TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

Ş. Kadyrow, M.Gurdow

Maşynlaryň we mehanizmleriň nazaryýeti

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat 2010

SÖZBAŞY

Garaşsyz, baky Bitarap Watanymyz häzirki wagtda Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň parasatly syýasaty we ýadawsyz tagallalary netijesinde ylym-bilim ulgamynda we beýleki ähli ugurlarda täze galkynyş döwrüni başdan geçirýär. Hormatly Prezidentimiziň Watanyň gülläp ösmeginiň hatyrasynda jan aýaman zähmet çekmäge, ýurduň maddy baýlyklaryny halkyň eşretine gulluk etdirmäge gönükdirilen parasatly we öňden görüjilikli syýasaty netijesinde halk hojalygynyň ähli pudaklarynda ägirt uly üstünlikler gazanylýar.

Hormatly Prezidentimiziň parasatly ýolbaşçylygynda, ýadawsyz tagallalary netijesinde Türkmenistan gysga wagtyň içinde täze ösüşiň ýoluna düşdi. Ata Watanymyzyň ähli raýatlary, jemgiýetçilik guramalarynyň we birleşikleriň agzalary „Milli galkynyş“ hereketine goşulyp, Türkmenistanyň bütin dünýä ykdysadyýetinde we umumy adamzat medeniýetinde mynasyp ornuny tapmak üçin agzybir hereket edýär. Dünýäniň beýleki ýurtlary bilen deňhukukly, özara bähbitli gatnyşyklara girişilmegi, milli medeniýetimizi dünýäniň ösen ylmy medeniýeti, öňdebaryjy tehniki progressi bilen has çuň baglanyşdyrmak, adamzat paýhasynyň gazanan iň gymmatly miwelerini halkymyza elýeterli etmek, dünýä siwilizasiýasynyň ösüşine halkymyzyň mynasyp goşandyny goşmak, ösen döwletleriň arasynda Türkmenistanyň esasy orunlaryň birini eýelemegini çaltlandyrmak meseleleri wajyp wezipeler hökmünde gün tertibinde dur.

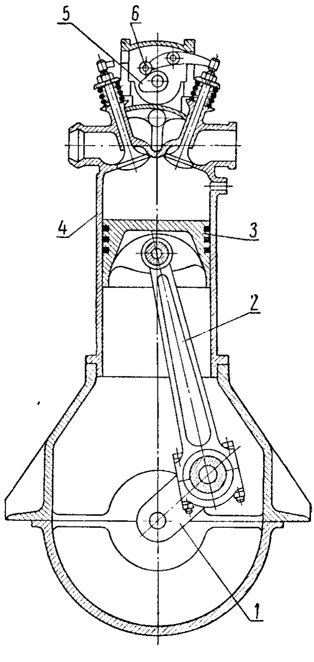
Türkmenistanda tehniki syýasaty ösdürmek we öňdebaryjy tilsimatlary ornaşdyrmak esasy maksatlaryň biridir. Şu maksat bilen ýurdumyzda 2020-nji ýyla çenli ylmy-tehniki we tilsimat ösüşiniň maksatnamasy işlenilip düzüldi. Ýurdumyzyň Prezidenti bu ugurdaky syýasaty ýokary halkara derejesindäki tilsimatlaryň gazananlarynyň önümçilige ornaşdyrylmagyny we öz tilsimatlarymyzyň ösdürilmegini talap edýär.

Okuw kitaby “Maşynlaryň we mehanizmleriň nazaryýeti“ dersiniň meýilnamasy boýunça ýazylan, Maşynlaryň we mehanizmleriň gurnalyşy, kinematiki, kinetostatiki we dinamiki derňewleri, dişli ilişmegiň nazaryýeti, çylşyrymly dişli mehanizmleriň derňewi we taslamasy, kulaçokly mehanizmleriň derňewi we taslamasy aýlanýan bölekleri we maşynlary deňagrama getiriş usullary we şoňa görä soraglara seredilen.

I. BÖLÜM
MEHANIZMLERIŇ STRUKTUR DERŇEWI

I.1. Mehanizmler barada umumy düşünjeler. Kinematiki jübütler we olaryň klasslandyrylyşy

Bir ýa-da bir näçe bölekleri gerekli hereketi etdirmek üçin gaty jisimlerden döredilen ulgama m e h a n i z m d i ý i l ý ä r. Şol sebäpli islendik mehanizmi seredeňde, meselem dwigatelde (çyzgy I-1) gaty jisimler: 1 - tirsekli wal, 2 -şatun, 3-porşen, 5-kulaçok, 6-rolik we ş.m.. Mehanizme girýän gaty jisimlere bölek diýilýär.

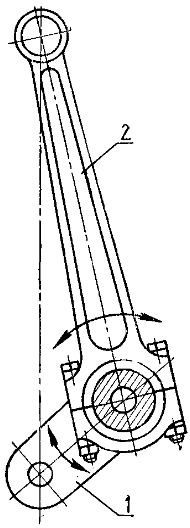


Çyzgy I-1.

Bölek bir ýa-da bir näçä hereketsiz goşulan şaýlardan durýar. Meselem: 2-nji bölek- şatun, şatunyň özüne gapagy boltlar, şaýbalar we gaýkalar bilen berkidilip hemmesi bir bölek bolup durýar. Şonuň ýaly silindre karter we başga şaýlar hereketsiz berkidilip bir bölek bolýar. Hemme bölekler bir bölege görä hereket edýär. Şol bölege hereketsiz bölek diýilýär. Meselem dwigateliň blogy. Her bölegiň öz aýry hereketi bar, şol hereketler bir-birine baglanşykly.

Meselem 3 – porşen silindriň içinde gazlaryň basyşy bilen süýşip hereketi 2–şatuna geçirýär. Şatun-2 tirsekli waly – 1 aýlaýar. Şonuň ýaly hereketi geçirmek bölekleri ýörüte usul boýunça bir-birine goşulmak arkaly ýerine ýetirilýär.

I-2-nji çyzgydan görünýär – şatun tirsekli wala görä aýlanyp bilýär. Tirsekli wal hem şatuna görä aýlanyp bilýär.



Çyzgy I-2.

Bölekleriň hereketli goşulýan ýerine k i n e m a t i k i j ü b ü t diýilýär. Tirsekli wal bilen şatun kinematiki jübüti emele getirýär. Şu kinematiki jübütde bir hereket bar (aýlaw), şol sebäpli bir hereketli kinematiki jübüt diýilýär. Iki dişli tigirleriň dişleriniň ilişmegine seredeňde, dişler bir-biriniň üstünden typyp aýlanýarlar. Bu ýerde iki hereket bar: 1- tigirleriň aýlawy; 2- dişleriň typmagy. Bu kinematiki jübüte iki hereketli kinematiki jübüt diýilýär. Umumy seredeňde, erkin jisimiň giňişlikde alty erkinlik derejesi bar, ýa-da alty bir-birine baglanşyksyz hereket edip bilýär.

I-3-nji çyzgydan görmek bolýar, erkin jisim 1-nji bölek üç ok boýunça süýşip bilýär, üç okuň daşyndan aýlanyp bilýär.

Eger-de 1-nji bölek erkin däl, başga bölek bilen goşulýar diýeňde, onda goşulşyna görä birnäçe hereketini ýitirýär.

Meselem şar tekizlik bilen kinematiki jübüte girende (çyzgy I-4), bir hereketini ýitirýär. Üç okuň daşynda aýlanyp bilýär, iki ok boýunça (x we y) süýşip bilýär. Bir ok boýunça (z) süýşip bilenok, sebäbi tekizlik süýşmäge ýol berenok.

Edip bilýän hereketi H = 5, edip bilmedik hereketi S = 1. Bäş hereketli kinematik jübüt diýilýär.

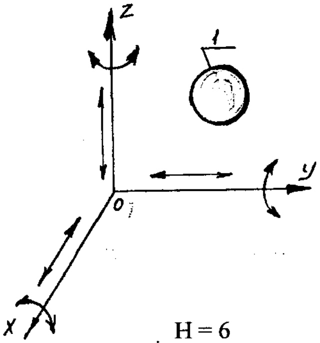
Şol tekizligiň üstünde silindre seretsek (çyzgy I-5), iki ok boýunça (x we y) süýşip bilýär, iki okuň daşynda (x we z) aýlanyp bilýär. Edip bilýän hereketi H = 4, edip bilmedik hereketi S = 2, dört hereketli kinematik jübüt diýilýär. Tekizlik bilen parallelopiped jübüte girende (çyzgy I-6) iki ok boýunça (x we y) süýşip bilýär, bir okuň daşynda aýlanyp bilýär (z). Edip bilýän hereketi H = 3, edip bilmedik hereketi S = 3, üç hereketli kinematik jübüt diýilýär.

Şarly şarnire seredeňde (çyzgy I-7), üç okuň daşynda üç aýlaw bolup bilýär. Edilýän hereket H = 3, edip bilmedik hereketi S = 3, üç hereketli kinematik jübüt diýilýär.

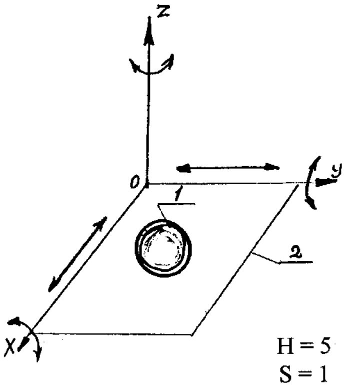
Wal – 1, wtulka – 2 kinematik jübütde bir ok (x) boýunça süýşmek we aýlaw hereketler edilýär. H = 2, S = 4 (çyzgy I-8), iki hereketli jübüt.

Wal – 1, wtulka – 2 kinematiki jübütde süýşme hereketi ýörüte şaýlar bilen aýraňda, bir hereket – aýlaw edilýär, H = 1, S = 5. Bir hereketli jübüt.

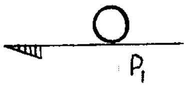
Iki bölek süýşme hereket edýär (çyzgy I-9), H = 1, S = 5. Bir hereketli jübüt.

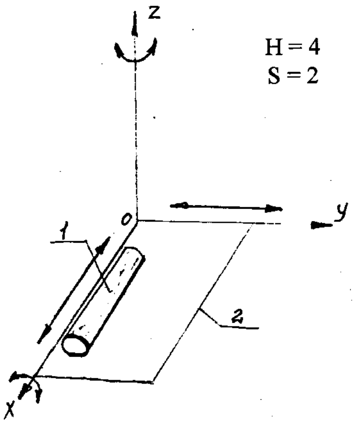


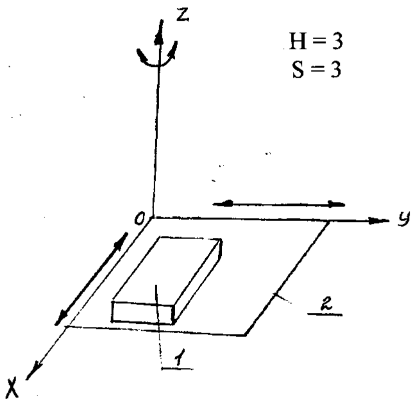
Çyzgy I-3.



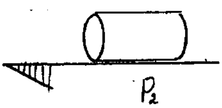
Çyzgy I-4.



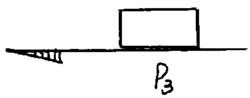


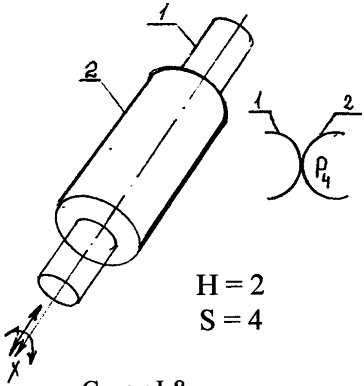


Çyzgy I-5.

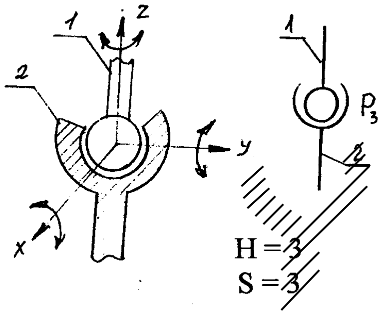


Çyzgy I-6.

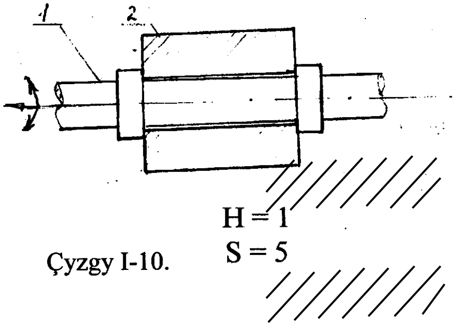




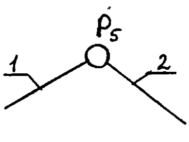
Çyzgy I-8.

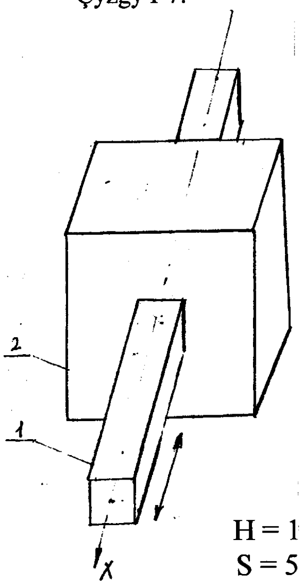


Çyzgy I-7.

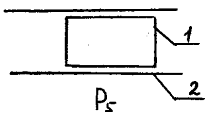


Çyzgy I-10.





Çyzgy I-9.

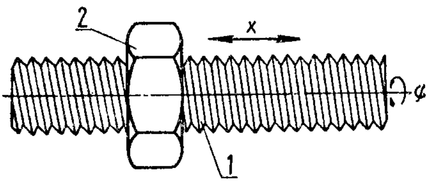


Tablisa I-1

Kinematiki jübütlerde baglanşyksyz edilýän hereketleriň bolup bilýän görnüşleri.

Jübütler	Bolup bilýan hereketler		
Bir hereketli	A		S
İki hereketli	AA		AS
Üç hereketli	AAA	AAS	ASS
Dört hereketli	AAAS		AASS
Bäş hereketli	AAASS	AAASS	

I-1-nji tablisada hemme hereketler bir-birine baglanşyksyz edilýär. Käbir kinematiki jübütlerde iki ýa-da birnäçe hereketler bir-birine ýörite şert boýunça bagly bolýar, bu ýagdaýda baglanşyksyz diýip bir hereketi alyp bolýar. Meselem hyr boýunça goşulan kinematiki jübütde gaýkanyň süýşmesi wintiň aýlawyna bagly (çyzgy I-10).



Çyzgy I-10.

$$x = k\varphi \qquad \text{(I-1)}$$

Bu ýerde: x – süýşmek; φ – aýlaw burçy; k – islendik san, ýöne şol jübüt üçin belli bir bahada. Şu kinematiki jübütde diňe bir hereketi (aýlawy ýa-da süýşmegi) baglanşyksyz diýip alyp bolýar, diýmek bir hereketli kinematiki jübütler hasabyna girýär. Her bölek hyr boýunça hereket edýär. Deňlemede k = 0 bolanda aýlaw hereket edýän kinematiki jübüt bolýar, k = ∞ bolan süýşýän kinematiki jübüt bolýar. Kinematiki jübütler edilýän hereketi boýunça (Г. Г. Баранов, Курс теории механизмов и машин. «Машиностроение», Москва, 1967.

В.А.Гавриленко, ТММ-Теории механизмов и машин «Высшая школа», Москва, 1981) ýa-da edilmedik hereketi boýunça (И. И. Артоболевский Теории механизмов и машин. «Наука», Москва, 1975) klaslandyrylýar. Biz edilmedik hereket boýunça klaslandyrýarys.

Edilmedik herekete goşulyş şerti diýilýär. Kinematiki jübütleri goşulyş şerti “S” boýunça klaslandyrýarys.

Kinematik jübütleri “P”- bilen belleýäris, olary çyzgyda şert boýunça görkezýäris.

P_5 – V klas bir hereketli kinematiki jübüt.

P_4 – IV klas iki hereketli kinematiki jübüt.

P_3 – III klas üç hereketli kinematiki jübüt.

P_2 – II klas dört hereketli kinematiki jübüt.

P_1 – I klas bäş hereketli kinematiki jübüt.

Kinematiki jübütleri galtaşyşlaryna görä bölýärler. Meýdan boýunça galtaşanda aşaky hilli diýilýär. Çyzyk ýa-da nokat boýunça galtaşanda ýokary hilli diýilýär.

I.2. Kinematiki zynjyrlar

Bölekler yzygiderli hereketli goşulan ulgama kinematiki zynjyr diýilýär.

Kinematiki zynjyrlar bolup bilýär:

1. Tekizlikde ýa-da giňişlikde hereket edýän, eger-de bölekleriň nokatlarynyň hereket ýollary parallel tekizliklerde bolsa, kinematiki zynjyr tekizlikde bolýar. Eger-de bölekleriň nokatlarynyň hereket ýollary kesişýän tekizlikde bolsa, kinematiki zynjyr giňişlikde hereket edýär.
2. Açyk ýa-da ýapyk kinematiki zynjyrlar. Eger-de hereketi başlanýan bölek we soňky bölek hereketsiz bölek bilen kinematiki jübüte girseler, kinematiki zynjyr ýapyk diýilýär. Eger-de soňky bölek hereketsiz bölek bilen kinematiki jübüte girmese kinematiki zynjyr açyk diýilýär.

Hereketi başlaýan bölege – giriş bölek diýilýär. Soňky bölege – çykyş bölek diýilýär. Şol iki bölegiň aralygyndaky böleklere hereket geçiriji bölekler diýilýär.

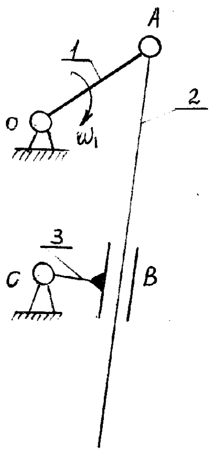
3. Ýönekeý ýa-da çylşyrymly kinematiki zynjyrlar.

Eger-de her kinematiki jübüte diňe iki bölek girende kinematiki zynjyr ýönekeý diýilýär.

Eger-de bir kinematiki jübüte ikiden köp bölek girende kinematiki zynjyr çylşyrymly diýilýär.

Meseleler.

Çyzgy I-11.



I-11-nji çyzgyda.

1-nji bölek – giriş bölegi – tirsekli wal. A nokat O nokadyň daşynda doly aýlanýar. A nokadyň hereket ýoly töwerek.

2-nji bölek – şatun – hereket geçiriji bölek. Çylşyrymly hereket edýär, aýlanýar hem süýşýär. Hereket 1-nji bölegiň aýlaw tekizligine parallel tekizlikde geçýär.

3-nji bölek – çykyş bölegi – aýlanýar (doly aýlanmanda-da) öňki tekizliklere parallel tekizlikde.

Hemme bölekleriň nokatlarynyň hereket ýollary parallel tekizliklerde geçýär, şol sebäpli kinematiki zynjyr tekizlikde hereket edýär. Giriş bölek – 1 we çykyş bölek – 3 hereketsiz bölege goşulan, onda ýapyk kinematiki zynjyr. Her kinematiki jübüt iki bölekden durýar:

“O” – kinematiki jübüte hereketsiz bilen 1-nji bölek,

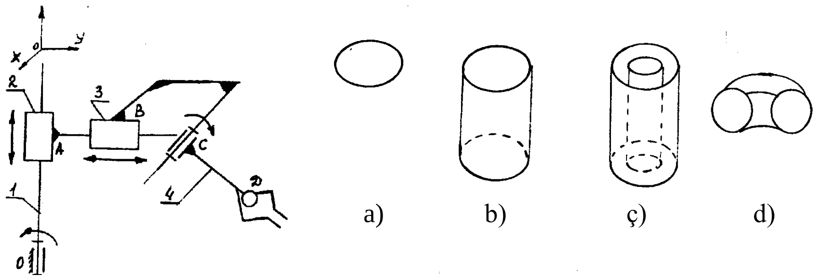
“A” – kinematiki jübüte 1-nji we 2-nji bölekler girýär,

“B” – kinematiki jübüte 2-nji we 3-nji bölekler girýär,

“C” - kinematiki jübüte 3-nji we hereketsiz bölek girýär.

Kinematiki zynjyr ýönekeý bolar.

Umumy alaňda I-11-nji çyzgyda tekizlikde hereket edýän, ýapyk, ýönekeý kinematiki zynjyr.



Çyzgy I-12.

I-12-nji çyzgyda ilki çykarylan robotyň eli.

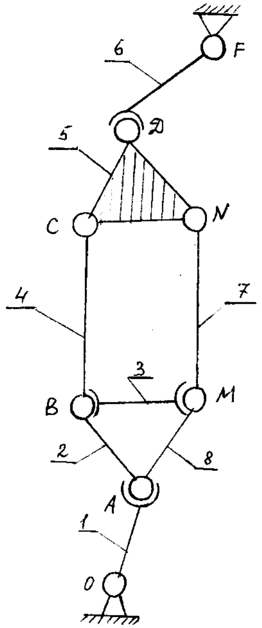
1-nji bölek “O” nokatda aýlanýar. Şol aýlawda “D” nokadyň hereket ýoly töwerek bolýar (çyzgy I-12a).

“A” nokatda süýşmek hereket “Z” ok boýunça, şol süýşmekde “D” nokat silindriň içinde hereket edýär (çyzgy I-12b)

“B” nokatda süýşmek “Y” ok boýunça, hereket iki silindriň aralygynda bolýar (çyzgy I-12ç).

“C” nokatda aýlaw “X” okuň daşynda, bu aýlaw boýunça iki silindriň aralygy tora öwrülýär (çyzgy I-12d).

Giňişlikde hereket edýän, açyk, ýönekeý kinematki zynjyr bolýar. Sebäbi her kinematiki jübüt iki bölekden durýar, çykyş bölek hereketsiz bölege goşulanok.



Çyzgy I-13.

I-13-nji çyzgyda hereket giňişlikde bolýar, sebäbi “A” we ”D” kinematiki jübütlerde üç okuň daşynda üç aýlaw “B” we “M” kinematiki jübütlerde 3-nji bölek öz okunyň daşynda aýlanýar.

A, B, D, M kinematiki jübütlerde üç bölek goşulan, kinematiki zynjyr çylşyrymly. Giriş bölek – 1 we çykyş bölek – 6 hereketsiz bölege goşulan, kinematiki zynjyr ýapyk. I-13-nji çyzgyda giňişlikde hereket edýän, ýapyk, çylşyrymly kinematiki zynjyr.

I.3. Kinematiki zynjyrlaryň hereket sanyny kesgitlemek

Berlen “n” bölekli giňişlikde hereket edýän kinematiki zynjyr (çyzgy I-14).

Her erkin bölek giňişlikde 6 hereket edip bilýär. Kinematiki zynjyryň edip biljek hereketi $6n$ deň. Bölekler jübütlere goşulanda birnäçe hereketini ýitirýär. Şol ýitýän hereket sanyny kesgitleýäris. Zynjyrdaky kinematiki jübütleriň sanyny belleýäris:

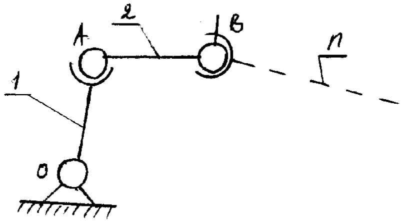
V klas jübüt sanyny P_5 diýip;

IV klas jübüt sanyny P_4 diýip;

III klas jübüt sanyny P_3 diýip;

II klas jübüt sanyny P_2 diýip;

I klas jübüt sanyny P_1 diýip;



Çyzgy I-14.

V klas kinematiki jübütlerde bir hereket edilýär, 5 hereket edilenok. Edilmedik hereketiň jemi bolýar $5P_5$ deň.

IV klas kinematiki jübütlerde iki hereket edilýär, dört hereket edilenok. Edilmedik hereketiň jemi bolýar $4P_4$ deň.

Şoňa göräde III klas jübütlerde $3P_3$, II klas jübütlerde $2P_2$, I klas jübütlerde $1P_1$ hereket edilenok.

Kinematiki zynjyryň edip biljek hereketinden hemme kinematiki jübütleriň edip bilmedik hereketlerini aýyrsak, hakyky edilýän hereket bolýar.

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1 \qquad \text{(I-2)}$$

I-12-nji çyzgyda kinematiki zynjyryň hereket sanyny kesgitleýäris.

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1$$

$$W = 6 \cdot 4 - 5 \cdot 4 = 4$$

Hereket edýän bölek sany n = 4.

V klas kinematiki jübütleriň sany:

O – nokatda – V klas aýlaw;

A – nokatda – V klas süýşmek;

B – nokatda – V klas süýşmek;

C – nokatda – V klas aýlaw;

D – nokadyň öz ýöredijisi bolmaly, ýa-da ýelmeşýän enjam bolmaly.

Görkezilen kinematiki zynjyr dört hereketli:

“O” jübütde – z ok boýunça aýlaw;

“A” jübütde – z ok boýunça süýşmek;

“B” jübütde – y ok boýunça süýşmek;

“C” jübütde – x ok boýunça aýlaw.

I.4. Tekizlikde hereket edýän zynjyryň hereket sanyny kesgitlemek üçin deňleme

Berlen, tekizlikde hereket edýän “n” bölekli kinematiki zynjyr.

Tekizlikde her bölek üç hereket edip bilýär, iki aýlaw bir süýşmek, ýa-da bir aýlaw iki süýşmek. Kinematiki zynjyryň edip biljek hereketi 3n deň. Tekizlikde hereket edýän kinematiki zynjyrlara III, II, I klas kinematiki jübütler girenok, sebäbi olar girende hereket giňişlige geçýär.

V klas kinematiki jübütlerde iki hereket edýär, tekizlikde iki hereket edilenok. Edilmedik hereketiň jemi $2P_5$ deň.

IV klas kinematiki jübütlerde bir hereket edilenok. Edilmedik hereketiň jemi $1P_4$ deň.

Kinematiki zynjyryň edip biljek hereketinden kinematiki jübütleriň edip bilmedik hereketini aýyrsak hakyky edilýän hereket bolýar.

$$W = 3n - 2p_5 - 1P_4 \qquad \text{(I-3)}$$

Çebeşowyň deňlemesi diýilýär.

I-11-nji çyzgydaky kinematiki zynjyryň hereketini kesgitleýäris.

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

Hereket edýän bölegiň sany $n = 3$;

V klas kinematiki jübütiň sany $P_5 = 4$.

I.5. Ýokary hilli kinematiki jübütleri aşaky hilli kinematiki jübütlere çalyşmagyň usuly

Mehanizmleriň klaslaryny kesgitläňde ýokary hilli kinematiki jübütleri şert boýunça, aşaky hilli kinematiki jübütlere çalyşýarlar.

Çalyşma geçirilende kinematiki zynjyryň hereket sany we bölekleriň şol pursatda hereket kanunlary üýtgemeli däl (çyzgy I-15).

$$W = 3n - 2P_5 - 1P_4$$

$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 \cdot 1 = 1$$

I-15-nji b çyzgy üçin:

$$W = 3n - 2P_5$$

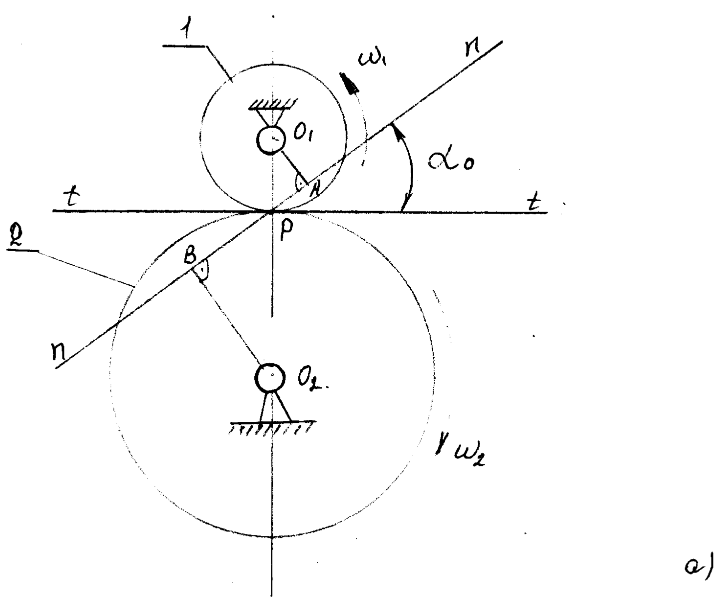
$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

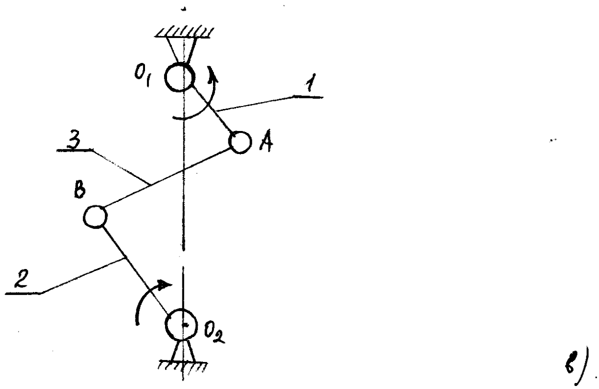
Dişli tigirleriň galtaşýan ýerinde P nokatda umumy galtaşýan çyzygy t – t – ni geçirýäris. Şol nokatda ilişmek burçy $\alpha_0 = 20^0$ boýunça geçirilen çyzyk n – n, iki tigiriň dişlerine umumy normal çyzyk bolýar.

O_1 we O_2 nokatlardan umumy normala 90^0 – da çyzyklar geçirip, kesişýän nokatlaryny A we B diýip bellesek, şol nokatlarda V klas kinematiki jübütleri ýerleşdirsek, ýokary hilli kinematiki jübüti “P” iki aşaky hilli kinematiki jübütlere “A” we “B” çalyşýarys. Çalşylan kinematiki zynjyryň hereket sany we 1, 2 bölekleriň şol pursatdaky hereket kanunlary üýtgänok.

Çalyşma geçirip Çebyşewiň deňlemesini gysgaltdyk:

$$W = 3n - 2P_5 \qquad (I\text{-}4)$$





Çyzgy I-15.

I.6. Mehanizmler we olaryň klaslandyrylyşy

Ýörediji bölege yzygiderli hereketi nola deň toparlar goşulan kinematiki zynjyra m e h a n i z m diýilär

Hereket kanuny berlen bölege ýörediji bölek diýilýär.

Hereketi nola deň toparlara Assuryň toparlary diýilýär. Çebyşewiň deňlemesi Assuryň toparlary üçin:

$$W = 3n - 2P_5 = 0 \qquad \text{ya-da} \quad 3n = 2P_5 \qquad \text{(I-5)}$$

Bu ýerde:

n – hereketli bölekleriň sany .

P_5 - V klas kinematiki jübütleriň sany.

Bölekleriň we kinematiki jübütleriň sany bitin bolmaly, şol sebäpli (I-5) deňlemä aşakdaky hatar gabat gelýär:

n	2	4	6	8	10	....
P_5	3	6	9	12	15	....

Akademik I. I. Artobalewskiniň klaslandyrylyşy boýunça n = 2, P_5 = 3 bolanda II klas Assuryň topary diýmeli.

II klas Assuryň toparlarynyň görnüşleri.

1-nji görnüşi. Kinematiki jübütleriň üçüsi hem aýlaw hereket edýär, çyzgy I-16 a;

2-nji görnüşi. Bir çetdäki kinematiki jübüt süýşýär ikisi aýlanýar, çyzgy I-16 b;

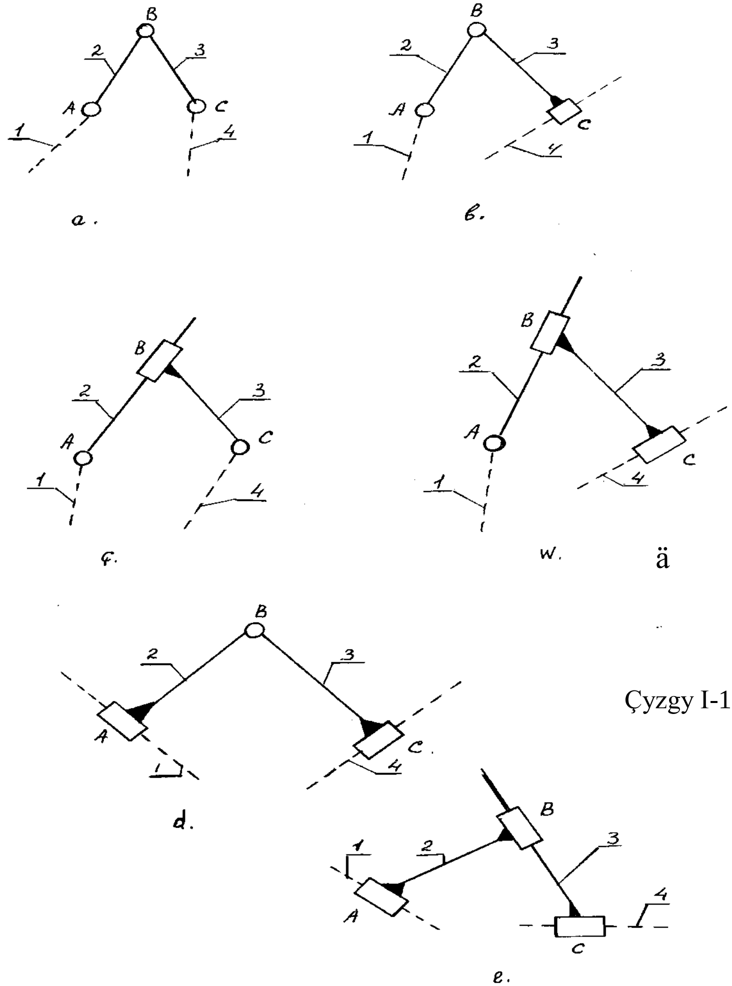
3-nji görnüşi. Ortadaky kinematiki jübüt süýşýär, iki çetdäkiler aýlanýar, çyzgy I-16 ç;

4-nji görnüşi. Bir çetdäki kinematiki jübüt aýlanýar, ikisi süýşýär, çyzgy I-16 ä;

5-nji görnüşi. Ortadaky bir kinematiki jübüt aýlanýar, iki çetdäkiler süýşýär, çyzgy I-16 d.

Kinematiki jübütleriň hemmesiniň süýşmesine ýörüte pahnaly mehanizm diýilýär, çyzgy I-16 e.

n = 4, P_5 = 6 deň bolanda III klas Assuryň topary diýilýär, haçan-da II klas Assuryň toparlaryna bölünmedik ýagdaýynda.

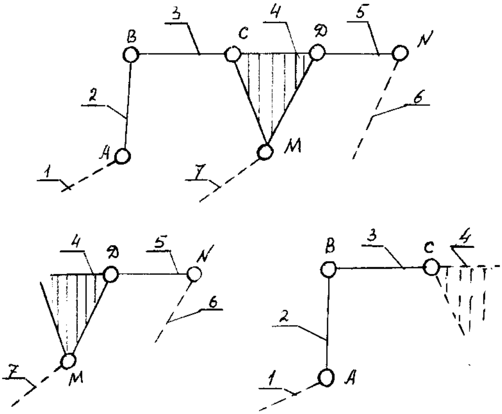


Çyzgy I-16.

I-17-nji a çyzgyda II klas Assuryň toparlaryna bölünýär. Çyzgyda II klas 1-nji görnüş iki sany Assuryň toparlary.

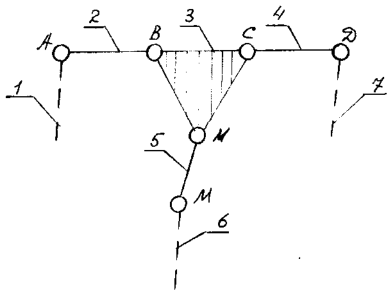
I-17-nji b çyzgyda II klas Assuryň toparlaryna bölüp bolanok.

a)

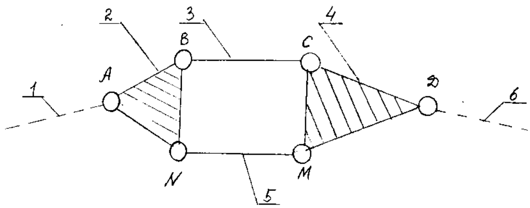


Çyzgy I-17.

b)



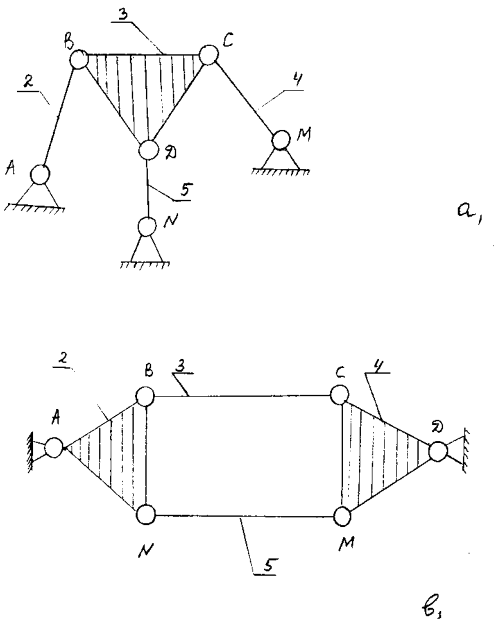
ç)



Meselem, düzgün boýunça soňky bölekden başlap iki bölek 5 we 3, M, N, C kinematiki jübütleri aýyrsak, 4-nji bölek D kinematiki jübüt bilen, ikinji bölek A we B kinematiki jübütler bilen aýry galýarlar, olar Assuryň topary bolanok. Başgaça bolanda, M, N, B kinematiki jübütleri aýrylanda, 2-nji bölek A jübüt bilen, 4-nji bölek C we D jübütler bilen aýry galýarlar. Diýmek II klas Assuryň toparlaryna bölüp bolanok, şol sebäpli III klas Assuryň topary diýilýär. Şu toparda 3-nji bölege bazis bölek, 2, 4 we 5 böleklere ugradyjy bölekler diýilýär. Bazis bölekde üç sany kinematiki jübütler B, C, M girýär, 2, 4, 5 bölekler daşky kinematiki jübütler bilen başga böleklere goşulýar. Şu topara üçünji derejeli III klas Assuryň topary diýilýär. Derejesi daşky kinematiki jübütleriň sany bilen kesgitlenýär.

