar.

XXI BAP. BURUMLY GEÇIRIJILER

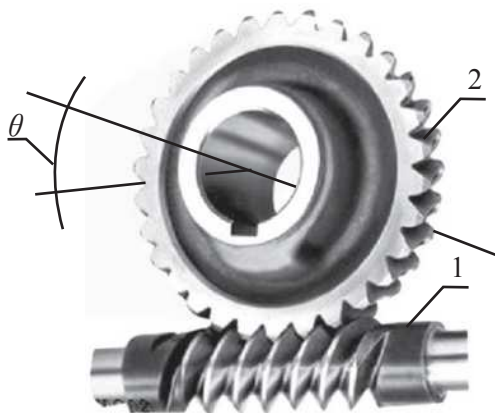
3.21.1. Umumy maglumatlar

Burumly geçirijiler gönüburç ($\theta = 90^\circ$) boýunça atanak ýerleşen wallarda, aýlaw hereketi geçirmek üçin ulanylýar (*163-nji surat*).

Adatça, eýerdiji burum, ýagny kelte trapeseidal görnüşli hyrly nurbat bolýar. Burum tigriniň jygy, burumyň jisimini ýeňletmek üçin ýaýa meňzeş görnüşde ýasalýar, bu bolsa işleme zonasynda degşirme çyzygyň uzynlygyny köpeldýär. Burumyň parametrleri indeks 1, tigriniň parametrleri bolsa indeks 2 bilen belleniýär.

Burumyň hyry bir ýa-da köp sarymly bolýar, şonuň ýaly-da sag ýa-da çep bolýar. In köp ýaýrany sag hyrly bolup sarym bilen girýän sany $z_1 = 1 \dots 4$ (ГОСТ 2144-

66 boýunça ülnüleşdirilendir). Burumly geçirijileriň artykmaçlyklary endigan we sessiz işleýär; ýygnaçly we konstruksiýanyň massasy uly däl, uly geçirijilik sanly (käwagtlar 1000-e çenli); özi togtaýan geçirijini almaklyk mümkinçiligi bar.



163-nji surat

Burumly geçirijileriň ýetmezçilikleri dişli tigr boýunça burum sarymynyň typmagy netijesinde pes P.T.K.; burum bilen tigriň işleme zonasynnda köp mukdarda gyzgynlygyň bölünip çykmagy; burum tigriniň jygyasy üçin gyt antifriksion materiallaryň ulanmak zerurlygy; iýilmäniň köplügi.

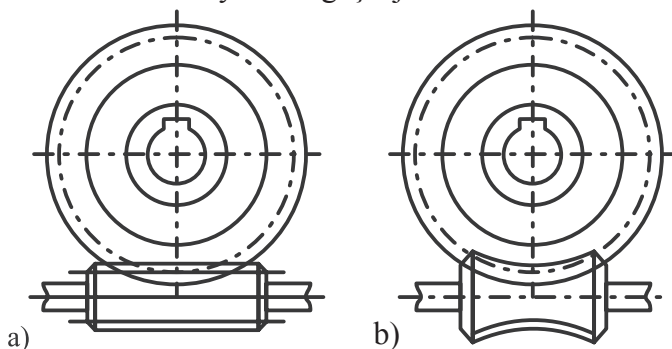
Burumly geçirijiler adatça uly bolmadyk kuwwaty (60 kWt çenli) geçirmek üçin ulanylýar.

Burumly geçirijiler göteriji-daşajy maşynlarda, trolleybuslarda, stanoklaryň bölüji enjamlarynda giňden ulanylýar.

Burumly geçirijileriň aşa gyzmaklygy bolmazlygy üçin periodiki işleýän geçirijilerde peýdalanylýar.

Burumyň daşky üstüniň şekiline baglylykda (164-nji surat), silindr we globoid burumlar bolýar. Globoid geçirijileriň ýokarlandyrylan P.T.K. ýokary ýük göterijilikli bolýar, ýöne ýasamagy çylşyrymly we ok ugra süýşmesine duýgur, ok ugra süýşmesi podşipnikleriň iýilmegine getirýär.

Biz bu ýerde silindr burumy bolan geçirijilere serederis.

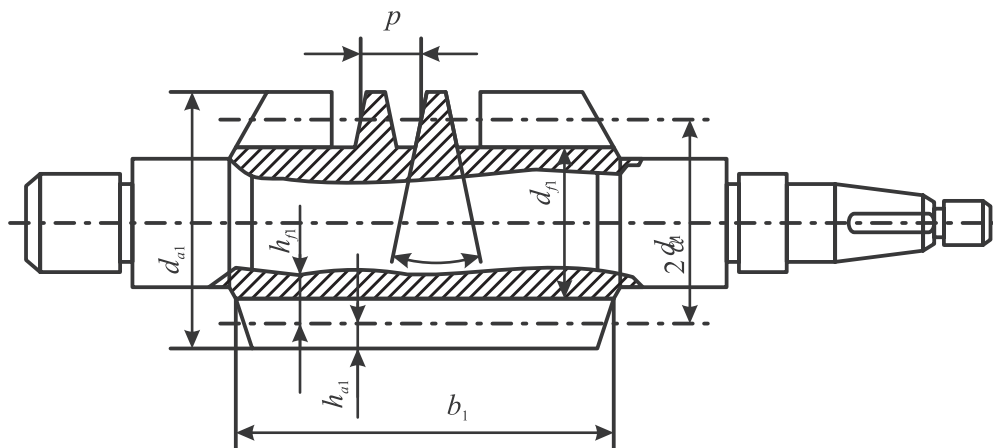


164-nji surat

3.21.2. Esasy geometrik gatnaşyklar

Burumyň we tigriň geometrik ölçegleri, dişli tigrileriň deňlemesi ýaly deňlemeler boýunça kesgitlenýär. Burum geçirijide burumyň ok moduly hasaplama moduly bolýar we bu modul tigriniň gyraky modulyna deň diýip kabul edilýär.

CT CЭB 267-76 ülnüler setiri boýunça modulyň hasaplama bahasy alynýar: 2; 2,5; 3; 15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20 mm.



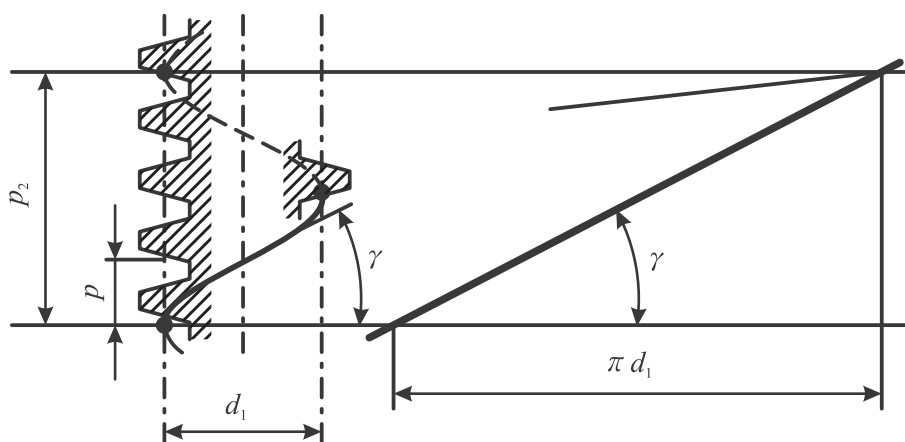
165-nji surat

Burumyň esasy geometrik ölçegleri (165-nji surat):
ok kesiminde sarymyň profiliniň burçy $2\alpha = 40^\circ$;

burumyň hasap ädimi $p = \pi m$, (XXI.1)

bu ýerden hasap modul $m = p/\pi$; burumyň çetki sarymlarynyň arasy
 $p_z = p t_z$, (XXI.2)

bu ýerde t_z – burumyň sarymlarynyň sany;



166-njy surat

Burumyň sarymynyň we tigriň dişiniň kellesiniň beýikligi (165-nji surat)

$$h_{a_1} = h_{a_2} = m.$$

Burumyň sarymynyň we tigriň dişiniň aýagynyň beýikligi

$$h_{f_1} = h_{f_2} = 1,2m.$$

Burumyň bölüji diametri $d_1 = qm$ (166-njy surat),
bu ýerde q – burumyň diametriniň koeffisiýenti, ýa-da burumyň bölüji diametri boýunça modulyň sany.

Burumyň diametriniň koeffisiýenti q , CTЭБ 267-76 boýunça alynýar: 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25.

Sarymyň çyzygynyň bölüji göterme burçy (166-njy surat)

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{T_z}{\pi d_1} = \frac{z_1}{q}. \quad (\text{XXI.3})$$

Sarymyň depesiniň diametri (166-nji surat)

$$d_{a_1} = d_1 + 2h_{a_1} = m(q + 2). \quad (\text{XXI.4})$$

Sarymyň çukanagynyň diametri $d_{f_1} = d_1 - 2h_{f_1} = m(q - 2,4). \quad (\text{XXI.5})$

Burum tigriň jygasyň esasy geometrik ölçegleri (165-nji surat).

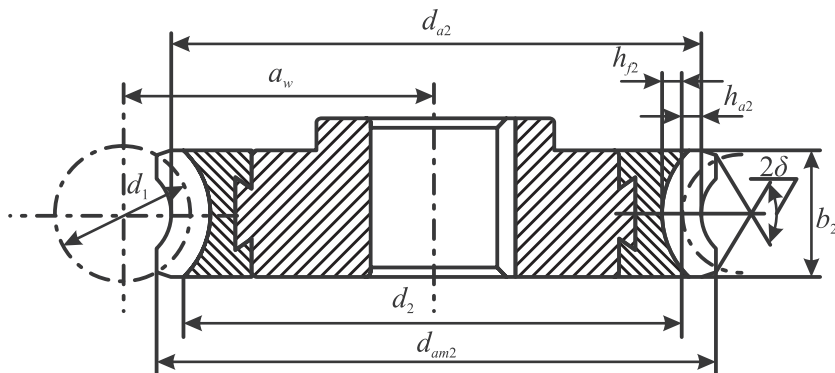
Burum tigriň bölüji diametri $d_2 = m z_2; \quad (\text{XXI.6})$

Dişin depesiniň diametri $d_{a_2} = m(z_2 + 2 + 2x); \quad (\text{XXI.7})$

Tigriň çukanagynyň diametri $d_{f_2} = m(z_2 - 2,4 + 2x); \quad (\text{XXI.8})$

Geçirijiniň okara aralygy $a_w = 0,5m(q + z_2 + 2x); \quad (\text{XXI.9})$

Burum tigriň in uly diametri $d_{am_2} \leq d_{a_2} + \frac{6m}{z_1 + 2}; \quad (\text{XXI.10})$



167-nji surat

Burum tigriň jygasyň ini burumyň sarymynyň depesiniň diametrine baglylykda alynýar:

– eger $z_1 = 1...2$ $b_2 \leq 0,75d_{a_1}, \quad (\text{XXI.11})$

– eger $z_1 = 4$ $b_2 \leq 0,67d_{a_1}, \quad (\text{XXI.12})$

– tigr bilen burumy gurşap alýan burçy $\sin \delta = \frac{\delta_2}{d_a - 0,5m}$.

Burumly geçirijiniň geçirijilik sany, burumyň bir aýlawynda, burumyň sarymynyň sanyna deň bolan, tigrň dişiniň sanyna deň bolan öwrülme şertinden kesgitlenilýär

$$u = \omega_1 / \omega_2 = z_2 / z_1 \quad (\text{XXI.14})$$

bu ýerde ω_1 we ω_2 – burumyň we tigriň burç tizligi;

z_1 we z_2 – burumyň sarymynyň sany we tigrň dişiniň sany.

Güýç geçirijilerde sarymyň sany $z_1 = 1; 2; 4$ ulanylýar.

CTCTƏB 311-76 boyunca burumly geçiriji üçün 12 takyklyk derejesi seredilendir. Güýç geçirijilerde in köp ulanylýany 7-nji ($V_t \leq 10m \cdot \bar{s}^{-1}$) we 8-nji ($V_t \leq 5m \cdot \bar{s}^{-1}$) takyklyk derejesi.

Burumyň sarymynyň sany geçirijilik sanyna u baglylykda kabul edilýär.

u 8...14 14...30 ýokary 30 ýokary

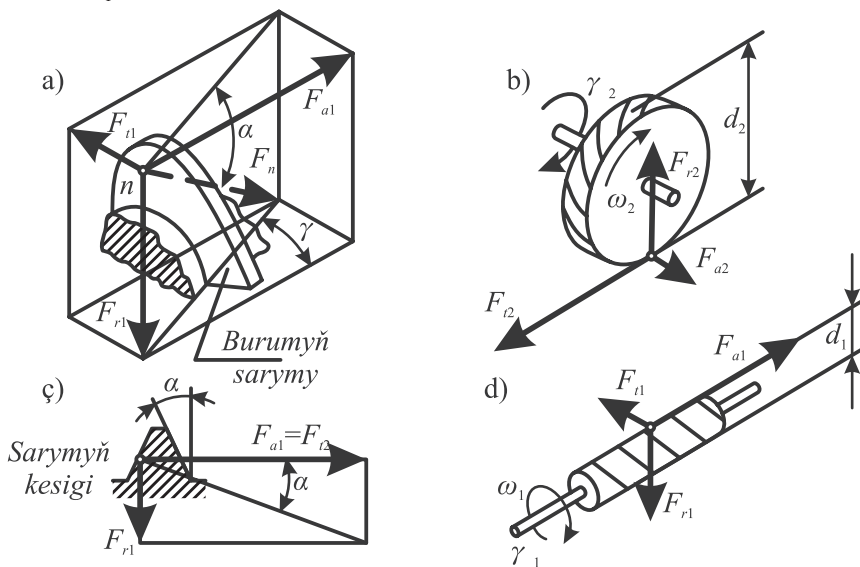
$$\mathbf{z}_1 \quad \quad \quad 4 \quad \quad \quad 1 \quad \quad \quad 1$$

Tigrin dişiniň sanyny $z_2 = 40 \dots 60$ aralykda kabul edilýär. Bu geçirijilerde geçirijilik sany $u = 10 \dots 80$ aralykda alynýar.

3.21.3. İlişmedäki güýçler

Burumly geçirijilerde hem dişli geçirijiler ýaly burumyň güýjüni bir diş kabul etmän, birnäçe dişler kabul edýär. Hasaby ýönekeýleşdirmek üçin burumyň we tigrin bir birine täsir güýjüni P_n burumyň sarymynyň işleýän üstüne normal boýunça işleme poýusuna goýlan bir ýere jemlenen güýç diýip kabul edýäris (*168-nji surat*).

Parallelepipedin düzgüni boyunca P_n güýji özara perpendikulýar ugur boyunca üç düzüjilere P_t , P_r , P_a dargadýarys.



168-nji surat

Burum tigriniň töwerekleýin güýji P_{t_2} san taýdan burumyň ok güýjüne P_{a_1} deň:

$$P_{t_2} = P_{a_1} = \frac{2T_2}{d_2}, \quad (\text{XXI.14})$$

bu ýerde M_2 – burum tigriniň aýlaw momenti.

Burumyň töwerekleýin güýji P_{t_1} san taýdan burum tigriniň ok güýjüne P_{a_2} deň:

$$P_{t_1} = P_{a_2} = \frac{2M_1}{d_1} = \frac{2T_2}{u \eta d_1} = \frac{P_{t_2} z_1}{q \eta}, \quad (\text{XXI.15})$$

M_1 – burumyň aýlaw momenti, η – geçirijiniň P.T.K.

Burumyň radial güýji P_{r_1} san taýdan tigriniň radial güýjüne deň (168-nji ç surat).

Burumyň we burum tigriniň ok güýjüniň ugry burumyň aýlawynyň ugruna, şeýle hem sarymyň çyzygynyň ugruna bagly. P_{r_2} ugry elmydama tigriniň aýlaw ugruna, P_{r_1} güýç bolsa, burumyň aýlaw ugrunyň gapma-garşy tarapyna ugrukdyrylandyr.

3.21.4. Burum jübütliginiň materiallary

Burumly geçirijilerde typma sürtülmäni azaltmak üçin burum jübütliginiň materialyny dürli-dürli edip saýlap alynýar.

Burum orta uglerodly 40, 45, 50 polatdan ýasalýar ýa-da 40X, 40XH kysymly legirlenen polatdan ýasalyp, soň bolsa, üst ýa-da göwrüm suwlandyrma bilen gyzdrylyp işlenilýär (HRC 45...53). Sarymyň iş üstleri ýylmanýar we timarlanýar.

Burum tigriniň dürli jygasy aglaba бүрүнчден ýasalýar, materialyny saýlamak bolsa typma tizligine V_t we işiň dowamlylygyna bagly bolýar. Ýokary typma tizlikde ($V_t = 5...25 \text{ m/s}$) we dowamly işlerde kysymy БрОФ 10-1, БрОНФ 10-1 gurşunly бүрүнч ulanylýar. Orta typma tizlikde ($V_t = 2...5 \text{ m/s}$) kysymy БрАЖ 9-4 alýuminli бүрүнч ulanylýar. Aşak typma tizlikde ($V_t < 2 \text{ m/s}$) burum tigrini ÇÇ 10, ÇÇ 15 we beýleki kysymly çal çöýundan ýasalýar.

Burum tigriniň jygasynyň materiallarynyň mehaniki häsiýetleri G. 8. getirilendir.

Talap edilýän typma tizligi aşakdaky empiriki deňleme esasynda kesgitlenýär

$$V_t = \frac{4,3 \omega_2 u}{10^3} \sqrt[3]{T_2}, \quad (\text{XXI.16})$$

bu ýerde $T_2 = N \cdot m$, $V_t = m/s$.

3.21.5. Berklige hasap

Burumly geçirijilerde burum tigriniň dişiniň berkligi, burumyň sarymynyň berkligine garanda az berkli we degşirme berkligine we egilmä hasap edilýär. Ähli burumly geçirijiler üçin degşirme dartgynlylygynyň hasaby esasy, egilme dartgynlylygynyň hasaby bolsa barlag üçin geçirilýär.

Ilişme zonasynda in uly degşirme dartgynlylygy Gersiň deňlemesi boýunça hasaplanylýar:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{E_{get}}{2\pi\sqrt{1-\mu^2}} \cdot \frac{q}{\rho_{get}}}, \quad (XXI.17)$$

bu ýerde E_{get} – burum jübütliginiň getirilen maýyşgaklyk moduly; $E_{get} = 2E_1E_2/(E_1 + E_2)$.

Polat burum üçin $E_1 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ kN/sm}^2$; bürünç ýa-da çöýun tigr üçin $E_2 = 0,98 \cdot 10^4 \text{ kN/sm}^2$;

μ – Puassonyň koeffisiýenti; q – degşirme çyzygynyň uzynlyk birligine getirilen normal ýüklenme. Burum we tigr wallarynyň, şeýle hem podşipnikleriň we geçirijiniň korpusynyň deformasiýasy esasynda bu güýç endigan ýaýran bolmaýar:

$$q = P_n/l_\Sigma, \quad (XXI.18)$$

P_n – ilişme polýusynda burum tigriniň dişiniň we burum sarymynyň üstüne normal goýlan ýüklenme, 167-nji a suratdan:

$$P_n = \frac{P_{t_2}}{\cos \alpha \cdot \cos \gamma}, \quad (XXI.19)$$

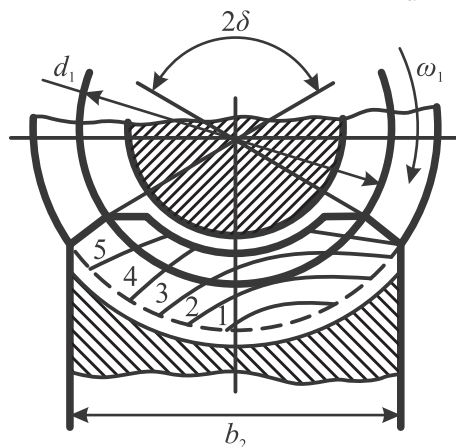
l_Σ – burumly geçirijide ilişmâniň degşirme çyzygynyň jeminiň uzynlygy.

169-njy surat boýunça bir degşirme çyzygynyň uzynlygy burumy bölüji diametrine we gurşap alýan burçuna göni proporsional.

Degşirme çyzygynyň uzynlyklarynyň jemi aşakdaky deňleme esasynda kesgitlenýär:

$$l_\Sigma = \frac{\pi d_1}{\cos \gamma} \cdot \frac{2\delta}{360} \cdot \xi \varepsilon_\alpha, \quad (XXI.20)$$

bu ýerde γ – sarymyň göterme (podýom) burçy, ξ – degşirme çyzygynyň uzynlyklarynyň jeminiň üýtgemeginiň minimal koeffisiýenti; ε_α – örtülme koeffisiýenti.



169-njy surat

Eger $\zeta = 0,75$, $2\delta = 100^\circ$, $\varepsilon_\alpha = 1,8 \dots 2,2$ bolanda, degşirme çyzygynyň uzynlygy
 $l_\Sigma = 1,3d_1 / \cos \gamma$.

$$\text{Ýerine goýup alarys } q = \left[\frac{P_{t_2}}{1,3d_1 \cos \alpha} \right] K, \quad (\text{XXI.21})$$

bu ýerde K – ýüklenme koeffisiýenti; ρ_{get} – işleme polýusynda burumyň sarymynyň we tigriň dişiniň egriligiň getirilen radiusy.

Ok kesiginde burumyň sarymynyň profili gönüçyzykly, şonuň üçin burum jübütliginiň getirilen egrilik radiusy işleme polýusynda burum tigriniň dişiniň profiliniň egrilik radiusyna deň:

$$\rho_{\text{get}} = \rho_2 = (d_2/2) \sin \alpha.$$

E_{get} , μ , q , ρ_{get} Gersiň formulasyna goýup we $\alpha = 20^\circ$ kabul edip degşirme dartgynlyk boýunça burumly geçirijiniň hasap üçin barlag deňlemesini alarys:

$$\sigma_H = 340 \cdot 10^3 \sqrt{[P_{t_2} / (d_1 d_2)]} \leq [\sigma]_H, \quad (\text{XXI.22})$$

bu ýerde σ_H – işleme polýusynda tigriň dişiniň we burumyň sarymynyň üsti üçin degşirme dartgynlyk, Pa (Paskal); $d_1 d_2$ – burumyň we tigriň diametri, m ; M_2 – burum tigrindäki aýlaw moment, $N \cdot m$.

Burumly geçirijiler endigan we sessiz işleýärler, şonuň üçin goşmaça döreýän dinamiki ýüklenme uly däl. Burum sarymyna tigriň dişiniň gowy oturmagy (prirabotka) ýüklenmäniň konsentrasiýasyny ep-esli aşakladýar.

Kanagatlanarly takyk ýasalanda we hemişelik ýüklenmede kabul edilýär: $K = 1 - V_2 \leq 3 \text{ m/s}$, $K = 1,1 \dots 1,3 - V_2 > 3 \text{ m/s}$, V_2 – tigriň töwerekleýin tizligi (XXI.22) deňlemdäki $d_1 = mz_1$, $d_2 = mz_2$, $m = 2 a_w / (z_2 + q)$ bahalary çalşyp we burumyň gatylyk şertini $q = z_2/4$ we $k = 1$ kabul edip, burumly geçirijiniň taslama hasabynyň deňlemesini alarys:

$$a_w \geq 6100 \sqrt{T_2 / [\sigma]_H^2}, \quad (\text{XXI.23})$$

bu ýerde α_w – okara aralyk, m , $T_2 - N \cdot m$, $[\sigma]_H - Pa$.