I-17-nji ç çyzgyda $n = 4$, $P_5 = 6$ dört sany içki kinematiki jübütler B, C, M, N we iki daşky A, D kinematiki jübütler bilen başga böleklere goşulýar. Ugradyjy bölekler ýok, dört burçly kontury bar. Bu topara ikinji derejeli III klas Assuryň topary diýilýär.

I-17b we I-17ç çyzgylarda toparlarda aýlaw kinematiki jübütleri süýşmek kinematiki jübütlere çalyşyp birnäçe görnüşlerini alyp bolýar, ýöne bu ýerde oňa seredilenok. III klas Assuryň toparlarynyň görnüşleri köp.



Çyzgy I-18.

Islendik Assuryň toparlaryny daşky kinematiki jübütleri bilen hereketsiz bölege goşaňda (çyzgy I-18) hereketi nola deň toparlar döreýär, olara ferma diýilýär. Eger-de şol Assuryň toparlaryny ýörediji bölege, ýa-da öňki mehanizmiň islendik bölegine goşsaň täze mehanizm döreýär, ýöne hereket derejesi üýtgemez.

Mehanizmiň klasyny kesgitlemek üçin kinematiki zynjyryň soňky çykyş bölekden başlap II klas Assuryň toparlaryny aýyrmaly. Eger-de kinematiki zynjyr II klas Assuryň toparlaryna bölünmese, yzygiderli III, IV we şoňa görä klas Assuryň toparlaryna bölmeli. Mehanizmiň klasy iň ýokary Assuryň toparlarynyň klasy boýunça kesgitlenilýär. Meselem, on sany II klas Assuryň toparyna bölüp, bir III klas Assuryň topary bolanda mehanizm III klas diýilýär.

Meselem: I-19-njy çyzgyda görkezilen kinematiki zynjyr mehanizmi näçinji klas. Soňky – çykyş 5-nji bölekden başlap iki bölek üç kinematiki jübütleri aýyrýarys. Çyzgy I-19b. 4-nji we 5-nji bölekler, D, F, E kinematiki jübütler. D – aýlaw, F – aýlaw, E – süýşmek.

Çebyşewiň deňlemesi boýunça:

$$W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$

II klas 2-nji görnüş Assuryň topary. 2-nji we 3-nji bölekleri we üç kinematiki jübütleri A – aýlaw, B – aýlaw, C – aýlawy aýyrýarys.

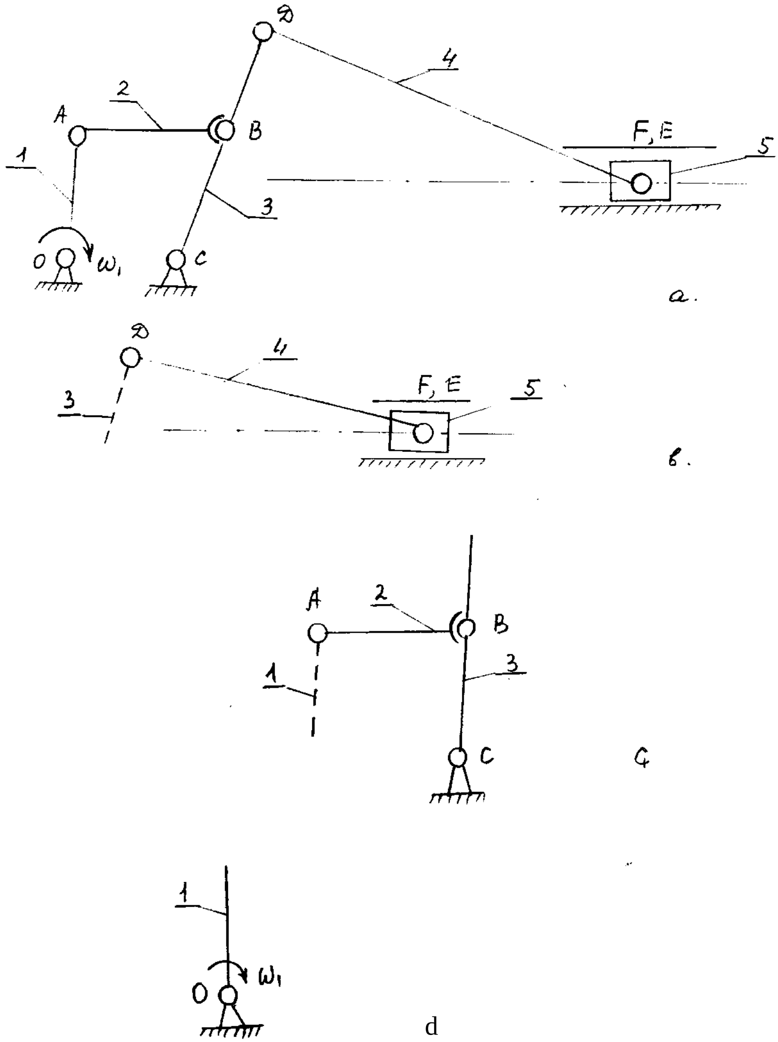
$$W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$

II klas 1-nji görnüş Assuryň topary.

Galan 1-nji bölege we “O” kinematiki jübüte aýratyn seredýäris, ol ýörediji bölek, sebäbi hereket kanuny ω_1 berlen:

$$W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1$$

Hereketi W = 1 deň, şol sebäpli oňa mehanizm diýilýär. Mehanizm I klass. Tutyş kinematik zynjyr mehanizm II klass, sebäbi iň ýokary Assuryň toparynyň klasy II.



Çyzgy I-19.

Mesele: Çyzgy I-20a görkezilen kinematiki zynjyr näçinji klas mehanizm?

1-nji bölegiň hereket kanuny berlen, ol ýörediji bölek. Soňky 5-nji bölek-çykyş.

Çykyş bölekden başlap II klass Assuryň toparlaryna böleňde, II klasa bölüp bolanok. Onda 4 bölek, 6 kinematiki jübütleri (2, 3, 4, 5 bölekler, A, B, C, D, M, N jübütler) aýraňda, Çebişewiň deňlemesi boýunça bolýar:

$$W = 3 \cdot n - 2P_5 = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 = 0$$

III klass Assuryň topary.

1-nji bölek bilen “O” kinematik jübüt

$$W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1$$

I klas mehanizm.

Tutuş kinematiki zynjyr III klass mehanizm bolýar, sebäbi Assuryň toparynyň klasy III.

Şol seredilen kinematik zynjyrda ýörediji bölegini üýtgedeňde, 5-nji bölek ýörediji diýip alaňda II klass Assuryň toparyna bölünýär:

1-nji we ikinji bölekleri, A,B,O kinematiki jübütleri aýraňda:

$$W = 3 \cdot n - 2P_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$

II klas 1-nji görnüş Assuryň topary.

3-nji we 4-nji bölekleri, C, D, M kinematiki jübütleri aýraňda:

$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$

II klass 2-nji görnüş Assuryň topary.

5-nji bölek N kinematiki jübüt bilen :

$$W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1$$

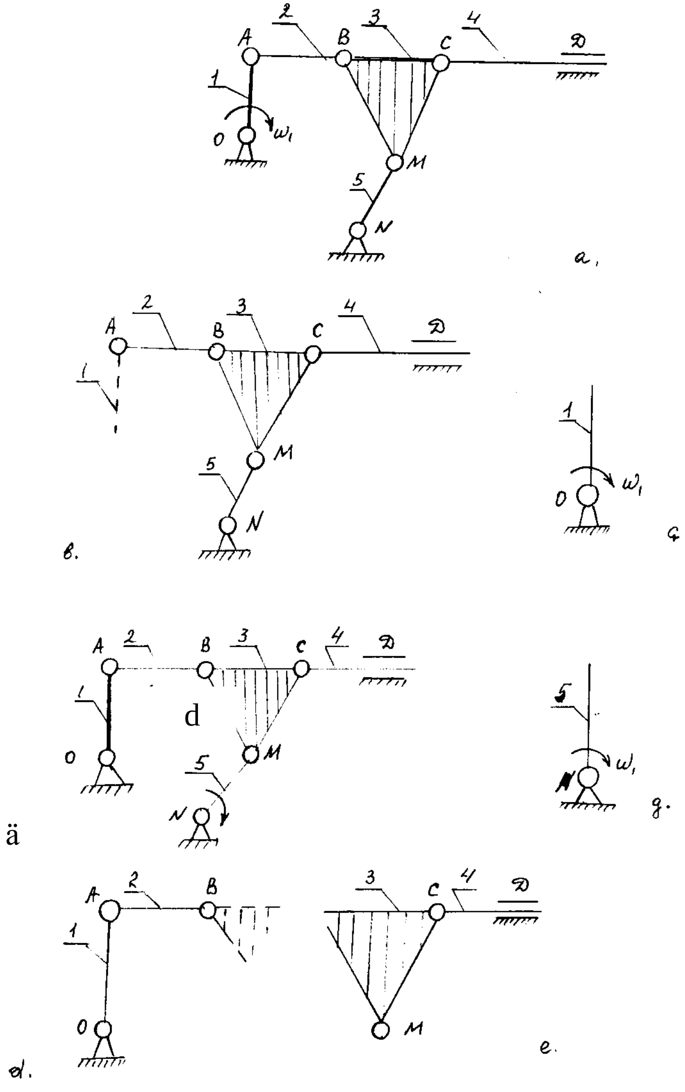
Mehanizm I klas .

Tutuş kinematiki zynjyr II klass mehanizm.

Diýmek mehanizmleriň klaslandyrylyşy şert boýunça.

Assuryň toparlarynyň her görnüşiniň klasynyň kinematiki we kinetostatiki derňewiniň aýratynlygy bar.

Klasyna görä derňew usullaryny ulanmaly.



Çyzgy I-20.

II. BÖLÜM
MEHANIZMLERIŇ KINEMATIKI DERŇEWI

II.1. Kinematika. Umumy düşünjeler

Mehanizm hereket edende bölekleriň bir-birine görä ýagdaýlary üýtgeýär. Ýörediji bölek belli bir kanun bilen hereket edende, beýleki bölekler belli bir hereket edýärler. Ýörediji bölegiň her bir ýagdaýyna, beýleki bölekleriň we nokatlaryň belli bir ýagdaýy, tizlikleri we tizlenmeleri bolýar. Şunyň bilen degişlilikde kinematiki derňewiň meselesi bolup durýar:

1. Mehanizmiň bölekleriniň ýagdaýyny we nokatlarynyň hereket ýollaryny kesgitlemek.
2. Bölekleriň we nokatlaryň tizliklerini kesgitlemek.
3. Bölekleriň we nokatlaryň tizlenmelerini keslemek.

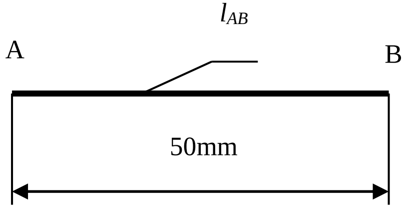
Mehanizmiň hereketi wagta görä gaýtalanýar, şol sebäpli bir döwrini derňemek ýeterlik bolup durýar. Şol döwür ýörediji bölegiň bir doly aýlawyna deň bolýar. Ýokarda agzalan meseleleri birnäçe usul bilen çözüp bolýar. Şol usullar: grafiki usuly, grafo-analitiki usuly we analitiki usuly. Talyplar üçin grafo-analitiki usul aňsat bolýar, şol usul boýunça köp mehanizmleriň derňewi doly geçirilen.

II.2. Masştablar

Çyzgylary çyzylanda bölekleriň uzynlygyny, tizlikleri, tizlenmeleri we güýçleri wektor boýunça görkezmeli. Olary masştabda çyzyp görkezmeli. Hakyky berlen bahany çyzgyda alynýan baha bölsek, oňa masştab diýilýär. Ol μ – mýu harpy bilen bellenýär.

Meselem: Berlen AB bölegiň uzynlygy, $l_{AB} = 0{,}1m$, bölegi çyzgyda aldyk $AB = 50\ mm$.

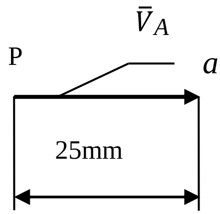
Onda $$\mu_l = \frac{l_{AB}\, m}{AB\ mm} = \frac{0{,}1m}{50mm} = 0{,}002\frac{m}{mm}$$



Çyzgy II-1a.

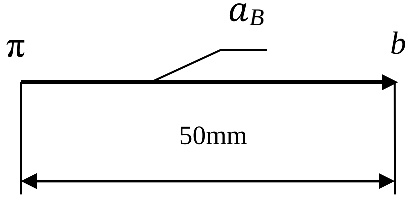
Ýa-da berlen A nokadyň tizligi V_A=10 m/s, ony wektor boýunça alsak *Pa = 25 mm.*

Onda $$\mu_V = \frac{V_A\ m/s}{Pa\ mm} = \frac{10m/s}{25mm} = 0{,}4\frac{m/s}{mm}.$$



Çyzgy II-1b.

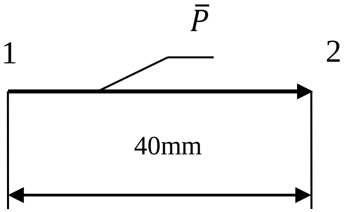
Ýa-da berlen B nokadyň tizlenmesi $a_B=100\ m/s^2$, ony wektor boýunça alsak πb = 50 mm;



Çyzgy II-1ç.

Onda $\mu_a = \frac{a_B\ m/s^2}{\pi b\ mm} = \frac{100 m/s^2}{50 mm} = 2\,\frac{m/s^2}{mm}.$

Ýa-da berlen güýç P = 1000 N, ony wektor diýip alsak 1-2 = 40 mm;



Çyzgy II-1d.

Onda $\mu_P = \frac{P\ N}{1\text{−}2\ mm} = \frac{1000\ N}{40\ mm} = 25\,\frac{N}{mm}.$

Hasaby aňsatlaşdyrmak üçin masştablary doly sifr almak ýagdaýyny görmeli ýa-da aňsat drob boýunça almaly.

Standart masştablar

0.001	0.01	0.1	1	10	100
0.002	0.02	0.2	2	20	200
0.005	0.05	0.5	5	50	500

II.3. Mehanizmiň 12 ýagdaýyny gurmak we nokatlaryň geçen ýoluny kesgitlemek

Meselem: Berlen egri tirsekli-polzunly mehanizm

$\omega_1 = const\ (1/s);\ l_{OA} = 0{,}45\ m;\ l_{AB} = 0{,}45\ m;\ l_{AS2} = l_{AB} = 0{,}15\ m.$

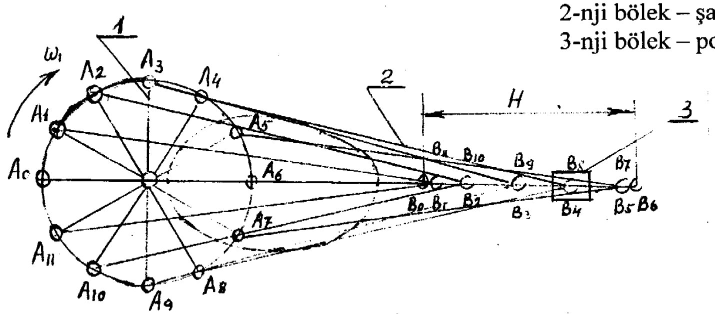
A nokat O nokadyň daşyndan doly aýlanýar, A nokadyň hereket ýoly töwerek. Bir nokady O diýip belläp, OA radiusly töwerek geçireris. Ony ilki dörde böleris, emele gelen nokatlary A_0, A_3, A_6, A_9 diýip belläris. A_0 – dan radius boýunça töweregiň üstünde iki nokat belledik, A$_2$ we A$_{10}$ nokatlary tapdyk. Sirkulyň iňňesini A3 nokatda goýup, töweregiň üstünde iki nokady belläp, A$_1$ we A$_5$ nokatlary tapdyk. Soňra A$_6$ – dan A$_4$ we A$_8$ belledik, soň A$_9$ – dan A$_7$ we A$_{11}$ nokatlary belledik. OA – radiusy 25mm – den geçirdik, onda masştab deň

$$\mu_l = \frac{l_{OA}\,m}{OA\,mm} = \frac{0{,}1m}{25mm} = \frac{m}{mm}.$$

Indi AB uzynlygyny kesgitlemeli.

$$AB = \frac{l_{AB}\,m}{\mu_l\,m/mm} = \frac{0{,}45\cancel{m}}{0{,}004\,\cancel{m}/mm} = 112{,}5\,mm.$$

1-nji bölek – kriwoşip
2-nji bölek – şatun
3-nji bölek – polzun



Çyzgy II-2.

Her A nokatlardan şol uzynlyk boýunça x – x okuň üstünde 12 nokat bellesek, olar B$_0$, B$_1$, ..., B$_{11}$ nokatlar bolýar. A$_0$ nokady B$_0$ bilen göni çyzyk bilen birleşdirsek, A$_1$ nokady B$_1$ bilen, A$_2$ nokady B$_2$ bilen, ..., A$_{11}$ nokady B$_{11}$ bilen birikdirip, ikinji bölegiň 12 ýagdaýyny kesgitledik.

Üçünji bölek – polzun x – x ok boýunça göni hereket edýär.

S$_1$, S$_2$, S$_3$ – bölekleriň agram merkezleri. S$_1$ nokat O nokat bilen bir ýerde, olar hereket edenok. S$_2$ nokadyň hereket ýoluny kesgitlemeli. Onuň üçin:

$$AS_2 = \frac{l_{AS2}\,m}{\mu_l \frac{m}{mm}} = \frac{0{,}15m}{0{,}004\frac{m}{mm}} = 37{,}5\,mm$$

Her A nokatlardan ikinji bölekde AS_2 = 37,5mm boýunça S_2 nokatlary belläp, olary bir-biri bilen birleşdirsek, S nokadyň hereket ýoly tapylýar.

S_3 nokat B nokat bilen bir ýerde, hereket ýoly göni çyzyk. Hereket B_0 – dan B_6 çenli, soň yzyna B_6 – dan B_0 çenli.

$B_0 – B_6 = H; H = OB_6 – OB_0;$

$OB_6 = AB + OA;$

$OB_0 = AB - OA;$

$H = AB + OA – AB + OA = 2OA.$

Üçünji bölegiň hereket ýoly töweregiň diametrine deň.

II.4. Kinematiki diagrammalar

B nokadyň geçýän ýoluny birinji bölegiň aýlanma burç φ_1 funksiýasynda gurmaly. Onuň üçin iki ok alyp, “ox” okda φ_1 burçy belläp, “oy” okda B nokdyň hereketini belleýäris. “ox” okda L uzynlykda aralyk alyp (L = 120, 180, 240 mm) deň 12 bölege bölýäris, nokatlar 0, 1, 2, ..., 11, 0.

Biz A nokadyň hereket ýoluny – töweregi A_0 nokatdan üzüp, göni çyzyga geçireris. 0 – A_0, 1 – A_1, ...,11 – A_{11} deň.

“oy” okda B nokadyň geçen ýoly.

1-nji nokatdan y oka parallel B_0B_1 aralygy belläp, 1’ nokady tapdyk.

2-nji nokatdan B_0B_2 aralygy belläp 2ˈ nokady tapdyk.

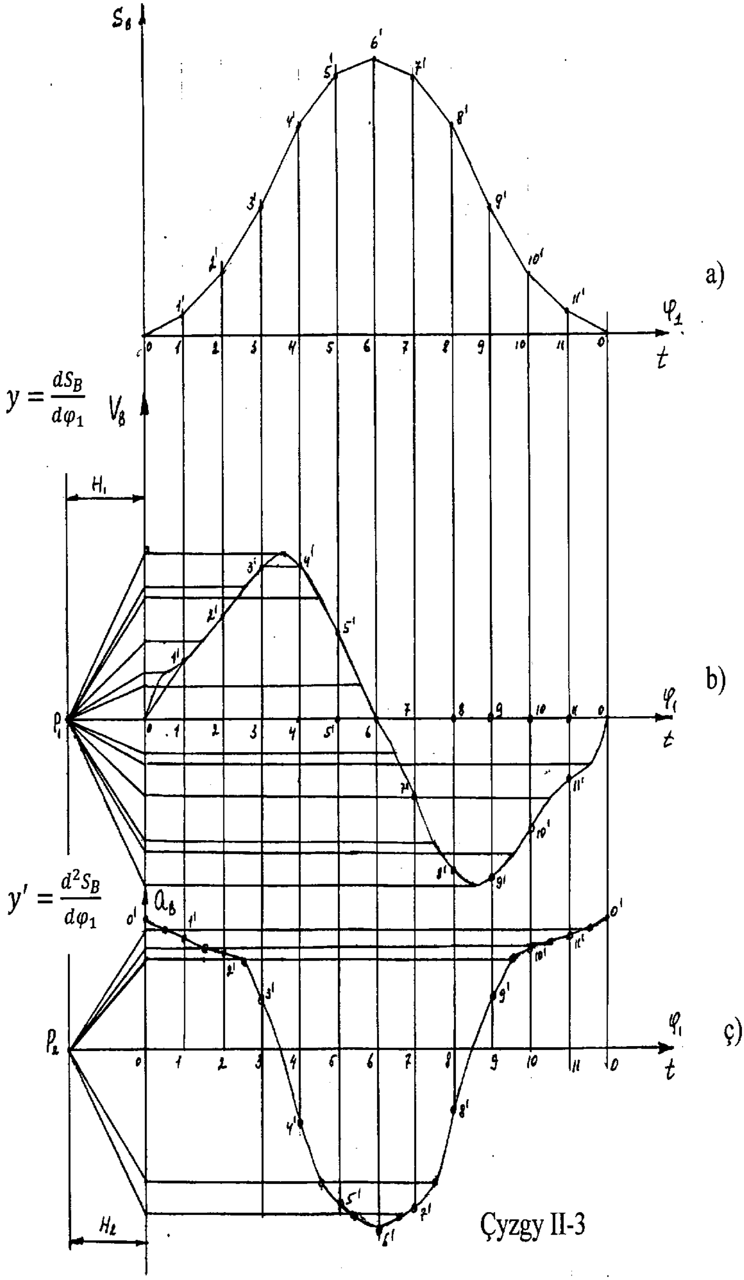
- -

11-nji nokatdan B_0B_{11} belläp 11ˈ nokady tapdyk. Indi bolsa ştrihli nokatlary birleşdirsek B nokadyň diagrammasy gurular $S_B = f(\varphi_1)$.

Eger-de birinji bölegiň hereketi deňölçegli bolsa, onda φ_1 ýerine “t” wagty belläp bolýar $S_B = f(t)$.

Öňki diagrammadan diňe masştaby üýtgeşik, çyzgy II-3.

$$\mu_\varphi = \frac{2\pi}{L}\ \frac{rad}{mm}; \qquad \mu_t = \frac{2\pi\ rad.s}{\omega_1 L\ mm}.$$



Çyzgy II-3

II.5. Grafiki differensiýal

Tizligi tapmak üçin geçilen ýoly wagta bölmeli.

$$V = \frac{S}{t}$$

Differensiýal görnüşde

$$V = \frac{ds}{dt}$$

Geçilýän ýol wagta görä diagramma görnüşde berlende islendik nokatda grafiki differensiýal usuly boýunça tizligini kesgitläp bolýar, çyzgy II-4.

Çyzgy II-4. Süýşmek diagrammasy wagta görä $S = f(t)$ berlen. Birinji nokatda tizligini tapmak üçin:

$$V = \frac{ds}{dt} = \frac{\mu_s dy}{\mu_t dx}.$$

Bu ýerde: dy – elementar aralyk (mm), μ_s masştabda elementar süýşmegi aňladýar.

$$ds = \mu_s\, dy$$

dx – elementar aralyk (mm), μ_t masştabda elementar wagtyny aňladýar.

$$dt = \mu_t\, dx$$

Birinji nokatda diagramma galtaşýan çyzyk geçireňde

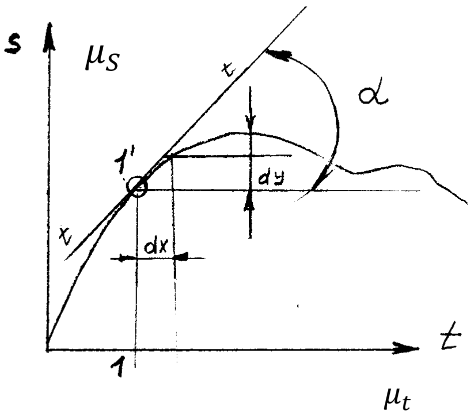
$$\frac{dy}{dx} = tg\alpha.$$

α – galtaşýan çyzyk bilen absissaokunyň aralygyndaky burç.

Onda $$V = \frac{\mu_s}{\mu_t} = tg.$$

Şu deňleme görkezýär, islendik nokatda tizligi kesgitlemek üçin, şol nokatda süýşmek diagrammasyna galtaşýan çyzyk geçirip, absissa oky bilen aralykdaky burçy tapmaly

Grafiki differensialyň birnäçä usuly bar, olaryň ikisine seredýäris: galtaşýan çyzyk we horda usullary.



Çyzgy II-4.

II.6. Galtaşýan çyzyk usuly

Süýşmek diagrammasynyň 1' nokatda galtaşýan çyzyk geçirip α_1 burçuny belleýäris (çyzgy II-6).

Tizlik diagrammasynyň ordinat okunyň çep tarapynda H_1 aralygy absissa okunda P_1 nokady belläp, galtaşýan çyzygy şol P_1 nokada özüne parallel geçirip ordinat okunda 1 diýip belleýäris. şol nokatdan absissa okuna parallel çyzygy 1-1' bilen kesişýän nokadyny 1' diýip belleýäris. 1-1' aralygy ölçäp mm – de tizlik masştabyna köpeltsek tizligi tapylýar.

$$V_1 = \mu_V\,(1 - 1')\ \ \frac{m}{s^2}.$$

Tizlik masştaby:

$$V_1 = \frac{\mu_s}{\mu_t}\,\frac{0-1}{H_1} = \frac{\mu_s}{\mu_t} tg\alpha_1.$$

Bu deňlemede μ_s, μ_t, H_1 – hemişelik ölçegler,

$$\mu_V = \frac{\mu_s}{\mu_t H_1} \qquad \text{diýip alýarys.}$$

Süýşmek diagrammasynyň 2' nokadynda galtaşýan çyzyk geçirip P_1 nokatda özüne parallel düşürip ordinat oky bilen kesişýän nokadyny II diýip belläp, şol nokatdan absiss okuna parallel çyzyk geçirip 2-2' çyzyk bilen kesişen nokadyny 2' diýip bellesek

$$V_2 = \mu_V\,(2-2')\,\frac{m}{s}.$$

Şol usul bilen hemme 12 nokatlaryň tizliklerini kesgitläp lekal boýunça birleşdirsek, wagta görä tizlik diagrammasy bolýar.

Şüýşmek diagrammasyna galtaşýan çyzyklary dogry geçirmek kyn. Şol sebäpli gataşýan usul köp ýalňyşlyk goýberýär. Şonuň üçin köplenç horda usulyny ulanýarlar.

II.7. Horda usuly

Çyzgy II-5. Süýşmek diagrammasyny 12 aralyga bölüp (aralyklar deň bolmanam bilýär), şol aralyklary göni çyzyklar bilen birleşdirýäris. Deňölçegsiz hereketi her aralyk deňölçegli hemişelik tizlikli herekete öwürýäris.

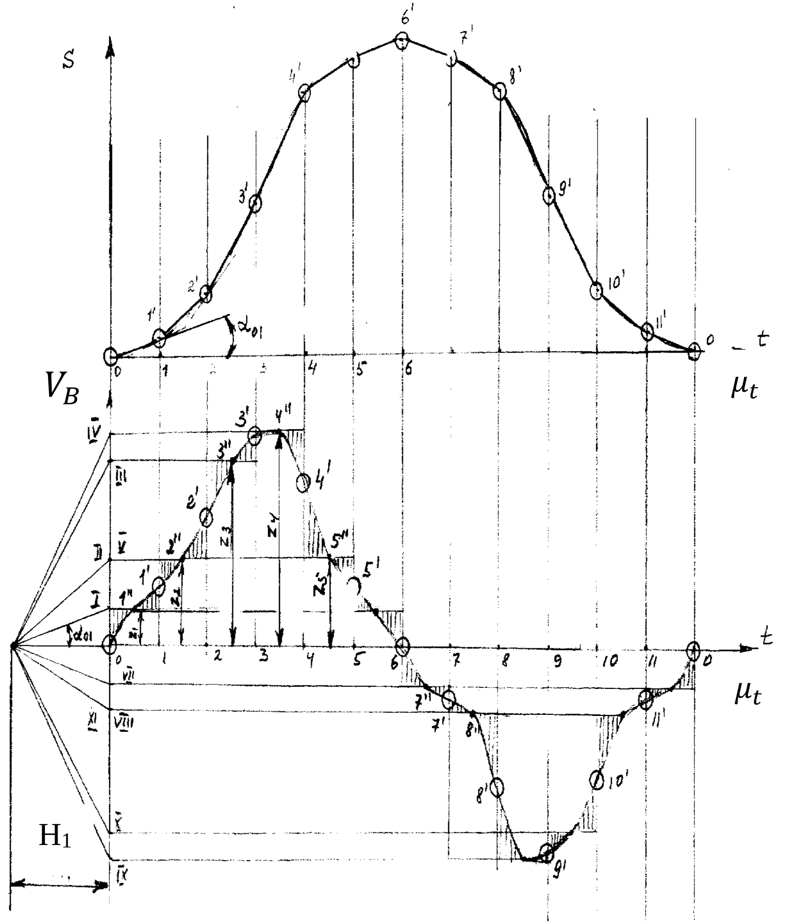
Her aralykdaky hemişelik tizlik hakyky şol aralykda ortaça tizlige deň. Tizlik diagrammasy guruljak koordinat oklaryň başlangyç O nokadyndan çepe belli bir aralyk H_1 wagt oky boýunça P_1 nokady belläp, şol P_1 nokatdan P_1-I, P_1-II, P_1-III, P_1-IV, P_1-V, ..., P_1-XI çyzyklary 0-1', 1'-2', 2'-3', ..., 11'-0 hordalara parallelgeçirýäris. 0-I, 0-II, 0-III, ..., 0-XI çyzyklar her aralygyň ortaça tizligine deň bolýar.

$$0\text{-I} = z_1$$

$$0\text{-II} = z_2$$

- - - - -

$$0\text{-XI} = z_{11}$$



Çyzgy II-5.

Ortaça tizlik her aralygyň ortasynda bolmalydiýip 1", 2", 3", …, 11" nokatlary belleýäris. Şol nokatlary lekal çyzyk bilen ýirleşdirsek tizlik diagrammasyny alarys.

Islendik nokatda tizligini kesgitlemek üçin ordinatasyny mm – de ölçä pokuň masştabyna köpeltmeli.

Meselem ikinji nokat üçin:

$$V_2 = \mu_V(2 - 2').$$

Tizlik masştaby:

$$V_{01ort} = \frac{\mu_s}{\mu_t} tg\alpha_{01ort} = \frac{\mu_s 0-1}{\mu_t H_1}$$

$$V_{01ort} = \mu_V (0 - \mathrm{I}) \ \frac{m}{s}.$$

$$\mu_V = \frac{\mu_s}{\mu_t H_1}.$$

Hordalar süýşmek diagrammasyna näçe golaý geçirilende, şonça–da hasap dogry çykýar.

II.8. Grafiki integral

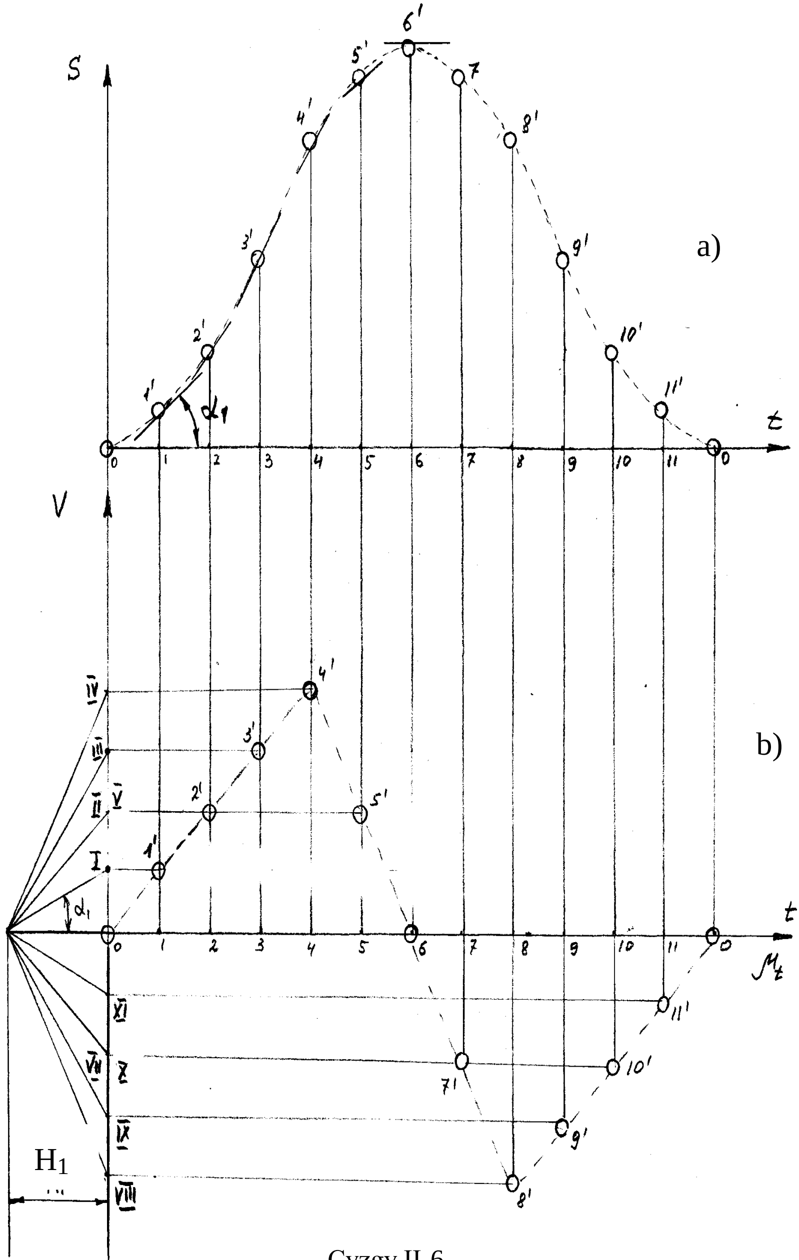
Tizlik diagrammasynda süýşmek diagrammasyny kesgitlemek üçin grafiki integral usulyny ulanýarys.
Integrirleme differensirlemäniň ters hereketi. Kesgitli integralyň manysy meýdan. 0-1 aralykda (çyzgy II-5) tizlik diagrammasyndan süýşmegi tapmak üçin 0-11' meýdany tapmaly. Meseläni aňsatlaşdyrmak üçin 0-1 aralygyň ortasyndan ordinate geçirip diagramma bilen kesişýän ýerini 1' diýip belläp abscissa okuna parallel çyzyk bilen ordinate oky bilen kesişýän ýerini I diýip belläp, P_1 nokat bilen birleşdirýäris. Süýşmek diagrammasy guruljak koordinat oklaryň baş “o” nokadyndan P_1-I çyzyga parallel çyzygy 1-1 çyzyk bilen kesişýän nokadyny 1' diýip belleýäris.

Şu usul boýunça hemme 1', 2', 3', …, 11' nokatlary kesgitläp lekal boýunça birleşdisek süýşmek diagrammasy bolýar.

Integrirleme horda usuly boýunça differensirlemege ters hereket bolýar.

Süýşmek masştaby:

$$\mu_s = \mu_V \cdot \mu_t \cdot H_1.$$



Çyzgy II-6.

II.9. Plan usuly boýunça tizlikleri we tizlenmeleri kesgitlemek. Grafo-analitiki usul

Tizlikleriň we tizlenmeleriň planlaryny wektor deňlemeler boýunça gurulýar. Wektor deňlemeler her Assuryň toparlarynyň aýratynlygy üçin, olaryň ýörediji we başga böleklere goşulýanlygy goşulşy boýunça düzülýär. Ýönekeý mehanizme seredýäris.

Berlen:

1. Mehanizmiň plany.
2. Bölekleriň uzynlyklary (m),

$$l_{OA}, l_{AB}, l_{BC}, l_{OC}.$$

3. Agram merkezleri bölekleriň orta arasynda

$$l_{AS1} = l_{OA}/2; l_{BS2} = l_{AB}/2; l_{CS3} = l_{BC}/2.$$

4. Ýörediji bölegiň burç tizligi ω_1 = const.

Mehanizmiň plany $\mu_l = \frac{m}{mm}$ gurulan. Planlaryň gurluşy mehanizmiň gurluşyna görä başlanýar. Ilki ýörediji bölegiň plany, soňra birinji Assuryň toparynyň plany we şoňa görä.

A nokat O nokadyň daşyndan doly aýlanýar, tizligi:

$$V_A = \omega_1 l_{OA}\, m/s.$$

Ugry boýunça radiusyna perpendikulýar, $\bar{V}_A \perp \overline{OA}$.

μ_V – hasaplaýjy masştabyny saýlap alýarys. μ_V $\frac{m/s}{mm}$.