Okara aralygyň hasaplanyp çykarylan bahasy ГОСТ 2144-76 boýunça tegeklelenýär.

Burum tigriniň dişiniň egilmä hasaby silindrik gyýa dişli tigriniň dişiniň hasabyna meňzeşdir. Dişin şekiliniň duga görnüşli bolmagy netijesinde burum tigriniň dişiniň berkligi takmynan 40% gyýa dişli tigriň dişiniň berkligiden ýokary.

Silindrik gyýa dişli tigrileriň egilmä hasabyna düzedişler we ýönekeýleşdirmeler girizilýär. Burumly işlemede koeffisiýent $Y_\varepsilon = 1 / (\xi \varepsilon_\alpha) = 1 / (0,75 \cdot 1,8) = 0,74$, sarymyň çyzygynyň göterme burçy $\gamma = 10^\circ$, koeffisiýent $Y_\beta = 1 - \gamma / 140^\circ = 1 - 10^\circ / 140^\circ = 0,93$ kabul edip burumly geçirijileriň egilme dartgynlygynyň barlagy üçin hasap deňlemesini alarys:

$$\sigma_F = 0,7 Y_{F_2} \frac{P_{t_2}}{b_2 m} k \leq [\sigma]_F,$$

bu ýerde σ_F – burum tigriniň dişiniň howply kesiginde egilmä hasap dartgynlylygy; Y_{F_2} – tigriniň dişiniň şekiliniň koeffisiýenti, dişiň ekwiwalent sanyna Z_{V_2} görä saýlanýar:

Z_{V_2}	26	28	30	32	35	37	40	45
Y_{F_2}	1,85	1,80	1,76	1,71	1,64	1,61	1,55	1,48

Z_{V_2}	50	60	80	100	150	300
Y_{F_2}	1,45	1,40	1,34	1,30	1,27	1,24

Burum tigriniň dişi γ burç boýunça ýapgytlanan, gyýa dişli tigr bilen meňzeşlikde

$$Z_{V_2} = Z_2 / \cos^2 \gamma . \quad (\text{XXI.25})$$

3.21.6. Burumly geçirijileriň ýylylyga hasaplanyşy

Burumly geçirijiler işlände köp mukdarda ýylylyk bölünip çykýar. Sürtülmä ýitirilen kuwwat $(1 - \eta) N_1$ ýylylyga öwrülýär we korpustyň diwaryndan bu ýylylyk daşky gurşawa geçirilýär. Eger ýylylyk çykarylmany ýeterlik bolmasa, geçiriji aşa gyzýar. Aşagyzmada ýagyň ýaglaýyş häsiýeti çürt-kesik ýaramazlaşýar (onuň şepbeşikligi gaçýar) we owranma howplylygy ýüze çykýar, bu bolsa geçirijiniň hatardan çykmagyna getirýär.

Burumly geçirijiniň ýylylyga hasaby ýylylyk balansy esasynda geçirilýär, ýagny ýylylyk çykarmagyň Q_ζ we ýylylyk geçirmegiň deňligi.

Üznüksiz işleýän geçirijiniň bir sekuntda bölünip çykýan ýylylygynyň mukdary

$$Q_\zeta = (1 - \eta) N_1 ,$$

bu ýerde η – burumly geçirijiniň P.T.K; N_1 – burumyň geçirýän kuwwaty, Wt ;

$$N_1 = T_2 \omega_2 / \eta$$

bu ýerde $T_2 - N \cdot m$; $\omega_2 - rad/s$.

Bir sekuntda korpustyň daşky üsti bilen bölünip çykýan ýylylygynyň mukdary:

$$Q_d = K_y (t_h - t_y) A ,$$

bu ýerde A – ýagyň korpustyň içini ýuwyýan, howanyň korpustyň daşynyň üstüniň meýdany, m^2 ; t_h – daşky howanyň temperaturasy; köp şertlerde $t_h = 20^\circ C$; t_y – geçirijiniň korpustyndaky ýagyň temperaturasy; K_y – ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti. Reduktoryň korpustyň materialyna we howanyň sirkulýasiýasynyň tizligine bagly. Çoýun korpus üçin $K_y = 9 \dots 17 \text{ } wt/m^2 \cdot ^\circ C$ kabul edilýär.

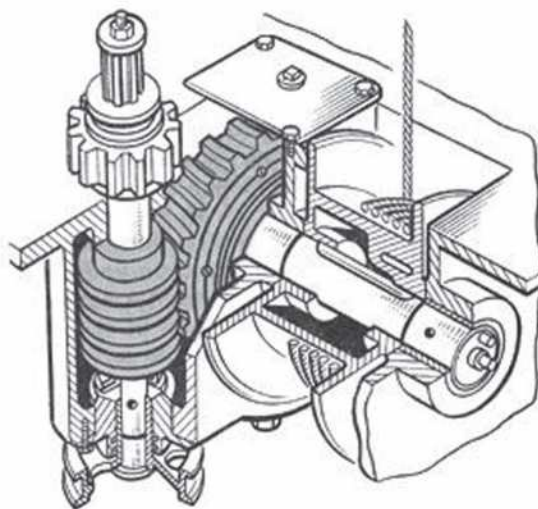
Ýylylyk balansynyň şerti boýunça $Q_\zeta = Q_d$,

$$\dot{q}_{\text{yagny}} (1-\eta) N_1 = K_y (t_h - t_y) A,$$

$$\text{bu ýerden } t_y = t_h + (1-\eta) N_1 / (K_y A) \leq [t_y]. \quad (\text{XXI.26})$$

$[t]_y$ bahasy ýagyň kysymyna bagly, adatça, $[t]_y = 80 \dots 95^\circ\text{C}$ kabul edilýär.

Eger hasapda $t_y > [t]_y$ bolsa, onda sowadyjy gapyrgalar ulanyp sowadyjy üstüň meýdanyny A köpeltmek (hasapda gapyrganyň meýdanynyň 50 göterimi hasaba alynýar) ýa-da korpusa wentilýatoryň kömegi bilen howany üflemeň ýoly bilen ýagyň temperaturasyny peseltmek amala aşyrylýar (170-nji surat).



170-nji surat

GOŞMAÇALAR

Töwerek boýunça çyzylan oklary bolan steržende we halkalarda güýçleri we ornuny üýtgetmeleri kesgitlemekde gabat gelýän kesgitli integrallaryň bahalary

G. 1-nji tablisa

№	$f(\beta)$	$\int_0^\alpha f(\beta) d\beta$
1	2	3
1.	$\sin\beta$	$1-\cos\alpha$
2.	$\cos\beta$	$\sin\alpha$
3.	$\sin^2\beta$	$\frac{1}{4}\sin 2\alpha + \frac{1}{2}\alpha$
4.	$\cos^2\beta$	$\frac{1}{4}\cos 2\alpha + \frac{1}{2}\alpha$
5.	$\sin^3\beta$	$\frac{1}{12}\cos 3\alpha - \frac{3}{4}\cos \alpha + \frac{2}{3}$
6.	$\cos^3\beta$	$\frac{1}{12}\sin 3\alpha + \frac{3}{4}\sin \alpha$
7.	$\beta\sin\beta$	$\sin\alpha - \alpha\cos\alpha$
8.	$\beta\cos\beta$	$\cos\alpha + \alpha\sin\alpha$
9.	$\beta^2\sin\beta$	$2\alpha\sin\alpha - (\alpha^2-2)\cos\alpha - 2$
10.	$\beta^2\cos\beta$	$2\alpha\cos\alpha + (\alpha^2-2)\sin\alpha$
11.	$\beta\sin^2\beta$	$\frac{1}{4}\alpha^2 - \frac{1}{4}\alpha\sin 2\alpha - \frac{1}{8}\cos 2\alpha + \frac{1}{8}$
12.	$\beta\cos^2\beta$	$\frac{1}{4}\alpha^2 - \frac{1}{4}\alpha\sin 2\alpha - \frac{1}{8}\cos 2\alpha + \frac{1}{8}$

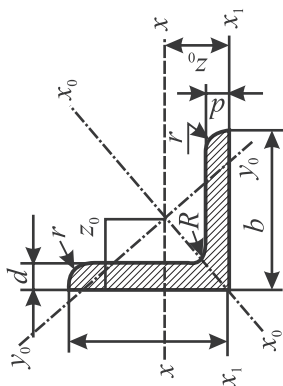
1	2	3
13.	$\sin\beta\cos\beta$	$\frac{1}{2}\sin^2\alpha$
14.	$\sin\beta\cos^2\beta$	$\frac{1}{3}(1-\cos^3\alpha)$
15.	$\sin^2\beta\cos\beta$	$\frac{1}{3}\sin^3\alpha$
16.	$\sin^2\beta\cos^2\beta$	$\frac{1}{8}\alpha - \frac{1}{32}\sin 4\alpha$
17.	$\sin 2\beta$	$\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\cos 2\alpha$
18.	$\cos 2\beta$	$\frac{1}{2}\sin 2\alpha$
19.	$\beta\sin 2\beta$	$\frac{1}{4}\sin 2\alpha - \frac{1}{2}\alpha\cos 2\alpha$
20.	$\beta\cos 2\beta$	$\frac{1}{4}\cos 2\alpha + \frac{1}{2}\alpha\sin 2\alpha - \frac{1}{4}$
21.	$\cos(\alpha - \beta)$	$1 - \cos 2\alpha$
22.	$\sin(\alpha - \beta)$	$1 - \sin\alpha$
23.	$\sin\beta\sin(\alpha - \beta)$	$\frac{1}{2}\sin\alpha - \frac{1}{2}\alpha\cos\alpha$
24.	$\sin\beta\cos(\alpha - \beta)$	$\frac{1}{2}\alpha\sin\alpha$
25.	$\cos\beta\sin(\alpha - \beta)$	$\frac{1}{2}\alpha\sin\alpha$
26.	$\cos\beta\cos(\alpha - \beta)$	$\frac{1}{2}\sin\alpha + \frac{1}{2}\alpha\cos\alpha$

Merkezi gysylan elementleriň boý egilme koeffisiýenti (φ) [8]

G. 2-nji tablisa

Çeýelik, λ	Polat 1, 2, 3, 4	Polat 5	Ýokary hilli polat $\sigma_a \geq 320$ MPa	Çoýun	Agaç
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	0.99	0.98	0.97	0.97	0.99
20	0.96	0.95	0.95	0.91	0.97
30	0.94	0.92	0.91	0.81	0.93
40	0.92	0.89	0.87	0.69	0.87
50	0.89	0.86	0.83	0.57	0.80
60	0.86	0.82	0.79	0.44	0.71
70	0.81	0.76	0.72	0.34	0.60
80	0.75	0.70	0.65	0.26	0.48
90	0.69	0.62	0.55	0.20	0.38
100	0.60	0.51	0.43	0.16	0.31
110	0.52	0.43	0.35	-	0.25
120	0.45	0.37	0.30	-	0.22
130	0.40	0.33	0.26	-	0.18
140	0.36	0.29	0.23	-	0.16
150	0.32	0.26	0.21	-	0.14
160	0.29	0.24	0.19	-	0.12
170	0.26	0.21	0.17	-	0.11
180	0.23	0.19	0.15	-	0.10
190	0.21	0.17	0.14	-	0.09
200	0.19	0.16	0.13	-	0.08

Prokat polatdan deňgapdally (rawnobokiý) burçluk
(ГОСТ 8509-72)



G. 3-nji tablisa

Ölçegler		Profilin meýdany, A		1 m ugolyňň agramy		Oklar üçin sprawoçnik ululyklary							
b		D				x-x		x ₀ -x ₀		y ₀ -y ₀		X _I -x _I	z ₀
						I _x	i _x	I _{x_{0max}}	I _{x_{0max}}	I _{x_{0min}}	I _{x_{0min}}	I _{x_I}	
Mm		sm ²		kg		sm ⁴	sm	sm ⁴	sm	sm ⁴	sm	sm ⁴	sm
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13
	3		2.96	2.32		7.11	1.55	11.3	1.95	2.95	1.00	12.4	1.33
	4	3.89	3.05		9.21	1.54	14.6	1.94	3.80	0.99	16.6	1.38	
	5	4.80	3.77		11.2	1.53	17.8	1.92	4.63	0.98	20.9	1.42	
5	3.5		3.86	3.03		11.6	1.73	18.4	2.18	4.80	1.12	20.3	1.50
	4	4.38	3.44		13.40	1.73	20.8	2.18	5.41	1.11	23.3	1.52	
	5	5.41	4.25		16.0	1.72	25.4	2.16	6.59	1.10	29.2	1.57	
	56												

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6.3	63	4	4.96	3.96	18.9	1.95	29.9	2.45	7.81	1.25	33.1	1.69
		5	6.13	4.81	23.1	1.94	36.6	2.44	9.52	1.25	41.5	1.74
		6	7.28	5.72	27.1	1.93	42.9	2.43	11.2	1.24	50.0	1.78
		4.5	6.20	4.87	29.0	2.16	46.0	2.72	12.0	1.39	51.0	1.88
7	70	5	6.86	5.38	31.9	2.16	50.7	2.72	13.2	1.39	56.7	1.90
		6	8.15	6.39	37.6	2.15	59.6	2.71	15.5	1.38	68.4	1.94
		7	9.42	7.39	43.0	2.14	68.2	2.69	17.8	1.37	80.1	1.99
		8	10.7	8.37	48.2	2.13	76.4	2.68	20.0	1.37	91.9	2.02
7.5	75	5	7.39	5.80	39.5	2.31	62.6	2.91	16.4	1.49	69.6	2.02
		6	8.78	6.89	46.6	2.30	73.9	2.90	19.3	1.48	83.9	2.06
		7	10.1	7.96	53.3	2.29	84.6	2.89	22.1	1.48	98.3	2.10
		8	11.5	9.02	59.8	2.28	94.6	2.87	24.8	1.47	113	2.15
8	80	9	12.8	10.1	66.1	2.27	105	2.86	27.5	1.46	127	2.18
		5.5	8.63	6.78	52.7	2.47	83.6	3.11	21.8	1.59	93.2	2.17
		6	9.38	7.36	57.0	2.47	90.4	3.11	23.5	1.58	102	2.19
		7	10.8	8.51	65.3	2.45	104	3.09	27.0	1.58	119	2.23
9	90	8	12.3	9.65	73.4	2.44	116	3.08	30.3	1.57	137	2.27
		6	10.6	8.33	82.1	2.78	130	3.50	34.0	1.79	145	2.43
		7	12.3	9.64	94.3	2.77	150	3.49	38.9	1.78	169	2.47
		8	13.9	10.9	106	2.76	168	3.48	43.8	1.77	194	2.51
		9	15.6	12.2	118	2.75	186	3.46	48.6	1.77	219	2.55

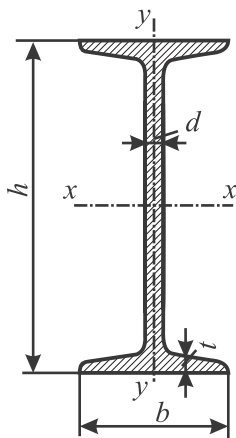
G. 3-nji tablisanýň dowamy

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	100	6.5	12.8	10.1	122	3.09	1.93	3.88	50.7	1.99	214	2.68
		7	13.8	10.8	131	3.08	207	3.88	54.2	198	231	2.71
		8	15.6	12.2	147	3.07	233	3.87	60.9	198	265	2.75
		10	19.2	15.1	179	3.05	284	3.84	74.1	196	333	2.83
		12	22.8	17.9	209	3.03	331	3.81	86.9	195	402	2.91
		14	26.3	20.6	237	3.00	375	3.78	99.3	194	472	2.99
11	110	16	29.7	23.3	264	2.98	416	3.74	112	1.94	542	3.06
		7	15.2	11.9	176	3.40	279	4.29	72.7	2.19	308	2.96
		8	17.2	13.5	198	3.39	315	4.28	81.8	2.18	353	3.00
12.5	12.5	8	19.7	15.5	294	3.87	467	4.87	122	2.49	516	3.36
		9	22.0	17.3	327	3.86	520	4.86	135	2.48	582	3.40
		10	24.3	19.1	360	3.85	571	4.84	149	2.47	649	3.45
		12	28.9	22.7	422	3.82	670	4.82	174	2.46	782	3.53
		14	33.4	26.2	482	3.80	764	4.78	200	2.45	916	3.61
		16	37.8	29.6	539	3.78	853	4.75	224	2.44	1051	3.68
14	140	9	24.7	19.4	466	4.34	739	5.47	192	2.79	818	3.78
		10	27.3	21.5	512	4.33	814	5.46	211	2.78	911	3.82
		12	32.5	25.5	602	4.31	957	5.43	248	2.76	1097	3.90

G. 3-*nji* tablisanyň dowamy

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	160	10	31.4	24.7	774	4.96	1229	6.25	319	3.19	1356	4.30
		11	34.4	27.0	844	4.95	1341	6.24	348	3.18	1494	4.35
		12	37.4	29.4	913	4.94	1450	6.23	376	3.17	1633	4.39
		14	43.3	34.0	1046	4.92	1662	6.20	4.31	3.16	1911	4.47
		16	49.1	38.5	1175	4.89	1866	6.17	485	3.14	2191	4.55
		18	54.8	43.0	1299	4.87	2061	6.13	537	3.13	2472	4.63
		20	60.4	47.4	1419	4.85	2248	6.10	589	3.12	2756	4.70
18	180	11	38.8	30.5	1216	5.60	1933	7.06	500	3.59	2128	4.85
20	200	12	42.2	33.1	1317	5.59	2093	7.04	540	3.58	2324	4.89
		12	47.1	37.0	18.23	6.22	2896	7.84	749	3.99	3182	5.37
		13	50.9	39.9	1961	6.21	3116	7.83	805	3.98	3452	5.42
		14	54.6	42.8	2097	6.20	3333	7.81	8.61	3.97	3722	5.46
		16	62.0	48.7	2363	6.17	3755	7.78	970	3.96	4264	5.54
		20	76.5	60.1	2871	6.12	4560	7.72	1182	3.93	5355	5.70
		25	94.3	74.0	3466	6.06	5494	7.63	1438	3.91	6733	5.89
22	220	30	111.5	87.6	4020	6.00	6351	7.55	1688	3.89	8130	6.07
		14	60.4	47.4	2814	6.83	4470	8.60	1159	4.38	4941	5.93
		16	68.6	53.8	3175	6.81	5045	8.58	1306	4.36	5661	6.02
		16	78.4	61.5	4717	7.76	7492	9.78	1942	4.98	8286	6.75
		18	87.7	68.9	5247	7.73	8337	9.75	2158	4.96	9342	6.83
		20	97.0	76.1	5765	7.71	9160	9.72	2370	9.94	10401	6.91
		22	106.1	83.3	6270	7.69	9961	9.69	2579	4.93	11464	7.00
25	250	25	119.7	94.0	7006	7.65	11125	9.64	2887	4.91	13064	7.11
		28	133.1	104.5	7717	7.61	12244	9.59	3190	4.89	14674	7.23
		30	142.0	111.4	8177	7.59	12965	9.56	3389	4.89	15753	7.31

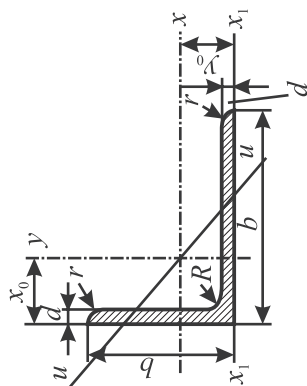
Ikitawraly balkalar (ГОСТ 8239-72)



G. 4-nji tablisa

Profil №	Ölçeğleri				Kesigiň meýdany	I_x	W_x	i_x	S_x	I_y	W_y	i_x	1 metrin massasy
	H	B	d	t									
	mm												
10	100	55	4.5	7.2	12	198	39.7	4.06	23	17.9	6.49	1.22	9.46
12	120	64	4.8	7.3	14.7	350	58.4	4.88	33.7	27.9	8.72	1.38	11.5
14	140	73	4.9	7.5	17.4	572	81.7	5.73	46.8	41.9	11.5	1.55	13.7
16	160	81	5	7.8	20.2	873	109	6.57	62.3	58.6	14.5	1.7	15.9
18	180	90	5.1	8.1	23.4	1290	143	7.42	81.4	82.6	18.4	1.88	18.4
18a	180	100	5.1	8.3	25.4	1430	159	7.51	89.8	114	22.8	2.12	19.9
20	200	100	5.2	8.4	26.8	1840	184	8.28	104	115	23.1	2.07	21
20a	200	110	5.2	8.6	28.9	2030	203	8.37	114	155	28.2	2.32	22.7
22	220	110	5.4	8.7	30.6	2550	232	9.13	131	157	28.6	2.27	24
22a	220	120	5.4	8.9	32.8	2790	254	9.22	143	206	34.3	2.5	25.8
24	240	115	5.6	9.5	34.8	3460	289	9.97	163	198	34.5	2.37	27.3
24a	240	125	5.6	9.8	37.5	3800	317	10.1	178	260	41.6	2.63	29.4
27	270	125	6	9.8	40.2	5010	371	11.2	210	260	41.5	2.54	31.5
27a	270	135	6	10.2	43.2	5500	407	11.3	229	337	50	2.8	33.9
30	300	135	6.5	10.2	46.5	7080	472	12.3	268	337	49.9	2.69	36.5
30a	300	145	6.5	10.7	49.9	7780	518	12.5	292	436	60.1	2.95	39.2
33	330	140	7	11.2	53.8	9840	597	13.5	339	419	59.9	2.79	42.2
36	360	145	7.5	12.3	61.9	13380	743	14.7	423	516	71.1	2.89	48.6
40	400	155	8.3	13	72.6	19062	953	16.2	545	667	86.1	3.03	57
45	450	160	9	14.2	84.7	27696	1231	18.1	708	808	101	3.09	66.5
50	500	170	10	15.2	100	39727	1589	19.9	919	1043	123	3.23	78.5
55	550	180	11	16.5	118	55962	2035	21.8	1181	1356	151	3.39	92.6
60	600	190	12	17.8	138	76806	2560	23.6	1494	1725	182	3.54	108

Prokat polatdan ýasalan deň gapdally burçluk
(ГОСТ – 8510-72)