V_A – tizligiň wektoryny hasaplaýarys.

$$[Pa] = \frac{V_A}{\mu_V}\ mm.$$

Köplenç $[Pa]$ mm saýlap alyp, hasaplaýjy masştaby kesgitleýärler. Meselem: Pa=100 mm; onda:

$$\mu_V = \frac{V_A\ m/s}{[Pa]\, mm} = \frac{V_A\, m/s}{100mm}.$$

Islendik bir nokatdan P – planyň polýusy $\perp \overline{OA}$ çyzyk geçirip, ω_1 aýlaw tarapyna $[Pa]$ aralygy belleýäris.

Indi “B” nokada geçýäris. B nokat çylşyrymly hereket edýär. Absolýut hereketde “B” nokat “C” nokadyň daşynda aýlanýar. Göçürme hereketde “B” nokat “A” nokat bilen bilelikde 2 bölek bilen süýşýärler. Otnositel hereketde “B” “A” nokadynyň daşynda aýlanýar:

1) $$\bar{V}_B^{abs} = \bar{V}_B^{göç} + \bar{V}_B^{otn}$$

$$\bar{V}_B^{abs} = \bar{V}_{BC} \perp \overline{BC}$$

$$\bar{V}_B^{göç} = \bar{V}_A \perp \overline{OA}$$

$$\bar{V}_B^{otn} = \bar{V}_{BA} \perp \overline{AB}$$

Şu ölçegleri (1) deňlemä goýsak:

$$\begin{array}{ccccc} \underline{\bar{V}_{BC}} & = & \underline{\underline{\bar{V}_A}} & + & \underline{\bar{V}_{BA}} \\ \perp BC & & \perp \overline{OA} & & \perp AB \end{array}$$

Şu deňlemede aşakdaky çyzyklar nämä belli bolanlygyny aňladýar. V_{BC} – ugry belli, bir çyzyk. V_A – ugry we bahasy belli – iki çyzyk. V_{BA} – ugry belli, bir çyzyk.

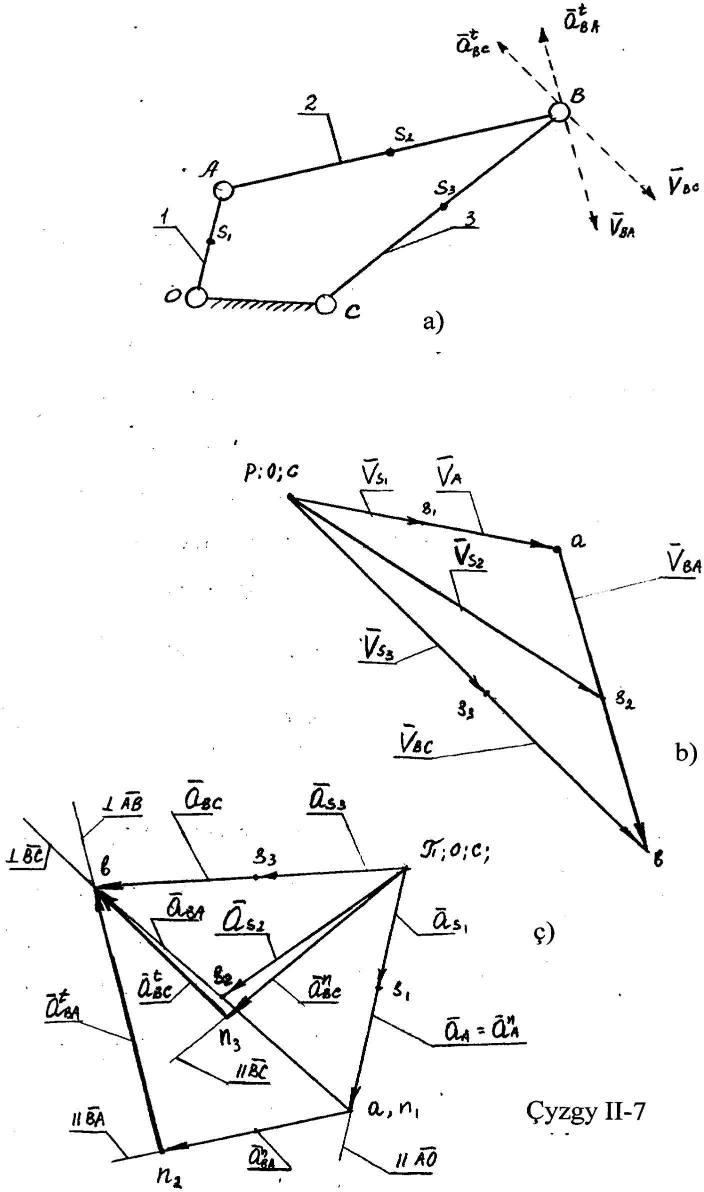
Deňleme boýunça tizligiň planyny gurýarys.

μ_V $\frac{m/s}{mm}$ masştab boýunça $[Pa]$ aralygy belläp, “a” nokatda $\bar{V}_{BA} \perp \overline{AB}$ wektory geçirip, P nokatdan $\bar{V}_{BC} \perp \overline{BC}$ geçirip, iki wektoryň kesişýän nokadyny “b” diýip belleýäris. Tizlikleriň bahalaryny kesgitleýäris:

$$V_{BA} = \mu_V\ (ab)\ m/s.$$

$$V_{BC} = \mu_V\ (bc)\ m/s.$$

(ab) we (bc) aralyklary tizligiň planyndan mm – de ölçäp deňlemelere goýýarys.



Çyzgy II-7

Bölekleriň burç tizliklerini kesgitleýäris:

$$\omega_2 = \frac{V_{BA}}{l_{AB}} \ \frac{1}{s}.$$

$$\omega_3 = \frac{V_{BC}}{l_{BC}} \ \frac{1}{s}.$$

Burç tizlikleriniň aýlaw ugryny tapmak üçin $\bar{V}_{BA}$ wektory mehanizmiň planynyň “B” nokadyna geçirip, “B” nokadyň “A” nokada görä aýlawyna seredeňde, aýlay sagat ugry boýunça ω_2.

$\bar{V}_{BC}$ wektory mehanizmiň planynyň “B” nokadyna geçirip, “B” nokadyň “C” nokada görä aýlawyna seredeňde, aýlawy ω_3 sagat ugry boýunça.

S_1, S_2, S_3 - bölekleriň agram merkezleri. Olaryň tizliklerini meňzeşlik teoremasyndan tapmaly. Teorema boýunça proporsiýalar düzýäris.

$$\frac{AS_2}{as_2} = \frac{AB}{ab}; \quad as_2 = \frac{AS_2 \cdot ab}{AB} = \frac{1}{2}ab, \ mm.$$

$$\frac{BS_3}{BC} = \frac{bs_3}{bc}; \quad bs_3 = \frac{BS_3 \cdot bc}{BC} = \frac{1}{2}bc, \ mm.$$

$$\frac{AS_1}{AO} = \frac{as_1}{ao}; \quad as_1 = \frac{AS_1 \cdot ao}{AO} = \frac{1}{2}ao, \ mm.$$

S_1, S_2 we S_3 nokatlary tizligiň planynda ýerleşdirip, P nokat bilen birleşdirip, agram merkezleriň tizliklerini hasaplaýarys.

$$V_{S1} = \mu_V \ (Ps_1) \ m/s.$$

$$V_{S2} = \mu_V \ (Ps_2) \ m/s.$$

$$V_{S3} = \mu_V \ (Ps_3) \ m/s.$$

O, C nokatlar hereketsiz bolany sebäpli olar P nokat bilen bir ýerde.

II.10. Tizlenmeleri kesgitlemek

A nokatdan başlaýarys. A nokat O nokadyň daşyndan aýlanýar, onuň tizlenmesini normal we galtaşýan diýip alýarys:

$$\bar{a}_A = \bar{a}_A^n + \bar{a}_A^t$$

$$a_A^n = \omega_1^2 l_{OA} \ \ m/s^2.$$

Ugry boýunça $\bar{a}_A^n \parallel \overline{OA}$, A nokatdan O nokada tarap.

$$a_A^t = \varepsilon_1 \, l_{OA} \ \ m/s^2.$$

$\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt}$ – burç tizlenmesi. ω_1 = const bolany sebäpli $\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt} = 0$ onda $a_A^t = 0$. Ugry boýunça $\bar{a}_A^t \perp \overline{OA}$.

B nokat çylşyrymly hereket edýär.

$$\bar{a}_B^{abs} = \bar{a}_B^{göç} + \bar{a}_B^{otn} \qquad \text{(II-1)}$$

$\bar{a}_B^{abs}$ - B nokadyň absolýut hereketdäki tizlenmesi. Şol hereketde B nokat C nokadyň daşynda aýlanýar. Ony normal we galtaşma diýip bölýäris.

$$\bar{a}_B^{abs} = \bar{a}_{BC} = \bar{a}_{BC}^n + \bar{a}_{BC}^t$$

$$a_{BC}^n = \omega_3^2 \, l_{BC} \ \ m/s^2 \, .$$

Ugry boýunça $\bar{a}_{BC}^n \parallel \overline{BC}$, B nokatdan C nokada tarap.

$$a_{BC}^t = \varepsilon_3 \, l_{BC} \ \ m/s^2.$$

$\varepsilon_3 = \frac{d\omega_3}{dt}$ - üçünji bölegiň burç tizlenmesi, ony tapmaly. Ugry boýunça $\bar{a}_{BC}^t \perp \overline{BC}$.

$a_B^{göç}$ - B nokadyň göçürme hereketdäki tizlenmesi. Şol hereketde ikinji bölek süýşýär, şol sebäpli hemme nokatlary tizlikleri we tizlenmeleri deň.

$$\bar{a}_B^{göç} = \bar{a}_A = \bar{a}_A^n$$

a_B^{otn} - B nokadyň otnositel hereketdäki tizlenmesi. Şol hereketde B nokat A nokadyň daşynda aýlanýar, ony normal we galtaşýan diýip belleýäris.

$$\bar{a}_B^{otn} = \bar{a}_{BA} = \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^t$$

$$a_{BA}^n = \omega_2^2\, l_{AB} \quad m/s^2.$$

Ugry boýunça $\bar{a}_{BA}^n \parallel \overline{BA}$, B nokatdan A nokada tarap.

$$a_{BA}^t = \varepsilon_2\, l_{AB} \quad m/s^2.$$

$\varepsilon_2 = \frac{d\omega_2}{dt}$ - ikinji bölegiň burç tizlenmesi, ony tapmaly. Ugry boýunça $\bar{a}_{BA}^t \perp \overline{BA}$.

(II-1) deňlemäniň ýerine hemme tapylanlary ýazaňda (II-2) deňleme emele geler.

$$\underset{\parallel BC}{\underline{\underline{\bar{a}_{BC}^n}}} + \underset{\perp BC}{\underline{\bar{a}_{BC}^t}} = \underset{\parallel AO}{\underline{\underline{\bar{a}_A^n}}} + \underset{\parallel BA}{\underline{\underline{\bar{a}_{BA}^n}}} + \underset{\perp AB}{\underline{\bar{a}_{BA}^t}} \qquad \text{(II-2)}$$

Bu deňlemede: normal tizlenmeler bahasy we ugry boýunça belli, şol sebäpli aşagynda iki çyzyk. Galtaşýan tizlenmeleriň diňe ugry belli, şol sebäpli aşagy bir çyzykly.

Deňlemeleriň sag tarapyndan başlaýarys. Islendik bir nokatdan (π – tizlenmäniň planynyň polýusy) π mehanizmiň planynyň AO tarapyna parallel çyzyk geçirip (A-dan O tarap) πa mm aralygy belleýäris. Onda tizlenme planynyň masştaby bolýar:

$$\mu_a = \frac{a_A^n}{\pi a}\ \frac{m/s^2}{mm}.$$

$\bar{a}_A = \bar{a}_A^n$ bolany sebäpli *a* we n_1 bir nokada düşýär.

n_1 nokatda mehanizmiň planyny AB çyzygyna parallel çyzyk geçirip (B-den A tarap), şol çyzykda n_1n_2 aralygy belleýäris.

$$n_1 n_2 = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a}\ mm.$$

n_2 nokatdan $\perp \overline{AB}$ çyzyk geçirýäris.

Deňlemäniň çep tarapyna geçýäris. π nokatda BC çyzyga parallel çyzyk (B-den C tarap) geçirip πn_3 aralygy belleýäris.

$$\pi n_3 = \frac{a_{BC}^n}{\mu_a} \ mm.$$

n_3 nokatdan $\perp \overline{BC}$ çyzyk geçirýäris. Iki perpendikulýaryň $(\perp \overline{AB}\, we\ \perp \overline{BC})$ kesişýän nokadyny "b" diýip belleýäris.

Tizlenmeleriň bahalary:

$$a_{BA}^t = \mu_a\,(n_2 b)\ m/s^2$$

$$a_{BA} = \mu_a\,(ab)\ m/s^2$$

$$a_{BC}^t = \mu_a\,(n_3 b)\ m/s^2$$

$$a_{BC} = \mu_a\,(bc)\ m/s^2$$

Burç tizlenmelerini kesgitleýäris.

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^t}{l_{AB}}\,\frac{1}{s^2}.$$

Aýlaw ugryny tapmak üçin $\overline{a}_{BA}^t$ tizlenmäni mehanizmiň planynyň B nokadyna geçirip, A nokadyň daşynda aýlawyna seredeniňde sagata garşy bolýar ε_2. Onda ikinji bölek sagat ugryna haýallap aýlanýar.

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{BC}^t}{l_{BC}}\,\frac{1}{s^2}.$$

Aýlaw ugryny tapmak üçin a_{BC}^t tizlenmäni mehanizmiň planynyň B nokadyna geçirip, C nokadyň daşynda aýlawyna seredeniňde sagata garşy bolýar. Üçünji bölek hem sagat ugryna haýallap aýlanýar.

S_1; S_2; S_3 nokatlaryň tizlenmelerini tapmak üçin meňzeşlik teoremasyny ulanyp proporsiýalar düzýäris.

$$\frac{AS_1}{AO} = \frac{as_1}{ao}; \qquad as_1 = \frac{AS_1 \cdot ao}{AO} = \frac{1}{2} ao\,, mm.$$

$$\frac{AS_2}{AB} = \frac{as_2}{ab}; \qquad as_2 = \frac{AS_2 \cdot ab}{AB} = \frac{1}{2} ab\,, mm.$$

$$\frac{BS_3}{BC} = \frac{bs_3}{bc}; \qquad bs_3 = \frac{BS_3 \cdot bc}{BC} = \frac{1}{2} bc\,, mm.$$

s_1, s_2, s_3 – nokatlaryň tizlenmäniň planynda ýerleşdirip π nokat bilen birleşdirip hasaplaýarys.

$$a_{S1} = \mu_a\ (\pi s_1)\ \ m/s^2.$$

$$a_{S2} = \mu_a\ (\pi s_2)\ \ m/s^2.$$

$$a_{S3} = \mu_a\ (\pi s_3)\ \ m/s^2.$$

O we C nokatlar hereketsiz bolany sebäpli tizlikleri we tizlenmeleri nola deň, olar π – başlangyç nokat bilen gabat gelýär.

II.11. Meňzeşlik teoremasy

II-8 çyzgyda görkezilen bölegiň C nokadynyň tizligini kesgitlemeli, A we B nokatlaryň tizlikleri berlen. Wektor deňlemeleri ýazýarys.

$$\underline{\bar{V}_C} = \underline{\underline{\bar{V}_A}} + \underline{\bar{V}_{CA}}$$

$$\underline{\bar{V}_C} = \underline{\underline{\bar{V}_B}} + \underline{\bar{V}_{CB}}$$

Wektor $\bar{V}_{CA} \perp \overline{AC}$, wektor $\bar{V}_{BC} \perp \overline{BC}$. Tizligiň planynda $\underline{pab}$, $\overline{ab} \perp \overline{AB}$.deňlemeler boýunça $\bar{V}_A$ wektoryň ujyndan $\bar{V}_{CA} \perp \overline{AC}$ geçirmeli, $\bar{V}_B$ wektoryň ujyndan $\bar{V}_{BC} \perp \overline{BC}$ geçirmeli, şol çyzyklaryň kesişýän nokadyny c diýip belläp, P nokat bilen birleşdirmeli.

$$V_C = \mu_V\ (Pc)\ m/s.$$

$$V_{CA} = \mu_V\ (ac)\ m/s.$$

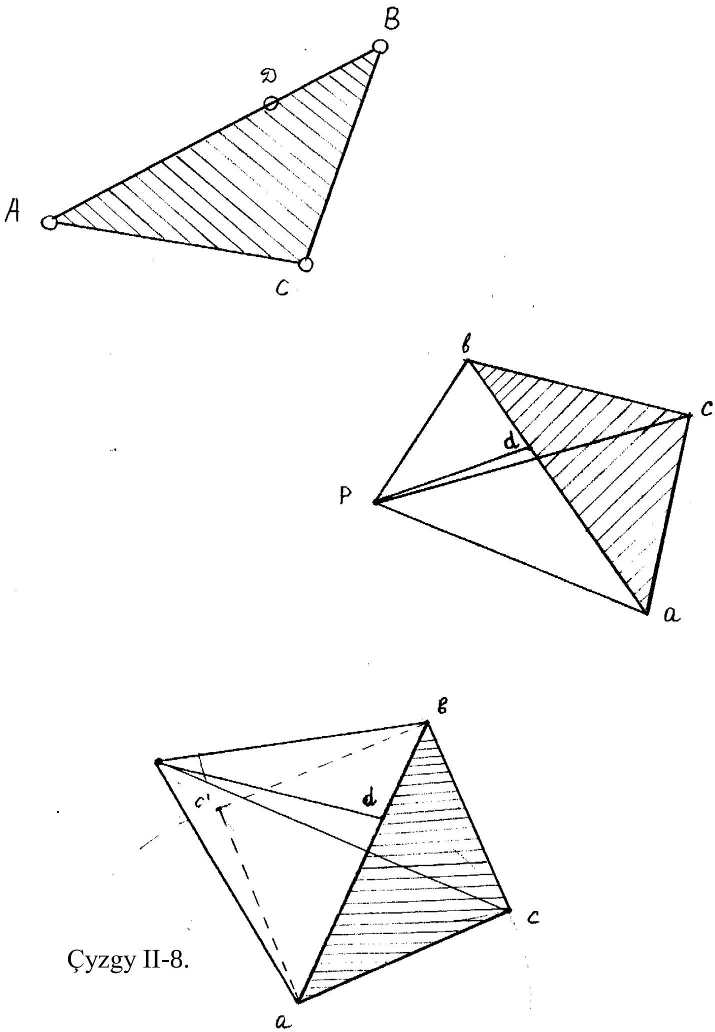
$$V_{BC} = \mu_V\ (bc)\ m/s.$$

Üçburçluklar $\Delta abc \propto \Delta ABC$ meňzeş, sebäbi taraplar bir-birine perpendikulýar. Δabc üçburçlyk ΔABC görä 90^0 öwürlen. Onda tizlikler üçin: bölekleriň nokatlarynyň otnositel tizlikleri tizlileriň planynda döredilen üçburçlygy, mehanizmiň planyndaky üçburçlygyna meňzeş. Meňzeşlikden proporsiýa ýazylýar:

$$\frac{V_{BA}}{l_{AB}} = \frac{V_{CA}}{l_{AC}} = \frac{V_{CB}}{l_{BC}}.$$

ýa-da

$$\frac{[ab]}{l_{AB}} = \frac{[ac]}{l_{AC}} = \frac{[bc]}{l_{BC}};$$



Çyzgy II-8.

Şu proporsiýalardan islendik nokadyň tizligini kesgitläp bolýar, eger-de iki nokadyň tizligi belli bolanda.

Meselem D nokadyň tizligini tapmak üçin

$$\frac{[ad]}{l_{AD}} = \frac{[ab]}{l_{AB}}$$

$$[ad] = \frac{[ab]\, l_{AD}}{l_{AB}};$$

Tizligiň planynda $[ad]$ aralygy belläp, d nokady P nokat bilen birleşdirip, tizligi bolýar deň:

$$V_D = \mu_V\,(Pd)\;\; m/s.$$

Bu meselede A, B we D nokatlar bir çyzygyň üstünde. Şol bölegiň islendik nokadynyň tizligini kesgitläp bolýar, bir çyzygyň üstünde bolmagy hökman däl.

II.12. Tizlenme planynyň meňzeşligi

Nokatlaryň otnositel tizlenmelerini hasaplap bolýar:

$$a_{BA} = l_{AB}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}\,.$$

$$a_{CA} = l_{AC}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}\,.$$

$$a_{CB} = l_{BC}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}\,.$$

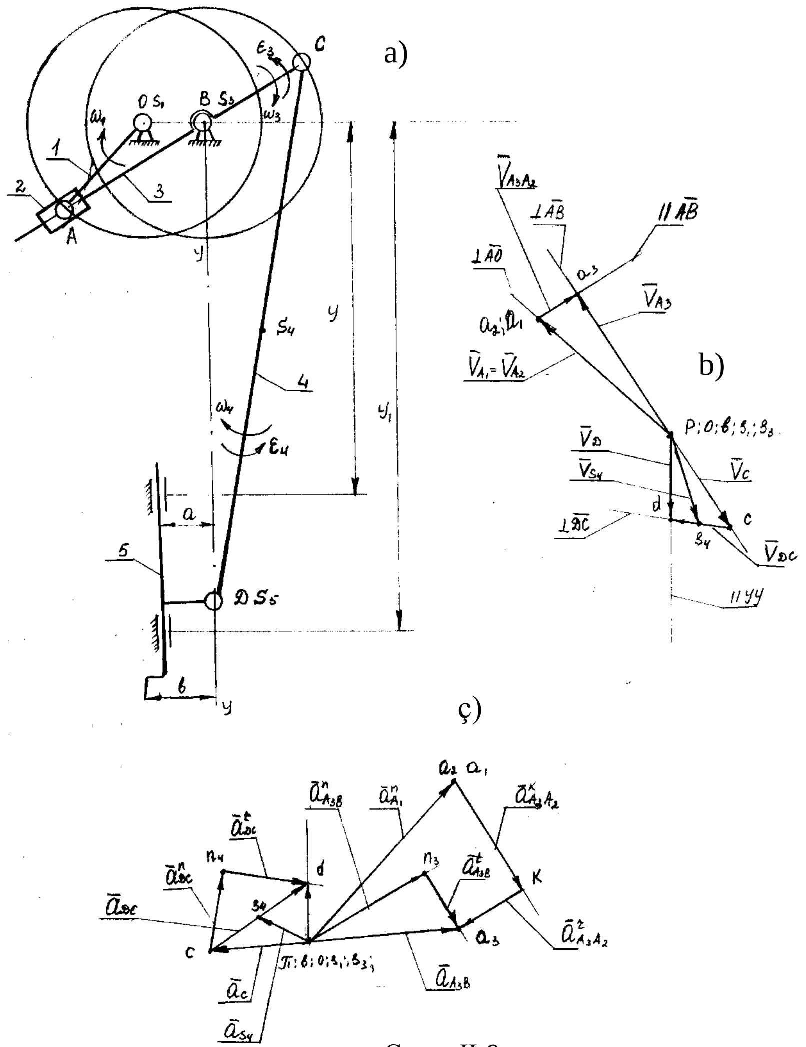
Bulardan proporsiýa düzýäris.

$$\frac{a_{BA}}{l_{AB}} = \frac{a_{CA}}{l_{AC}} = \frac{a_{CB}}{l_{BC}};$$

ýa-da

$$\frac{[ab]}{l_{AB}} = \frac{[ac]}{l_{AC}} = \frac{[bc]}{l_{BC}};$$

Tizlenmäniň planyndaky üçburçlyk Δabc, mehanizmiň planyndaky üçburçlyga ΔABC meňzeş. Başgaça aýdaňda: nokatlaryň otnositel tizlenmeleri tizlenmäniň planynda emele getirenfigurasy mehanizmiň planyndaky figura meňzeş.



Çyzgy II-9.

Tizlenmäniň planyndaky meňzeş figurany gurmak tizligiň planyna görä çylşyrymly. Tizligiň planynda figura mehanizmiň planyna görä 90^0 öwürlen. Tizlenmäniň planynda gurmak üçin $[ac]$ we $[bc]$ aralyklary hasaplap, sirkul bilen belläp, kesişen nokatlaryny tapmaly. Gurańda gözöňüne tutmaly: mehanizmiň planynda sagat ugry boýunça geçireňde yzygiderligi A, B, C bolanda, tizlenmäniň planyny tizlenmäniň planyny sagat ugry boýunça geçirip, a, b, c yzygiderligi bolmaly (çyzgy II-8.).

Mesele: Urup oýýan stanogyň kinematiki derňewi. (çyzgy II-9).

Belen:

1. Stanogyň çyzgysy bir ýagdaýda $\mu_l \ \frac{m}{mm}$ gurulan.
2. Bölekleriň uzynlyklary, l_{OA}, l_{BC}, l_{OB}, l_{CD}, a, b, y, y_1, $l_{BS4} = l_{BD}/2$ m.
3. ýörediji bölegiň burç tizligi ω_1 = const.

Ç ö z ü l i ş i :

Birinji bölek aýlanýar. A nokatda üç gabat gelýär. A_1 – birinji bölege degişli, O nokadyň daşynda doly aýlanýar. A_2 nokat ikinji bölege degişli, üçünji bölegiň üstünde süýşýär. A_3 nokat üçünji bölege degişli, B nokadyň daşynda doly aýlanyp, çylşyrymly hereket edýär. A_1 nokadyň tizligi $V_A = \omega_1 l_{OA}$ m/s, ugry boýunça $\bar{V}_A$ wektor mehanizmiň $\overline{OA}$ wektoryna perpendikulýar.

A_2 nokat göçürme hereketde A_1 nokat bilen aýlanýar,

$$\bar{V}_{A_2} = \bar{V}_{A_1}.$$

A_3 nokat çylşyrymly hereket edýär.

$$\bar{V}_{A_3}^{abs} = \bar{V}_{A_3}^{göç} + \bar{V}_{A_3}^{otn}.$$

$\bar{V}_{A_3}^{abs}$ - absolýut hereketde A_3 nokat B nokadyň daşynda aýlanýar.

$\bar{V}_{A_3}^{abs} = \bar{V}_{A_3B}$. Ugry boýunça mehanizmiň $\overline{AB}$ wektoryna perpendikulýar $\bar{V}_{A_3} \perp \overline{AB}$.

$\bar{V}_{A_3}^{göç}$ - göçürme hereketdäki tizligi. Bu hereketde A_3 nokat A_1 we A_2 nokatlar bilen bilelikde O nokadyň daşynda aýlanýar.

$$\bar{V}_{A_3}^{göç} = \bar{V}_{A_1} = \bar{V}_{A_2}$$

$\bar{V}_{A_3}^{otn}$ - otnositel hereketde A_3 nokat A_2 nokada görä süýşýär.

Ugry boýunça AB bölege parallel. $\bar{V}_{A_3A_2} \parallel \overline{AB}$.

$$\underset{\perp AB}{\underline{\bar{V}_{A_3B}}} = \underset{\perp \overline{OA}}{\underline{\underline{\bar{V}_{A_2}}}} + \underset{\parallel AB}{\underline{\bar{V}_{A_3A_2}}}$$

Şu deňleme boýunça tizligiň planyny gurýarys. Islendik P nokatdan $\perp \overline{OA}$ çyzyk geçirip, $[Pa_1]$ aralygy belleýäris. Meselem *pa_1=50 mm* diýip alýarys, onda tizlik planynyň masştaby

$$\mu_V = \frac{V_{A1}}{pa_1} \frac{m/s}{mm}.$$

a_2 ýa-da a_1 nokatdan (çyzgy II-9 b) parallel AB, P nokatda perpendikulýar AB geçirip kesişýän nokadyny a_3 diýip belleýäris. Wektor üçburçlykdan tizlikleri kesgitleýäris.

$$V_{A_3A_2} = \mu_V\ (a_2a_3)\ \ m/s.$$

$$V_{A_3B} = \mu_V\ (ba_3)\ \ m/s.$$

O, S_1, B, S_3 nokatlar hereketsiz, tizlikleri nola deňligi sebäpli P nokat bilen gabat gelýärler. Meňzeşlik teoremany ulanyp proporsiýa düzýäris.

$$\frac{A_3B}{BC} = \frac{a_3b}{bc}; \qquad bc = \frac{BC\cdot a_3b}{AB}\ , mm\,.$$

a_3b - çyzygy P nokatda dowam edip bc aralygy belläp C nokadyň tizligini kesgitleýäris.

$$V_C = \mu_V\ (Pc)\ \ m/s.$$

D nokadyň tizligini kesgitlemek üçin deňleme düzýäris, dördünji bölek çylşyrymly hereket edýänligi sebäpli

$$\underset{\parallel yy}{\underline{\bar{V}_D}} = \underset{\perp \overline{BC}}{\underline{\underline{\bar{V}_C}}} + \underset{\perp DC}{\underline{\bar{V}_{DC}}}$$

$\bar{V}_D$ – D nokadyň absolýut hereketdäki tizligi. Şol hereketde D nokat yy ok boýunça süýşýär.

$\bar{V}_D = \bar{V}_C$ – D nokadyň göçürme hereketdäki tizligi. Şu hereketde dördünji bölek süýşýär, şol sebäpli hemme nokatlaryň tizlikleri deň.

$\bar{V}_D = \bar{V}_{DC}$ – D nokadyň otnositel hereketindäki tizligi. Otnositel hereketde D nokat C nokadyň daşynda aýlanýar, şol sebäpli ugry $\overline{DC}$ perpendikulýar.

Tizlik planynyň gurluşyny dowam edýäris. c nokatdan $\perp \overline{DC}$ we P nokatdan $\parallel yy$ çyzyklary geçirip, kesişýän nokady d diýip belleýäris.

Tizlikleriň bahalary:

$$V_D = \mu_V\ (Pd)\ m/s.$$

$$V_{DC} = \mu_V\ (dc)\ m/s.$$

Agram merkezleriniň S_1 we S_3 tizlikleri belli. S_4 nokadyň tizligini tapmak üçin proporsiýa düzýäris.

$$\frac{CS_4}{CD} = \frac{cs_4}{cd};\ \ cs_4 = \frac{CS_4 \cdot cd}{CD}\ \ mm.$$

S_4 nokady tizlik planynda belläp başlangyç nokat P bilen birleşdirip tizligini kesgitleýäris.

$$V_{S4} = \mu_V\ (Ps_4)\ m/s.$$

Burç tizligi:

$$\omega_3 = \frac{V_C}{l_{BC}}\ \ 1/s$$

Ugryny tapmak üçin wektor $\bar{V}_C$ mehanizmiň C nokadyna geçirip, C nokadyň B nokada görä aýlawyna seredeňde ω_3 aýlaw ugry tapylýar.

$$\omega_4 = \frac{V_{DC}}{l_{DC}}\ \ 1/s$$

$\bar{V}_{DC}$ wektory mehanizmiň D nokadyna geçirip, D – den C görä aýlawyna seredeňde ω_4 aýlaw ugry tapylýar.

II.13. Tizlenme plany

A_1 nokat O nokadyň daşynda aýlanýany sebäpli onuň tizlenmesini ikä bölýäris.

$$\bar{a}_{A_1} = \bar{a}_{A_1}^n + \bar{a}_{A_1}^t$$

Normal tizlenme $a^n_{A_1} = \omega_1^2 \cdot l_{OA}\ \frac{m}{s^2}$, ugry boýunça OA parallel, A nokatdan O nokada tarap. Galtaşýan tizlenme $a^t_{A_1} = \varepsilon_1\, l_{OA}\ \ m/s^2$, ugry boýunça perpendikulýar $\overline{OA}$.

$\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt}$ – birinji bölegiň burç tizlenmesi, ω_1=const, hemişelik bolany sebäpli $\varepsilon_1 = 0$ deň. Onda $\bar{a}^t_{A1} = 0$.

A_2 nokat A_1 bilen bilelikde aýlanýar.

$$\bar{a}_{A_2} = \bar{a}_{A_1} = \bar{a}^n_{A_1}.$$

A_3 nokat çylşyrymly hereket edýär.

$$\bar{a}^{abs}_{A_3} = \bar{a}^{göç}_{A_3} + \bar{a}^{otn}_{A_3}.$$

$\bar{a}^{abs}_{A_1}$ – absolýut hereketde A_3 B – nyň daşynda aýlanýar.

$$\bar{a}^{abs}_{A_3} = \bar{a}_{A_3B} = \bar{a}^n_{A_3B} + \bar{a}^t_{A_3B}.$$

$a^n_{A_3B} = \omega_3^2 \cdot l_{AB}\ \ m/s^2,$ ugry boýunça AB parallel, A – dan B tarap.

$a^t_{A_3B} = \varepsilon_3\ \ \cdot l_{AB}\ \ m/s^2$, ugry boýunça AB perpendikulýar.

ε_3 – üçünji bölegiň burç tizlenmesi, ony tapmaly.

$\bar{a}^{göç}_{A_3}$ – göçürme hereketde A_1, A_2, A_3 nokatlar bilelikde aýlanýar.

$$\bar{a}^{göç}_{A_3} = \bar{a}_{A_2} = \bar{a}^n_{A_1}$$

$\bar{a}^{otn}_{A_3}$ – otnositel hereketde A_3 nokadyň üçünji böleginiň üstünde A_2 görä süýşmek, oňa relýatiw tizlenme diýilýär $a^r_{A_3A_2}$, ony tapmaly.

$$\bar{a}^{otn}_{A_3} = \bar{a}^r_{A_3A_2}\ .$$

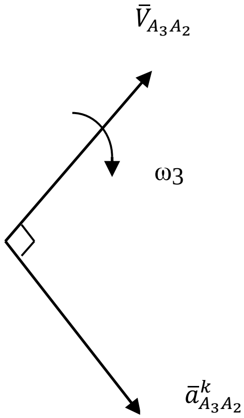
Göçürme hereket aýlaw, otnositel hereket süýşmek bolanda kariolis tizlenme emele gelýär.

$$a^k_{A_3A_2} = 2\omega_3\ \cdot V_{A_3A_2}\ \ m/s^2.$$

Ugruny tapmak üçin $\bar{V}_{A_3A_2}$ - wektory ω_3 burç tizligiň ugryna 90^0 öwürmeli.

Hemme tizlenmeleri ýerbe-ýer goýup wektor deňlemäni ýazýarys.

$$\bar{a}_{A_3} = \underset{\parallel AB}{\underline{\underline{\bar{a}^n_{A_3}}}} + \underset{\perp AB}{\underline{\bar{a}^t_{A_3}}} = \underset{\parallel OA}{\underline{\underline{\bar{a}^n_{A_1}}}} + \underset{\perp AB}{\underline{\underline{\bar{a}^k_{A_3A_2}}}} + \underset{\parallel AB.}{\underline{\bar{a}^r_{A_3A_2}}}$$



Islendik bir ýerde π nokady belläp (π – polýus, başlangyç nokat), deňlemäniň sag tarapyndan başlap tizlenme wektorlary yzygiderli ugurlary boýunça masştabda $\mu_a \ \frac{m/s^2}{mm}$ belläp tizlenme planyny düzýäris.

$$\mu_a = \frac{a^n_{A_1}}{50} = \frac{m/s^2}{mm}.$$

π – nokatdan πa_1 = 50 mm diýip $\parallel OA$ çyzykda belläp, a_1 nokatdan $\perp \overline{AB}$ çyzyk geçirip $a_1k = \frac{a^k_{A_3A_2}}{\mu_a}\ mm$ aralygy belläp K nokady tapýarys. K nokatdan $\parallel \overline{AB}$ geçirýäris. Deňlemäniň çep tarapyna geçýäris. π nokatdan $\parallel \overline{AB}$ çyzyk geçirip üstünde

$$\pi n_3 = \frac{a^n_{A_3B}}{\mu_a}\ mm$$

aralygy belläp, n_3 nokatdan $\perp \overline{AB}$ çyzygy öňki $\parallel \overline{AB}$ K nokatdan geçirilen çyzyk bilen kesişen nokadyny a_3 diýip belleýärris. a_3 nokady π nokat bilen birleşdirýäris.

Tizlenmeleriň bahalary:

$$a^t_{A_3} = \mu_a\ (n_3 a_3)\ \ m/s^2.$$

$$a_{A_3} = \mu_a\ (\pi a_3)\ \ m/s^2.$$

$$a^r_{A_3 A_2} = \mu_a\ (k a_3)\ \ m/s^2.$$

πa_3 çyzygy π nokatdan çepe dowam edip üstünde c nokady belleýäris.

$$\frac{AB}{BC} = \frac{ab}{bc};\ \ bc = \frac{BC \cdot ab}{AB}\ mm.$$

C nokadyň tizlenmesi deň:

$$V_C = \mu_a\ (\pi c)\, m/s^2.$$

D nokat cylşyrymly hereket edýär.

$$\bar{a}^{abs}_D = \bar{a}^{göç}_D + \bar{a}^{otn}_D$$

a^{abs}_D – absolýut hereketde D nokat y – y ok boýunça süýşýär.

$$\bar{a}^{abs}_D = \bar{a}_D$$

$a^{göç}_D$ – göçürme hereketde D nokat dördünji bölek bilen süýşýär, dördünji bölegiň hemme nokatlarynyň tizlikleri we tizlenmeleri deň.

$$\bar{a}^{göç}_D = \bar{a}_C\ .$$

a^{otn}_D – otnositel hereketde D nokat C nokadyň daşynda aýlanýar, tizlenmesini normal we galtaşma diýip alýarys.

$$\bar{a}^{otn}_D = \bar{a}_{DC} = \bar{a}^n_{DC} + \bar{a}^t_{DC}$$

$a^n_{DC} = \omega_4^2 \cdot l_{DC}\ m/s^2$, ugry boýunça $\parallel DC$ D nokatdan C nokada tarap.

$a^t_{DC} = \varepsilon_4\ \cdot l_{DC}\ \ m/s^2$, ugry boýunça $\perp DC$.

Wektor deňleme bolýar:

$$\underline{\bar{a}_D} = \underline{\underline{\bar{a}_C}} + \underline{\underline{\bar{a}^n_{DC}}} + \underline{\bar{a}^t_{DC}}$$
$$\parallel yy \quad \Lsh \qquad \parallel DC \quad \perp DC$$

Tizlenme planynyň C nokadyndan $\parallel \overline{DC}$ çyzyk geçirip, üstünde cn_4 aralygy belleýäris.

$$cn_4 = \frac{a^n_{DC}}{\mu_a}\ mm.$$

n_4 nokatdan $\perp \overline{DC}$ çyzygy geçirýäris we π nokatda $\parallel \overline{yy}$ çyzyk geçirip ikisiniň kesişýän nokadyny d diýip belleýäris.

c we d nokatlary birleşdirip proporsiýa boýunça tapylan s_4 nokady belläp, π nokat bilen birleşdirýäris.

$$\frac{CS_4}{DC} = \frac{cs_4}{dc}; \quad cs_4 = \frac{cd \cdot CS_4}{DC} = \frac{1}{2} cd\ mm.$$

Tizlenmeleriň bahalary:

$$a_D = \mu_a\,(\pi d)\ m/s^2.$$
$$a_{DC} = \mu_a\,(dc)\ m/s^2.$$
$$a^t_{DC} = \mu_a\,(n_4 d)\ m/s^2.$$
$$a_{S4} = \mu_a\,(\pi s_4)\ m/s^2.$$

Burç tizlenmeleri:

$$\varepsilon_3 = \frac{a^t_{A3B}}{l_{AB}}\ \frac{1}{s^2}.$$

Ugruny tapmak üçin $\bar{a}^t_{A3B}$ wektory mehanizmiň A nokadyna geçirip B nokada görä aýlawyna seredeniňde ε_3 ↶ sagat ugruna garşy bolýar, onda üçünji bölek sagat ugruna haýallap aýlanýar.

$$\varepsilon_4 = \frac{a^t_{DC}}{l_{DC}}\ \frac{1}{s^2}.$$

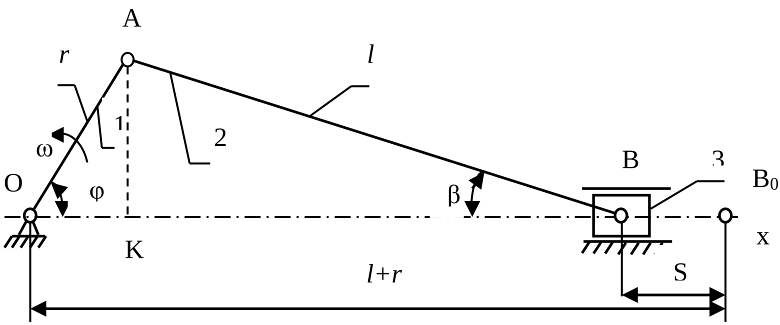
Ugruny tapmak üçin $\bar{a}^t_{DC}$ wektory mehanizmiň D nokadyna geçirip, C nokada görä aýlawyna seredeniňde ε_4 ↶ sagada garşy bolýar, onda dördünji bölek sagat ugruna haýallap aýlanýar.

II.14. Analitiki usul boýunça mehanizmiň ýagdaýlaryny, tizliklerini we tizlenmelerini kesgitlemek

S=f(t); V=f(t) we *a=f(t)* funksiýalaryň analitiki bir-birine degişlilikde tapyp bolýar. Olar gaty çylşyrymly bolýar, ýöne grafiki we grafiki – analitiki usullara seredeniňde, analitiki usul takyk. Şonuň üçin analitiki usul näçe çylşyrymly bolanda-da, ony köplenç ulanýarlar.

Ýönekeý mehanizme seredeliň.

Analitiki derňewini geçirmek üçin hereket ýolunyň "S", tizliginiň "V" we tizlenmesiniň "*a*" mehanizmiň ýagdaýyna we bölekleriň uzynlygyna degişliligini kesgitlemeli.



Çyzgy II-10

Mehanizmiň ýagdaýy burç "φ" bagly. Hasaby mehanizmiň çetgi sag ýagdaýyndan başlaýarys, "B_0" – nokatdan.

II-10 çyzgydan:

$$S = OB_0 - OK - KB \qquad \text{(II-3)}$$

$$OB_0 = l+r$$

$$OK = r\cos\varphi$$

$$BK = l\cos\beta$$

Onda

$$S = r + l - r\cos\varphi - l\cos\beta = r(l - \cos\varphi) + l(l - \cos\beta) \qquad \text{(II-4)}$$

Şu deňlemeden "β" aýyrmaly.

$$AK = r\,sin\varphi = l\,sin\beta$$

Ýa-da $$sin\beta = \frac{r}{l} sin\varphi$$

$$cos\beta = \sqrt{l - \left(\frac{r}{l}\ sin\varphi\right)^2}$$

(3) deňlemede ýerleşdirsek.

$$S = r(l - cos\varphi) + l\left(l - \sqrt{l - \left(\frac{r}{l}\ sin\varphi\right)^2}\right) \quad \text{(II-5)}$$

Şu deňlemede üçünji bölegiň hakyky geçen ýoluny görkezýär. Ony gysgaldyp bilýäris. Onuň üçin Nýutonuň binomyny ulanmaly:

$$\sqrt{l - \left(\frac{r}{l} sin\varphi\right)^2} = \left[l - \left(\frac{r}{l} sin\varphi\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$

$$= l - \frac{l}{2}\left(\frac{r}{l} sin\varphi\right)^2 - \frac{l}{8}\left(\frac{r}{l} sin\varphi\right)^4 - \cdots$$

$\frac{r}{l} = \frac{1}{4} \div \frac{1}{5}$ – mehanizmlerde köplenç şol aralykda bolmaly. Şu ýagdaýda binom çalt gutarýar. Meselem $\frac{r}{l} = \frac{1}{5}$ bolanda: $\frac{1}{2}\left(\frac{r}{l} sin\varphi\right)^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{5}\right)^2 sin^2\varphi = 0.02\ sin^2\varphi$ sinφ < 1 kiçi bolany üçin ikinji birinjiden 2% kiçi bolup çykýar. Beýlekileri birinjiden has kiçi bolany sebäpli olary ulanmaňda-da bolýar.

Gysgalan deňleme şeýle bolýar.

$$S = r(l - cos\varphi) + \frac{l}{2}\frac{r^2}{l^2} sin^2\varphi$$

$\frac{r}{l} = \lambda$ diýip bellesek, onda

$$S = r(l - cos\varphi) + \frac{l}{2}\lambda^2 sin^2\varphi \quad \text{(II-6)}$$

ýa-da $$S = r\left(l - cos\varphi + \frac{1}{2}\lambda\ sin^2\varphi\right) \quad \text{(II-7)}$$

Tizligi hemişelik bolanda $\varphi = \omega t$

$$S = r\left(1 - cos\omega t + \frac{1}{2}\lambda\ sin^2\omega t\right) \quad \text{(II-8)}$$

Tizlik deňlemesi:

$$V = \frac{ds}{dt} = \omega r(sin\omega t + \lambda sin\omega t\ cos\omega t)$$

ýa-da

$$V = \omega r\ \left(sin\omega t + \frac{1}{2}\lambda\ sin^2\omega t\right) \qquad \text{(II-9)}$$

Tizlenmäniň deňlemesi:

$$a = \frac{dV}{dt} = \omega^2 r(cos\omega t + \lambda cos^2\omega t).$$

Kulis mehanizm

Çyzgy II-11. Berlen: φ – burç, r mm, *a* mm uzynlyklary. “A” nokatdan OC çyzyga perpendikulýar düşürip tapýarys:

$$tg\psi = \frac{rsin\varphi}{a+rcos\varphi}$$

Şu deňlemäni differensirläp üçünji bölegiň burç tizligini kesgitleýäris

$$\frac{1}{cos^2\psi}\cdot\frac{d\psi}{dt} = \frac{r(a+rcos\varphi)cos\varphi\omega_1 + sin\varphi\ r\ sin\varphi\omega_1}{(a+rcos\varphi)^2}$$

ýa-da

$$\omega_3 = \frac{r\omega_1(acos\varphi+r)\ cos^2\psi}{(a+r\ cos\varphi)^2}.$$

ýa-da $cos^2\psi = \frac{1}{1+tg^2\psi} = \frac{1}{1+\frac{r^2sin^2\varphi}{(a+rcos\varphi)^2}} = \frac{(a+rcos\varphi)^2}{(a^2+r^2+2ar\ cos\varphi)}$;

Onda

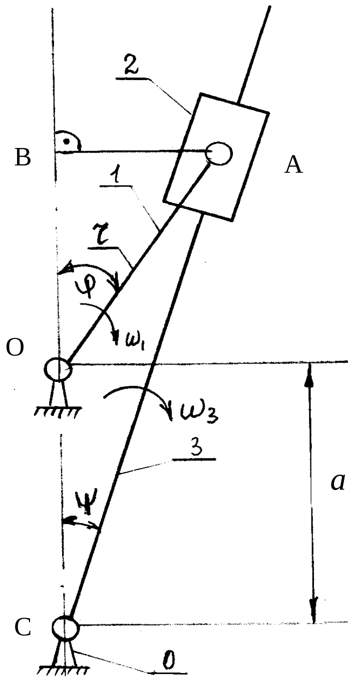
$$\omega_3 = \omega_1\frac{r(a\ cos\varphi+r)}{a^2+r^2+2arcos\varphi}$$

Burç tizligi ω_3 nola deň bolar, haçanda kulisa iň çetki ýagdaýynda duranda,

$$a\ cos\varphi + r = 0.$$

Mundan $$cos\varphi = -\frac{r}{a}$$

Bu ýagdaý bolup bilýär $r < a$ bolanda. Şu ýagdaýda kulisa yrgyldaýar, şol sebäpli mehanizma “yrgyldaýan kulisaly mehanizm” diýilýär.



Çyzgy II-11

Kulisa sagat ugry boýunça aýlanýar diýip alaňda, orta tizlik koeffisiýenti bolýar:

$$c = \frac{180^0 - \varphi}{\varphi}$$

Mundan

$$\varphi = \frac{180^0}{1+c}$$

"c" koeffisiýentiň bahasy berip, φ burçy kesgitläp, $\frac{r}{a}$ – gatnaşygy tapýarlar.

$r > a$ bolan ýagdaýynda, kulisa diňe bir tarapa aýlanýar, oňa "aýlanýan kulisaly mehanizm" diýilýär.

$r = a$ bolan ýagdaýda:

$$\omega_3 = \frac{\omega_1 a(a\cos\varphi + a)}{2a^2 + 2a^2\cos\varphi} = \frac{\omega_1}{2}$$

Kulisly mehanizm iki esse tizligi peseldýän mehanizm bolýar. Başgaça aýdylanda ýörediji bölek 1 hemişelik tizlik bilen aýlananda kulisa 3 hemişelik iki esse pes tizlik bilen aýlanýar. A nokat bilen C nokat gabat gelen ýagdaýynda kulisanyň hereketi belli bolmaýar. Kulisanyň hereketini belli etmek üçin iki kulisaly mehanizmleri başga kulisaly mehanizmler bilen birleşdirmeli. Soňky kulisaly mehanizmlerde bir-biriniň arasynda belli bir burç bolmaly.

$\omega_1 = const$ diýip alyp burç tizlenmesini tapýarys.

$$\varepsilon_3 = \frac{d\omega_3}{dt} = \frac{r\omega_1\left[-(a^2+r^2+2a\,r\,cos\varphi)a\omega_1 sin\varphi+(a\,cos\varphi+r)2ar\omega_1 sin\varphi\right]}{(a^2+r^2+2a\,r\,cos\varphi)^2}$$

ýa-da

$$\varepsilon_3 = \frac{\omega_1^2\,r\,a(r^2-a^2)sin\varphi}{(a^2+r^2+2a\,r\,cos\varphi)^2}$$

Burç tizlenmesi $\varepsilon_3 = 0$ bolanda, burç tizligi iň uly $\omega_3 = max$, ýa-da iň kiçi $\omega_3 = min$ bolýar. Bir ýagdaýda $\varphi = 0$, ikinji ýagdaýynda $\varphi = 180^0$ deň. Şol ýagdaýlar üçin

$$\omega_3 = \frac{\omega_1 r}{r+a} \quad \text{we} \quad \omega_3 = \frac{\omega_1 r}{r-a};$$

Yrgyldaýan kulisli mehanizm üçin:

$$\omega_{3max} = \frac{\omega_1 r}{r+a};\omega_{3min} = \frac{\omega_1 r}{r-a};$$

Aýlanýan kulisli mehanizm üçin:

$$\omega_{3min} = \frac{\omega_1 r}{r+a};\ \omega_{3max} = \frac{\omega_1 r}{r-a};$$

Aýlanýan kulisli mehanizmiň hereket häsýetini deňölçegsiz hereket koeffisiýenti “δ” boýunça anyklap bolýar:

$$\delta = \frac{\omega_{3max}-\omega_{3min}}{\omega_{3ort}} = \frac{\frac{\omega_1 r}{(r-a)}-\frac{\omega_1 r}{(r+a)}}{\omega_1} = \frac{2\left(\frac{r}{a}\right)}{\left[\left(\frac{r}{a}\right)^2-1\right]}$$

$\omega_{3ort} = \omega_1$ diýip alarys. Deňölçegsiz hereket koeffisiýenti $\frac{r}{a}$ gatnaşyga bagly bolýar.

III. BÖLÜM

TEKIZLIKDE HEREKET EDÝÄN AŞAKY JÜBÜTLI MEHANIZMLERIŇ TASLAMASY

III.1. Umumy düşünjeler

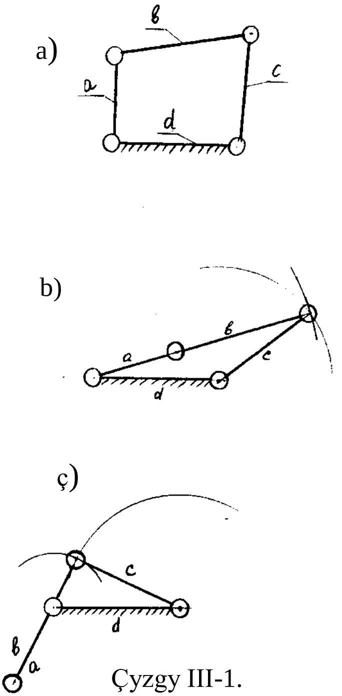
Bu mesele gaty çylşyrymly, mehanizmleriň taslamasyny birnäçe şertler boýunça geçirilýär. IV klas ýokary hilli kinematiki jübütleri ulanylanda taslama geçirmek aňsat, sebäbi şol jübütleriň görnüşleri köp. Pes hilli V klas kinematiki jübütler iki sany; birinji süýşme hereket edýär, ikinjisi aýlanma hereket edýär. Bu bölümde birnäçe ýönekeý meseleleriň çözülişine serederis:

1. Bölekleriň berlen ýagdaýlaryna görä taslamasyny geçirmek.
2. Çykyş bölegiň orta tizliginiň üýtgeýän koeffisiýentine görä taslamasyny geçirmek .

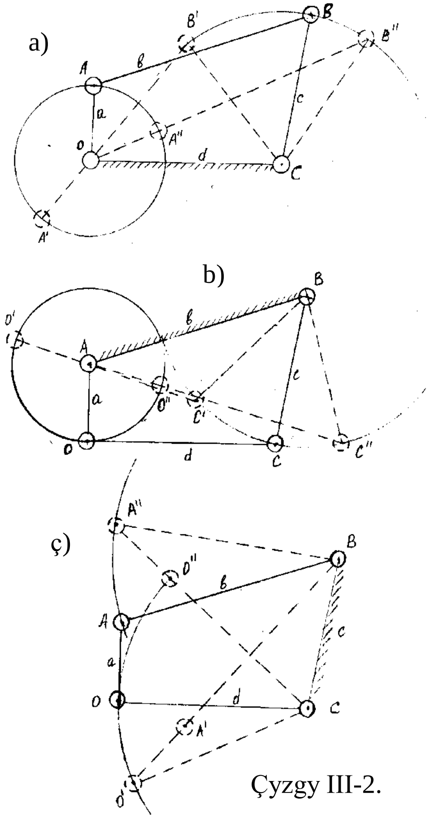
Ryçagly mehanizmleriň taslamasy çylşyrymly şertler boýunça meselem, çykyş bölegiň hereket kanuny boýunça, gaty çylşyrymly mesele, umumy görnüşde çözülmedik mesele. Taslamany kinematiki zynjyry saýlap almakdan başlap, meseläniň talabyna laýyklyda bölekleriň uzynlyklaryny almaly.

III.2. Şarnirli dört bölekli mehanizmiň häsýetleri

III-1a çyzgyda şarnirli dört bölekli mehanizm görkezilen. Bölekleriň uzynlyklary *a, b, c* we *d* diýip belleýäris. Doly aýlanýan bölege egri tirsek (kriwoşip) diýilýär. Doly aýlanmaýan bölege koromyslo diýilýär. Hereketsiz bölege goşulmadyk bölege şatun diýilýär. *a* bölegiň tirsek bolup bilýän ýagdaýyny anyklamaly. Bir ýagdaýda *a* bölek b bölek bilen goşulyp bir çyzyga öwrülmeli, ikinji ýagdaýda eplenip bir çyzyga öwrülmeli. Şol ýagdaýlar III-1b we III-1ç çyzgylarda görkezilen. Başgaça aýdaňda üçburçluklar (çyzgyda görkezilen) emele gelmeli. Üçburçluklaryň häsýetinden



Çyzgy III-1.



Çyzgy III-2.

$$a + b \leq c + d \qquad \text{(III-1)}$$

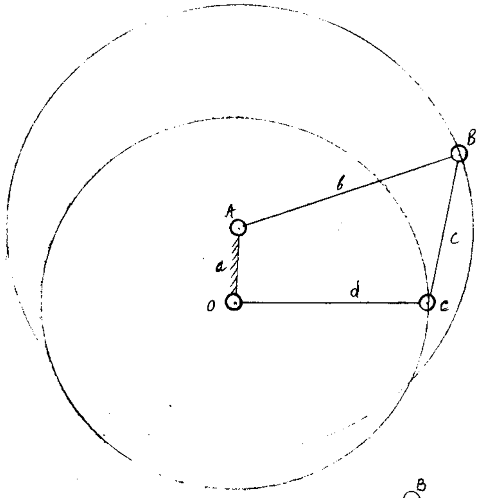
$$b - a > d - c \qquad \text{(III-2)}$$

(III-2) deňlemäni başgaça ýazaňda:

$$a + d \leq b + c \qquad \text{(III-2a)}$$

(III-1) we (III-2a) nädeňlikler ýerine ýetirilende a bölek doly aýlanyp bilýär ýa-da tirsek bolup bilýär.

Meselem: bölekleriň uzynlyklary nädeňliklere gabat gelýär.



Çyzgy III-2d.

$$a < b < c < d \qquad \text{(III-3)}$$

a bölegiň iň gysga, d bölek iň uzyn bolanda nädeňlik (III-2a), (III-1) nädeňligiň üstüni ýapýar, başgaça aýdaňda: (III-2a) nädeňleme ýerine ýetirilende

(III-3) şert bolanda, (III-1) nädeňleme hem ýerine ýetirilýär.

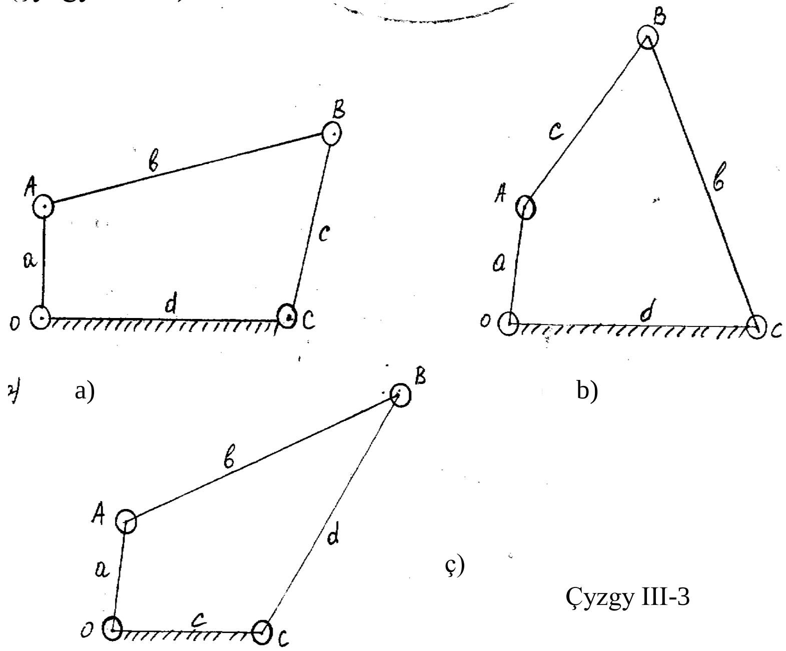
Diýmek nädeňleme (III-2a), (III-3) şert bolanda, tirsek şerti bolýar ýa-da iň kiçi bölek tirsek bolup bilýär eger-de iň uzyn we iň gysga bölekleriň jemi beýleki iki bölekleriň jeminden kiçi (ýa-da deň).

Iň uzyn bölek a bölegiň garşysynda (ç bölegiň ýerinde), hereketsiziň ýerinde (d bölegiň ýerinde) ýa-da şatun (b bölegiň ýerinde) bolup bilýär. III-2a çyzgyda a tirsek, c koromyslo, şol sebäpli tirsek – koromysloly mehanizm (kriwoşipno - koromyslaly) mehanizm diýilýär. Şol kinematiki zynjyryň bölekleriň her haýsynyň hereketsiz edeňde nähili mehanizmler emele gelşine seredýäris. b bölek hereketsiz bolanda (çyzgy III-2b) tirsekli – koromyslaly mehanizm bolýar.

a bölek - tirsek;
c bölek - koromyslo;
d bölek - şatun.

c bölek hereketsiz bolanda (çyzgy III-2ç) b we d bölekler tirsek bolup bilenok, sebäbi olar iň kiçi bolekler däl, *a* bölek tirsek bolup bilenok, sebäbi hereketsiz bölege goşulanok. Mehanizm iki koromyslo bolýar, sebäbi b we d bölekler koromyslo, *a* bölek – şatun. *a* bölek hereketsiz bolanda (çyzgy III-2d) b we d bölekleriň ikisi hem tirsek bolýar. Mehanizm iki tirsekli diýilýär.

Diýmek, kinematiki zynjyr haýsy bölegi hereketsiz bolanyna görä dört dürli mehanizm bolup bilýär: iki mehanizm tirsek – koromyslaly (çyzgylar III-2a, b); bir mehanizm iki koromyslaly (çyzgy III-2ç) we bir mehanizm iki tirsekli (çyzgy III-2d).



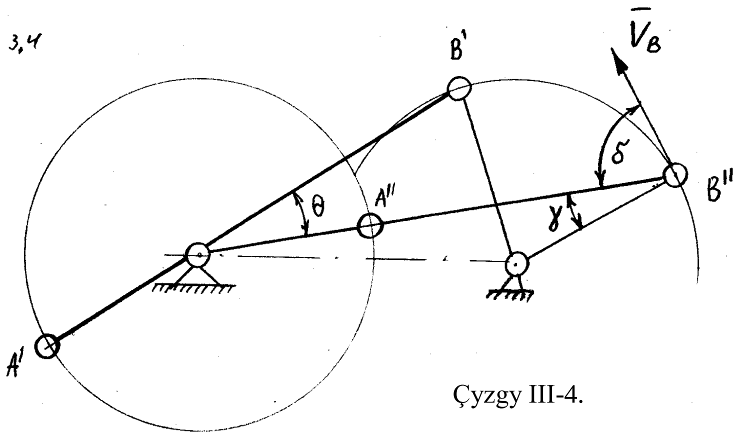
Çyzgy III-3

Her mehanizmden bölekleriň ýerlerini üýtgedip üç täze mehanizm döredip bolýar (çyzgy III-3). Çyzgyda *a* bölegiň garşysynda yzygiderli b, c, d – bölekleri ýerleşdirip üç täze mehanizmler görkezilen. Şeýlelikde dört bölekden hereketsiz bölege we bölekleriň bir-biriniň ýanynda ýerleşişlerine görä oniki mehanizm döredip bolýar.

III.3. Çykyş bölegiň berlen hereketi boýunça mehanizmleriň taslamasy

Çykyş bölek iki berlen çetki ýagdaýlaryň aralygynda hereket etmeli mesele üçin taslamany tirsek – koromyslaly, tirsek – polzunly we kulisli mehanizmleriň taslamasyny geçirýäris. Tirsek – koromyslaly mehanizmiň koromyslasynyň iki çetki ýagdaýlary berlen CB' we CB" (çyzgy III-4). islendik bir O nokatly tirsegiň aýlaw oky diýip alyp, B' we B" nokatlary O nokat bilen birleşdirýäris. OB" aralyk tirsek *a* bilen şatun b jemine deň.

$$a + b = OB''$$



Çyzgy III-4.

OB' aralygy tapmak üçin şatunyň uzynlygyndan tirsegiň uzynlygyny aýyrmaly.

$$b - a = OB'$$

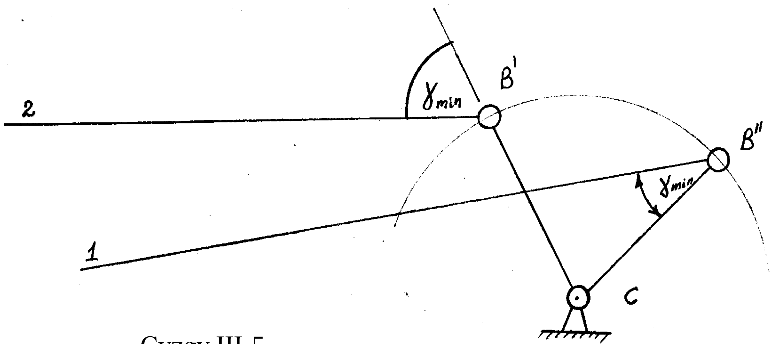
Şu iki deňlemeden tirsegiň we şatunyň uzynlyklaryny tapmak aňsat.

O nokady islendik nokat diýip alnypdy, diýmek meseläniň köp çözgüdi bar.

Ýöne dinamikasyny gözöňüne tutaňda şatun bilen B nokadyň tizliginiň wektory aralyk burçy δ belli bir δ_{max} – dan uly bolmaly däl. δ – basyş burçy diýilýär. Basyş burçy δ_{max} – dan uly bolanda mehanizmiň peýdaly täsir koeffisiýenti kiçelýär ýa-da gaty uly basyş burçlarda mehanizm işläp bilenok, mehanizm doňýar. Şatun bilen koromyslo aralyk burça (γ) hereket geçiriji burç diýilýär. Bu burç belli bir γ_{min} – dan uly bolmaly (çyzgy III-4). basyş we hereket geçiriji burçlaryň baglanyşygy:

$$\gamma_{min} = 90^0 - \delta_{max} .$$

Tirsek – koromyslo mehanizmiň koromyslosynyň iki çetgi ýagdaýy we hereket geçiriji burçy γ_{min} berlen (çyzgy III-5). Şol mehanizmiň taslamasyny geçirmeli. Hereket geçiriji burç mehanizmiň ýagdaýyna görä üýtgeýär. Mehanizmiň bir çetki ýagdaýynda hereket geçiriji burç iň kiçi sany γ_{min} bolýar.



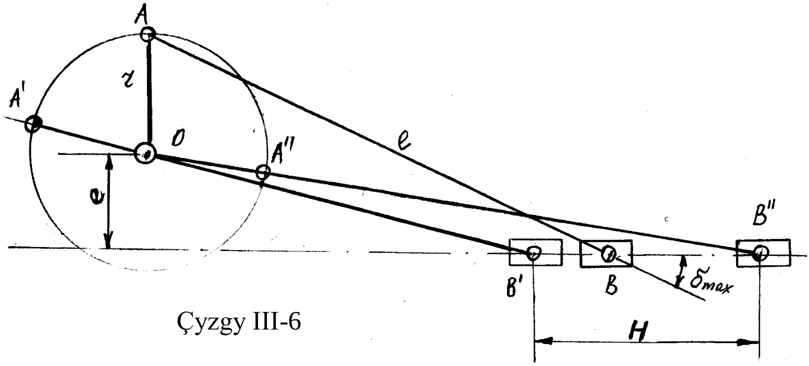
Çyzgy III-5

Meselem: iň kiçi hereket geçiriji burç γ_{min} mehanizmiň sag çetki ýagdaýynda. Onda O nokady birinji çyzygyň üstünde islendik nokatda almaly. Eger-de hereket geçiriji burç çep çetki tarapynda berilse, onda ikinji çyzygyň üstünde (ýa-da ondan aşakda) O nokady almaly. Tirsegiň aýlaw okuny (O nokady) iki çyzyklaryň arasynda islendik nokady alaňda hereket geçiriji burç γ_{min} – den uly bolýar. O nokat saýlanyp alnandan soňra tirsek bilen şatunyň ululyklaryny öňki meseledäki ýaly tapylýar.

Tirsek – polzunly mehanimiň taslamasy. III-6 çyzgyda polzunyň iki çetki ýagdaýy we hereket aralygy H berlen. Islendik bir O nokady tirsegiň aýlaw oky diýip alyp, B’ we B” nokatlary birleşdirýäris.

$$OB'' = r + l \text{ we } OB' = l - r.$$

OB′ we OB″ aralyklary ölçäp tirsek (*r*) bilen şatunyň (*l*) ululyklaryny tapýarys.



Çyzgy III-6

Bu meseleleriň hem çözgüdi köp, sebäbi O nokady islendik ýerden alypdyk.

Tirsek – polzunly mehanizmde basyş burçy şatun bilen polzunyň tizligi aralyk. Şol burç mehanizmiň ýagdaýyna görä üýtgeýär. Basyş burçy iň uly ýagdaýda bolýar tirsek wertikal ýagdaýda bolanda. Şol sebäpli taslama edilen tirsek – polzunly ýerine ýetirmeli:

$$\frac{r+l}{l} \leq \sin \delta_{max}$$

Önümçilikde köplenç polzunyň oky tirsegiň aýlaw oky bilen kesişýän mehanizmleri ulanýarlar *e* = *0.* Şol mehanizmlerde polzunyň hereket ýoly tirsegiň diametrine deň:

$$H = 2\,r.$$

Mehanizmiň ululyklaryny kiçeltmek üçin şatunyň uzynlygyny kiçeltmeli bolýar, ýöne basyş burçy ulalýar.

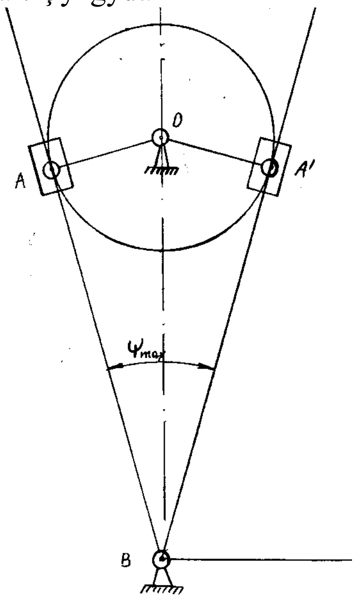
$$\frac{r}{l} \leq \sin \delta_{max}$$

Önümçilikde ulanylýan mehanizmlerde tirsegiň radiusynyň şatunyň uzynlygyna galtaşygyny alýarlar:

$$\frac{r}{l} = \frac{1}{3} \div \frac{1}{5}$$

III.4. Kulisli mehanizmiň taslamasy

Kulisanyň iki çetki ýagdaýy we olaryň arasyndaky burç (ψ) berlen. Kulis mehanizmlerde tirsegiň A nokadynyň hereket ýoly töwerek (çyzgy III-7) çetki ýagdaýda kulisalar şol töwerege galtaşýar. Çyzgydan



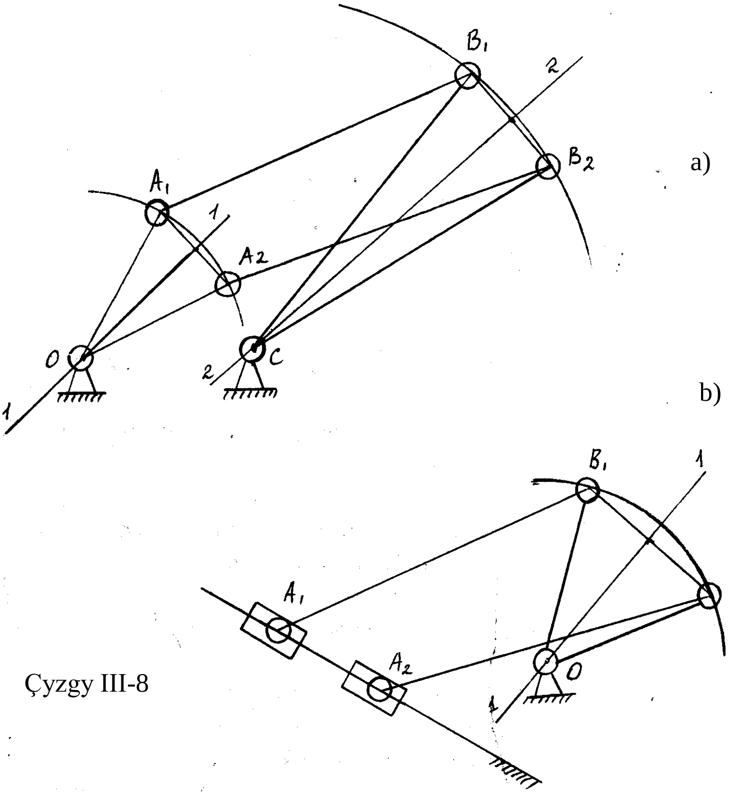
Çyzgy III-7

$$\frac{r}{l_{OO'}} = \sin\frac{\psi}{2}$$

Burç ψ berlende tirsegiň radiusyny we kulisanyň uzynlyklaryny tapmak aňsat. Ululyklary kesgitläňde konstruktiw häsýetlerini gözöňüne tutmaly.

III.5. Şatunyň berlen ýagdaýlaryna görä taslama geçirmek

Şarnirli dört bölekli mehanizmiň şatunyň iki ýagdaýy A_1B_1 we A_2B_2 berlen (çyzgy III-8). Şol mehanizmiň taslamasyny geçirmek üçin iki töwerek geçirmeli, sebäbi A we



a)

b)

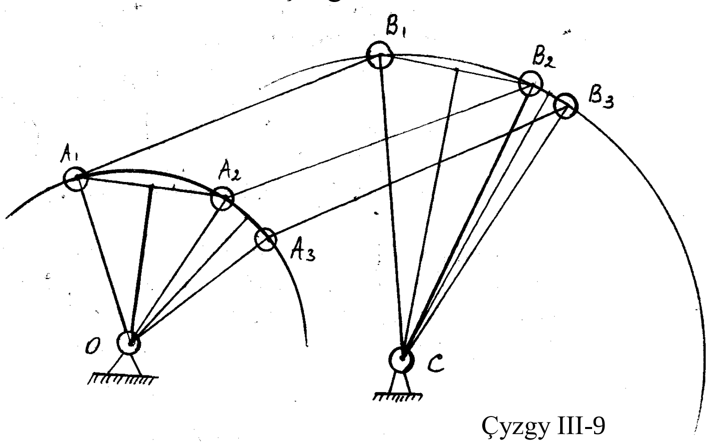
Çyzgy III-8

B nokatlaryň hereket ýollary töwerek. Şol nokatlardan töwerekleri geçirip şarnirli dört bölekli mehanizmiň taslamasyny geçirmek gaty aňsat. Şol töwerekleriň radiuslary ýetmedik bölekleriň uzynlyklary bolýar. Iki nokatdan bir topar töwerekler geçirip bolýar. Şol töwerekleriň merkezleri 1 – 1 we 2 – 2 çyzyklaryň üstünde bolýar. Agzalan çyzyklar A_1A_2 we B_1B_2 çyzyklaryň ortasyndan geçirilen. Bu meselede köp çözgüdi bolýar. Şarnirleriň merkezlerini O we C nokatlary 1 – 1 we 2 – 2 çyzyklaryň islendik nokadyny alyp bolýar (çyzgy III-8a).

Eger-de A nokadyň hereket ýoly töwerek däl-de göni çyzyk bolmaly bolanda tirsek – polzunly mehanizm bolýar (çyzgy III-8b).

Eger-de şatunyň üç ýagdaýy A_1B_1; A_2B_2; A_3B_3 (çyzgy III-9) berlende üç nokatlardan A_1; A_2; A_3 we B_1; B_2; B_3 töwerekler geçirmeli. Şol töwerekleriň merkezlerini tapmak üçin A_1A_2 we A_2A_3 aralyklaryň ortasyndan we B_1B_2 we B_2B_3 aralyklaryň ortasyndan şol çyzyklara perpendikulýar çyzyklar geçirip kesişen nokatlary O we C töwerekleriň merkezleri bolýar. Töwerekleriň radiuslary ýetmedik bölekleriň uzynlyklary bolýar.

Bu meseläniň bir çözgüdi bar.



Çyzgy III-9

III.6. Orta tizligiň üýtgeýän koeffisiýenti. Berlen orta tizligiň üýtgeýän koeffisiýenti boýunça taslama

Çyzgy III-4 – de görünýär egri tirsek deňölçegli tizlik bilen aýlananda koromyslo çepden saga (hereket öňe) aýlanýar, soňra yzyna sagdan çepe (hereket yzyna) aýlanýar. Şol iki hereket deň däl. Hakyky çepden saga geçen wagty yzyna gaýdan wagtyna deň däl. Öňe hereket edende, tirsek OA′ ýagdaýdan OA″ ýagdaýa geçýär 180 – Ө burça aýlanýar. Yzyna hereket edende tirsek OAý″ agdaýdan OA′ ýagdaýa geçende burçy

$$180 + \Theta.$$

Tirsek deňölçegli aýlananda koromyslanyň öňe we yza hereketi şol burçlaryň gatnaşygyna ters proporsiýada.