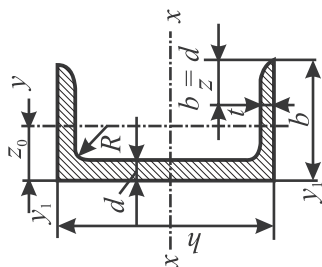
G. 5-nji tablisa

Profil №	Ölçegleri			A profilň meýdany	Im ugologyň agramy	x-x		y-y		x-x ₁		y-y ₁		u-u		
	B	B	D			I _x	i _x	I _y	i _y	I _{x₁}	Agrylyk merke- zinden ugologyň merkezine glenli aralyk	I _{y₁}	Agrylyk merke- zinden ugologyň merkezine glenli aralyk	I _u min	i _u min	Okunň ýapgyt burçy, tga
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6.33/ 4.0	63	40	4	4.04	3.17	16.3	2.01	5.16	1.13	33.0	2.03	8.51	0.91	3.07	0.87	0.397
			5	4.98	3.91	19.9	2.00	6.26	1.12	41.4	2.08	10.8	0.95	3.72	0.86	0.396
			6	5.90	4.63	23.3	1.99	7.28	1.11	49.9	2.12	13.1	0.99	4.36	0.86	0.393
			8	7.68	6.03	29.6	1.96	9.15	1.09	66.9	2.20	17.9	1.07	5.58	0.85	0.386
7/4.5	70	45	4.5	5.07	3.98	25.3	2.23	8.25	1.28	51	2.25	13.6	1.03	4.88	0.98	0.407
			5	5.59	4.39	27.8	2.23	9.05	1.27	56.7	2.28	15.2	1.05	5.34	0.98	0.406
7.5/5	75	50	5	6.11	4.79	34.8	2.39	12.5	1.43	69.7	2.39	20.8	1.17	7.24	1.09	0.436
			6	7.25	5.69	40.9	2.38	14.6	1.42	83.9	2.44	25.2	1.21	8.48	1.08	0.435
			8	9.47	7.43	52.4	2.35	18.5	1.40	112	2.52	34.2	1.29	10.9	1.07	0.430

G. 5-nji tablisanıň dowamy

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8/5	80	50	5	6.36	4.99	41.6	2.56	12.7	1.41	84.6	2.6	20.8	1.13	7.58	1.09	0.387
			6	7.55	5.92	49.0	2.55	14.8	1.40	102	2.65	25.2	1.17	8.88	1.08	0.386
9/5.6	90	56	5.5	7.86	6.17	65.3	2.88	19.7	1.58	132	2.92	32.2	1.26	11.8	1.22	0.384
			6	8.54	6.70	70.6	2.88	21.2	1.58	145	2.95	35.2	1.28	12.7	1.22	0.384
			8	11.18	8.77	90.9	2.85	27.1	1.56	194	3.04	47.8	1.36	16.3	1.21	0.38
10/6.3	100	63	6	9.59	7.53	98.3	3.2	30.6	1.79	198	3.23	49.9	1.42	18.2	1.38	0.393
			7	11.1	8.70	113	3.19	35.0	1.78	232	3.28	58.7	1.46	20.8	1.37	0.392
			8	12.6	9.87	127	3.18	39.2	1.77	266	3.32	67.6	1.50	23.4	1.36	0.391
			10	15.5	12.1	154	3.15	47.1	1.75	333	3.40	85.8	1.58	28.3	1.35	0.387
11/7	110	70	6.5	11.4	8.98	142	3.53	45.6	2	286	3.55	74.3	1.58	26.9	1.53	0.402
			7	12.3	9.64	152	3.52	48.7	1.99	309	3.57	80.3	1.6	28.8	1.53	0.402
			8	13.9	10.9	172	3.51	54.6	1.98	353	3.61	92.3	1.64	32.3	1.52	0.400
12.5/8	125	80	7	14.1	11	227	4.01	73.7	2.29	452	4.01	119	1.8	43.4	1.76	0.407
			8	16	12.5	256	4	83.0	2.28	518	4.05	137	1.84	48.8	1.75	0.406
			10	19.7	15.5	312	3.98	100	2.26	649	4.14	173	1.92	9.3	1.74	0.404
			12	23.4	18.3	365	3.95	117	2.24	781	4.22	210	2	69.5	1.72	0.400
14/9	140	90	8	18	14.1	364	4.49	120	2.58	727	4.49	194	2.03	70.3	1.98	0.411
			10	22.2	17.5	44	4.47	146	2.56	911	4.58	245	2.12	85.5	1.96	0.409
16/10	160	100	9	22.9	18	606	5.15	186	2.85	1221	5.19	330	2.23	110	2.2	0.391
			10	25.3	19.8	667	5.13	204	2.84	1359	5.23	335	2.28	121	2.19	0.390
			12	30	23.6	784	5.11	239	2.82	1634	5.32	405	2.36	142	2.18	0.388
			14	34.7	27.3	897	5.08	272	2.8	1910	5.40	477	2.43	162	2.16	0.385

Şweller (ГОСТ-8240-72)



G.6-njy tablisa

Profil №	Q	Ölçegleri				A	x-x					y-y z ₀			z ₀	
		H	b	d	t		I _x sm ⁴	W _x sm ³	i _x sm	S _x sm ³	I _y sm ⁴	W _y sm ³	i _y sm			
	kg	mm				sm ²										
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14	15	
5	4.8	50	32	4.4	7.0	6.16		22.8	9.1	1.92	5.59	5.61	2.75	0.954	1.16	
6.5	5.90	65	36	4.4	7.2	7.51		48.6	15.0	2.54	9.0	8.70	3.68	1.08	1.24	
8	7.05	80	40	4.5	7.4	8.98		89.4	22.4	3.16	13.3	12.8	4.75	1019	1.31	
10	8.59	100	46	4.5	7.6	10.9		174	34.8	3.99	20.4	20.4	6.46	1.37	1.44	
12	10.4	120	52	4.8	7.8	13.3		304	50.6	4.78	29.6	32.2	8.52	1.53	1.54	
14	12.3	140	58	4.9	8.1	15.6		491	70.2	5.60	40.8	45.4	11.0	1.70	1.67	
14a	13.3	140	62	4.9	8.7	17.0		545	77.8	5.66	45.1	57.5	13.3	1.84	1.87	
16	14.2	160	64	5.0	8.4	18.1		747	93.4	6.42	54.1	63.3	13.8	1.87	1.80	
16a	15.3	160	68	5.0	9.0	19.5		823	103	6.49	59.4	78.8	16.4	2.01	2.00	
18	16.3	180	70	5.1	8.7	20.7		1090	121	7.24	69.8	86.0	17.0	2.04	1.94	
18a	17.4	180	74	5.1	9.3	22.2		1190	132	7.32	76.1	105	20.0	2.18	2.13	
20	18.4	200	76	5.2	9.0	23.4		1520	152	8.07	87.8	113	20.5	2.20	2.07	
20a	19.8	200	80	5.2	9.7	25.2		1670	167	8.15	95.9	139	24.2	2.35	2.28	

G.6-njy tablisanýň dowamy

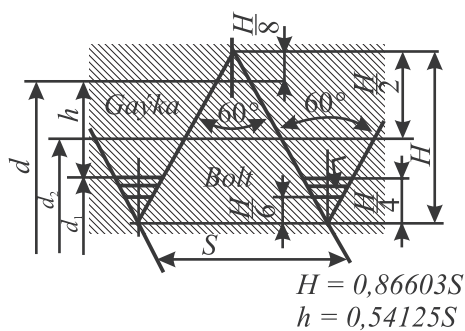
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
22	21.0	220	82	5.4	9.5	26.7	2110	192	8.89	110	151	25.1	2.37	2.21
22a	22.6	220	87	5.4	10.2	28.8	2330	212	8.99	121	187	30.0	2.55	2.46
24	24.0	240	90	5.6	10.0	30.6	2900	242	9.73	139	208	31.6	2.60	2.42
24a	25.8	240	95	5.6	10.7	32.9	3180	265	9.84	151	254	37.2	2.78	2.67
27	27.7	270	95	6.0	10.5	35.2	4160	308	10.9	178	562	37.3	2.73	2.47
30	31.8	300	100	6.5	11.0	40.5	5810	387	12.0	224	327	43.6	2.84	2.52
33	36.5	330	105	7.0	11.7	46.5	7980	484	13.1	281	410	51.8	2.97	2.59
36	41.9	360	110	7.5	12.6	53.4	10820	601	14.2	350	513	61.7	3.10	2.68
40	48.3	400	115	8.0	13.5	61.5	15220	761	15.7	444	642	73.4	3.23	2.75

Halkara ulgamynda (SI) mehaniki ululyklaryň ölçegleri

G.7-njy tablisa

Ululyklaryň atlary	Ölçeg birlikleri	Bellenişi	Birlikleriň özara baglylygy
Güýç, ýük	Nýuton	N	1N = 0,1kgg
Ýükuň uzynlyga ýaýraýyş intensiwligi		N/m	1N/m = 0,1kgg/m = 10 ⁻³ kgg/sm
Napýraženiýe (dartgynlylyk)	Paskal	Pa	1Pa = 0,1kgg/m ² = 10 ⁻⁴ tg/m ²
Maýyşgaklyk moduly	Paskal	Pa	1MPa = 10kgg/sm ² = 100Tg/m ²
Ýüküň üst boýunça ýaýramak intensiwligi	Paskal	Pa	kPa = 0,1Tg/m ²
Güýjüň momenti		N·m	1N·m = 0,1kgg·m = 10kgg·sm
Iş, energiýa	Žoul	J	1J = 0,1kgg·m = 10kgg·sm
Kuwwat	Watt	Wt	1Wt = 0,1kgg/m·s
Uzynlyk	Metr	m	1m = 100sm = 1000mm
Massa	Kg	kg	1kg = 0,001T
Dykyzlyk (udel massa)		kg/m ³	
Udel agram		kgg/m ³	

Metriki hyr (ГОСТ 9150-59) ölçegleri mm-de



G.8-nji tablisa

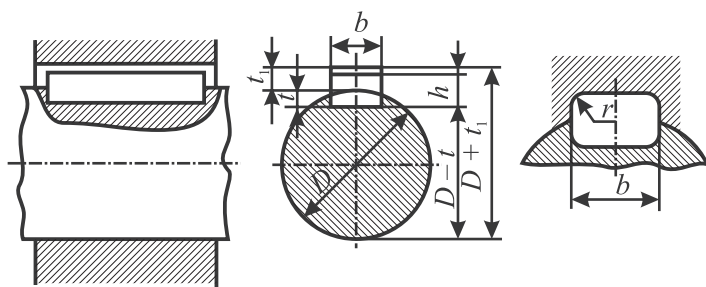
Hyryň nominal diametri d	Iri ädimli hyrlar				Ownuk ädimli hyrlar		
	Hyryň ädimi s	Içki diametr d ₁	Orta diametr d ₂	Wintiň kesiginiň hasap meýdany A, sm ²	Hyryň ädimi S	Içki diametr d ₁	Orta diametr d ₂
6	1	4,918	5,350	0,178	0,75	5,188	5,513
8	1,25	6,647	7,188	0,329	1	6,918	7,350
10	1,5	8,376	9,026	0,523	1,25	8,647	9,188
12	1,75	10,106	10,863	0,763	1,25	10,647	11,188
(14)	2	11,835	12,701	0,145	1,5	12,376	13,026
16	2	13,835	14,701	1,440	1,5	14,376	15,026
(18)	2,5	15,294	16,376	1,750	1,5	16,376	17,026
20	2,5	17,294	18,376	2,260	1,5	18,376	19,026
(22)	2,5	19,294	20,376	2,820	1,5	20,376	21,026
24	3	20,752	22,051	3,240	2	21,835	22,701
(27)	3	23,752	25,051	4,270	2	24,835	25,701
30	3,5	26,211	27,727	5,180	2	27,835	28,701
(33)	3,5	29,211	30,727	6,470	2	30,835	31,701
36	4	31,670	33,402	7,600	3	32,752	34,051
(39)	4	34,670	36,402	8,610	3	35,752	37,051
42	4,5	37,129	39,077	10,450	3	38,752	40,051
(45)	4,5	40,129	42,077	12,250	3	41,752	43,051
48	5	42,752	44,752	13,750	3	44,752	46,051