Çykyş bölegiň öňe we yza hereket edende orta tizlikleriniň gatnaşygyna orta tizligiň üýtgeýiş koeffisiýenti çykyş bölegi üçin. Ol deň:

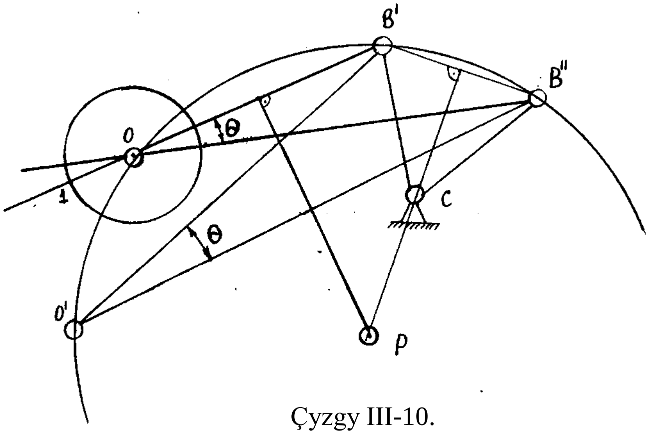
$$K = \frac{180+\theta}{180-\theta} \qquad \text{(III-4)}$$

Ө – iki çetgi ýagdaýda şatunlaryň arasyndaky burç.

Önümçilikde orta tizligiň üýtgeýiş koeffisiýenti boýunça taslama geçirmek gerek bolup durýar. Meselem: metal ýonujy(strogalnyý) stanokda metaly ýonanda kesiji (rezes) guralyň tizligi deňölçeglä golaý we kiçi bolmaly, kesiji (rezes) gural yza gaýdanda çalt hereket etmeli. Şonuň ýaly mehanizmleriň taslamasyny geçireňde orta tizligiň üýtgeýiş koeffisiýentini hökman hasaba almaly. Tirsek – koromyslaly mehanizmiň çykyş böleginiň orta tizliginiň üýtgeýiş koeffisiýenti boýunça taslamasyny geçirýäris.

Koromyslanyň iki iň çetki ýagdaýlary CB′ we CB″ berlen. Şol iki çetki ýagdaýlar aralykda koromysla berlen orta tizligiň üýtgeýiş koeffisiýenti “K” boýunça hereket etmeli. (III-4) deňlemäni başgaça ýazýarys.

$$\theta = \frac{K-1}{K+1} \cdot 180^0$$



Çyzgy III-10.

Koromyslalaryň B' we B″ nokatlaryndan B′1 we B″2 çyzyklary geçirýäris. Şol iki çyzyklaryň arasyndaky burç Ө deň bolmaly. B′1 we B″2 çyzyklaryň kesişen nokady “O” tirsegiň aýlaw merkezi bolýar. B4 meseläniň çözgüdi köp. Beýleki çözgütlerini kesgitlemek üçin B′; B″ we nokatlardan töwerek geçirmeli. Şol töweregiň merkezi P nokat. Töweregiň üstünde islendik nokady alsak, şol nokadyň tirsegiň aýlaw merkezi bolýar, sebäbi B′ we B″ nokatlardan şol salanan nokada geçirilen çyzyklaryň arasyndaky burç Ө deň bolýar (çyzgy III-10). O nokady saýlap alanyňda basyş burçuny we başga konstruktiw aýratynlyklaryny gözöňüne tutmaly.

Bölekleriň ululyklaryny kesgitlemek öň seredilen meseleler ýaly.

Mesele: Kese ýonujy stanogyň taslamasy.

Berlen: ýonujy guralyň hereket ýoly H = 500 mm, orta tizliginiň üýtgeýiş koeffisiýenti K = 1,8. tirsegiň aýlaw oky bilen kulisanyň aýlaw ok aralygy l_{OB} = 250 mm.

Ç ö z ü l i ş i

Koromyslanyň çetki ýagdaýynyň aralyk burçy deň:

$$\psi_{max} = \theta = \frac{K-1}{K+1} \cdot 180 = \frac{1,8-1}{1,8+1} \cdot 180 = 51^0 30'$$

Bölekleriň ululyklaryny kesgitleýäris.

$$\sin\frac{\psi_{max}}{2} = \frac{H}{2l_{BC}}$$

onda: $l_{BC} = \frac{H}{2\sin\frac{\psi_{max}}{2}} = \frac{500}{2\sin\frac{51^0 30'}{2}} = 575\ mm$

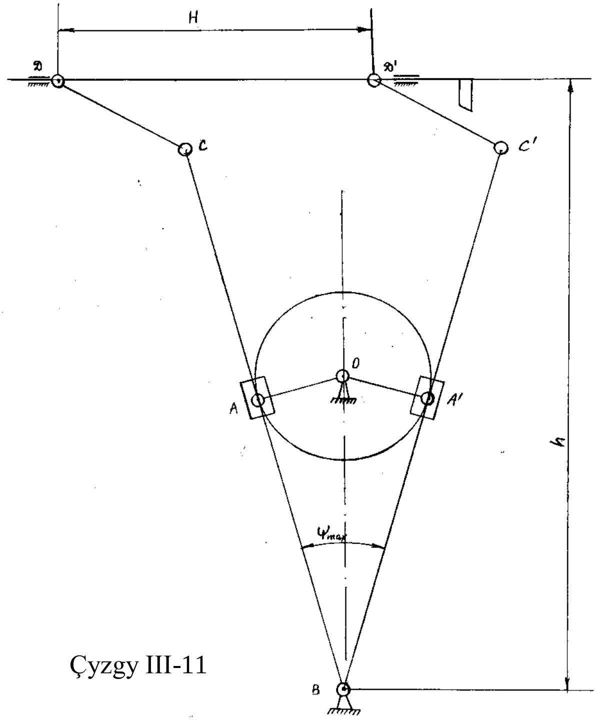
III-11 cyzgydan:

$$\sin\frac{\psi_{max}}{2} = \frac{l_{OA}}{l_{OB}}$$

Tirsegiň radiusy deň:

$$l_{OA} = l_{OB}\sin\frac{\psi_{max}}{2} = 250\sin\frac{51^0 30'}{2} = 108{,}5\ mm$$

Ýonujy guralyň süýşmek oky bilen koromyslanyň aýlaw ok aralygy “h” we şatunyň uzynlygy l_{DC} konstruktiw aýratynlygy boýunça almaly. $h > l_{BC}$ diýip almaly.

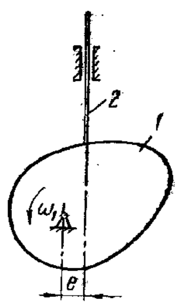


Çyzgy III-11

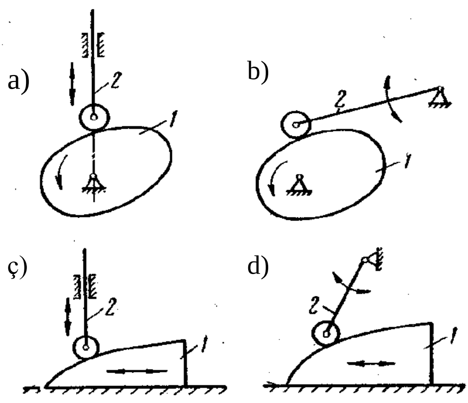
IV. BÖLÜM
KULAÇOKLY MEHANIZM

IV.1. Kulaçokly mehanizmleriň görnüşleri

Maşyngurluşygynda köp ýaýranlaryň biride kulaçokly mehanizmlerdir. Ýönekeý kulaçokly mehanizm ýörediji bölekden, ýagny üýtgeýän egri element,- kulaçok 1, aýlaw hereketiniň esasynda, we eýeriji bölek - iteriji 2, yza süýşme hereket esasynda (çyzgy IV-1). Kulaçok we iteriji V klas ýokary kinematik jübüti emele getirýär. Belli bolulşy ýaly V klas aşaky hilli kinematik jübütiň tekiz mehanizmde bary – ýogy iki görnüşde - aýlanma we süýşme, emma ýokary hilli kinematik jübütler - ummasyz köp. Ýokary hilli kinematiki jübüt bolanlygy sebäpli, kulaçogyň gerekli profilini saýlap alyp, iteriji bölegiň islendik hereket kanunyny aňsat ýerine ýetirip bolýar.



Çyzgy IV-1.



Çyzgy IV-2.

Önümçilikde ýörediji bölegiň arakesmesiz hereketinde eýeriji bölegiň säginmeli hereketi ýygy-ýygydan gerek bolup durýar, muňa kulaçokly mehanizmden amala aşyrmak bolýar.

Munuň üçin kulaçogyň profiliniň degişli ýerinde kulaçogyň aýlaw merkezine degişli töweregiň dugasy boýunça edilýär.

Kulaçokly mehanizmler awtomatik - stanoklarda örän giňden ulanylýar.

Kulaçogyň we iterijiň hereketleriniň görnüşleri boýunça kulaçokly mehanizmler aşakdaky esasy görnüşlerde ýasalýar:

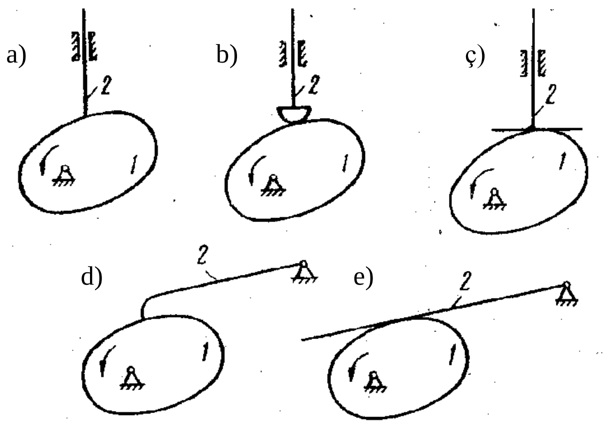
a) mehanizmler, kulaçogyň aýlanmasyny iterijiniň süýşmesine öwürýär (çyzgy IV-2a);

b) mehanizmler, kulaçogyň aýlanmasyny iterijiniň aýlanmasyna öwürýär (çyzgy IV-2b);

ç) mehanizmler, kulaçogyň süýşmesini iterijiniň süýşmesine öwürýär (çyzgy IV-2ç);

d) mehanizmler, kulaçogyň süýşmesini iterijiniň aýlanma hereketine öwürýär (çyzgy IV-2d).

Kulaçokly mehanizmleriň birinji iki görnüşi önümçilikde has köp ulanylýar. Kulaçokly mehanizmleriň birinji görnüşi, haçanda iterijiň hereket çyzygy kulaçogyň aýlanma okunyň üstünden geçse merkezi (çyzgy IV-2a ser.), haçan-da iterijiň hereket çyzygy kulaçogyň aýlanma okunyň



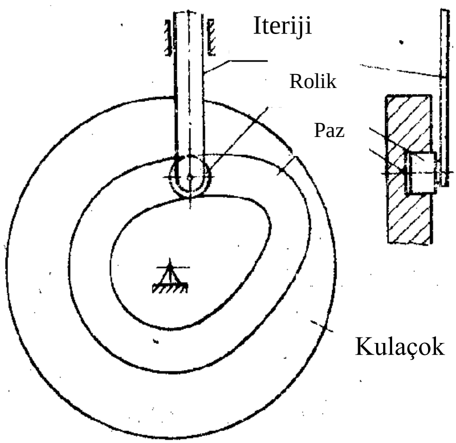
Çyzgy IV-3.

üstünden geçmese merkezidäl ýa-da garyşyk bolup bilýär, garyşyk ondan käbir ululykda e, e k s s e n t r i s i t e t diýilýär (çyzgy IV-1 ser.). Kulaçokly mehanizmleriň iterijileri kulaçoga galtaşma elementlerine baglylykda, aşakdaky görnüşlere bölünýär.

1. Ýiti uçly iteriji (çyzgy IV-3a ser.), çünki ujy örän kiçi radius bilen ýasalan. Bu iterijileriň ýetmezçiligi olaryň iýilmä durnuklylygy pes, yzygiderlikde olary diňe ýuwaş ýörüşli kulaçokly mehanizmlerde, geçirilýän güýje degişli däl ýagdaýynda ulanylyp biliner.

2. Sferiki kömelek görnüşli iteriji (çyzgy IV-3b ser.), profili sfera boýunça çyzylan.

3. Ýasy (tarelkaly) iterijiň (çyzgy IV-3ç, e), profili tekizlik bolýar. Beýle iterijiň artykmaçlygy – güýjiň ugruny ýerlikli ”ugrukdyrýar”. Ýöne birzat, ýasy iterijide kulaçok hökman hemme profilleri güberçek bolmaly.



Çyzgy IV-4.

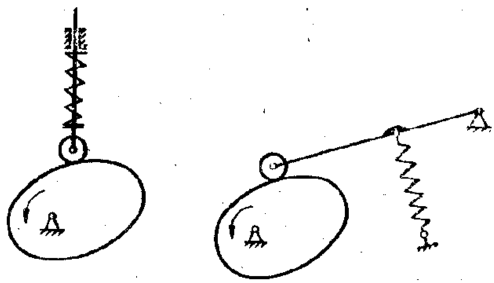
4. Silindrik rolik bilen üpjünlenen iteriji (çyzgy IV-2 ser.). Bu kulaçokly mehanizmleriň artykmaçlygy – öňki agzalanlaryň hemmesi bilen deňeşdirilende iýilmä durnukly bolýar, profiliň ýokary hilli kinematik rübütiň typma sürtülmesi aýlanma sürtülmesi bilen çalşylýar, ýöne mejbury ýagdaýda

kulaçokly mehanizmiň ölçegi ulalýar.

Kulaçokly mehanizmiň iş döwründe iterijiň işçi üstüniň kulaçogyň profilinden üzülýän tarapyna ugrukdyrylan inersiýa güýji döreýär. Şonuň üçin kulaçokly mehanizmden edilýän esasy talaplaryň biri, kulaçok bilen iteriji hemişe ýanaşyk bolmaly, ýagny galtaşmada bolmaly.

Kulaçok – iteriji ýokary kinematik jübütiniň galtaşmasy käte kinematiki (geometriki), käte-de güýçde ulanylýar.

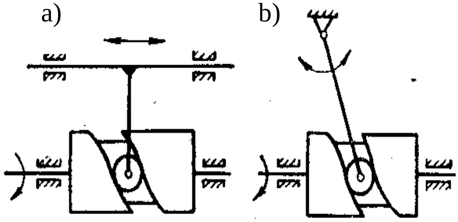
Kinematiki utgaşma mysal edip kulaçokly mehanizmde pazaly kulaçok bolup hyzmat eder, IV-4 çyzgyda görkezilen shema. Kulaçogyň pazasy, iki deňaralykly (ekwidistantly) (deňdaşlykdaky) üste iterijiň roligi girýär, öz erkine mümkinçilik bermez ýaly ýerleşdirilýär. Güýç utgaşmasy aglaba ýagdaýda (çyzgy IV-5) pružin arkaly amala aşyrylýar (geçen suratlarda pružynlar görkezilmedi we indikilerde hem görkezmeris).



Çyzgy IV-5.

Seýrek utgaşma güýji döretmek üçin pnewmatiki ýa-da gidrawliki gurluş ulanylýar. Käwagt haýal hereketli kulaçokly mehanizmlerde güýç utgaşmany ýüküň kömegi bilen amala aşyrýarlar. Ýöne bu hili utgaşmalarda mehanizmiň gabariti epesli ulalýar we olar örän seýrek ulanylýar. Kulaçokly mehanizmleriň utgaşmasynyň zerurlygy onuň ýetmezçiligi bolýar, şeýlelikde bu konstruksiýany çylşyrymlaşdyrýar. Başga bir ýetmezçiligi kulaçogyň profilini ýasamak kynlaşýar,aýratynam haçan-da ýokary takyklyk talap edilende.

Seredilip geçilen ýasy kulaçokly mehanizmlerden başga, tehnikada giňişlikde hereket edýän kulaçokly mehanizmler hem ulanylýar. Bu mehanizmleriň birnäçe görnüşiniň shemalary IV-6a, b çyzgyda görkezilen. Suratda hereketiň üýtgedilmesi anyk.



Çyzgy IV-6

IV.2. Kulaçokly mehanizmleriň ýagdaýyny kesgitlemek

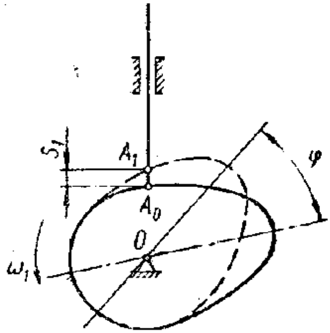
Kulaçokly mehanizmleriň derňewiniň meseleleri iterijiň ýagdaýyny kulaçogyň ýagdaýyna baglylykda we iterijiň tizligini we tizlenmesini kesgitlemäge alyp barýar.

Ýagdaýyny has ýönekeý merkezi ýiti iterijili kulaçokly mehanizmden kesgitläp başlarys.

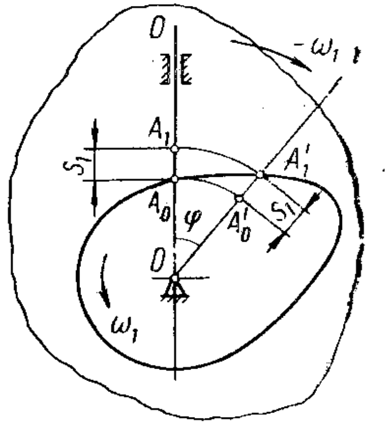
Ýiti iterijili merkezi kulaçokly mehanizm

Goý kulaçokly mehanizm berlen bolsun (çyzgy IV-7) kulaçok berlen φ burçda öwürlende iterijiň ýagdaýyny kesgitlemeli.

Kulaçoga baglylykda iterijiň ýagdaýyny kesgitlemegi ýönekeý usul bilen geçirmek mümkin, ýagny berlen φ burçda kulaçogy öwrüp (kulaçogyň bu ýagdaýy suratda punktir bilen görkezilen), kulaçogyň profili (A_1 nokat) bilen iterijiň hereketiniň kesişme çyzygynyň nokadyny taparys, çünki gözlenilýän ýagdaý iterijiň ujy. $S_1 = A_0A_1$ ululyk berlen φ burçda kulaçogyň öwrülen ýagdaýynda iterijiň süýşmesi bolar.



Çyzgy IV-7



Çyzgy IV-8.

Ýöne birzat, beýle gurmak kyn we takyk däl, şeýle-de kulaçogyň goşmaça çylşyrymly profilini gurmagy talap edýär.

Beýle usulda gurmagyň aýratyn kynçylygy , eger derňew yzygiderlikde hereketiň tutuş sikli boýunça geçirilen bolsa, kulaçogyň doly aýlawy üçin. Bu ýagdaýda kulaçogyň profiliniň tutuş hatary gelip çykar.

Mesele ep-esli ýeňilleşýär, eger-de h e r e k e t i ň ö w ü r m e u s u l y n y ulansak. Bu usul indikilerden ybarat.

Habar berşimiz ýaly hemme kulaçokly mehanizmlerde direg bilen bilelikde aýlaw hereketi ω_1 aýlaw tizligi bilen kulaçogy O okunyň töwereginden aýlanýar (çyzgy IV-8). Bölekleriň otnositel hereketleri mundan üýtgemeýär. Ýöne onda kulaçok koordinatanyň hereketsiz okuna görä hereketsiz bolar, emma iterijiň direg bilen bilelikde, kulaçogyň okunyň töwereginden aýlaw tizligi bilen aýlanmasyna ters tarapa aýlanýar, kulaçogyň aýlaw tizliginiň absolýut ululygyna deň bolýar. Şonuň üçin berlen φ burç boýunça kulaçogyň öwrülmegi bilen bilelikde iteriji (diregi bilen bilelikde) öwrüler, ýöne garşydaş ugra.

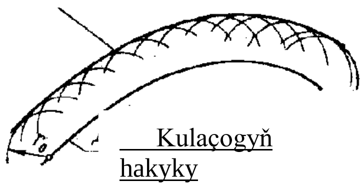
Iterijiň hereket çyzygy 0-1 bellenilen ýagdaýda, ýagny iterijiň gözlenilýän otnositel ýagdaýy bolýar. 0-1 çyzygyň kesişme nokady A_1 kulaçogyň profili bilen gözlenýän iterijiň soňky otnositel ýagdaýy bolar.

Iterijiň soňky hakyky gözlenýän ýagdaýyny kesgitlemek üçin iterijiň hakyky hereket çyzygynda OA_1 radiusynda bellik etmek ýeterlik. Alnan A_1 nokat iterijiň hakyky gözlenýän soňky ýagdaýy bolar. $S_1 = A_0A_1$ kesim gözlenýän iterijiň süýşmesi bolar. Bu süýşmäni ölçemek mümkin we iterijiň ýagdaýyna görä 0-1 çyzyk boýunça, munuň üçin bu çyzykda OA_0 (A_0 nokat) radiusy bellik etmeli. A_0A_1 kesim bolsa iterijiň gözlenýän $S_1= A_0A_1$ süýşmesi bolar.

Gurluşda görkezilen diregiň ýagdaýy indikilerde görkezilmeýär. Hökman diňe iterijiň hereket çyzygynyň ýagdaýyna görä getirmeli.

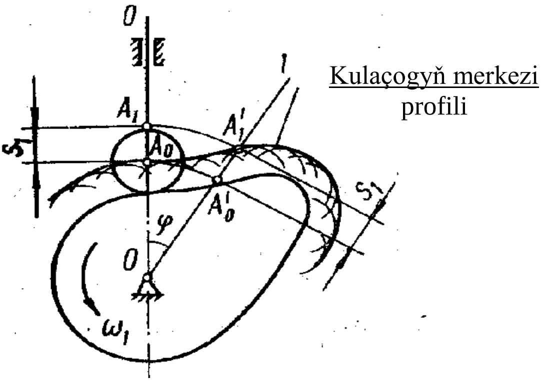
Iterijisi rolik bilen üpjin edilen, merkezi kulaçokly mehanizm (çyzgy IV-10)

Meseläniň bu görnüşinde kulaçogyň φ burçdaky öwrüminde iterijiniň ýagdaýyny we süýşmesini aşakdaky görnüşde kesgitläris.



Çyzgy IV-9

Roligiň aýlanma merkezi (A nokat) hemişe hakyky kulaçogyň profilinde r_0 roligiň radiusyna deň aralykda, çünki ol kulaçoga görä deňdaşlykda süýşýär, onuň profili r_0 ululykda deň aralykda (e k w i d i s t a n t) gyşyk, ýagny k u l a ç o g y ň m e r k e z i p r o f i l i diýilýär. Yzygiderlikde, rolik iterijili kulaçokly mehanizmi kinematiki derňemek üçin, ýiti iterijili kulaçokly mehanizm bilen çalyşmak mümkin, ýagny kulaçok merkezi profil bilen ýerine ýetirilen.



Çyzgy IV-10.

Merkezi profil (ekwidistant egri) şeýle gurulýar. Roligiň r_0 radiusyny duganyň tutyş hataryna geçireris. Merkezleri kulaçogyň hakyky profilinde ýatar. Daşyna aýlanan dugalar merkezi profili bolar (çyzgy IV-9).

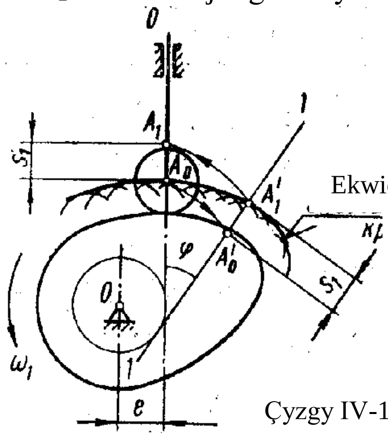
Şeýle görnüşde, rolikli iterijiň ýagdaýyny we süýşmesini kesgitlemek meselesi, kulaçogyň berlen öwrülme φ burçy boýunça çözgüdini geçirmek öňki meselelerde aňsatdy.

Iterijiň ýagdaýyny we kulaçogyň φ burçda öwrüminde onuň süýşmesiniň kesgitlenişi IV-10 çyzgydan düşnükli.

Iterijisi rolik bilen üpjin edilen merkezidäl kulaçokly mehanizm (çyzgy IV-11)

Şu ýerde roligiň aýlanma merkezi (A nokat) merkezi profili boýunça kulaçoga görä süýşmeli bolar.

φ burçda kulaçogyň öwrülmesinde iterijiň ýagdaýyny kesgitlemek üçin öwürme usulyny ulanarys, çünki kulaçok hereketsiz galar, iteriji bolsa diregi bilen bilelikde kulaçogyň aýlanma okuna görä berlen φ burçda tersine öwrüler. Şeýle-de iterijiň hereket çyzygy kulaçogyň aýlanma okundan O hemişelik aralykda e (ekssentrisitet) bolýar we öwrülmede O okdan bu aralykda saklanar, çünki e radiusyň töweregine galtaşar we 1 – 1 ýagdaý emele geler. Kulaçogyň merkezi profili (A'_1 nokat) bilen 1 – 1 çyzygyň kesişme nokady gözlenýän roligiň merkeziniň otnositel ýagdaýy bolar. Roligiň merkeziniň hakyky ýagdaýyny kesgitlemek üçin, OA'_1 radiusyny iterijiň hakyky hereket çyzygynda bellik etmek gerek. Alnan A_1 nokat iterijiň gözlenýän süýşmesi bolar.

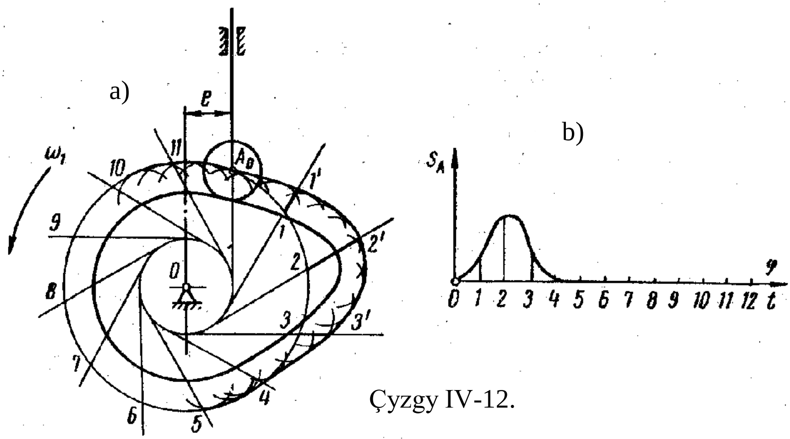


Çyzgy IV-11.

Bu süýşmäni 1 – 1 çyzyk boýunça ölçemek mümkin, munyň üçin roligiň okunyň (A_0) başlangyç ýagdaýyny OA_0 radiusyny bu çyzyga
gönükdirmek zerur (A'_0 nokadyny alarys). A'_0 A'_1 kesim şeýle hem iterijiň gözlenýän süýşmesi bolar:

$$s_1 = A_0A_1 = A'_0\, A'_1.$$

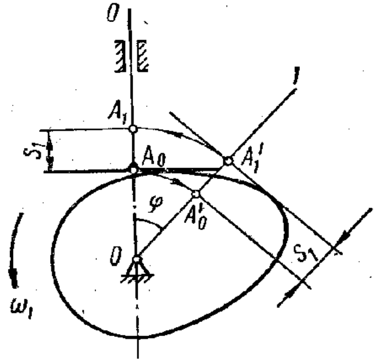
Kulaçogyň doly aýlawy üçin (süýşmesine degişlilikde – kesimler 1 – 1', 2 – 2', 3 – 3', . . ýogyn çyzykly görkezilen) iterijiň otnositel ýagdaýynyň we onuň süýşmesiniň kesgitlenişi IV-12a çyzgyda görkezilen. Bu maglumat boýunça iterijiň süýşmesiniň s_A kulaçogyň öwrülme φ burçuna (ýa-da *t* wagta) baglylygy IV-12b çyzgyda gurlan.



Çyzgy IV-12.

Ýasy iterijili kulaçokly mehanizm (çyzgy IV-13)

Kulaçogyň berlen φ burçdaky öwrülmesinde ýasy iterijiniň ýagdaýyny kesgitlemek üçin öwürme usulyny ulanarys, ýagny kulaçogy hereketsiz galdyrarys, iteriji bolsa (diregi bilen bilelikde) φ burçda kulaçogyň aýlanma ugryna garşylyklaýyn ugur boýunça öwreris. Iterijiniň hereket çyzygyny ol 0-1 ýagdaýdan alarys.



Çyzgy IV-13.

Iterijiniň çanagynyň ýagdaýyny kesgitlemek üçin kulaçogyň profiline şeýle ýagdaýda galtaşma geçirmek zerur, ýagny ol 0-1 çyzyga perpendikulýar bolmaly (adatça çanak iterijiniň hereket ugruna perpendikulýar. Eger çanak bilen iterijiniň hereket ugrunyň arasyndaky burç gönüden tapawutlansa, onda galtaşma gurulanda burça degişli 0-1 çyzygy geçirmek gerek).

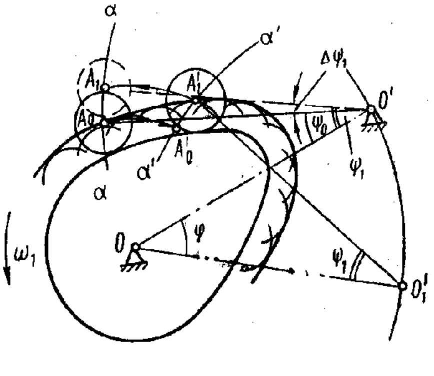
Getirilen galtaşma çanagyň (тарелка) iterijä görä gözlenýän ýagdaýy bolar. Iterijiniň hakyky ýagdaýyny kesgitlemek üçin OA'$_1$ radiusy (A'$_1$ nokat 0-1 göni bilen galtaşmanyň kesişme nokady bolar) iterijiniň (A_1 nokat) hereketiniň hakyky ugrunda bellik etmeli. Bu süýşmegi 0-1 göni boýunça kesgitlemek bolar, munyň üçin OA_0 radiusy bu gönide (A'$_1$ nokat) bellik etmek gerek. A'$_0$A'$_1$ kesim şeýle hem gözlenýän şüýşme bolar:

$$s_1 = A_0A_1 = A'_0A'_1.$$

Rolikli, yrgyldaýan iterijili kulaçokly mehanizm (çyzgy IV-14)

Bu mehanizmde kulaçogyň profiliniň ýany we roligiň diametri, kulaçogyň aýlanma okunyň we iterijiniň O'O arasy we iterijiniň uzynlygy O'A belli bolýar.

Roligiň merkezi (A nokat) absolýut hereketinde merkezi O' nokatda O'A radiusly αα töweregiň dugasy boýunça süýşýär. Kulaçoga görä roligiň merkezi profiliň merkezine görä süýşýär.



Çyzgy IV-14

Iterijiniň ýagdaýyny we süýşmesini kesgitlemek üçin, berlen φ burç boýunça kulaçogyň öwrülmesinde hereketiň öwürme usulyny ulanyp, ýagny kulaçogy hereketsiz hasap edip, O'A diregi bilen bilelikde (diregiň ýagdaýy OO' merkezi çyzyk boýunça kesgitlenýär) φ burçda kulaçogyň aýlanma okyna O görä gapma-garşy ugur boýunça öwrüler.

Şeýle öwrülmede iterijiniň aýlanma oky, merkezi O nokatly OO' radiusly töweregiň dugasy boýunça süýşmeli bolar we merkezi çyzykda täze OO'_1 ýagdaý gelip çykar, çünki merkezi çyzyklaryň O' hakyky ýagdaýy bilen φ burçy düzýär. Şuňa meňzeş O'_1 nokatlardan, ýagny iterijiniň aýlanma okunyň gözlenýän otnositel ýagdaýy bolar, O'A radiusy iterijiniň uzynlygyna deň bolar, merkezi profilde bellik ederis. Alnan A'_1 nokat gözlenýän roligiň merkeziniň otnositel ýagdaýy bolar. A'_1 nokat bilen O'_1 nokady birikdirip, iterijiniň gözlenýän otnositel ýagdaýyny alarys. Iterijiniň bir ýagdaýdan başga bir ýagdaýa süýşmesi (öwrülme burçy) iteriji bilen merkezi çyzygyň arasyndaky ψ_1 we ψ_0 burçlarynyň tapawutlaryndan kesgitlenýär we merkezi çyzyk aşakdaky ýagdaýa baglylykda:

$$\Delta\psi_1 = \psi_1 - \psi_0.$$

Roligiň merkeziniň hakyky gözlenýän ýagdaýy A_1 kesgitlemek aňsat, eger-de OA'_1 radiusy onuň hakyky hereket ýolunda bellik etsek – αα (A_1 nokat). A_1 nokat bilen O' göni çyzygy birleşdirsek, iterijiniň gözlenýän hakyky ýagdaýyny alarys.

$\widetilde{A_0A_1}$ duga, αα duga boýunça ölçenen, gözlenýän A nokadyň süýşmesi bolar, ýagny iterijiniň proporsional burç süýşmesi:

$$\widetilde{A_0A_1} = O'A \cdot \Delta\psi_1 ,$$

Bu süýşmäni α'α' duga boýunça ölçemek mümkin (çyzgy IV-14 ser.), ýagny OA_0 radiusy netijede A (A'_0) nokadyň başlangyç ýagdaýyny geçirmeli:

$$\widetilde{A'_0A_1{}'} = \widetilde{A_0A_1}.$$

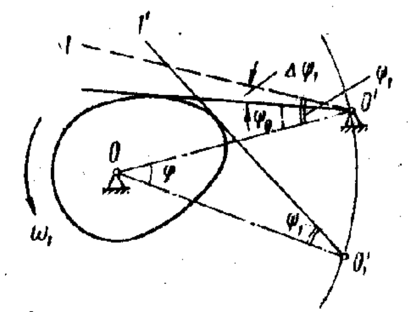
Yrgyldaýan ýasy iterijili kulaçokly mehanizm (çyzgy IV-15)

Bu kulaçokly mehanizmde, kulaçogyň profiliniň gapdalynda, kulaçogyň aýlanma oky bilen iterijiniň OO' arasyndaky aralyk berlen.

Kulaçogyň berlen φ burçda öwrülmesinde ierijiniň süýşmesini we ýagdaýyny kesgitlemek üçin öwürme usulyny ulanarys, ýagny kulaçok hereketsiz galar, iteriji diregi bilen bilelikde φ burçda kulaçogyň aýlanma O okyna görä garşy ugur boýunça öwrüler. Şeýle öwrülmede iterijiniň aýlanma oky OO' radiusly töweregiň dugasy boýunça, merkezi O nokat bilen süýşmeli bolar we merkezi çyzyklar OO' ýagdaýdan gelip çykar, ýagny berlen φ burçda, merkezi OO' çyzyklaryň hakyky ýagdaýyny düzer. Yzygiderlikde O'_1 iterijiniň aýlanma okunyň gözlenýän otnositel ýagdaýy bolar, kulaçogyň profili bilen galtaşma geçireris (O'_1 – 1'). Bu galtaşma iterijiniň gözlenýän otnositel ýagdaýy bolar.

Iterijiniň bir ýagdaýdan başga ýagdaýa süýşmesi (öwrüm burçy) itreriji bilen merkezi çyzygyň arasyndaky ψ_1 we ψ_0 burçlaryň tapawudyndan kesgitlenýär, ýagny aşakdaky ýagdaýa baglylykda:

$$\Delta\psi_1 = \psi_1 - \psi_0.$$



Çyzgy IV-15.

Iterijiniň hakyky gözlenýän ýagdaýyny kesgitlemek üçin

O' nokatdan merkezi OO' çyzyga ψ_1 burç astynda göni çyzyk geçirmek ýeterlik (bu göni çyzyk suratda punktir bilen görkezilen).

IV.3. Iterijiniň tizligini we tizlenmesini kesgitlemek

Kulaçokly mehanizmiň iterijisiniň tizligi we tizlenmesi dürli usullar bilen kesgitläp bolýar:

1. Kinematik diagramma usuly. Bu usul iterijiniň tizliginiň diagrammasyny $\upsilon = f(t)$ ýa-da $\omega_2 = f(t)$ süýşme diagrammasyny $s = f(t)$ ýa-da $\psi = f(t)$ grafiki differensirleme usulynda alnyp başlanmagy bilen jemlenýär, soňra bolsa iterijiniň tizlenmesiniň diagrammasy $a = f(t)$ ýa-da $\varepsilon = f(t)$ tizligiň diagrammasyny ikinji gezek grafiki differensirleme usulynda alynýar. Bu usul öň seredilip geçilen usul.

2. Kulaçokly mehanizmleriň ýokary kinematiki jübütlerini pes jübitlere çalyşmak usuly we yzygiderlikde çalşylan mehanizm üçin tizligiň we tizlenmäniň planlaryny gurmak.

3. Tizligiň we tizlenmäniň planlaryny gurmak usuly göniden-göni kulaçokly mehanizmiň hakyky shemasy boýunça. Bu usulda gaýytgynly süýşme hereketi ýerine ýetiriji ýiti iterijili kulaçokly mehanizmde serederis (çyzgy IV-16a).

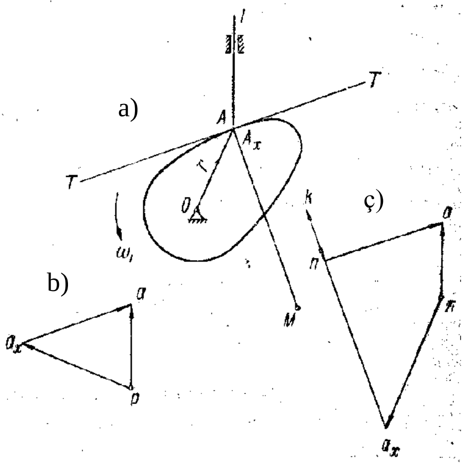
Tizligiň we tizlenmäniň planlaryny gurmak üçin bagly wektor deňlemelerini düzmek gerek.

Iterijiniň ujynyň süýşmesine A nokada kulaçogyň profiliniň otnositel hereketi we kulaçogyň profiliniň A_x nokat bilen bilelikdäki hereketi (iterijiniň A nokady bilen kulaçogyň A_x nokady gabatlaşýar) geçirijiden durýan hereketine seretmek mümkin.

Iterijiniň ujyndaky bu tizlik bilen baglylykda deň bolar

$$\underline{\bar{v}_A} = \underline{\underline{\bar{v}_{A_x}}} + \underline{\bar{v}_{AA_x}}\,. \qquad \text{(a)}$$

Bu deňlemede bir wektor ($\bar{v}_{A_x}$) ululygy boýunça we ugry boýunça belli, beýleki ikisiniňki bolsa ugry boýunça:



Çyzgy IV-16.

kulaçogyň Ax nokadynyň tizligi $v_{A_x} = \omega_1 \cdot r_{OA_x}$ deň we ugry radiusyna perpendikulýar: $\bar{v}_{A_x} \perp \bar{r}_{OA_x}$;

otnositel tizlik $\bar{v}_{AA_x}$ kulaçogyň profiline A nokatda galtaşma boýunça ugrukdyrylan, $\bar{v}_{AA_x}$II $\overline{TT}$;

Iterijiniň tizligi v_A A – 1 çyzyga parallel ugrukdyrylan.

Tizligiň planynyň masştabyny μ_v girizeris we v_A tizligiň wektoryny görkezýän [pa_x] kesimiň uzynlygyny kesgitläris:

$$[pa_x] = \frac{v_{A_x}}{\mu_v}.$$

Bu kesimi tizligiň planynyň polýusy, erkin saýlanan p – nokatdan goýýarys (çyzgy IV-16b). wektor deňlemesine baglylykda (a), bu kesimiň soňundan (a_x nokat) $\bar{v}_{AA_x}(II\,\overline{TT})$ wektora parallel çyzygy, başlangyçdan (p nokat) bolsa $\bar{v}_A(II\,\overline{A-1})$ wektoryň ugryna geçireris. Bu ugurlaryň kesişmesi (a nokat) masştabda aňladylýan $\bar{v}_{AA_x}$ we $\bar{v}_A$ wektorlaryň degişlilikdäki $[a_x a]$ we $[pa]$ kesimleriň ululyklaryny kesgitleýär. Bu tizligiň ululygy deň:

$$v_{AA_x} = \mu_v\ [a_x a],\quad v_A = \mu_v\ [pa].$$

Tizlenmäniň planyny gurmaga geçýäris.

Iterijiniň tizlenmesi deň

$$\overline{a}_A = \overline{a}_{A_x} + \overline{a}_{AA_x}. \qquad \text{(b)}$$

Şeýle hem otnositel hereketi egri çyzykly (kulaçogyň profili boýunça) bolýar, göçme – aýlanmada bolsa, onda $\overline{a}_{AA_x}$ tizlenme üç tizlenmeden ýygnalar: koriolis, normal we galtaşma:

$$\overline{a}_{AA_x} = \overline{a}^k_{AA_x} + \overline{a}^n_{AA_x} + \overline{a}^\tau_{AA_x}.$$

$\overline{a}_{AA_x}$ ululygy (b) deňlemede goýsak, alarys

$$\underline{\overline{a}_A} = \underline{\underline{\overline{a}_{A_x}}} + \underline{\underline{\overline{a}^k_{AA_x}}} + \underline{\underline{\overline{a}^n_{AA_x}}} + \underline{\overline{a}^\tau_{AA_x}}. \qquad \text{(ç)}$$

Bu deňlemede üç wektor ($\overline{a}_{A_x}$, $\overline{a}^k_{AA_x}$, $\overline{a}^n_{AA_x}$) ululygy boýunça we ugry boýunça belli, ($\overline{a}_A\ we\ \overline{a}^\tau_{AA_x}$) ikisiniňki bolsa – diňe ugry boýunça:

$\overline{a}_{A_x}$ tizlenme ululygy boýunça $\overline{a}_{A_x} = \omega_1^2 \cdot r_{OA_x}$ deň we ugry r_{OA_x} radiusy boýunça A nokatdan O merkeze;

koriolisiň tizlenmesi $\overline{a}^k_{AA_x}$ ululygy boýunça

$$\overline{a}^k_{AA_x} = 2\omega_1 \cdot v_{AA_x}.$$

Onuň ugruny kesgitlemek üçin $\overline{v}_{AA_x}$ otnositel tizligiň wektoryny ω_1 ugry boýunça 90^0 öwürmeli, ýagny koriolisiň tizlenmesi TT galtaşmadan ýokaryk perpendikulýar ugrukdyrylan;

normal tizlenme $\overline{a}^n_{AA_x}$ ululygy boýunça $\overline{a}_{AA_x} = \frac{v^2_{AA_x}}{\rho}$, bu ýerde ρ – A_x nokatda profiliň egrilik radiusy (egrilik radiusy belli bolmaly). $\overline{a}_{AA_x}$ tizlenme egrilik radiusy boýunça A_x nokatdan M egrilik merkezine;

galtaşma tizlenme $\overline{a}^\tau_{AA_x}$ TT galtaşma parallel ugrukdyrylan;

iterijiniň tizlenmesi $\overline{a}_A$ iterijiniň hereket çyzygynyň boýuna A–1 ugrukdyrylan.

Tizlenmäniň planyna masştab μ_a girizeris we tizlenmäniň planyna degişlilikdäki wektorlary şekillendirýän kesimleriň ululyklaryny kesgitläris:

$$[\pi a_x] = \frac{a_{A_x}}{\mu_a}; \; [a_x k] = \frac{a^k_{AA_x}}{\mu_a}; \; [kn] = \frac{a^n_{AA_x}}{\mu_a}.$$

π nokady (tizlenmäniň planynyň polýusy) erkin ýerden saýlarys (çyzgy IV-16ç) we ondan (ç) wektor deňlemä baglylykda $\overline{a}_{A_x}$, $\overline{a}^k_{AA_x}$, $\overline{a}^n_{AA_x}$ wektorlary şekillendirýän $[\pi a_x]$, $[a_x k]$ we $[kn]$ kesimleri yzygiderlikde ýokarda görkezilen ugurlarda goýarys.

Soňra n nokatdan $\overline{a}^\tau_{AA_x}$ $(II\,\overline{TT})$ ugruna, π polýusdan bolsa - $\overline{a}_A$ tizlenmäniň $(II\,\overline{A-1})$ ugruna geçireris. Bu ugurlaryň kesişmesi, saýlanan masştabda $\overline{a}^\tau_{AA_x}$ we $\overline{a}_A$ wektorlary şekillendirýän $[na]\,we\,[\pi a]$ kesimleriň ululyklaryny kesgitleýär.

Bu tizlenmeleriň ululyklaryny şu formulalar boýunça hasaplarys:

$$a^\tau_{AA_x} = \mu_a \cdot [na]; \; a_A = \mu_a \cdot [\pi a].$$

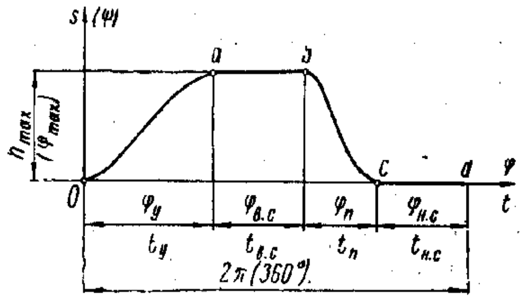
Biz ýiti iterijili kulaçokly mehanizme seretdik. Eger iteriji rolik bilen üpjin edilse, onda kulaçogyň merkezi profilini (ekwidistant egriligi) gurup başlamak gerek, mesele soňra seredilip geçilenlere meňzeş.

IV.4. Iterijiniň hereket kanunyny saýlamak

Kulaçokly mehanizmiň sintezi yzdaky geçen meseleleri göz öňünde tutýar, ýagny iterijiniň berlen kanuny boýunça kulaçogyň profili gurulýar. Bu meselä başgaça k u l a ç o g y p r o f i l i r l e m e k diýilär.

Iterijä mahsus hereket kanuny $s = f(t)$, ýagny iterijiniň süýşmesiniň wagta baglylygy IV-17 çyzgyda göz öňünde tutulan grafiki diagrammada şekillendirilen. Bu egrilik kulaçogyň deňölçegli aýlanmagynda şol bir wagtda kulaçogyň öwrülme burçynyň $s = f(\varphi)$ iterijiniň süýşmesine baglylygy bolar.

Iterjiniň hereketi, kulaçogyň bir aýlawyna degişlilikde, umumy ýagdaýda dört faza emele gelýär.



Çyzgy IV-17.

1. Iterijiniň daşlaşma fazasy (ýokary galma), bu aralykda iteriji h_{max} gerim (bat almak) ululykda galdyrylar (ýa-da eger iteriji aýlanýan bolsa, ψ_{max} gerim burçda aýlanar). Bu faza kulaçogyň $\varphi_{daşl.}$ burçda $t_{daşl.}$ aýlanma wagty üçin bolup geçýär.
2. Iterijiniň ýokarda saklanma fazasy, bu aralykda iteriji ýokarky ýagdaýda rahat bolýar. Bu faza kulaçogyň $\varphi_{ýok.sak.}$ burçda $t_{ýok.sak.}$ aýlanma wagty üçin bolup geçýär.
3. Iterijiniň golaýlaşma fazasy, bu aralykda iteriji başlangyç ýagdaýyna gaýdyp gelýär. Bu faza kulaçogyň $\varphi_{golaý.}$ burçda $t_{golaý.}$ aýlanma wagty üçin bolup geçýär.
4. Aşakda saklanma fazasy, bu aralykda iteriji aşaky ýagdaýda rahat bolýar. Bu faza kulaçogyň $\varphi_{aş.sak.}$ burçda $t_{aş.sak.}$ aýlanma wagty üçin bolup geçýär.

Şeýle-de hemme fazalar kulaçogyň bir aýlawynda bolup geçýär, onda hemme fazalarynyň burçlarynyň jemi 360^0 deň (ýa-da 2π radian):

$$\varphi_{daşl.} + \varphi_{ýok.sak.} + \varphi_{golaý.} + \varphi_{aş.sak.} = 2\pi\ (360^0) \qquad \text{(IV-1)}$$

Hemme fazalaryň wagtlarynyň kesimleriniň jemi kulaçogyň bir aýlawynyň T periodyna deňdir:

$$t_{daşl.} + t_{ýok.sak.} + t_{golaý.} + t_{aş.sak.} = T. \qquad \text{(IV-2)}$$

Iterijiniň ýörüşi h_{max} (ýa-da iterijiniň ψ_{max} gerimi), şonuň ýaly hem iterijiniň hemme fazalarynyň wagtlarynyň kesimleri we olara degişlilikde kulaçogyň aýlanma burçlary şol operasiýada dolylygyna kesgitlenýär, ýagny kulaçokly mehanizmi ýerine ýetirmeli.

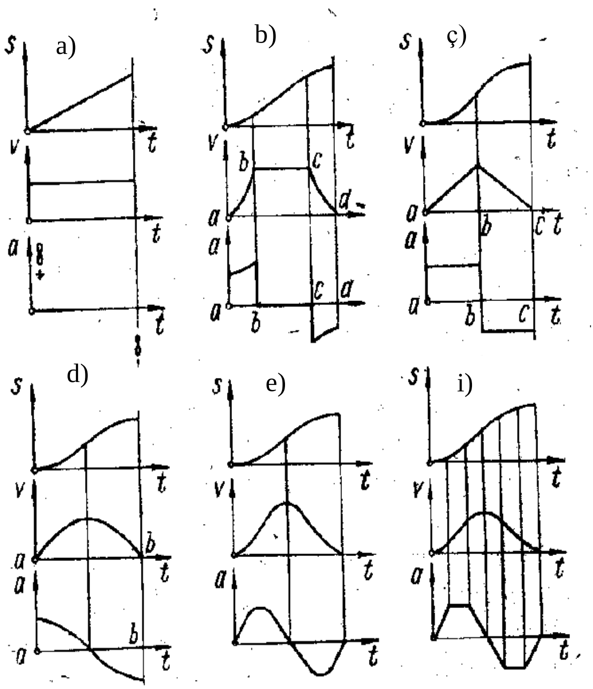
Daşlaşma we gaýdyp gelme fazalarda iterijiniň hereket kanuny, ýagny $s = f(t)$ diagrammada *oa* we *bc* egrileriň häsýetleri, şonuň ýaly-da köp ýagdaýlarda kulaçokly mehanizm ýerine ýetirilýän operasiýalaryna bagly. Bu ýagdaýda iterijiniň hereket kanuny doly berlen bolýar.

Emma köplenç kulaçokly mehanizmden diňe iterijiniň ýörüşini h_{max} (ýa-da ψ_{max}) ululykda kesgitli wagtda amala aşyrylmagyny talap edilýär. Iteriji bölek haýsy kanun bilen hereket edende-de tapawudy ýok. Bu ýagdaýda iterijiniň hereket kanunyny (*oa* we *bc* egrileriň häsýetleri) konstruktor özbaşdak saýlap biler.

Iterijiniň hereket kanuny saýlananda, onuň tizlenmesiniň bir sydyrgynsyz (ýiti) üýtgäp aýlanmagyny dowam etdirýär, çünki tizlenmäniň beýle üýtgemesi, degişlilikde güýjiň (güýç $P = ma$ deň) birden ösmegine getirýär, munyň netijesinde kulaçokly mehanizm işlände u r g y bolup geçýär.

Serederis, iterijiniň birnäçe hereket kanunynda tizlenme nähili üýtgeýär.

IV-18 çyzgyda iterijiniň süýşmesiniň dürli kanunlarynyň (bir ugurda) diagrammalary we olara degişlilikde tizligiň we tizlenmäniň diagrammalary getirlen.



Çyzgy IV-18.

IV-18a çyzgyda iterijiniň deňölçegli süýşmesindäki (hemişelik tizlikde) diagrammalar görkezilen. Iterijiniň süýşmesiniň beýle kanunynda onuň hereketiniň başyndaky we soňundaky ýerde tilenmäniň mgnowen (yzygiderlikde bolsa, güýjiň hem) ösmegi tükeniksizlige çenli bolar.

Tizlenmäniň (we güýjiň) beýle tükeniksizlige çenli mgnowen teoretiki üýtgemesine **gaty urgy** diýilýär. Elbetde, kulaçogyň we iterijiniň materiallarynyň berkliginiň netijesinde praktikada tizlenmäniň we güýjiň tükeniksizlige çenli ösmegi bolup geçmeýär, ýöne olar ýeterlik ululygynda galýar. Şonuň üçin deňölçegli hereketli iteriji bilen kulaçokly mehanizm diňe kulaçogyň aýlanmasynyň uly bolmadyk tizliginde we kiçi mahaly iterijide ulanmaga rugsat edilýär.

IV-18b çyzgyda göni, aýlawly hereketiň başynda we soňunda töweregiň dugasy boýunça ýerine ýetirilen, iterijiniň süýşmesiniň diagrammasy getirilen. Şu ýerde tizlik hemişelik diňe hereket wagtynyň ortaky böleginde. Bu tizlige ýetmegi we onuň ýok bolmagynda mgnowensiz, kem-kemden (egri boýunça *ab* we *cd* ýerde) bolup geçýär. Emma iterijiniň süýşmesiniň şeýle kanunynda tizlenmäniň mgnowen üýtgeýän ýerinde ahyrky ululyklarda dört ýagdaýda (*a, b, c* we *d* nokatlar) bolýar. Tizlenmäniň mgnowen üýtgemesi we degişlilikde onuň dinamiki güýjiniň ösmeginiň ahyrky ululygynda **ýumşak urgy** diýilýär. Elbetde, ýumşak urgyda gaty urgydakydan dinamiki basyşy ep-esli az. Şonuň üçin ýumşak urgyly kulaçokly mehanizmler kulaçogyň 2000 *aý/min* çenli aýlawda ulanmak mümkin.

IV-18ç çyzgyda iterijiniň deň tizlenýän hereketi üçin tizligiň we tizlenmäniň süýşmesiniň diagrammalary getirilen. Hereketiň tizliginiň beýle kanunynda diagrammanyň birinji böleginde (*ab* ýeri) deňölçegli ösýär (položitel tizlenme), diagrammanyň ikinji böleginde bolsa (*bc* ýeri) deňölçeglilik gutarýar (otrisatel tizlenme). Tizlenmäniň diagrammasyndan görnüşi ýaly, şu ýerde-de geçenki ýagdaýdaky ýaly *a, b* we *c* nokatlarda ýumşak urgy görünýär.

IV-18d çyzgyda ýagny onuň tilenmesi kosinusoidal kanun boýunça üýtgeýän iterijiniň hereketiniň diagrammalary getirilen. Tizligiň we tizlenmäniň beýle kanunynda edil iterijiniň hereket wagtynda endigan üýtgeýär, emma hereketiň başynda we ahyrynda (*a* we *b* nokatda) ahyrky ululygynda tizlenmäniň çapýanja ýeri bolýar, ýagny ýumşak urgy.

IV-2e çyzgyda tizlenmesiniň sinusoidal kanun boýunça üýtgeýän iterijiniň hereketiniň diagrammalary hödürlenen. Bu ýagdaýda tizligi we tizlenmesi endigan üýtgeýär we öz üýtgemesini nol nokatda (ahmiýetde) başlaýar we soňlaýar. Şonuň üçin şu ýerde hiç hili tilenmäniň çapylmasy (çapmak sözi at çapmak ýaly many) ýok we kulaçokly mehanizm urgysyz işleýär. Tizlenmäniň sinusoidal kanunda üýtgemesi iterijiň hereketiniň has endiganlygyny üpjin edýär we çalt ýöreýän kulaçokly mehanizmler üçin ulanmak mümkin. Bu kanunyň ýetmezçiligi, ýagny iterijiniň tizligi başlangyç hereketde örän haýal ösýär, onuň (ýokary) galmasy hereketiň başynda haýallaýar.

IV-18i çyzgyda tizlenmäniň grafigi iki sany deňtaraply trapesiýa boýunça ýerine ýetirilen iterijiniň hereketiniň diagrammasy görkezilen. Bu ýagdaýda iterijiniň düzlenen deňtizlenýän hereketi bolup geçýär. Munyň üçin iterijiniň başlangyç hereketi juda yza çekýän bolmaýar (edil sinusoidal kanundaky ýaly), trapesianyň granynyň ýapgytlyk proeksiýasy *t* okda trapesianyň esasyndan $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{5}$ uly bolmadyk ýagdaýyny alynýar. Şeýle-de gyşyk tizlenme çapyp bilmez we ol nolda başlar we gutarar, onda hereketiň şeýle kanunynda urgy ýok. Trapesiadal kanunly üýtgeýän tizlenmeli kulaçokly mehanizmler kulaçogyň ýokary aýlaw sanlarynda doly ulanylýar.

Iterijiniň hereket kanunyny gyşyk süýşme $s = f(t)$ boýunça subut etmek örän kyn, şeýle-de bu gyşyklyklar (çyzgy IV-18b, ç, d, e, i ser.) daşynda az tapawutlanýarlar. Diňe gyşyk tizlenmeler iterijiniň hereketiniň doly endiganlygyny berýär, urgylaryň we ş. m. barlygyny. Şonuň üçin hereket kanunlary saýlananda adatça onuň tizlenmesiniň üýtgeme diagrammasy berilýär. Süýşme $s = f(t)$ diagrammasy kulaçogyň profilini gurmak üçin zerur, tizlenmäniň diagrammasyndan $a = f(t)$ iki gezek integrirlemek usulynda alynýar.

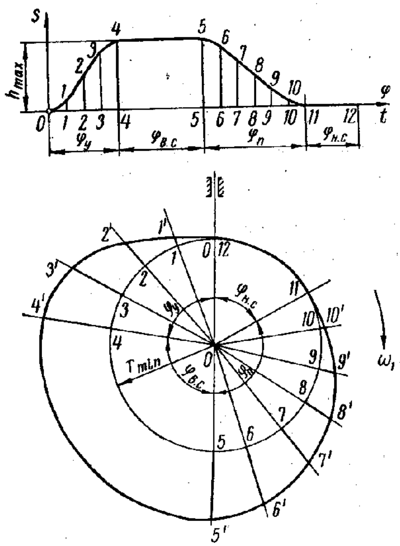
IV.5. Kulaçoklary profilirlemek

Kulaçogy profilirlemek, kulaçokly mehanizmi tersine derňemek, çünki kulaçogyň profilini gurmagy, ýagny berlen kanun boýunça iterijiniň hereketini üpjin etmegi talap etmek meselesi bolup durýar.

Kulaçoklary profilirlemegi dürli kulaçokly mehanizmlerde serederis. Has ýönekeýden -süýşme hereketli ýiti iterijili merkezi kulaçokly mehanizmden başlarys.

Ýiti iterijili merkezi kulaçokly mehanizm

Berlen: iterijiniň hereket kanuny $S = f(t)$ ýa-da $S = f(\varphi)$, kulaçogyň minimal radiusy r_{min} we kulaçogyň aýlaw ugry (çyzgy IV-19).



Çyzgy IV-19

Indiki kulaçogyň profilini gurmagyň tertibi.

1. $S = f(\varphi)$ diagrammada φ_d daşlaşma we φ_g golaýlaşma burçlary birnäçe sany deň bölege bölýäris (biziňkide φ_d burç dört bölege bölünen, φ_g burç bolsa- alty bölege).

Iterijiniň saklanma $\varphi_{ýok.sak.}$ we $\varphi_{aşak.sak.}$burçlaryny bölmek gerek däl, barybir kulaçogyň profili bu burçlaryň çäginde hemişelik radiusly töweregiň dugasy çyzylýar.

2. Dürli burçlaryň φ burçlara baglylykda $S = f(\varphi)$ diagramma boýunça iterijiniň grafiki (ýa-da analitiki süýşmesini) taparys:

$S_1=\mu_s$ [1-1], $S_2=\mu_s$ [2-2], $S_3=\mu_s$ [3-3] we ş.m. Bu ýerde:

μ_s –süýşmek masştaby.

[1-1];[2-2] – $S = f(\varphi)$ diagrammanyň ordinatalary, dürli φ burça baglylykda.

3. Merkezi O nokat (kulaçogyň aýlanma oky) bilen kulaçogyň minimal radiusyna r_{min} deň töwerek we O okuň üstünden iterijiniň hereket 0-0 çyzygyny geçireris.

Burçlaryň φ belgisine degişlilikde $S = f(\varphi)$ diagrammada, iterijiniň hereketiniň hakyky liniýasyndan başlap, kulaçogyň gapma-garşy aýlawynyň ugrunda, ähli φ_i burçlary ($\varphi_{daş}$, $\varphi_{ýok.sak.}$, $\varphi_{golaýl.}$, $\varphi_{aşak.sak.}$ we göni aralykly) geçirýäris we kulaçogyň aýlaw okunyň üstünden şol φ_i burçda kulaçogyň aýlawyna gabat gelýän, iterijiniň hereket liniýalarynyň otnositel ýagdaýy bolup durýar, 0-1, 0-2, 0-3 we ş.m. şöhleleri geçirýäris.

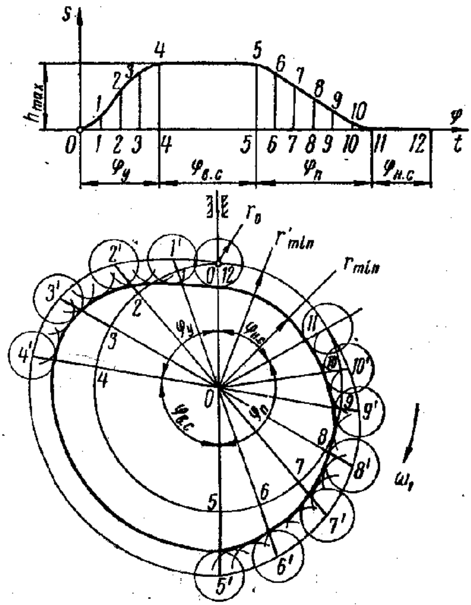
4. Bu dik şöhleleri r_{min} radiusly töwerekden 1-1', 2-2', 3-3'... kesimleri (Bu kesimler ýogyn çyzyklarda görkezilen). Öň hasaplanan seret, S_1, S_2, S_3, ... süýşmelere baglylykda geçireris. 1', 2', 3', we başgal. alnan nokatlardan endigan egri geçireris we kulaçogyň profilini alarys. 0 - 4, 0-5 şöhleleriniň arasynda (olaryň arasyndaky burç $\varphi_{ýok.sak}$ deň) we 0-11 we 0-0 şöhleleriň arasynda (olaryň arasyndaky burç $\varphi_{aşak.sak.}$ deň) kulaçogyň profili O merkezli hemişelik radiusly töweregiň dugasyndan çyzylýar.

Rolik iterijili merkezi kulaçokly mehanizm

Bu ýerde, öňki kulaçokly mehanizmiň berlenlerinden başga-da, r_o roligiň radiusy hem belli bolýar.

Beýle kulaçokda profilirlemek usuly roligiň aýlanma merkeziniň süýşme hereketine görä kulaçogyň merkezleşdirilen profilini gurup başlamak bilen jemlenýär, soňra içki ekwidistantly (deň daşlykly) egri gurulýar, ýagny ol kulaçogyň hakyky profili bolýar. Kulaçogyň merkezleşdiriji profilini edil öňki kulaçogyň profiliniň gurluşy ýaly edip gurulýar.Ýeketäk aýratynlygy iterijiniň süýşmesiniň hasaby $r_{min} = r_{min} + r_o$

töweregiň radiusyndan alynýar. Rolikli iterijili merkezi kulaçokly mehanizmiň gurluşy IV-20 çyzgyda görkezilen.



Çyzgy IV-20.

Rolik iterijili merkezi däl kulaçokly mehanizm

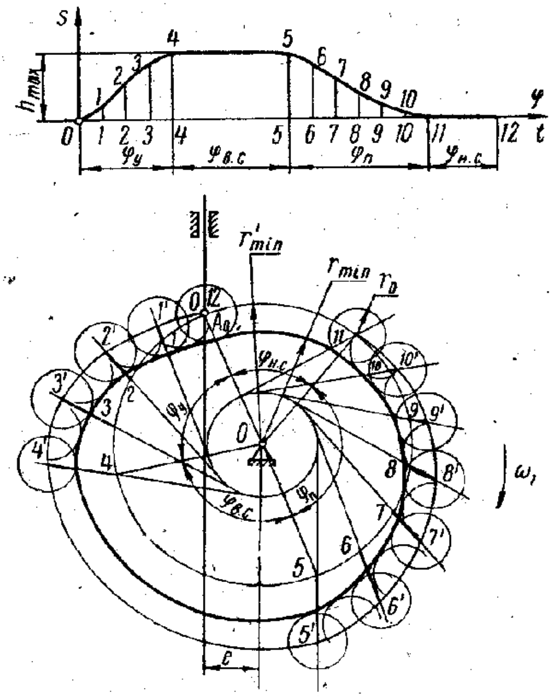
Berlen: $S = f(\varphi)$ iterijiniň hereket kanuny, kulaçogyň minimal radiusy r_{min}, iterijiniň roliginiň radiusy r_o, ekssentrisitet we kulaçogyň aýlaw ugry (çyzgy IV-21).

Kulaçogyň profilirlemesi şeýle yzygiderlilik geçirilýär.

1 we 2. Birinji iki punkt edil ýiti iterijili merkezi kulaçokly mehanizmiňki ýaly ýerine ýetirilýär.

3. O nokadyň merkezi bilen (kulaçogyň aýlaw merkezi) $r_{min} = r_{min} + r_o$ radiusda töwerek we e geçirilmeli. e radiusly töwerekden – iterijiniň hereket çyzygyna wertkal galtaşma geçirilýär. r_{min} radiusly töwerek bilen bu çyzygyň kesişme nokady (A_0 nokat) roligiň aýlanma okunyň başlangyç (aşaky)

ýagdaýy bolar. A nokatdan, kulaçogyň aýlanma ugruna garşylyklaýyn ugurda, diagramma baglylykda φ_i burçlarynda r_{min} radiusly töwerek gurarys. Alnan 1, 2, 3, ... nokatlaryň



Çyzgy IV-21.

üstünden *e* töwerege galtaşma şöhlelerini geçireris. Bu şöhleler kulaçogyň öwrülmesiniň dürli burçlaryna baglylykda iterijiniň hereket çyzygynyň otnositel ýagdaýy bolar.

4. Bu şöhleleriň boýuna r_{min} radiusly töwerekden, öň hasaplananlara laýyklykda iterijiniň süýşmelerini alyp goýarys (1-1', 2-2', 3-3',... kesimler). Alnan A_0, 1', 2', 3' we ş.m. nokatlaryň üstünden endigan egri geçireris – bular kulaçogyň merkezleşdirilen profili bolar. 4 we 5 şöhleleriň (olaryň arasyndaky burç $\varphi_{ýok.sak.}$ deň) we 11 we 0 şöhle (olaryň arasyndaky burç $\varphi_{aşak.sak.}$ deň) arasynyň merkezi profili hemişelik radiusly duga çyzylýar.

5. Kulaçogyň hakyky profilini gurarys. Munyň üçin merkezi profiliň içinde bu profildäki merkezi bilen roligiň r_o radiusly töweregiň dugasynyň hataryny geçirmeli. Egiji bu duga (içki ekwidistantly egri) we kulaçogyň hakyky profili bolar. 4' we 5' şöhleleriň we 11' we 0 şöhleleriň aralaryny belläris, ekwidistant gurulmagy hökman däl, şeýle-de kulaçogyň profiliniň bu çägi hemişelik radiusly töwerekde duga çyzylýar.

Ýasy süýşme hereket edýän iterijili kulaçokly mehanizm

Bu kulaçokly mehanizm üçin berlen: iterijiniň hereket kanuny $S = f(\varphi)$, kulaçogyň minimal radiusy r_{min} we iterijiniň aýlaw ugry.

Kulaçogyň profiliniň gurluşy şeýle yzygiderlikde geçirilýär (çyzgy IV-22).

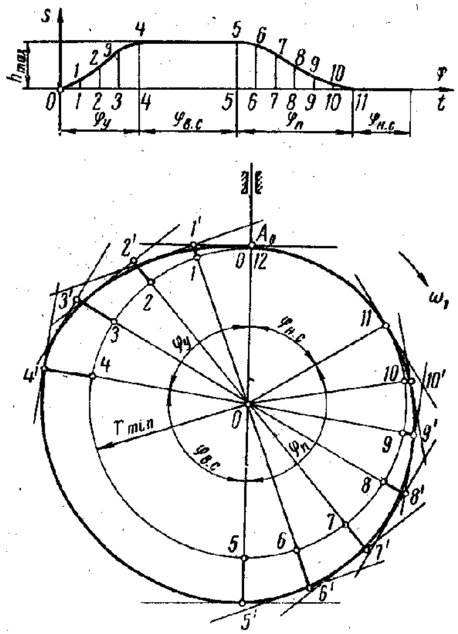
1 we 2. Birinji iki punkt edil yiti iterijili merkezi kulaçokly mehanizmi profilirlemegiňki ýaly.

3. O nokatdaky merkez bilen (kulaçogyň aýlanma oky) r_{min} radiusly töwerek geçireris we bu nokadyň üstünden iterijiniň O-O hereket ugruny geçireris. Bu gönüniň töwerek (A nokat) bilen kesişme nokadynyň üstünden perpendikulýar geçireris. Bu perpendikulýar iterijiniň tekizliginiň (ýasysynyň) başlangyç ýagdaýy bolar.

Ugry, kulaçogyň aýlawynyň tersine, O-O çyzykdan φ_i ($\varphi_{daş}$, $\varphi_{ýok.sak.}$, $\varphi_{golaý}$, $\varphi_{aşak.sak.}$ we ş. m.) berlen diagrammanyň burçlaryna baglylykda alyp goýarys. O nokadyň üstünden 0–1, 0 – 2, 0 – 3 we ş. m. şöhleleri geçireris, kulaçogyň öwrülme burçlarynyň görnüşlerine baglylykda, iterijiniň hereket çyzygynyň otnositel ýagdaýy bolar.

4. r_{min} radiusly töwerekden bu şöhleleriň boýuna, öň hasaplanan (1 – 1', 2 – 2', 3 – 3', ... kesimler) iterijiniň süýşmesine baglylykda geçireris. Alnan 1', 2', 3' we ş. m. nokatlaryň üstünden şöhlelere baglylykda perpendikulýary geçireris. Bu perpendikulýarlar iterijiniň tekizliginiň otnositel

ýagdaýy bolar (iterijiniň tekizligi (ýasysy) adatça iterijiniň hereket ugruna perpendikulýar).



Çyzgy IV-22

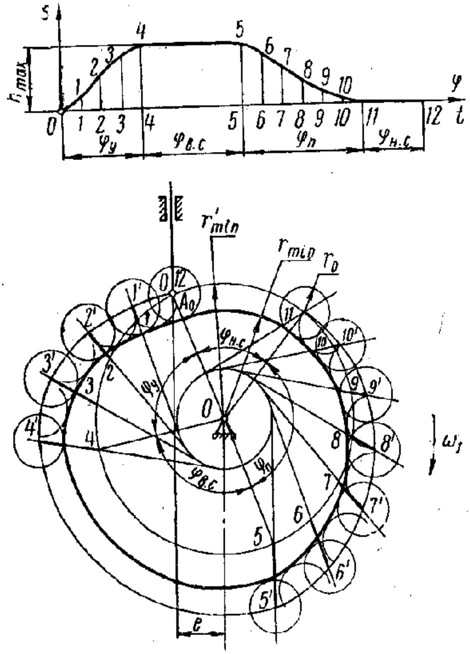
5. Iterijiniň tekizliginiň (ýasysynyň) otnositel ýagdaýynyň egijisini gurarys. Bu kulaçogyň profili bolar.

Rolikli yrgyldaýan iterijili kulaçokly mehanizm

Bu kulaçokly mehanizm üçin berlen: iterijiniň hereket kanuny $\psi = f(\varphi)$, kulaçogyň minimal radiusy r_{min}, roligiň radiusy r_o, kulaçogyň aýlanma oky bilen iterijiniň arasy 00', iterijiniň uzynlygy O'A, kulaçogyň aýlanma ugry (çyzgy IV-23).

Kulaçogyň profiliniň gurluşy şeýle yzygiderlikde geçirilýär.

Daşlaşýan $\varphi_{daş.}$ we golaýlaşýan $\varphi_{golaý.}$ burçlary $\psi = f(\varphi)$ diagrammada birnäçe sany deň böleklere böleris (biziň ýagdaýymyzda $\varphi_{daş}$. burç dört bölege bölünen, $\varphi_{golaý}$. burç bolsa alty bölege).



Çyzgy IV-23

$\varphi_{ýok.sak}$ we $\varphi_{aşak.sak.}$ saklanyş burçlaryny bölmegi dowam etdirmeli däl, şeýle-de kulaçogyň profiliniň çäginde bu burçlar hemişelik radiusly töweregiň dugasynda çyzylýar.

2. $\psi = f(\varphi)$ diagramma boýunça iterijiniň burç süýşmesiniň, kulaçogyň dürli burçlarda öwrülmesine baglylykda grafiki (ýa-da analitiki) ululygyny taparys (bu burçlar iterijiniň aşaky ýagdaýyndan hasaplanýar):

$$\psi_1 = \mu_\psi[1-1], \quad \psi_2 = \mu_\psi[2-2] \text{ we ş. m.}$$

Bu ýerde:

μ_ψ – iterijiniň süýşmesiniň masştaby, $\frac{grad}{mm}\left(\frac{rad}{mm}\right)$; [1-1], [2-2], ... - φ_i burçlaryň dürlüligine baglylykda $\psi = f(\varphi)$ diagrammanyň ordinatasy (mm).

3. Kulaçogyň aýlanma okunyň O we iterijiniň O' ýagdaýyny belläris. Kulaçogyň aýlanma oky – O nokatdan $r'_{min} = r_{min} + r_0$ radiusly töwerek geçirýäris, iterijiniň aýlanma oky – O' nokat bolsa – bu töwerekde O'A iterijiniň uzynlygyna deň radiusda bellik ederis. Alnan A_0 nokat roligiň merkeziniň başlangyç (aşaky) ýagdaýy bolar. Bu nokat bilen O' nokady birleşdirip, $'OA_0$ göni çyzygy alarys, ýagny iterijiniň başlangyç ýagdaýy bolar. Çyzgy býunça iterijiniň başlangyç ýagdaýy $O'A_0$ bilen merkezi çyzygyň OO' ýagdaýynyň arasyndaky ψ_0 burçy ölçäris.

4. Merkezi O nokat bilen OO' radiusly töwerek geçireris we OO' göni çyzykdan kulaçogyň aýlanmasynyň garşy ugurda, hemme φ_i ($\varphi_{daş}$, $\varphi_{ýok.sak.}$, $\varphi_{golaý}$, $\varphi_{aşak.sak.}$ we aralykdaky) burçlary alyp goýarys. Bu burçlara O nokatdan şöhleleri geçireris. Bu şöhleler bilen OO' (O'_1, O'_2, O'_3, ...) radiusly töwerekleriň kesişme nokatlary, iterijiniň aýlanma okunyň otnositel ýagdaýy bolar, OO'_1, OO'_2, OO'_3, ... şöhleleriň özleri bolsa merkezi çyzygyň otnositel ýagdaýy bolar.