Ýarymtegelek kelleli berçinler. ГОСТ 10299-68

G.9-njy tablisa

Berçiniň diametri d, mm	Berçiniň aşagyndaky deşiň diametri, d _o , mm		
	Takyk mehanikanyň we abzallaryň elementleri	Maşyn we stanok gurluşykda	Gödek ýygnałmada
3	3,1	3,3	3,5
(3,5)	3,6	3,8	4,0
4	4,1	4,3	4,5
5	5,1	5,5	5,7
6	6,2	6,5	6,7
8	8,2	8,5	8,7
10	10,5	11,0	11,0
12	12,5	13,0	13,0

Prizmatik görnüşli şineler

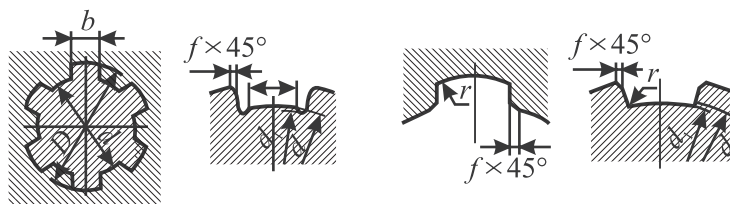


G.10-njy tablisa

Şinäniň kesiginiň ölçegleri mm (ГОСТ 8788-68)

Walyň diametri, d	Şponkanyň kesigi		Oýugyň çuňlugy		r	
	b	h	Wal t	Wal t ₁	Iň uly	Iň kiçi
12...17	5	5	3	2,3	0,16	0,25
17...22	6	6	3,5	2,8	0,16	0,25
22...30	8	7	4,0	3,3	0,16	0,25
30...38	10	8	5,0	3,3	0,25	0,4
38...44	12	8	5	3,3	0,25	0,4
44...50	14	9	5,5	3,8	0,25	0,4
50...58	16	10	6	4,3	0,25	0,4
58...65	18	11	7	4,4	0,25	0,4
65...75	20	12	7,5	4,9	0,4	0,6
75...85	22	14	9	5,4	0,4	0,6
85...95	25	14	9	5,4	0,4	0,6
95...100	28	16	10	6,4	0,4	0,6

Şlisyaly birikdirmeleriň nominal ölçegleri



G.11-nji tablisa

d	D	Dişliň sany z	b	d ₁	a	f	r	d	D	Dişliň sany z	b	d ₁	a	f	r
Ýeňil seriýaly birikdirmeler															
23	26	6	6	22,1	3,54	0,3	0,2	56	52	8	10	53,6	6,38	0,5	0,5
26	30	6	6	24,6	3,85	0,3	0,2	62	68	8	12	59,8	7,31	0,5	0,5
28	32	6	7	26,7	4,03	0,3	0,2	72	78	10	12	69,6	5,45	0,5	0,5
32	36	8	6	30,4	2,71	0,4	0,3	82	88	10	12	79,3	8,62	0,5	0,5
36	40	8	7	34,5	3,46	0,4	0,3	92	98	10	14	89,4	10,08	0,5	0,5
42	46	8	8	40,4	5,03	0,4	0,3	102	108	10	16	99,9	11,49	0,5	0,5
46	50	8	9	44,6	5,75	0,4	0,3	112	120	10	18	108,8	10,72	0,5	0,5
52	58	8	10	49,7	4,87	0,5	0,5								
Orta seriýaly birikdirmeler															
11	14	6	3	9,9	-	0,3	0,2	42	48	8	8	39,5	2,57	0,4	0,3
13	16	6	3,5	12	-	0,3	0,2	46	54	8	9	42,7	-	0,5	0,5
16	20	6	4	14,54	-	0,3	0,2	52	60	8	10	48,7	2,44	0,5	0,5
18	22	6	5	16,7	-	0,3	0,2	56	65	8	10	52,2	2,5	0,5	0,5
21	25	6	5	19,5	1,95	0,3	0,2	62	72	8	12	57,8	2,4	0,5	0,5
23	28	6	6	21,3	1,34	0,3	0,2	72	82	10	12	67,4	-	0,5	0,5
26	32	6	6	23,4	1,65	0,4	0,3	82	92	10	12	77,1	3,0	0,5	0,5
28	34	6	7	25,9	1,70	0,4	0,3	92	102	10	14	87,3	4,5	0,5	0,5
32	38	8	6	29,4	-	0,4	0,3	102	112	10	16	97,7	6,3	0,5	0,5
36	45	8	7	33,5	1,02	0,4	0,3	112	125	10	18	106,3	4,4	0,5	0,5
Agyr seriýaly birikdirmeler															
16	20	10	2,5	14,1	-	0,3	0,2	46	56	10	7	40,9	-	0,5	0,5
18	28	10	3	15,1	-	0,3	0,2	52	60	16	5	47,0	-	0,5	0,5
21	26	10	3	18,5	-	0,3	0,2	56	65	16	5	50,6	-	0,5	0,5
23	29	10	4	20,3	-	0,3	0,2	62	72	16	6	56,1	-	0,5	0,5
26	32	10	4	23,0	-	0,4	0,3	72	82	16	2	65,9	-	0,5	0,5
28	35	10	4	24,4	-	0,4	0,3	82	92	20	6	75,6	-	0,5	0,5
32	40	10	5	28,0	-	0,4	0,3	92	102	20	7	85,5	-	0,5	0,5
36	45	10	5	31,3	-	0,4	0,3	102	115	20	8	98,7	-	0,5	0,5
42	52	10	5	36,9	-	0,4	0,3	112	125	20	9	104	-	0,5	0,5

Silindr görnüşli reduktoryň parametrleri (ГОСТ 2185-66)

G.12-nji tablisa

Basgançak	Okara aralyk, mm											
Çalt hereket edýän	40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	225	250
Haýal hereket edýän	63	80	100	125	160	200	225	250	280	315	355	400
Bir jübüt ilişmäniň gejirijilik sany	2(2,24); 2,5(2,8); 3,15(3,55); 4(4,5); 5(5,6); 6,3(7,1); 8,0(90)											
Gönidişli konus gömiş- li (ГОСТ 12289-66)												
$d_{,,} mm$			80	100	125	140	160	180	200			
Dişin jygasynyň otnositel ini	U		1	1,12	1,25	1,4	1,6	1,8	2			
	$[\sigma_o]_e'$		0,2	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16			
$d_{,,} mm$			225	250	280	315	355	400				
	U		2,24	2,5	2,8	3,15	3,55	4				
	$[\sigma_o]_e'$		0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15				

Dişliň modulynyň bahalary, mm (ГОСТ 9563-60)

G.13-nji tablisa

Modul, m	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	(2,75)	3	3,25
	3,5	(3,75)	4	(4,25)	4,5	5	5,5	6	6,5	7
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18,20
	Bellik. Modulynyň goşa dynmagyň içinde görkezilen bahalaryny mümkin boldugyça kabul etmeli däl.									

Dişliň görnüşiniň koeffisiýenti (v)

G.14-nji tablisa

Dişliň sany	Dişli tigr bilen şesternýa daşky ilişme we şesternýa içki ilişme	Içki dişli tigr	Dişliň sany	Dişli tigr bilen şesternýa daşky ilişme we şesternýa içki ilişme	Içki dişli tigr
12	0,304	-	35	0,431	0,798
14	0,324	-	40	0,442	0,763
16	0,339	-	45	0,451	0,734
18	0,354	-	50	0,457	0,713
20	0,372	-	65	0,472	0,669
22	0,383	-	80	0,478	0,636
24	0,395	-	100	0,481	0,610
26	0,404	-	150	0,490	0,576
28	0,411	-	300	0,496	0,543
30	0,416	0,846	Reýka	0,523	-

**Burum tigrleriniň materiallary üçin mehaniki häsiýetler, degşirme we egilme
we esasy rugsat edilýän dartgynlyklar**

G.15-nji tablisa

Bürünjiň, latunyň ýa-da çoýnuň kysymy	Guýmagyň usuly	Berklik çägi σ_b , kN/sm ²	Akyjlyk çägi σ_b , kN/sm ²	Rugsat edilýän dartgynlyk					
				< HRC 45 burumyň dartgynlygynda			< HRC 45 burumyň dartgynlygynda		
				$[\sigma_o]_e$	$[\sigma_{-1}]_e$	$[\sigma]_d$	$[\sigma_o]_e$	$[\sigma_{-1}]_e$	$[\sigma]_k$
Бр. оф 10 ⁻¹	Ýere	17,7	9,8	3,9	2,8	12,8	4,9	3,5	15,7
Бр. оф 10 ⁻¹	Galyba	25,5	14,7	5,7	4,1	18,6	7,1	5,1	22,1
Бр. ОНФ	Merkezden daşlaşýan	28,4	16,7	6,4	4,5	20,6	8,0	5,6	24,6
Бр. ОЦС-6-3	Ýere	14,7	-	3,5	2,5	11,1	4,5	3,2	13,3
Бр. АЖ9-4Л	Ýere	39,2	19,6	8,0	6,3	-	9,8	7,5	-
Бр. АЖ9-4Л	Galyba	49,0	23,6	8,4	6,9	-	10,8	8,3	-
С 4 12-28	Ýere	11,8	-	3,3	2,0	-	4,1	2,5	-
С 415-32	Ýere	14,7	-	3,7	2,3	-	4,1	2,9	-
Ч 418-36	Ýere	17,7	-	4,2	2,6	-	5,3	3,3	-
С 421-40	Ýere	20,6	-	4,7	2,9	-	5,9	3,6	-

**Polat burum boýunça işleýän fosforly bürünç burum tigriniň sürtülme koeffisiýenti
f we sürtülme burçy *ρ***

G.16-njy tablisa

$V_{\text{typm}}, \text{ms}^{-1}$	<i>f</i>	<i>ρ</i>	$V_{\text{typm}}, \text{ms}^{-1}$	<i>f</i>	<i>ρ</i>
0,01	0,11...0,12	6 ⁰ 17 ¹ ...6 ⁰ 51 ¹	2,0	0,035...0,045	2 ⁰ 00 ¹ ...2 ⁰ 35 ¹
0,1	0,08...0,09	4 ⁰ 34 ¹ ...5 ⁰ 09 ¹	2,5	0,035...0,040	1 ⁰ 43 ¹ ...2 ⁰ 17 ¹
0,25	0,065...0,075	3 ⁰ 43 ¹ ...4 ⁰ 17 ¹	3,0	0,028...0,035	1 ⁰ 36 ¹ ...2 ⁰ 00 ¹
0,5	0,055...0,065	3 ⁰ 09 ¹ ...3 ⁰ 43 ¹	4,0	0,023...0,030	1 ⁰ 19 ¹ ...1 ⁰ 43 ¹
1,0	0,045...0,055	2 ⁰ 35 ¹ ...3 ⁰ 09 ¹	7,0	0,018...0,026	1 ⁰ 02 ¹ ...1 ⁰ 29 ¹
1,5	0,04...0,05	2 ⁰ 17 ¹ ...2 ⁰ 52 ¹	-	-	-

Beltingden (matadan) Б-820 ýasalan rezinleşdirilen çeki (ГОСТ 101-54)

G.17-nji tablisa

Görnüş	Ini, mm					Çekiniň hödürlenýän tizligi, m/s
	20; 25; 30; 40; 45	50; 60; 70; 75	80; 85; 90; 100	125; 150; 200; 250	250; 300	
	Gatlagyň sany					
A	3-5	3-5	3-6	4-6	4-8	≥ 20
Б	2	-	-	4-6	4-8	≤ 20
B	3	3-5	3-6	4-6	4-8	≥ 15

k_o bahasy we δ/D_{\min} gatnaşyk

G.18-nji tablisa

Çeki	$k_o, N/mm^2$	δ/D_{\min}
Gaýyş	$2,9 - 30 \delta/D_{\min}$	$[\sigma_{-1}]_e'$
Rezinleşdirilen	$2,5 - 10 \delta/D_{\min}$	$[\sigma]_d'$
Kagyzpagtaly	$2,1 - 1,5 \delta/D_{\min}$	$[\sigma_o]_e'$

Çekili geçiriji üçin birtapgyrly işlände işleniş režiminiň koeffisiýenti

G.19-njy tablisa

Ýüklenmäniň häsiýeti	Maşynyň ady	O_p
Hereket göýberilendäki ýüklenme - 120% çenli kadaly iş ýüklenme hemişelik	Wentilýatorlar, merkezden daşlaşýan nasoslar we kompressorlar; tokar swerlil we timarlaýjy stanoklar; lentaly transportýorlar	1,0
Hereket göýberilendäki ýüklenme – 150% çenli kadaly; iş ýüklenme uly bolmadyk yrgyldy bilen	Frezer, rewolwer stanoklar we awtomatlar; porşenli nasoslar we agyr mahowikli kompressorlar; plastinkaly transportýorlar	0,9
Hereket göýberilendäki ýüklenme – 200% çenli kadaly; iş ýüklenme uly yrgyldy bilen	Strogal we dolbez stanoklar, porşenli nasoslar we ýeňil mahowikli kompressorlar; wintli we gysgyçly transportýorlar, elewatorlar	0,8
Hereket göýberilendäki ýüklenme – 300% çenli kadaly; endigan däl we urgy iş ýüklenme	Galdyryjylar, ekskowatorlar, palçyk eýleýjiler, çekiçler, gaýçylar, owradyjylar	0,7

**Tekiz çekiniň çöýun şkiwleriniň ölçegleri
(ГОСТ 17383-72)**

G.20-nji tablisa

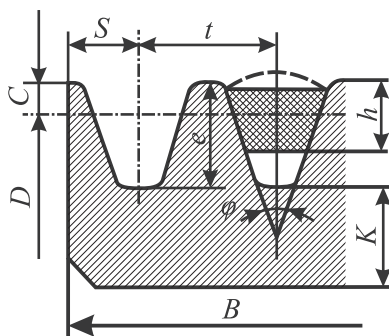
40	100	250	630	1600	B	40	50	63	71	80	90	100
45	112	280	710	1800	B	50	63	71	80	90	100	112
50	125	315	800	2000	B	112	125	140	160	200	224	250
56	140	355	900	-	B	125	140	160	180	224	250	280
63	160	400	1000	-	B	280	315	355	400	-	-	-
71	180	450	1120	-	B	315	355	400	450	-	-	-
80	200	500	1250	-								
90	224	560	1400	-								

Geçirýän kuwwaty we tizligi boýunça pahna çekiniň görnüşiniň saýlanylyşy

G.21-nji tablisa

Geçirilýän kuw- wat N, kWt	Çekiniň tizligi $V, m/s$			Geçirýän kuwwaty N, kWt	Çekiniň tizligi $V, m/s$		
	5-e çenli	5-den 10-a çenli	10-dan ýokary		5-e çenli	5-den 10-a çenli	10-dan ýokary
	çekiniň tipi				çekiniň tipi		
1-e çenli	O, A	O,A	O	15-den 30-a çenli	-	B	B, Г
1-den 2-ä çenli	O, A, Б	O, A	O, A	30-dan 60-a çenli	-	Г, Д	B, Г
2-den 4-e çenli	A, Б	O, A, Б	O, A	60-dan 120-ä çenli	-	Д	Г, Д
4-den 7,5-a çenli	Б, B	A, Б	A, Б	120-den 200- e çenli	-	Д, E	Г, Д
7,5-dan 15-e çenli	Б, B	Б, B	Б, B	≥ 200	-	-	Д, E

Pahna çekiniň şkiwleriniň ölçegleri, mm

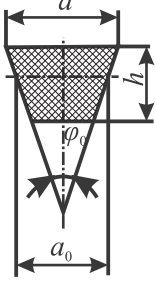


G.22-nji tablisa

Çekiniň tipi	c	e	t	s	k	φ^0 burçda şkiwiň hasap diametrleri			
						34	36	38	40
O	2,5	10	12	8	5,5	63...71	80...100	112...160	180
A	3,5	12,5	16	10	6	90...112	125...160	180...400	450
Б	5	16	20	12,5	7,5	125...160	180...224	250...500	560
B	6	21	26	17	10	200	224...315	355...630	710
Г	8,5	28,5	37,5	24	12	-	315...450	500...900	1000
Д	10	34	44,5	29	15	-	500...560	630...1120	1250
E	12,5	43	58	38	18	-	-	800-1400	1600

Pahna çekiler (ГОСТ 1284-68)

G.23-nji tablisa

	Çekiniň tipi	Kesigiň ölçegleri, mm			A, mm ²	Çekiniň hasap uzynlyklary l ₀ , mm
		a	a ₀	h		
	O	10	8,5	6	47	400...2500
	A	13	11	8	81	560...4000
	Б	17	14	10,5	138	800...6300
	B	22	19	13,5	230	1800...10000
	Г	32	27	19	476	3150...15000
	Д	38	32	23,5	692	4500...18000
	E	50	42	30	1170	6300...18000

Bellik: Hasap uzynlyklaryň setiri, mm: 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000, 4500, 5000, 5600, 18000 çenli.

Pahna çeki üçin k₀ bahasy, N/mm²

G.24-nji tablisa

Kiçi şkiwiň diametri, D _k , mm	Çekiniň tipi	k ₀		Kiçi şkiwiň diametri, D _k , mm	Çekiniň tipi	σ ₀ =1,2 N/mm ² bolanda	σ ₀ =1,5 N/mm ² bolanda
		σ ₀ =1,2 N/mm ² bolanda	σ ₀ =1,5 N/mm ² bolanda				
70	O	1,45	1,62	315 355 400 ≥ 450	Г	1,51 1,42 1,91 1,92	1,67 1,93 2,16 2,24
80		1,57	1,74				
≥ 90		1,65	1,86				
100	A	1,51	1,67				
112		1,61	1,80				
≥ 125		1,70	1,91				
140	Б	1,51	1,67	500 560 ≥ 630	Д	1,51 1,72 1,92	1,67 1,93 2,24
160		1,67	1,88				
≥ 180		1,74	2,05				
200	B	1,51	1,67	800 900 ≥ 1000	E	1,51 1,73 1,92	1,67 1,95 2,24
224		1,69	1,89				
250		1,84	2,07				
≥ 280		1,91	2,27				

Bellik: eger $i < 5$. $\sigma_0 = 1,5$ N/mm² kabul edilyär. Eger $i > 5$ we 10 çenli bolsa, $\sigma_0 = 1,2$ N/mm² kabul edilyär.

Geçirýän kuwwaty we tizligi boýunça pahna çekiniň tipini saýlamak

G.25-nji tablisa

Geçirýän kuwwaty <i>N</i> , <i>kWt</i>	Çekiniň tizligi, <i>V</i> , <i>m/s</i>			Geçirýän kuwwaty <i>N</i> , <i>kWt</i>	Çekiniň tizligi, <i>V</i> , <i>m/s</i>		
	5-e çenli	5-den ýokary 10-a çenli	10-dan ýokary		5-e çenli	5-den ýokary 10-a çenli	10-dan ýokary
	çekiniň tipi				çekiniň tipi		
1-a çenli	O, A	O, A	O	15...30	-	B	B, Г
1...2	O, A, B	O, A	O, A	30...60	-	Г, Д	B, Г
2...4	A, B	O, A, B	O, A	60...120	-	Д	Г, Д
4...7,5	Б, B	A, Б	A, Б	120...200	-	Д, E	Г, Д
7,5...15	B	Б, B	Б, B	≥ 200	-	-	Д, E

Rolikli zynjyrlar (ГОСТ 10947-64)

G.26-njy tablisa

Ölçepleri mm -de							
t	D	d	e	B	s	Q_n , kN	Q , kg/m
12,7	8,51	4,45	11,81	8,90	1,7	18	1,35
15,875	10,16	5,08	14,73	10,11	1,8	23	1,85
19,05	11,91	5,96	18,08	17,75	2,5	25	2,90
25,4	15,88	7,95	24,13	22,61	3,3	50	5,01
31,75	19,05	9,55	30,18	27,46	4,2	70	7,31
38,1	22,23	11,12	26,10	35,46	5,0	100	11,0
44,45	25,40	12,72	42,24	37,19	5,8	130	14,36
50,8	28,58	14,29	48,26	45,21	6,7	160	19,10

Kiçi ýyldyzjagazyň hödürlenýän dişleriniň sanlary z_1

G.27-nji tablisa

Zynjyryň tipleri	Geçirijilik sany					$z_{1 \min}$
	1...2	2...3	3...4	4...5	5...6	
Wtulka rolikli	31-27	27-25	25-23	23-21	21-17	13
Dişli wtulka	40-31	35-31	31-27	27-23	23-19	17

Sekuntda rugsat edilýän urgy sany $[u]$

G.28-nji tablisa

Zynjyryň tipleri	Zynjyryň ädimi t , mm							
	12,7	15,87	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8
Rolikli	60	50	35	30	25	20	15	15
Dişli	80	65	50	30	25	-	-	-

Rugsat edilýän basyşyň bahasy $[p]$, N/mm^2

a) rolikli zynjyr üçin $z_1=15...30$;

b) dişli zynjyr üçin $z_1=17...35$.

G.29-njy tablisa

Kiçi ýyldyzjagazyň aýlaw ýygylgy, aýl/min	Zynjyryň ädimi, mm						
	12,7-15,87		19,05-25,4		31,75-38,1		44,45-50,8
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
50	34,3	19,6	34,3	19,6	34,3	19,6	34,3
200	30,9	17,6	29,4	16,7	28,1	16,1	25,7
400	28,1	16,1	25,7	14,7	23,7	13,7	20,6
600	25,7	14,7	22,9	12,9	20,6	11,8	17,2
800	23,7	13,7	20,6	11,8	18,1	10,3	14,7
1000	22,0	12,9	18,6	10,8	16,3	9,32	-
1200	20,6	11,8	17,2	9,81	14,7	8,43	-
1600	18,1	10,3	14,7	8,43	-	-	-
2000	16,3	9,32	-	4,12	-	-	-

EDEBIÝATLAR

1. *Gurbangyly Berdimuhamedow*. Täze Galkynyş eýýamy. – Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008, 338 s.
2. *Gurbangyly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler, I tom. – Aşgabat, 2008, 360 s.
3. *Gurbangyly Berdimuhamedow*. Türkmenistanyň durmuş-ykdysady ösüşiniň döwlet kadalaşdyrylyşy. I we II tomlar. – Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2010.
4. Türkmenistanyň 2030-njy ýyla çenli durmuş-ykdysady ösüşiniň esasy görkezijileri. – Aşgabat; Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2010, 112 s.
5. *Amansähedow Ç., Aşyrow B.* Materiallaryň garşylygy. – Aşgabat: Ylym, 2002.
6. *Aşyrow B., Myradow D.* Materiallaryň garşylygy dersi boýunça meseleler ýygyndysy. – Aşgabat: TDKP, 2009, 358 s.
7. *Сапунов В.Т.* Классический курс сопротивления материалов в решении задач. – М.: Издательство МКИ, 2008, с. 160.
8. *Александров А.В.* и др. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 2001, с. 560.
9. *Валиев Ф.С.* Сопротивление материалов. Учебное пособие. Часть-1. – Новосибирск, 2005, с. 157.
10. *Гребенюк Г.И., Валиев Ф.С.* Сопротивление материалов. Учебное пособие. Часть-2. – Новосибирск, 2006, с. 132.
11. *Икрин В.А.* Сопротивление материалов с элементами теории упругости и пластичности. – М.: Издательство АСВ, 2004, с. 424.
12. *Гафаров Р.Х., Жернаков В.С.* Что нужно знать о сопротивлении материалов. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2001, с. 276.
13. *Иосилевич Г.В. и др.* Прикладная механика. – М., 1985, с. 392.
14. *Артоболевский И.И.* Теория механизмов и машин. – М., Высшая школа, 1988, с. 639.
15. *Заблонский К.И. и др.* Прикладная механика. – Киев, 1984, с. 463.
16. *Лачуга Ю.Ф., Воскресенский А.Н., Чернов М.Ю.* Теория механизмов и машин: кинематика, динамика и расчёт. – М.: Колос, 2007, с. 304.
17. *Воробьев Ю.В. и др.* Детали машин. Учебно-методическое пособие. – Тамбов, 2004, с. 96.
18. *Дианов Х.А. и др.* Детали машин. – М., 2003, с. 124.
19. *Ивонов М.Н., Финогенов В.А.* Детали машин. – М., 2008, с. 408.