5.Iiterijiniň her bir ýagdaýy üçin iteriji bilen merkezi çyzyklaryň arasyndaky burçlary hasaplarys:

$$\psi'_1 = \psi_0 + \psi_1;$$

$$\psi'_2 = \psi_0 + \psi_2;$$

....

we bu burçlardan $O'O_1$, OO'_2, OO'_3, ... merkezi çyzyklaryň otnositel ýagdaýyna baglylykda O'_1, O'_2, O'_3, ..., nokatlardan şöhleler geçireris, ýagny O'A iterijiniň uzynlygyna deň radiuslary bellik ederis. Alnan 1', 2', 3', ... , nokatlar roligiň merkeziniň otnositel ýagdaýy bolar. $O'_1 1'$, $O'_2 2'$, $O'_3 3'$, ... göni çyzyklar degişlilikdäki iterijiniň otnositel ýagdaýy bolar. 1', 2', 3', ... nokatlary birleşdirip, emele gelen endigan egri kulaçogyň merkezi profili bolar.

Kulaçogyň merkezi profiliniň nokatlarynyň ýagdaýyny 1', 2', 3', ... başgaça-da kesgitlemek mümkin. Iterijiniň burç süýşmeleriniň $\psi_1', \psi_2', \psi_3'$, ... ýerine merkezi çyzykdan hasaplananlardan (we goýlanlardan), iterijiniň roliginiň merkeziniň göni şüýşmesini kesgitlemek bolar, onuň başlangyç ýagdaýyndan kesgitlenen:

$$s_1=O'A\ \psi_1;$$

$$s_2=O'A\ \psi_2$$

(Bu formulada ψ_i burçlaryny radianda hasaplamaly).

(Bu ýoly) r_{min} radiusly töwerekden O'A radiusly O'_1, O'_2, O'_3, ... merkezlerinden getirlen töweregiň dugasy boýunça bu ýoly alyp goýarys. s_1, s_2, s_3, ... dugalar (1 – 1', 2 – 2', 3 – 3', ... dugalar) suratda ýogyn çyzyklarda görkezilen.

6. Kulaçogyň hakyky profilini gurarys. Munyň üçin merkezi profiliň içinde roligiň r_0 radiusly, merkezi kulaçogyň merkezi profilinde ýerleşen dugalaryň hataryny geçireris. Bu dugalardan egiji gyşyklygy (ekwidistant gyşyklygyny) geçireris, bu hem kulaçogyň hakyky profili bolar.

Yrgyldaýan ýasy iterijili kulaçokly mehanizm

Berlen: iterijiniň hereket kanuny $\psi = f(\varphi)$, kulaçogyň minimal radiusy r_{min} , kulaçogyň aýlanma oky bilen OO' iterijiniň arasyndaky aralyk we iterijiniň aýlaw ugry (çyzgy IV-24).

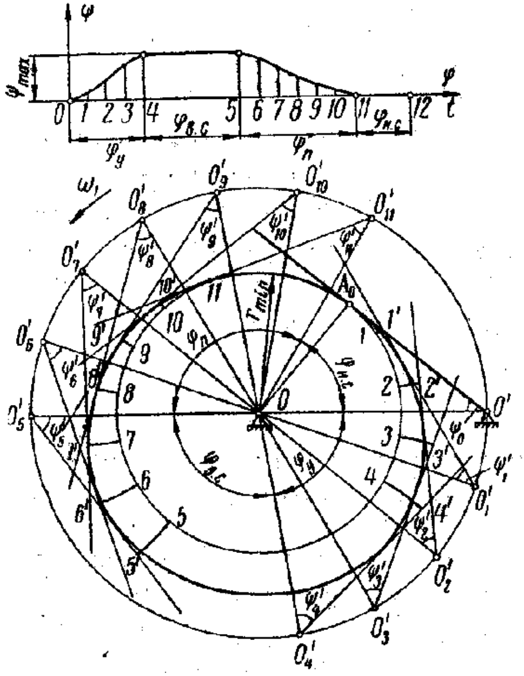
Kulaçogy profilirlemek şeýle yzygiderlikde geçirilýär.

1 we 2. Birinji iki punkt edil öňki ýaly geçirilýär.

3. Kulaçogyň aýlanma okynyň O ýagdaýyny we iterijini O' belleýäris. Merkezi O nokat (kulaçogyň aýlaw oky) bilen r_{min} radiusly töwerek geçireris, O' nokatdan bolsa (iterijiniň aýlaw oky) bu töwerek bilen $O'A_0$ galtaşma geçireris. Bu galtaşma iterijiniň başlangyç (aşaky) ýagdaýy bolar. Iterijiniň başlangyç ýagdaýy $O'A_0$ bilen merkezi çyzygyň ýagdaýynyň OO' arasyndaky ψ_0 burçy çyzgy boýunça ölçäris.

4. O merkezden OO' radiusly töwerek geçireris we OO' göni çyzykdan kulaçogyň aýlaw ugryndan garşy ugurda,

hemme φ_i ($\varphi_{daş}$, $\varphi_{ýok.sak.}$, $\varphi_{golaý}$, $\varphi_{aşak.sak.}$ we aralykdaky) burçlary O nokatdan bu burçlara şöhleler geçireris.



Çyzgy IV-24

Bu şöhleler bilen OO' (O'$_1$, O'$_2$, O'$_3$, ...) radiusly töwerekleriň kesişme nokady iterijiniň aýlanma okunyň otnositel ýagdaýy bolar, OO'$_1$, OO'$_2$, OO'$_3$, ... şöhleleriň özi bolsa merkezi çyzyklaryň otnositel ýagdaýy bolýar.

5. Iterijiniň her ýagdaýy üçin iteriji bilen diregiň arasyndaky burçy hasaplarys:

$$\psi_1' = \psi_0 + \psi_1;$$

$$\psi_2' = \psi_0 + \psi_2;$$

we bu burçlary OO'$_1$, OO'$_2$, OO'$_3$, ... merkezi çyzyklaryň otnositel ýagdaýlaryna laýyklykda O'$_1$, O'$_2$, O'$_3$, ... nokatlardan O'$_1$1', O'$_2$2', O'$_3$3', ... şöhleleri geçireris. Bu şöhleler iterijiniň otnositel ýagdaýy bolar. Egiji şöhleleri getirip, kulaçogyň hakyky profilini alarys.

Iterijiniň otnositel ýagdaýyny başgaça-da kesgitlemek mümkin. Şonuň bilen bilelikde, çünki iterijiniň süýşme burçuny ψ_i kesgitlemek, merkezi çyzykdan hasaplanan (we alnyp goýlan), iterijiniň A_0 nokadyň ýa-da haýsy hem bolsa başga nokatlaryň göni süýşmesini tapmak bolar, onuň başlangyç ýagdaýyndan hasaplasak:

$$s_1=O'A_0\ \psi_1;$$

$$s_2=O'A_0\ \psi_2$$

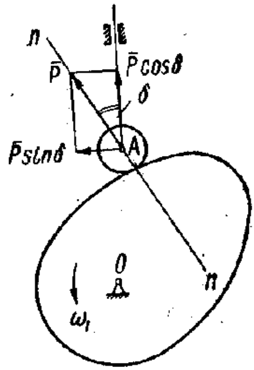
($O'A_0$ kesimi çyzgydan ölçemeli).

Bu süýşmäni r_{min} radiusly töwerekden $O'A_0$ radiuslary O'_1, O'_2, O'_3, ... merkezlerden getirilen, töwereklriň dugasy boýunça ölçäp goýarys, 1', 2', 3', ... nokatlary alarys. Bu nokatlaryň üstünden we şoňa baglylykda O'_1, O'_2, O'_3, ... iterijiniň aýlanma okunyň otnositel ýagdaýyna göni çyzyk geçireris we iterijiniň otnositel ýagdaýyny alarys. s_1, s_2, s_3, ... dugalar ($\overparen{1-1'}$, $\overparen{2-2'}$, $\overparen{3-3'}$, ... dugalar) suratda ýogyn çyzyklar bilen görkezilýär.

IV.6. Basyş burçuna baglylykda kulaçogyň profiliniň minimal radiusynyň ölçegini kesgitlemek

Biz kulaçokly mehanizmi profilirlämizde kulaçogyň minimal radiusy r_{min} berlen diýip hasaplapdyk. Iterijiniň bir we şonuň ýaly hereket kanuny bilen üpjin edilen, dürli minimal radiusly köp kulaçoklary gurmak mümkin.

Bu kulaçoklardan haýsyny saýlarys? Şeýlelik bilen kulaçogyň ölçegi kiçelmeginde (r_{min} ölçeg), aşakda görşümiz ýaly islegsiz sürtülme güýjiniň ulalmagy bolup geçýär, kulaçogyň örän kiçi ölçeginde iterijiniň ýelmeşmesi we döwülmesi bolup geçýär.



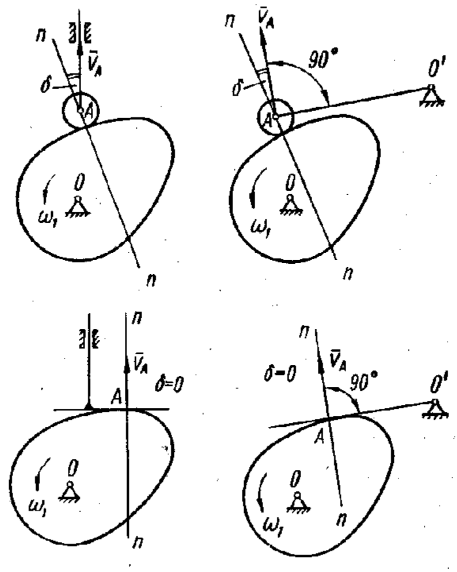
Çyzgy IV-25

IV-25 çyzgyda kulaçogyň iterijisinde P güýjiň basyşynyň ugry görkezilen. P güýji iteriji bilen kulaçogyň profiliniň galtaşma nokadynda normal boýunça ugrukdyrylan (eger kulaçok bilen iterijiň arasyndaky sürtülmäni hasaba almasak). Kulaçogyň profili bilen iterijiniň galtaşma nokady we iterijiniň hereketiniň (tizliginiň) ugry bilen umumy nn normalyň arasyndaky δ burça b a s y ş b u r ç y diýilýär. P güýji iki düzüji güýje paýlarys, alarys $P' = P\cos\delta$, iterijiniň hereket çyzygynyň boýuna ugrukdyrylan we $P'' = P\sin\delta$ güýç, iterijiniň hereket çyzygyna perpendikulýar ugrukdyrylan. P' güýç peýdaly güýç bolar, peýdaly güýç garşyny ýeňende ugrykdyrylan, P" güýç bolsa zyýanly güýç bolar, ýagny iterijiniň gyşarmagyna çagyrýar, iterijiniň ugrukdyryjysynda sürtülme güýjini döredýär. Eger bu güýç örän beýik bolsa, onda iterijiniň ýelmeşmegine we döwülmegine getirip biler. Şonuň üçin P" güýji kiçeltmek üçin basyş burçy δ näçe kiçi boldugyça, şonça-da amatly.

Şeýle-de, basyş burçynyň kiçelmegi bilen başga tarapy kulaçogyň ölçeginiň ulalşyny mundan soň göreris. Şonuň üçin basyş burçy has kiçi bolup bilenok.

Bu ýagdaýy gözöňünde tutyp, praktikada basyş burçynyň δ_{max} maksimal ululygyny gurnarys, ýagny üstin çykmaly däl, şeýle-de garşy ýagdaýda, görkezilişi ýaly, uly sürtülme güýji döreýär we iterijiniň ýelmeşmegi we döwülmegi mümkin:

$$\delta \le \delta_{max} \qquad \text{(IV-3)}$$



Çyzgy IV-26.

Iş ýüzünde (praktikada) basyş burçynyň δ_{max} ululygyny aşakdakylar ýaly kabul edilýär:

Süýşme hereketli iteriji üçin $\delta_{max}= 30^0$;

Aýlanma iterijiler üçin $\delta_{max}= 45^0$.

Kulaçokly mehanizmleriň dürli görnüşleri üçin basyş burçlarynyň kesgitlenilişi IV-26 çyzgyda görkezilen. Görnüşi ýaly, has amatlysy bu gözýetim bilen ýasy iterijili kulaçokly mehanizmler bolar, ýagny onuň basyş burçy nola deň.

Serederis, berlen maksimal basyş burçy δ_{max} boýunça kulaçogyň ölçegi nähili kesgitlenýär. Öňünçä serederis, eger iterijiniň hereket kanuny we kulaçogyň aýlanma okunyň ýagdaýy belli bolanda, basyş burçuny δ nähili gurnamaly.

Kulaçokly mehanizm üçin (çyzgy IV-27a) tizligiň planyny gurarys. Gurluş wektor deňleme boýunça erkin masştabda geçiriler.

$$\overline{v}_A = \overline{v}_{A_x} + \overline{v}_{AA_x},$$

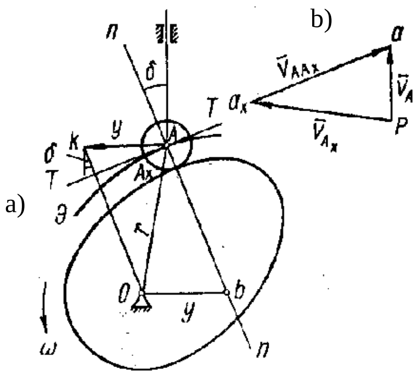
Bu ýerde:

$\overline{v}_A$ – iterijiniň (A nokadyň) tizligi, iterijiniň hereket çyzygyna ugrukdyrylan;

$\overline{v}_{A_x}$ – kulaçogyň merkezi profiliniň A_x nokadynyň tizligi berlen ýagdaýda A nokat bilen gabatlaşýar, bu tizlik *r* radiusa perpendikulýar ugrukdyrylan.

$\overline{v}_{AA_x}$ - A nokadyň A_x nokada görä tizligi; ol ekwidistant profile galtaşma boýunça (ýa-da *nn* normala perpendikulýar) ugrukdyrylan.

$\overline{v}_{A_x}(\perp \overline{OA})$ wektory erkin masştabda (çyzgy IV-27b) wektor deňleme bilen degişlilikde ölçäp goýarys. Wektoryň soňundan $\overline{v}_{AA_x}(\perp \overline{nn})$ wektora ugur geçireris, başyndan bolsa - $\overline{v}_A$ wektora. Bu ugurlaryň kesişme nokady (*a* nokat) $\overline{v}_{AA_x}$ we $\overline{v}_A$ wektorlaryň ululyklaryny kesgitleýär.



Çyzgy IV-27.

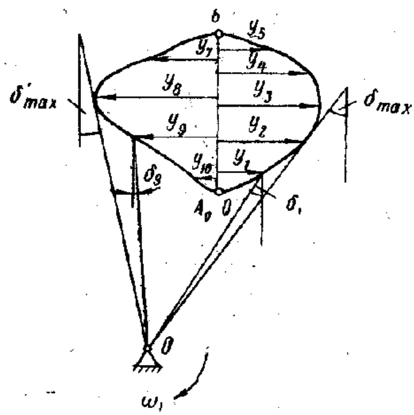
Kulaçogyň aýlanma okundan O (çyzgy IV-27a ser.), iterijiniň hereket ugruna perpendikulýar, normal bilen kesişýänçä (*b* nokada) çyzyk geçirmeli.

$$\frac{y}{r} = \frac{v_A}{v_{A_x}} = \frac{\frac{ds_A}{dt}}{r_\omega} = \frac{ds_A}{r_\omega dt} = \frac{ds_A}{rd\varphi},$$

Bu ýerden

$$y = \frac{ds_A}{d\varphi} \qquad \text{(IV-4)}$$

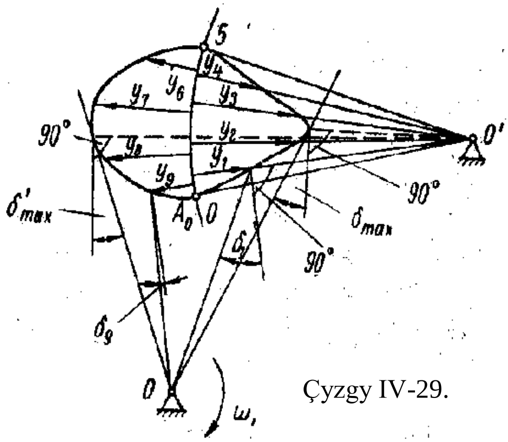
Eger y kesimi A nokatdan iterijiniň hereket ugruna perpendikulýar ugurda (çepde) goýsak, onuň soňy (k nokat) iterijiniň aýlanma oky O bilen (ok) göni çyzyk birleşdirer, onda iterijiniň hereket ugry bilen bu çyzygyň arasyndaky burç görnüşi ýaly basyş burçuna δ deň.



Çyzgy IV-28

Şeýlelikde, basyş burçuny kesgitlemek üçin kulaçogyň profilini bilmek gerek däl. Iterijiniň hereketiniň berlen kanuny boýunça (IV-4) formula boýunça hasaplamak ýeterlik, y kesimiň ululygynyň ähmiýeti. A roligiň aýlanma okunyň berlen ýagdaýyndan bu kesimi alyp goýarys, ugry onuň tizligine perpendikulýar ugurda, kulaçogyň aýlanma oky bilen kesimiň soňuny göni çyzygy birleşdirmeli. Bu çyzyk bilen roligiň okynyň tizliginiň ugrunyň arasyndaky burç basyş burçy bolar. Iterijiniň A nokadynyň tizliginiň ugrykdyrylan wektory, eger kulaçogyň aýlanma ugry bilen, ony 90^0 öwürsek. Biziň ýagdaýymyzda iterijiniň ýokaryk hereketinde y kesimi çepe ölçäp goýmak zerur, iterijiniň aşak hereketinde bolsa, saga goýarys.

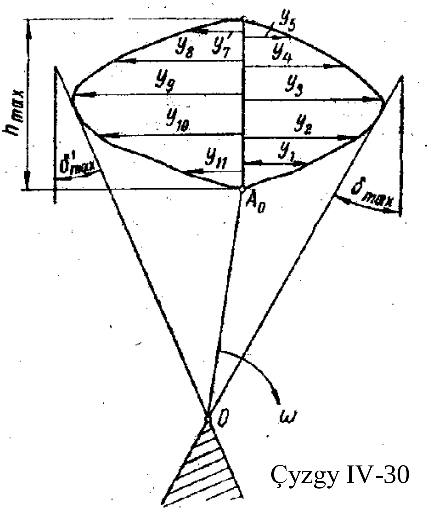
y ululyk, (IV-4) formuladan dowam edilişi ýaly, iterijiniň hereketiniň tizligine proporsional (kulaçogyň deňölçegli aýlanmasynda) we üýtgemäniň ululygy bolýar.



Çyzgy IV-29.

IV-28, 29 çyzgylarda süýşme hereketli (çyzgy IV-28) we aýlanma (çyzgy IV-29) iterijili kulaçokly mehanizmler üçin iterijiniň dürli ýagdaýlarynda basyş burçlarynyň kesgitlenişi görkezilen. Iterijiniň A nokadyň hereket ýolundan sagda iterijiniň ýokary galmagynda *y* ölçäp belläris, çepde bolsa iteriji aşak goýberilende (aýlanma iteriji üçin *y* kesimler iterijiniň boýuna ölçäp bellemeli, ýagny A nokadyň tizligine perpendikulýar). δ_{max} ýokary galmada we δ'_{max} aşak düşmede basyş burçunyň maksimal ululygy kesgitlenýär, eger kulaçogyň aýlanma okundan O, *y* kesime birikýän gyşyklyga degişlilikde galtaşma geçirilse. Şeýle görnüşde, eger iterijiniň hereket kanuny we kulaçogyň aýlanma oky berlen bolsa, onda her ýagdaý üçin we maksimal basyş burçuny δ_{max} we δ'_{max} aňsat kesgitlemek bolar.

Ýaňky ýumuşy yzyna goýmak mümkin: iterijiniň hereket kanuny we basyşyň maksimal burçy δ_{max} we δ'_{max} berlen; kulaçogyň aýlanma okunyň ýagdaýyny we kulaçogyň minimal radiusyny kesgitlemegi talap edilýär. Munyň üçin hereketiň berlen kanuny boýunça *y*–iň hemme ýagdaýy üçin gurnamaly, ýokarda (çyzgy IV-30) görkezilişi ýaly, bu kesimleri ölçäp goýarys we olaryň ahyrlaryny endigan egri bilen birleşdireris.



Çyzgy IV-30

Soňra roligiň merkeziniň tizliginiň ugry bilen δ_{max} we δ'_{max} burçlarynyň astynda bu egriden galtaşmany geçirmeli. Aýdyň görünýär, kulaçogyň aýlanma okuny ýaňky galtaşma bilen ştrihlenen araçägiň arasynda islendik ýerde ýerleşdirmek mümkin; garşydaş ýagdaýda ýa iki basyş burçy δ_{max} we δ'_{max} (iterijiniň ýokary galmagynda we aşak düşmesinde), ýa-da olardan biri has amatly bolar. Haçan-da onyň aýlanmasynyň okuny galtaşmanyň kesişmesini O nokatda ýerleşdirmek bolar, ýagny şonda kulaçogyň tebigy minimal ölçegi bolar. OA_0 kesim kulaçogyň merkezi profiliniň minimal radiusyny görkezýär.

Kulaçogyň profilini gurulýan mysallara serederis.

Mysal IV.1.

Rolik bilen üpjin edilen, süýşme hereketli iterijili, merkezi däl kulaçokly mehanizmiň kulaçogyny profilirlemeli.

Berlen:

a) İterijiniň tizlenmesiniň üýtgeme kanuny IV-31a çyzgyda şekillendirilen grafikden kesgitlenýär;

b) Faza burçlary $\varphi_{daş} = 80^0$, $\varphi_{ýok.sak.} = 45^0$, $\varphi_{golaý.} = 60^0$, $\varphi_{aşak.sak.} = 175^0$;

c) İterijiniň ýörüşi (ýörüş aralygy) $h_{max} = 30\ mm$;

d) Kulaçogyň minimal radiusy $r_{min}= 30\ mm$, roligiň radiusy $r_0= 20\ mm$, ekssentrisitet $e = 10\ mm$;

e) Kulaçogyň aýlanma ugry sagat strelkasy boýunça.

Ç ö z ü l i ş i.

Meseläniň çözülişi şeýle yzygiderlikde geçirilýär.

1. Grafiki integrirleme usuynda iterijiniň $a = f(t)$ diagrammasyndan tizligiň diagrammasyny $v = f(t)$ gurarys (çyzgy IV-31b).

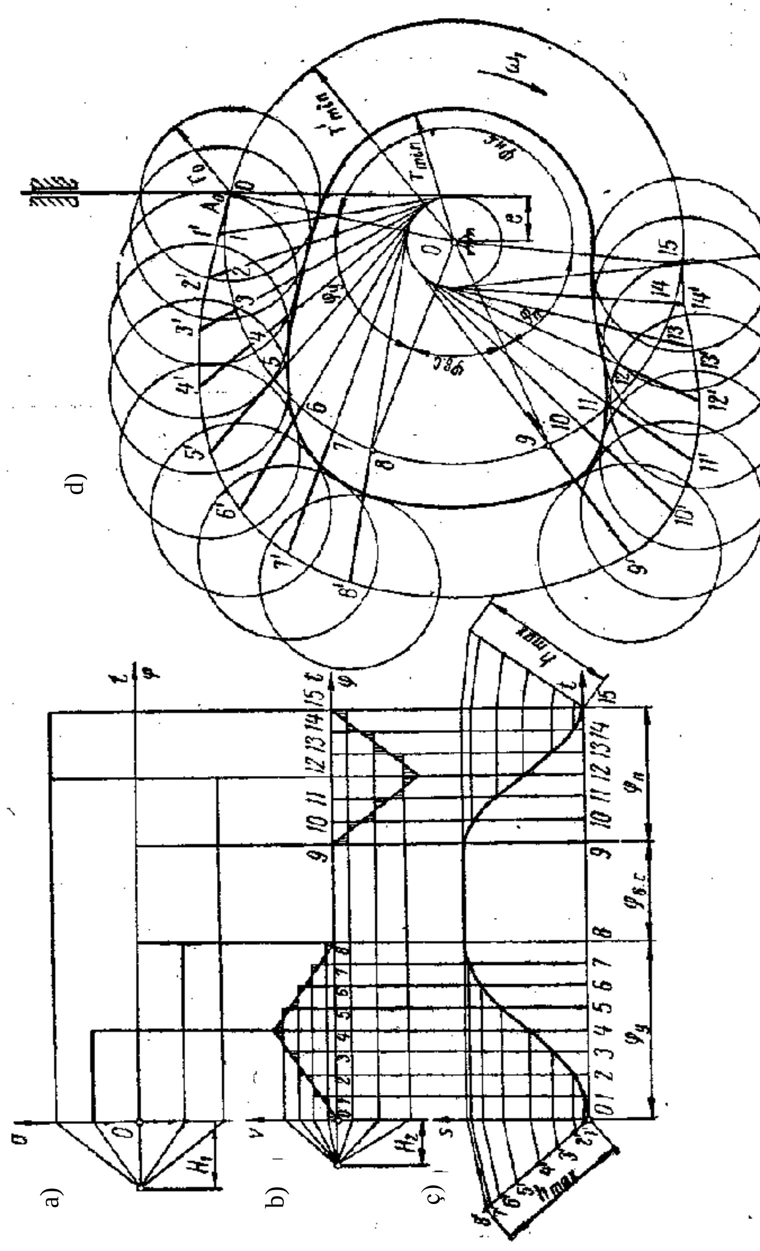
2. Grafiki integrirleme usuynda iterijiniň $v = f(t)$ diagrammasyndan süýşme diagrammasyny $s = f(t)$ gurarys (çyzgy IV-31ç). Integrirlemede $\varphi_{daş}= 80^0$ burçy sekiz bölege bölýäris, $\varphi_{golaý.}= 60^0$ burçy bolsa – alty bölege.

Integrirleme usulynyň ýazgysy aşakda.

Integrirleme erkin masştabda geçirilýär. Şonuň üçin $s = f(t)$ diagrammada alnan maksimal ordinatada, berlendäki iterijiniň ýörüýşine $h_{max}= 30\ mm$ degişli däl. Kulaçogyň her ýagdaýy üçin iterijiniň hakyky süýşmesini kesgitlenende iterijiniň hakyky ýörüýşini h_{max}, süýşme diagrammasynyň ordinatasyna degişlilikde proporsional bölmek gerek. Munyň üçin $s = f(t)$ diagrammanyň koordinata başlangyjyndan erkin burçuň astyndan göni çyzyk geçireris we onda iterijiniň hakyky süýşmesini $h_{max}= 30\ mm$ ölçäp alyp goýarys. Ýagny soňra hemişeki usulda parallel göni çyzygy $s = f(t)$ diagrammanyň ordinatasyna proporsionallykda böleris. 0-1', 0-2', 0-3', kesimleri (çyzgy IV-31ç seret) her ýagdaý üçin hakyky süýşmesi bolar.

9...15 ýagdaýlary üçin analog gurluşy diagrammanyň sag tarapynda geçirilýär.

3. Erkin O nokadyň merkezi bilen – kulaçogyň aýlanma oky (çyzgy IV-31e) $r'_{min} = r_{min}+ r_o= 30 + 20 = 50\ mm$ we $e = 10\ mm$ radiusly töwerek geçireris. Soňundan bolsa, iterijiniň hereket çyzygy boljak wertikal galtaşma geçireris. Bu galtaşma bilen r'_{min} radiusly töwerek bilen kesişme nokady (A_0 nokat) roligiň aýlanma okunyň başlangyç (aşaky) ýagdaýy bolar.



Çyzgy IV-31

A_0 nokat bilen kulaçogyň aýlanma okuny O göni çyzyk bilen birleşdireris we bu göni çyzykdan kulaçogyň aýlanma ugruna garşylyklaýyn, $\varphi_{daş}$, $\varphi_{ýok.sak.}$, $\varphi_{golaý}$, $\varphi_{aşak.sak.}$ burçlarda 0–8, 0–9, 0–15 şöhleleri ölçäp goýarys (berlen diagramma seret). Onsaň r'_{min} radiusly töwerek boýunça $\overset{\frown}{A_0 - 8}$ dugany iterijiniň daşlaşma fazasyna degişlilikde sekiz bölege böleris, $\overset{\frown}{9 - 15}$ dugany bolsa iterijiniň ýakynlaşma fazasyna degişlilikde – alty bölege böleris (10^0 dan). 1, 2, 3, ... bölünme nokatlaryndan *e* radiusly töwerege galtaşma geçireris. r'_{min} töwerekden bu galtaşmanyň boýuna $s = f(t)$ diagramma boýunça ölçenen, 0–1', 0–2', 0–3', ...gözlenýän süýşmelere degişlilikde deň, 1 – 1', 2 – 2', 3 – 3', ... kesimleri ölçäp goýarys. A_0 , 1', 2', 3', ..., 9', 10', 11', ... endigan egri bilen birleşdireris we kulaçogyň merkezi profilini alarys. 8' we 9', 15 we A_0 galtaşmalaryň arasyndaky kulaçogyň merkezi profilinde töweregiň dugasy hemişelik radiusda bolýar.

4. Kulaçogyň merkezi profilinde ýerleşýän r_0 radiusly roligiň merkezi bilen töwerekleriň hataryny (ýa-da töweregiň dugalaryny) geçirmeli. Merkezi profiliň içinde bu töwerekleriň egijisini gurarys. Bu kulaçogyň hakyky profili bolar.

Mysal IV.2.

Rolik bilen üpjin edilen, süýşme hereketli iterijili kulaçokly mehanizmiň minimal ölçegini indiki berlenler boýunça taslamaly:

a) Iterijiniň tizlenmesiniň üýtgeme kanuny $a = f(t)$ IV-32a çyzgyda görkezilen diagrammada kesgitlenýär;
b) Faza burçlary $\varphi_{daş} = 60^0$, $\varphi_{ýok.sak.} = 45^0$, $\varphi_{golaý.} = 45^0$, $\varphi_{aşak.sak.} = 210^0$;
c) İterijiniň ýörüşi (ýörüş aralygy) $h_{max} = 25$ *mm*;
d) Iterijiniň ýokary galmada we aşak düşmede birlikde basyşyň maksimal burçy $\delta_{max} = 30^0$;
e) Iterijiniň roliginiň radiusy $r_0 = 15$ *mm*.
f) Kulaçogyň aýlanma ugry sagat atrelkasy boýunça.

Ç ö z ü l i ş i:

Meseläniň çözülişi şeýle yzygiderlikde geçirilýär.

1. Grafiki integrirleme usulynda (erkin masştabda) *a = f(t)* diagrammadan itertijiniň tizliginiň *v = f(t)* diagrammasyny alarys (çyzgy IV-32b). Bu diagramma bir wagtyň özünde

$$y = \frac{ds}{d\varphi} = f(\varphi)$$

diagrammasy-da bolar.

2. Grafiki integrirleme usulynda *v =f(t)* ýa-da *v = f(φ)* diagrammadan iterijiniň süýşme diagrammasyny *s = f(t)* alarys (çyzgy IV-32ç).

Iň soňky diagrammany guranymyzdan soňra masştablary hasaplarys:

Süýşme masştaby

$$\mu_s = \frac{h_{max}}{[h_{max}]} = \frac{25}{18{,}5} = 1{,}35\,\frac{mm}{mm},$$

Bu ýerde: $[h_{max}] = 18{,}5\ mm$ - *s = f(φ)* diagrammanyň maksimal ordinatasy, çyzgy boýunça ölçenen.

Kulaçogyň öwrülme burçlarynyň φ masştaby

$$\mu_\varphi = \frac{\pi}{120} = 0{,}0262\,\frac{rad}{mm}$$

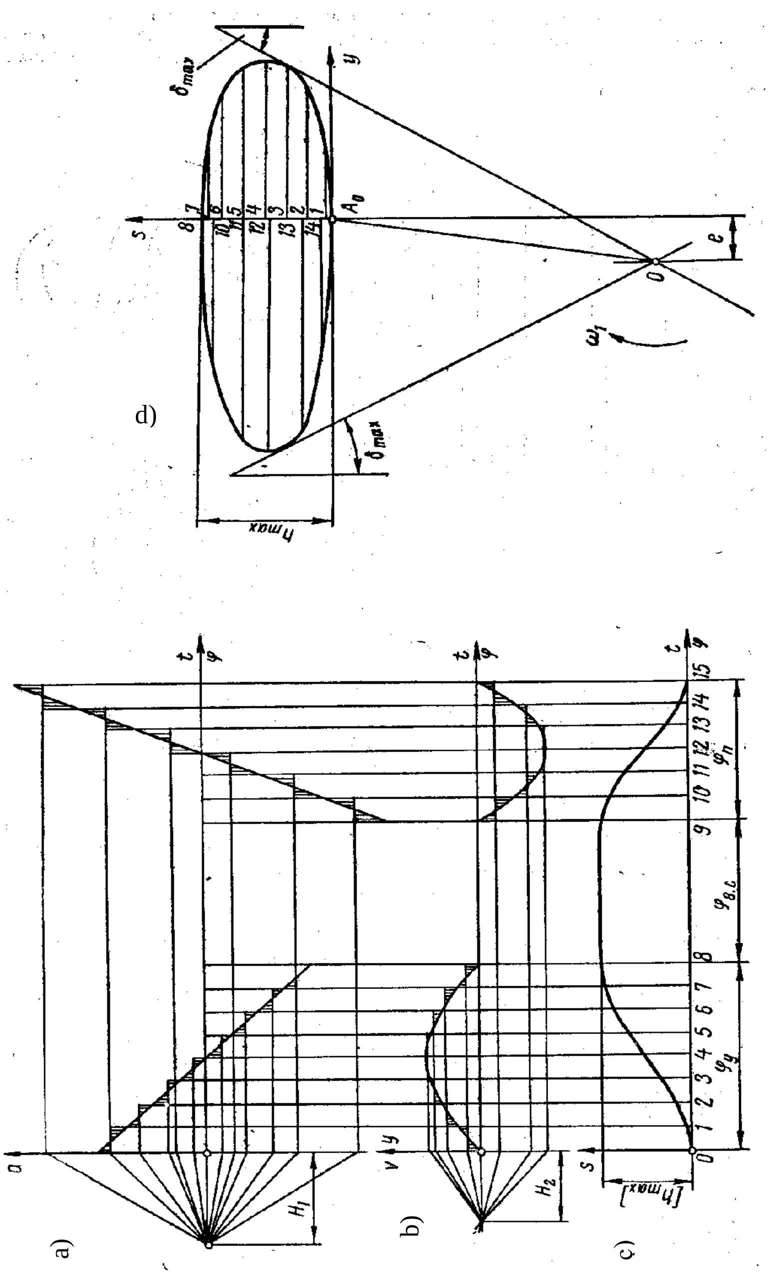
(bu masştab aslynda *a = f(t)* diagramma gurlanda başda saýlanan – 180^0 üçin φ ok boýunça 120 mm uzynlykda kesim saýlanan);

Birinji önümiň ululygynyň masştaby $y = \frac{ds}{d\varphi}$:

$$\mu_y = \frac{\mu_s}{\mu_\varphi H_2} = \frac{1.35}{0.0262 \cdot 15} = 3{,}44\,\frac{mm}{mm},$$

Bu ýerde H_2 = 15 mm – polýus aralygy, ikinji integrirlemede kabul edilen.

3. Iterijiniň ýoluna bellik ederis, ýagny $s_i = [s_i]\mu_s$ (bu ýerde $[s_i]$ – *s = f(φ)* diagrammanyň ordinatasyna degişlilikde ululygy (*mm*),çyzgy boýunça ölçenen) formula boýunça her ýagdaý üçin iterijiniň süýşmesiniň ululygyny hasaplamak üçin.



Çyzgy IV-32

Ugry, iterijiniň hereket ugruna perpendikulýar ugurda, $y_i = [y_i]\mu_y$, $[y_i] - y$ = $f(\varphi)$ diagrammanyň ordinatasyna degişlilikdäki ululygy (mm), çyzgydan ölçenen (y kesimler iteriji ýokaryk hereket edende sagda we aşak hereketinde çepde ölçenilip goýulýar) formuladan hasaplanan y ululygyň her ýagdaýy üçin ölçäp goýarys.

s we y ululyklar, görkezilen formula boýunça hasaplanan, IV-1 tablisada getirilen.

y kesimleriň uçlaryny endigan utgaşdyrylan egride birleşdirmeli. Bu egri bilen $\delta_{max} = 30^0$ burç astynda iterijiniň hereket ugruna galtaşma geçireris. Galtaşmanyň kesişme nokady (O nokat) kulaçogyň minimal ölçeginde iterijiniň aýlanma okunyň ýagdaýyny kesgitleýär.

OA_0 kesim kulaçogyň merkezi profiliniň minimal radius – wektory r'_{min} bolar. Çyzgy boýunça bu kesimi ölçäris:

$$r'_{min} = OA_0 = 65\ mm.$$

Yzygiderlikde, kulaçogyň minimal radiusy deň

$$r_{min} = r'_{min} - r_0 = 65 - 15 = 50\ mm.$$

Şonuň ýaly hem çyzgy boýunça ekssentrisiteti ölçäris

$$e = 10\ mm.$$

Bu ululyklary kesgitlänimizden soňra kulaçogyň profilini gurmaga başlamak bolar. Gurluşy IV-33 çyzgyda görkezilen.

Tablisa IV-1

Ýagdaýy	Ululyklar			Ýagdaýy	Ululyklar	
	s, mm	y, mm			s, mm	y, mm
0	0	0		8	25,0	0
1	1,4	17,2		9	25,0	0
2	4,7	27,5		10	23,0	29,2
3	8,8	32,8		11	17,5	46,5
4	12,8	34,4		12	12,1	50,0
5	17,5	32,8		13	5,4	46,5
6	21,8	27,5		14	2,0	29,2
7	24,3	17,2		15	0	0

Mysal IV.3.