MAZMUNY

Sözbaşy	7
-------------------	---

I BÖLÜM MATERIALLARYŇ GARŞYLYGY

I BAP. ESASY DÜŞÜNJELER

1.1.1. Materiallaryň garşylygy baradaky ylmyň meseleleri we onuň ösüş taryhy	8
1.1.2. Konstruksiýa täsir edýän güýçleriň toparlara bölünişi	9
1.1.3. Deformasiýanyň görnüşleri we içki güýçler	9
1.1.4. Dartgynlylyk barada düşünje	11

II BAP. SÜÝNME WE GYSYLMA DEFORMASIÝASY

1.2.1. Içki boý güýji we onuň epýury	12
1.2.2. Süýnmede (gysylmada) dartgynlylyk we deformasiýa	13
1.2.3. Süýnmede we gysylmada statiki kesgitlenmeýän meseleler	14
1.2.4. Tejribäniň kömegi bilen materiallaryň mehaniki häsiýetlerini öwrenmek	16
1.2.5. Temperatura üýtgände we konstruksiýa ýygnalanda steržende döreýän dartgynlylygy kesgitlemek	20
1.2.6. Rugsat edilýän dartgynlylyk boýunça sterženiň berkligine baha bermek	22

III BAP. SÜÝŞME DEFORMASIÝASY BARADA DÜŞÜNJE

1.3.1. Arassa süýşme. Arassa süýşmede Gukuň kanuny	23
1.3.2. Materiallaryň üç hemişeliginiň (E , G we μ) özara baglanyşygy	23
1.3.3. Berçinli we kebşirli birikdirmeleriň hasaplanylyşy	24

IV BAP. TEKIZ KESIKLERIŇ GEOMETRIK HÄSIÝETNAMALARY

1.4.1. Esasy düşünjeler	27
1.4.2. Tekiz kesikleriň inersiýa momentleri	28
1.4.3. Parallel oklara görä inersiýa momentleriniň özara baglylygy	29
1.4.4. Koordinatalaryň oky öwrülende inersiýa momentlerini hasaplamak	30
1.4.5. Ýönekeý kesikleriň inersiýa momentlerini kesgitlemek	31
1.4.6. Baş inersiýa oklary we baş inersiýa momentleri	33

V BAP. TOWLANMA DEFORMASIÝASY

1.5.1. Towlama momenti hasaplamak we onuň epýuryňy gurmak	34
1.5.2. Tegelek kesikli wal towlananda dartgynlygy we deformasiýany kesgitlemek .	34
1.5.3. Towlanmada walyň amaly hasaplamalary	37

VI BAP. TEKIZ EGILME

1.6.1. Balkalar we olaryň daýanç nokatlary	38
1.6.2. Balkanyň kesigindäki içki güýçler we olaryň epýurlary	38
1.6.3. Egilmede M , Q we q özara differensial baglanyşygy	40
1.6.4. Sap egilme. Normal dartgynlygy kesgitlemek	40
1.6.5. Egilmede galtaşma dartgynlyk. D.I. Zurawskiniň deňlemesi	45
1.6.6. Egilmede baş dartgynlyk	48

VII BAP. ÇYLŞYRMYLY GARŞYLYK

1.7.1. Esasy düşüňjeler	50
1.7.2. Gyýa egilme	51
1.7.3. Merkezden daşarky süýnme (gysylma)	54
1.7.4. Towlanma bilen egilmäniň utgaşmasy	55

VIII BAP. MAÝYŞGAK GÜÝÇLERIŇ IŞI WE UMUMY USUL BILEN STERŽENLI ULGAMLARDA DEFORMASIÝALARY KESGITLEMEK

1.8.1. Daşky we içki güýçleriň işi. Klayperonyň we O.Moruň teoremlary	57
1.8.2. İşleriň özaralygy barada teorema. Bettiniň teoremasy	58
1.8.3. Ornuny üýtgetmäniň özaralygy baradaky teorema	60
1.8.4. O.Moruň usuly boýunça deformasiýany kesgitlemek	61
1.8.5. O.Moruň integralyny hasaplamak üçin Wereşaginiň düzgüni	63
1.8.6. O.Moruň integralynyň Simpson-Karnouhowyň usuly bilen çözülişi	64

IX BAP. GYSYLAN STERŽENLERIŇ DURNUKLYLYGY

1.9.1. Durnuklylyk barada düşüňje	67
1.9.2. Kritik güýç	68
1.9.3. Kritik güýji kesgitlemek üçin Eýleriň deňlemesiniň ýüze çykarylyşy	68
1.9.4. L.Eýleriň deňlemesini ulanmagyň çägi. Proporsionallyk çäğinden ýokarky dartgynlykda durnuklylygyň ýitirilmegi	69
1.9.5. Sterženleriň durnuklylygyna amaly hasaplary	71

X BAP. DINAMIKI GÜÝÇLERIŇ TÄSIRINDEN MAŞYNLARYŇ DETALLARYNYNYŇ BERKLIĞE BOLAN GATNAŞYGyny HASAPLAMAK

1.10.1. Umumy düşüňjeler	73
1.10.2. Inersiýa güýçlerini hasaba almak	73
1.10.3. Urguda dartgynlyk we deformasiýa	75
1.10.4. Mehaniki ulgamlaryň yrgyldynyň täsirinden berklige we gatylyga hasaplanlyşy	77

1.10.5. Yrgyldydan dartgynlygy we deformasiýany kesgitlemek.	78
--	----

II BÖLÜM MEHANIZMLERİN WE MAŞYNLARYŇ NAZARYÝETI

XI BAP. DERSIŇ ÖSÜŞ TARYHY WE MESELELERI

2.11.1. Mehanizmleriň düzümleri. Assuryň topary barada düşünje	82
2.11.2. Mehanizmiň düzümini we kinematikasyny seljermek	84
2.11.3. Mehanizmleriň düzümleri	86
2.11.4. Assuryň topary barada düşünje	86

XII BAP. MEHANIZMI KINEMATIKI SELJERMEK

2.12.1. Umumy düşünje.	87
2.12.2. Zwenonyň ýagdaýlaryny (meýilnamasyny) we zwenonyň nokatlarynyň traektoriasyny kesgitlemek	88

XIII BAP. DIAGRAMMA USULY BILEN MEHANIZMLERİN KINEMATIKI BARLAGLARY

2.13.1. Mehanizmiň nokadynyň yolunyň, tizliginiň we tizlenmesiniň diagrammalarynyň gurluşy	90
--	----

III BÖLÜM MAŞYNLARYŇ DETALLARY

Esasy düşüňjeler.	94
---------------------------	----

XIV BAP. MAŞYNLARYŇ DETALLARYNYŇ BIRIKDIRMELERI

3.14.1. Hyrly birikdirmeler	96
3.14.2. Berçinli birikdirmeler	99
3.14.3. Kebşirli birikdirmeler	100
3.14.4. Şineli (şponkaly) birikdirmeler	102
3.14.5. Şlisaly (dişli) birikdirmeler	104

XV BAP. MEHANIKI GEÇIRIJILER

3.15.1. Geçirijiler barada umumy maglumatlar	104
3.15.2. Dişli geçirijiler. Dişli geçirijiler barada umumy maglumatlar	106
3.15.3. Dişli tigirleriň materiallary	108
3.15.4. Dişli ilişmä täsir edýän güýçler.	110
3.15.5. Ewolwent geçirijileriň dişleriniň berklige bolan gatnaşygynyň hasabynyň görnüşleri	112
3.15.6. Dişli tigirleriň dişiniň hasaby	113

XVI BAP. ZYNJYRLY GEÇİRİJILER

3.16.1. Zynjyrlý geçirijiler barada umumy maglumatlar	127
3.16.2. Herekete getiriji zynjyrlar	129
3.16.3. Zynjyrlý geçirijileriň esasy parametrleri.	131
3.16.4. Zynjyrlý geçirijileriň ýükgöterijilik ukyby we zynjyry saýlamak	133
Zynjyryň şahalaryndaky hemişelik güýçler we walyň ýüklenmesi	136
3.16.5. Geçirijilik gatnaşygy we dinamiki ýüklenme	136

XVII BAP. ÇEKILI GEÇİRİJILER

3.17.1. Umumy maglumatlar	140
3.17.2. Çekiniň materiallary we konstruksiýasy.	143
3.17.3. Çekili geçirijileriň kinematiki, güýç we geometriki hasaplary.	147
3.17.4. Çekiniň hasaplanylyşy	155
3.17.5. Şkiwiň materialy, konstruksiýasy we hasaplanyşy	159

XVIII BAP. OKLAR WE WALLAR

3.18.1. Oklaryň we wallaryň ähmiýeti, konstruksiýalary we materiallary	163
3.18.2. Oklaryň we wallaryň statiki berklige hasaplanyşy	166

XIX BAP. PODŞIPNIKLER

3.19.1. Tigirlenme podşipnikler	168
3.19.2. Tigirlenme podşipnikleriň esasy görnüşleri we konstruksiýalary.	170
3.19.3. Tigirlenme podşipnikleriň hasaplanyşy we olary ГООТ boýunça saýlamak	172

XX BAP. MUFTALAR

3.20.1. Umumy maglumatlar	174
3.20.2. Gaty muftalar	175
3.20.3. Maýyşgak muftalar	176
3.20.4. Sinhron muftalar	179
3.20.5. Friksion (asinhron) muftalar	181

XXI BAP. BURUMLY GEÇİRİJILER

3.21.1. Umumy maglumatlar	183
3.21.2. Esasy geometrik gatnaşyklar.	185
3.21.3. Ilişmedäki güýçler.	187
3.21.4. Burum jübütliginiň materiallary	188
3.21.5. Berklige hasap.	188
3.21.6. Burumly geçirijileriň ýylylyga hasaplanyşy	191
Goşmaçalar	193
Edebiýatlar	214

Begenç Aşyrow, Jumanepes Hojanepesow

AMALY MEHANIKA

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Redaktor	<i>G. Tagandurdyýewa</i>
Teh. redaktor	<i>T. Aslanowa</i>
Suratçylar	<i>U. Karanow, Ý. Peskowa</i>
Kompýuter bezegi	<i>O. Gataulina</i>
Neşir üçin jogapkär	<i>A. Hallyýew</i>

Ýygnamaga berildi 30.10.2013. Çap etmäge rugsat edildi 02.08.2013.
Ölçeği 70x100 $\frac{1}{16}$. Ofset kagyzy. Edebi garnitura. Ofset çap ediliş usuly.
Şertli çap listi 17,74. Çap listi 13,75. Hasap-neşir listi 10,25.
Neşir № 73. Sargyt № 1292. Sany 1100.

Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasynyň “Ylym” neşirýaty.
744000. Aşgabat, Türkmenbaşy şaýoly, 18.

“Hatdat” hususy kärhanasy.
74400. Aşgabat, Magtymguly şaýoly, 74.