Rolik bilen üpjin edilen aýlanýan iterijili kulaçokly mehanizm üçin kulaçogyň minimal ölçegini indiki berlenler boýunça taslanýar:

a) Iterijiniň tizlenmesiniň üýtgeme kanuny $\varepsilon_2 = f(t)$ IV-34-nji çyzgyda görkezilen diagrammada kesgitlenýär;

b) Faza burçlary $\varphi_{daş} = 80^0$, $\varphi_{ýok.sak.} = 0$, $\varphi_{golaý.} = 80^0$, $\varphi_{aşak.sak.} = 200^0$;

ç) İterijiniň hereket geriminiň burçy $\psi_{max}=15^0$

d) Iterijiniň uzynlygy $O'A=100\ mm$

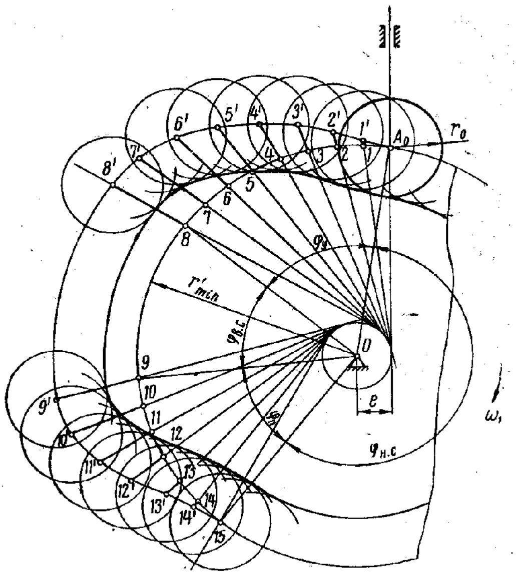
e) Iterijiniň roliginiň radiusy $r_0=17\ mm$;

f) Basyşyň maksimal burçy $\delta_{max}=30^0$.

Ç ö z ü l i ş i.

Gurluşy şeýle yzygiderlikde geçirilýär.

1. Grafiki integrirleme usulynda (erkin masştabda) iterijiniň aýlanma tizlenmesiniň diagrammasyndan $\varepsilon_2=f(t)$



Çyzgy IV-33

aýlanma tizliginiň ω_2=*f(t)* diagrammasyny alarys (çyzgy IV-34b). Bu diagramma bir wagtyň özünde iterijiniň roliginiň merkeziniň göni tizliginiň diagrammasy v_A= *f(t)* (şeýle-de roligiň merkeziniň tizligi ω_2 proporsional) ýa-da

$$y = \frac{ds_A}{d\varphi} = f(\varphi)$$

diagrammasy-da bolar.

2. Tizligiň diagrammasyny grafiki integrirleme usulynda $\psi = f(t)$ iterijiniň aýlanma süýşme diagrammasyny $\psi=f(t)$ alarys (çyzgy IV-34ç). Bu diagramma bir wagtyň özünde roligiň merkeziniň göni süýşme diagrammasy $s_A= f(t)$ ýa-da $s_A= f(\varphi)$ bolar.

Iň soňky diagramma alnandan soňra masştablary hasaplarys:

Burç süýşmesiniň masştaby

$$\mu_\psi = \frac{\psi_{max}}{[\psi_{max}]} = \frac{15}{20} = 0{,}75\frac{mm}{mm},$$

Bu ýerde: $[\psi_{max}] = 20\,mm$ - diagrammanyň maksimal ordinatasy, çyzgy boýunça ölçenen;

Iterijiniň burç süýşmesiniň masştaby (*rad*)

$$\mu'_\psi = \mu_\psi\frac{\pi}{180} = 0{,}75\frac{\pi}{180} = 0{,}013\frac{rad}{mm};$$

Iterijiniň roliginiň merkeziniň göni süýşmesiniň masştaby

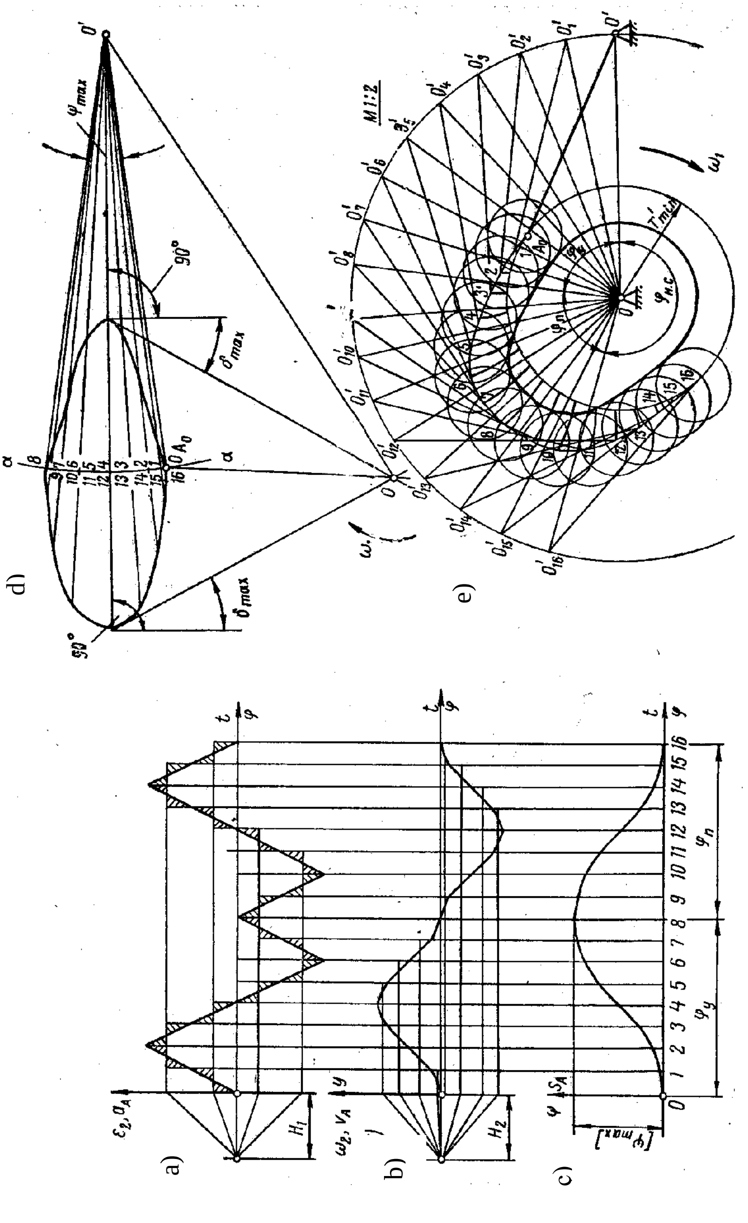
$$\mu'_s = \mu'_\psi O'A = 0{,}013 \cdot 100 = 1{,}3\frac{mm}{mm};$$

Kulaçogyň burç öwrülmesiniň masştaby

$$\mu_\varphi = \frac{80}{40}\cdot\frac{\pi}{180} = 0{,}035\frac{rad}{mm}$$

(bu masştab başda $\varepsilon_2= f(\varphi)$ diagramma gurlanda saýlanyp alnan, ýagny φ ok boýunça 80^0 burç üçin kesimiň uzynlygy 40 *mm*);

$y = \frac{ds_A}{d\varphi}$ ululygyň masştaby:



Çyzgy IV-34

$$\mu_y = \frac{\mu_s}{\mu_\varphi H_2} = \frac{1.3}{0{,}035 \cdot 15} = 2{,}5 \frac{mm}{mm};$$

Bu ýerde H_2 = 15 mm – polýus aralygy, ikinji integrirlemede kabul edilen.

Beýleki masştablar (meselem, ω, ε we t) kulaçogyň profilini gurmak üçin gerek däl we biz olary hasaplap durmarys.

Iterijiniň ýagdaýlaryny bellik ederis (çyzgy IV-34d). Her ýagdaý üçin $\psi_i = [\psi_i]\mu_\psi$, (bu ýerde $[\psi_i]$ – ψ = *f(t)* diagrammada ordinata degişlilikdäki ululyk, *(mm)* formula boýunça ψ_i burçlary hasaplarys. Bu burçlardan O' nokatdan O'A iterijiniň başlangyç ýagdaýyna şöhle geçireris. O'A radiusly αα duga roligiň merkeziniň hereket ýoly bolar. Iterijiniň boýuna (iterijiniň merkeziniň tizliginiň ugruna perpendikulýar) y kesimi ölçäp goýarys, ýagny $y_i = [y_i]\mu_y$ formula boýunça hasaplanan, bu ýerde $[y_i] - y$= *f(t)* diagrammaň ordinatasyna degişlilikde, *mm* (*y* kesimleri iterijiniň ýokaryk hereket ýagdaýy üçin sagda, we iterijiniň hereketiniň aşak ýagdaýy üçin çepde ölçäp goýarys).

ψ_i we y_i ululyklar her ýagdaý üçin görkezilen formula boýunça hasaplanan, IV-2 tablisada getirilen. Bu tablisada hem aşakdaky formula boýunça hasaplanan roligiň merkeziniň göni süýşmesiniň ululygy berlen

$$s_i = \psi_i \, O'A \quad \text{ýa-da} \quad s_i = \mu_s \, [\psi_i].$$

y kesimleriň uçlaryny endigan egri bilen birleşdireris. Bu egriniň iki tarapyndan hem δ_{max} burç astynda galtaşma geçireris, ýagny roligiň merkeziniň tizliginiň ugruna ýagdaýda, ýagny y ululygyň maksimalyny kabul edilýär (tizligiň ugry iterijä perpendikulýar). Bellemegiň dowamynda, näme üçin gurluşyň takyklygy onçakly däl: galtaşma iterijiniň merkeziniň tizliginiň ugruna perpendikulýar bolmaly, galtaşma nirede egrä galtaşan ýagdaýynda. Emma bu ýagdaýy tapmak kyn. Ol *y* – iň maksimal ululygyny kabul edilýän ýagdaýyna örän ýakyn, şonuň üçin ýol berilýän ýalňyşlyk ujypsyz.

Galtaşmanyň kesişme nokady (O nokat) minimal ölçegli kulaçogyň aýlanma okunyň ýagdaýy bolar.

OA_0 we OO' kesimleri ölçäris, ýagny degişlilikde merkezi profiliň r'_{min} minimal radius – wektory we kulaçogyň aýlanma oky bilen iterijiniň arasyndaky uzaklyk bolar:

$$r'_{min}=OA_0=50\ mm,\ OO'=120\ mm.$$

Kulaçogyň hakyky profiliniň minimal radius – wektory deň

$$r_{min}=r'_{min}-r_0=50-17=33\ mm.$$

Ölçegleri kesgitlenenden soňra kulaçogyň profilini gurarys. Gurluşy IV.34 d suratda görkezilen.

Tablisa IV-2

Ýagdaýy	Ululyklar				Ýagdaýy	Ululyklar		
	Ψ^0	s_A, mm	y, mm			Ψ^0	s_A, mm	y, mm
0	0	0	0		9	14.6	25.3	-5.0
1	0.4	0.7	5.0		10	13.1	22.7	-19.0
2	1.9	3.3	19.0		11	10.5	18.3	-31.2
3	4.5	7.8	31.2		12	7.5	13.03.10	-35.0
4	7.5	13.03.10	35.0		13	4.5	7.8	-31.2
5	10.5	18.2	31.2		14	1.9	3.3	-19.0
6	13.1	22.7	19.0		15	0.4	0.7	-5.0
7	14.6	25.3	5.0		16	0	0	0
8	15.0	26	0					

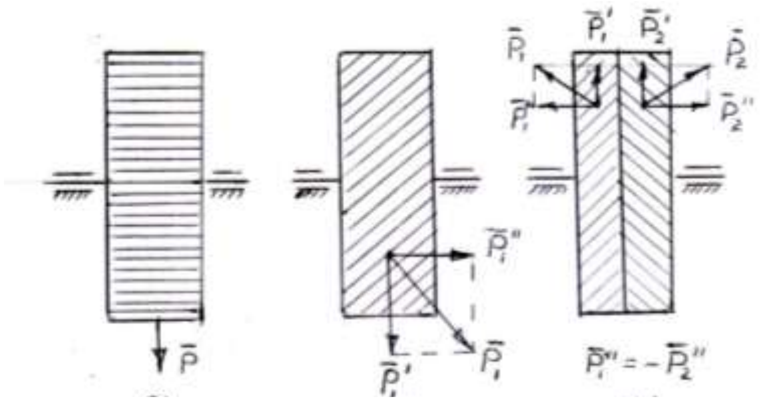
V. BÖLÜM
DIŞLI ILIŞMEGIŇ NAZARÝETI

V.1. Umumy düşünjeler

Hereket geçirijileriň arasynda dişli geçirijiler tapawutly. Dişli geçirijide geçirijilik sany hemişelik. Friksion we çekili geçirijilerde bölekleriň arasynda taýmak hereketi bar, zynjyrly geçirijide bölek sany köp bolansoň, aralyklary geçiriji sanyna täsir edýär. Dişli geçirijilik maşynlaryň we mehanizmleriň köpüsinde ulanylýar. Olaryň ululyklary birnäçe millimetrden birnäçe metre çenli bolup bilýär. Aýlaw sany bir aýlaw/minutdan birnäçe müň aýlaw/minuda çenli bolup bilýär. Geçiriji sany birnäçeden birnäça müňe çenli bolup bilýär.

Parallel oklaryň arasynda aýlaw silindr dişli tigir boýunça geçirilýär.

Olaryň dişleri silindriň göwrümine parallel, kese we iki taraply kese (şewron) bolup bilýär (çyzgy V-l).



a) b) ç)

Çyzgy V-1.

$\bar{P}$ – ýörediji güýç, kinematiki jübütlerde ýönekeý podşipnik goýulýar, oňa radial podşipnik diýilýär (çyzgy V-1a).

$\bar{P}_1$ – dişleriň arasyndaky güýç $\bar{P}'_1$ – ýörediji güýç.

$\bar{P}"_1$ – dişli tigiri ok boýunça süýşirýän güýç. Kese dişli tigirleriň kinematik jübütlerinde radial-upor podşipnikler goýulýar. Konusly rolik podşipnikler (çyzgy V-1b).

Iki taraply kese dişli tigirlerde $\bar{P}"_1 = -\bar{P}"_2$ güýçler deň. Tigiri süýşirjek güýçler deň, bir-birine garşy bolansoň, täsirleri nola deň. Kinematik jübütlerde ýönekeý şarik podşipnikler goýulýar (çyzgyV-1b).

Geçirji sany položitel (+) diýip alynýar, eger-de tigirleriň ikisi bir tarapa aýlansa (çyzgyV-2a).

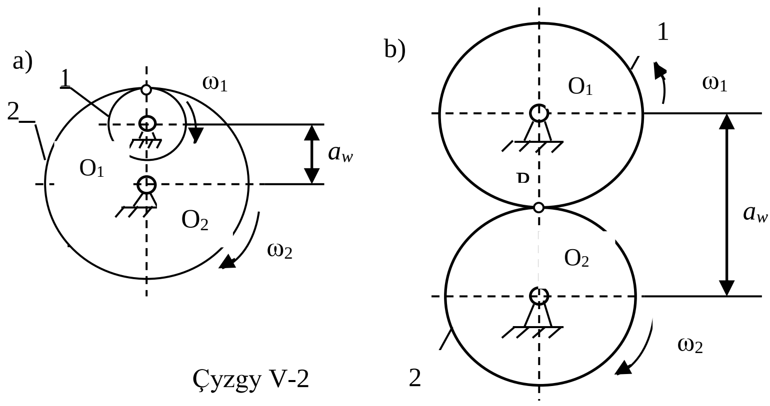
$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}; \qquad i_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1};$$

Geçiriji sany položitel bolanda tigirler içgi görnüşde ilişýärler.

Bölekler bir-biriniň garşysyna aýlansa geçiriji sany otrisatel (-) diýip alynýar.

$$i_{12} = -\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{n_1}{n_2}; \quad i_{21} = -\frac{\omega_2}{\omega_1} = -\frac{n_2}{n_1}.$$

Geçiriji sany minus bolanda tekerler daşky görnüşde ilişýär. Geçiriji sanyny kesgitlemek üçin aýlaw sanlaryny bir birine bölmeli.

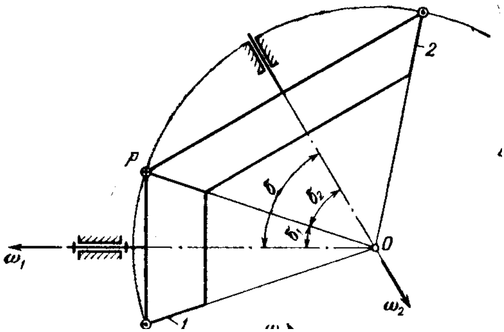


Çyzgy V-2

Eger-de bir tigiriň radiusy tükeniksiz bolsa, oňa reýkaly geçiriji diýilýär.

Aýlaw hereketini göni herekete geçirmek üçin reýkaly geçirijini ulanýarlar.

Reýkaly geçirjiň geçirji sany tükensizlige deň $i_{12} = \infty$. ýa-da $i_{21} = 0$, sebäbi $\omega^2 = 0$.



Çyzgy V-3.

Näme üçin dişleri kese we iki taraply kese edýärler? Göni dişli tigirleri ýasamak aňsat. Göni dişli tigirlerde iki diş birden seplenip bilenok, sebäbi dişler döwülip bilýär. Şonyň üçin uly tizlik bilen işlände göni dişli tigirler ses berýär.

Iki tigir bir ululykda bolanda kese dişli tigirlerde sepleniş ýoly uly bolup bilýär.

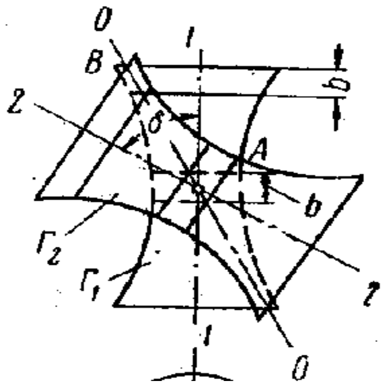
Kese dişli tigirlerde üç diş birden seplenýär, şonuň üçin işlände olar sessiz işleýär.

Kesişýän oklaryň arasynda aýlaw geçirijiler konus şekilinde bolýar.

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \qquad i_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1}.$$

Plýus-minus hasaba alynanok, sebäbi aýlaw bir ýa-da parallel tekizliklerde däl, kesişýän tekizliklerde.

Tigirleriň oklary islendik burçda kesişip bilýärler, ýöne (praktikada) işde burçlar esasy 90°-da kesişýärler.



Çyzgy V-4.

Çapraz duran oklaryň arasynda aýlawy giperboloid görnüşli dişli tigirler boýunça geçirilýär (çyzgy V-4).

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}; \qquad i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Plýus-minus hasaba alnanok, sebäbi nokatlaryň hereket ýoly kesişýän tekizliklerde.

Giperboloid geçirjileriň görnüşleri:

1. Burumly geçiriji.

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2};$$

z - ikinji bölegiň dişiniň sany;

k - burumyň wintiniň giriş sany.

Birinji bölek burum mydama ýörediji, yzyna hereket ýok.

2. Giperboloidli geçiriji. Çyzgy V-6

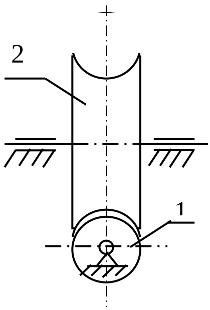
$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}; \qquad i_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1};$$

Iki dişli tigir ilişýär.

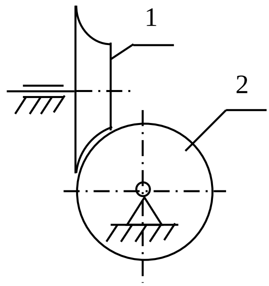
3. Wintli geçiriji.

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}; \qquad i_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1};$$

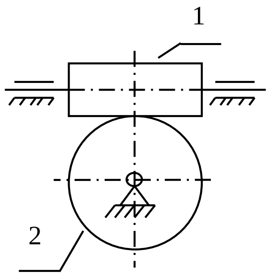
Iki burum ilişýär.



Çyzgy V-5



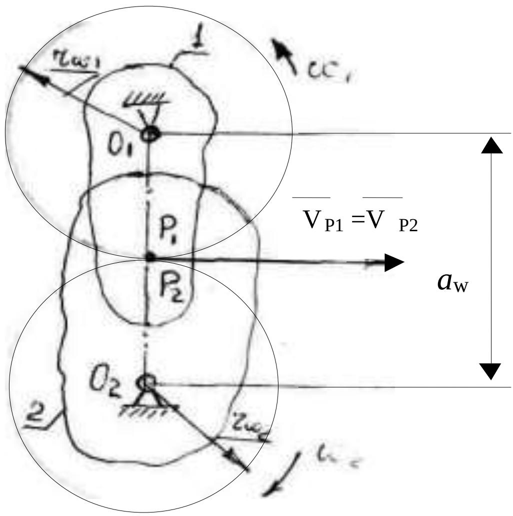
Çyzgy V-6



Çyzgy V-7

V.2. Başlangyç töwerekler

Aýlaw iki bölek arasynda geçirilýär çyzgy V-8.



Çyzgy V-8

Geçirijilik sany deň $i_{12} = \omega_1/\omega_2$.

Iki ok arasynda ýeke bir nokatda tizlikler deň $V_{P1} = V_{P2}$.

P_1 – birinji bölege degişli;

P_2 - ikinji bölege degişli;

P - nokada polýus diýilýär.

$V_{P1} = \omega_1 \cdot O_1P_1$ m/s; $V_{P2} = \omega_2 \cdot O_2P_2$ m/s;

$V_{P1} = V_{P2} = \omega_1 \cdot O_1P_1 = \omega_2 \cdot O_2P_2$

ýa-da $$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P_2}{O_1P_1} = i_{12}$$

Geçiriji sany hemişelik bolmalygy üçin i_{12} = const; $$\frac{O_2P_2}{O_1P_1} = const:$$

$\frac{O_2P_2}{O_1P_1}$ – hemişelik bolmaly. Onda iki bölekde töwerek bolmaly, radiuslary $r_{b1} = O_1P_1$; $r_{b2} = O_2P_2$

$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{b2}}{r_{b1}}$ geçiriji sany hemişelik bolmalydygy üçin töwerekler bir-biriniň üstünde taýman aýlanmaly.

Bir-biriniň üstünden taýman aýlanýan we radiuslarynyň gatnaşygy burç tizlikleriniň gatnaşygyna ters proporsional töwereklere başlangyç töwerek diýilýär.

V.3. Esasy ilişmek teoremasy (Willisiň teoremasy)

Geçiriji sanyň hemişelik bolmalylygy üçin gerek we ýeterlik. dişleriň ilişen nokadyndan geçirilen normal çyzyk iki ok aralygynyň gatnasygy aýlaw tizlikleriň gatnaşygyna ters proporsiýada bolmaly.

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P}{O_1P} = const$$

Aýlaw hereketi iki bölek arasynda geçýär 1-2. Bölekleriň ilişýän nokady A. A nokatda iki nokat, biri A_1 – birinji bölege degişli, A_2 – ikinji bölege degişli.

Tizlikleri kesgitleýäris

$V_{A_1} = \omega_1\ O_1A, \frac{m}{s}; \quad V_{A_2} = \omega_2\ O_2A, \frac{m}{s};$

$\bar{V}_{A_1} \perp \overline{O_1A}, \ \bar{V}_{A_2} \perp \overline{O_2A}$

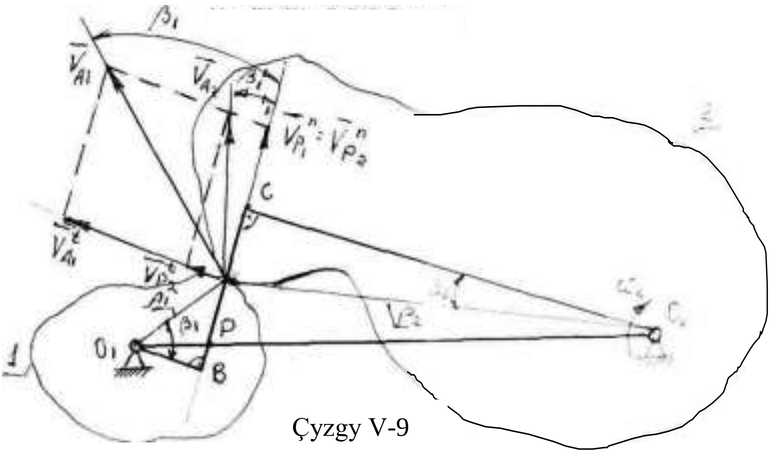
Wektorlary geçirip normala we galtaşýana bölýäris.

$V_{A_1}^n = V_{A_1} cos\beta_1 = \omega_1 p_1 cos\beta_1;$

$V_{A_1}^n = V_{A_2} cos\beta_2 = \omega_2 p_2 cos\beta_2;$

$V_{A_1}^n = V_{A_1} sin\beta_1 = \omega_1 p_1 sin\beta_1;$

$V_{A_2}^n = V_{A_2} sin\beta_2 = \omega_2 p_2 cos\beta_2;$



Çyzgy V-9

β_1 we β_2 normal bilen wektorlaryň arasyndaky burçlar.

$V_{A1}^n = V_{A2}^n$ deň bolmaly, sebäbi hereket normal boýunça.

1). Meselem $V_{A_1}^n > V_{A_2}^n$, onda birinji bölek çaltrak ugrap ikinji bölegi ýaryp içine girmeli. Ol gadagan.

2). Meselem $V_{A_1}^n < V_{A_2}^n$, onda ikinji bölek çaltrak ugrap bölekleriň arasy açylýar, indiki iki diş urulyp düşýärler, onuň ýaly işleýän dişler köpe çydamaz. Normal tizlikler deň bolmaly.

$$V_{A_1}^n = V_{A_2}^n$$

$$\omega_1 p_1 cos\beta_1 = \omega_2 p_2 cos\beta_2$$

ýa-da

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{p_2 cos\beta_2}{p_1 cos\beta_1}$$

O_1 we O_2 nokatlardan normal nn ($\perp$) 90° çyzyklar geçirip „B“ we „C“ nokatlary belleýäris. Burçlar $\angle AO_1B = \beta_1$; $\angle AO_2C = \beta_2$; (burçlaryň taraplary bir-birlerine „perpendikulýar“ 90°). Üçbürçlyklar meňzeş. $\Delta O_1PB \infty \Delta O_2PC$. Meňzeşlikden proporsiýa düzýäris.

$$\frac{O_2P}{O_1P} = \frac{O_2C}{O_1B} = \frac{PC}{PB};$$

$$O_1B = p_1 cos\beta_1; \qquad O_2C = p_2 cos\beta_2$$

onda

$$\frac{O_2P}{O_1P} = \frac{p_2 cos\beta_2}{p_1 cos\beta_1};$$

$$\boxed{i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P}{O_1P} = const}$$

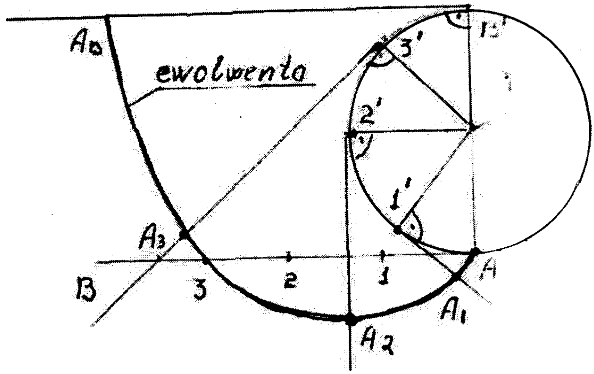
Esasy ilişmek teoremaşynyň manysy, dişleriň egriligi şonuň ýaly çyzyk bilen geçirilmeli, ilişýän nokatda geçirilen normal töwerekleriň arasynyň gatnşyklaryny aýlaw tizlikleriniň gatnaşyklaryna ters proporsiýada bölmeli. Esasy ilişmek teoremasyna gabat gelýän çyzyklar bir topar, iň aňsady töweregiň ewolwentasy. Dişleriň egriligi ewolwenta boýunça ýasalýar.

V.4. Ewolwenta, deňlemesi we hasiýetleri

Göni çyzyk töweregiň üstünde taýman aýlananda ewolwenta emele gelýär

Radiusy r_e „AB“ çyzygy dörediji töwerege esasy töwerek diýilýär. „AB“ deň dörde bölýäris.

Töweregiň üstünde taýman aýlananda 1-njy nokat, 1 bolýar



Çyzgy V-10.

A nokat - A' geçýär,	1-A = A-1' = 1'-A_1;
2-nji nokat - 2' geçýär,	2-A = A-2' = 2'-A_2;
3-nji nokat - 3' geçýär,	3-A = A-3' = 3'-A_3;
B nokat - B' geçýär,	B-A = A-B' = B'-A_B..

A_1; A_2; A_3; A_B - nokatlary lekal boýunça birleşdirsek ewolwenta bolýar.

l'; 2'; 3'; B' - töwerege galtaşýan, radiuslara çyzyklar geçirildi, olaryň üstünde nokatlar bellenildi.

Esasy töwerege galtaşýan çyzyk ewolwentaň radiusyny kesgitleýär, ýa-da töwerege galtaşýan çyzyk ewolwenta normal bolýar.

Ewolwentaň deňlemelerini (çyzgy V-11) kesgitleýäris.

$$\overset{\frown}{AB} = BK;$$

$$\overset{\smile}{AB} = r_e(\alpha+Q);$$

$$BK = r_e tg\alpha;$$

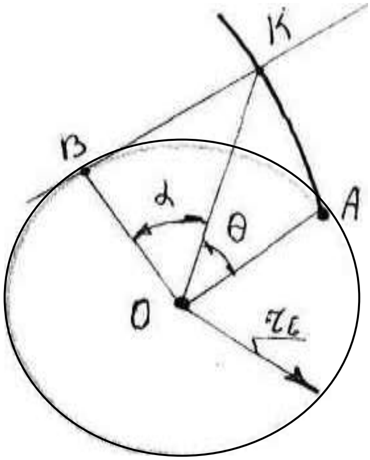
$$r_e(\alpha + Q) = r_e tg\alpha;$$

$$tg\alpha = 0.$$

1) inv α = Q; inv α = tgα;

2) $r = \frac{r_e}{cos\alpha}$.

K- nokadyň koordinatalaryny kesgitledik.



Çyzgy V-11

V.5. Ewolwentaly ilişmek

Dişleriň egriligi ewolwenta boýunça bolsa geçiriji sany hemişelik bolanyny kesgitleýäris (çyzgy V-12).

n-n – birinji tigiriň esasy töweregine galtaşýan, onda birinji ewolwenta E_1 normal.

n-n - ikinji tigiriň esasy töweregine galtaşýan, onda ikinji ewolwenta E_2 normal.

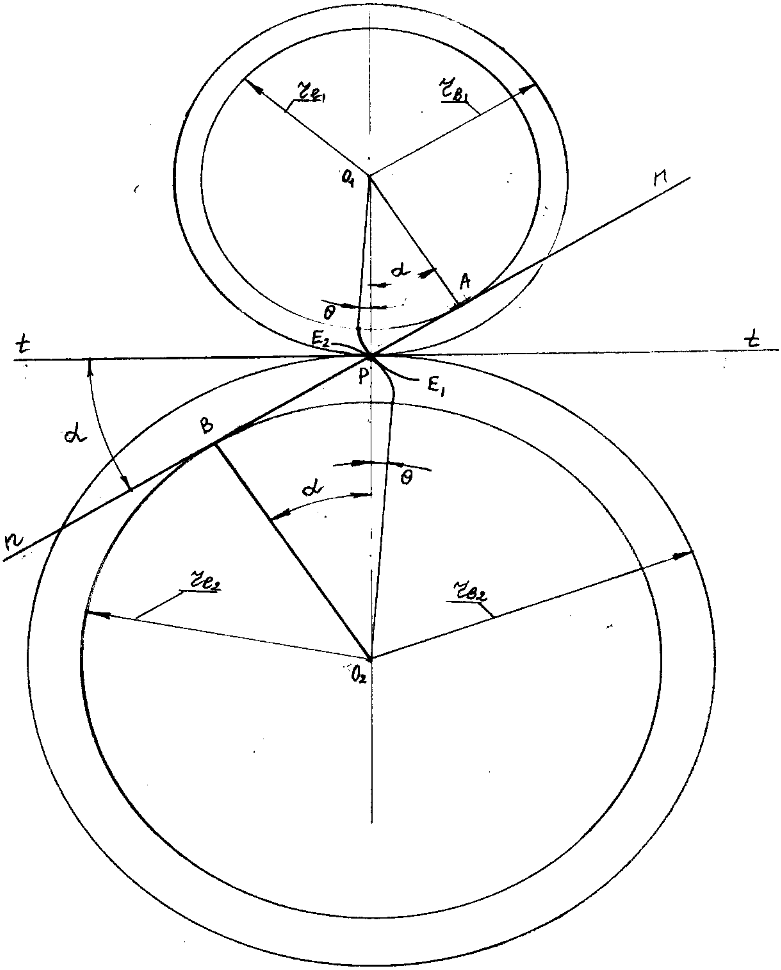
n-n – ewolwentalaryň ikisinede.

Normal n-n “P” nokatdan geçýär. “P” nokatda başlangyç töwerekler bir-birine degişip taýman aýlanýarlar

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{b2}}{r_{b1}} = const$$

Geçirijilik gatnaşygynyň hemişeligi belli.

Tigirler aýlananda n-n normal öz ýerini üýtgedenok onda geçirijilik gatnaşygy mydama hemişelik. Dişler bir-birine diňe n-n normal boýunça ilişýär AB aralykda. AB – nazary ilişme çyzygy.

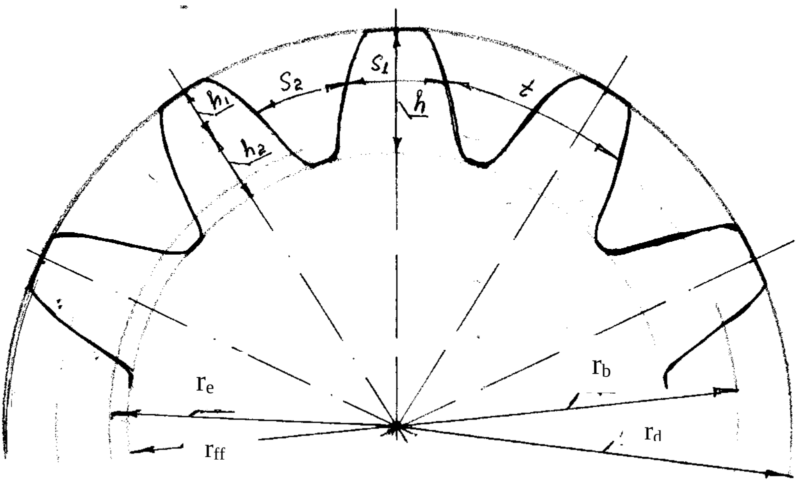


Çyzgy V-12.

Çyzgydan r_b.
Iki tigirleriň okalarynyň arasy

$$a_w = r_{b1} + r_{b2}$$

V.6. Standart dişli tigirleriň ululyklary



Çyzgy V-13

t – ilişmegiň ädimi;
S_1 – dişiň galyňlygy;
S_2 – dişleriň aralygy;
h – dişiň beýikligi;
h_1 – dişiň ýokarsynyň beýikligi;
h_2 – dişiň aşagynyň beýikligi;
r_d – dişleriň depesinden geçýän töweregiň radiusy;
r_b – başlangyç töweregiň radiusy;
r_e – esasy töweregiň radiusy.

Başlangyç töweregiň uzynlygy, $S = 2\pi r_b = zt$

z – diş sany.

$$2r_b = \frac{t}{\pi}$$

$\frac{t}{\pi}$ - ulanmaga amatsyz, şonuň üçin ony “m” – diýip belleýäris.
m – ilişmegiň moduly, m – GOST boýunça alynýar.

Dişiň beýikligi h = 2.25m GOST boýunça, h_1=1m; h_2=1.25m.

Dişleriň depesinden geçýän töweregiň radiusy deň:

$$r_d = r_b + h_1 = \frac{mz}{2} + 1m = \frac{mz+2m}{2}$$

$$r_d = \frac{m(z+2)}{2}$$

Esasy töweregiň radiusy deň, $r_b = r \quad cos\alpha_\omega$

$$r_b = \frac{mz}{2} cos\alpha_\omega$$

Çökötlik töwereginiň radiusy deň, $r_f = r_\omega - 1.25m$:

$$r_f = \frac{mz}{2} - 1.25m = \frac{mz-2.5m}{2}$$

$$r_f = \frac{m(z-2.5)}{2}$$

Iki tigiriň oklarynyň arasy deň.

$$a_\omega = r_{b_1} + r_{b_2} = \frac{mz_1}{2} + \frac{mz_2}{2}$$

$$a_\omega = \frac{m(z_1+z_2)}{2}$$

Standart dişli tigirlerden başga gysgaldylan dişli tigirler hem ýasalýar.

h=1.8m; h_1=0.8m; h_2=1m. *m* – modul.

$$r_b = \frac{mz}{2};\ r_b = \frac{mz}{2} cos\alpha_\omega;\ a_\omega = \frac{m(z_1+z_2)}{2};$$

$$r_d = \frac{m(z+1.6)}{2};\ r_f = \frac{m(z-2)}{2};$$

V.7. Ewolwent dişli tigirleriň ilişmeginiň taslamasy

Ilişme taslamasyny geçirmek üçin berilmeli: m – ilişme moduly (mm), z_1, z_2 dişleriň sany.

Deňlemeleri ulanyp uluylklaryny kesgitlemeli.

$$r_{b_1} = \frac{m\, z_1}{2};\quad r_{b_2} = \frac{m\, z_2}{2};$$

$$r_{b_1} = \frac{m\,z_1}{2} cos\alpha_\omega; \quad r_{b_2} = \frac{m\,z_2}{2} cos\alpha_\omega .$$

$$a_\omega = \frac{m(z_1+z_2)}{2}; \qquad r_{d_1} = \frac{m(z_1+2)}{2}; \qquad r_{d_2} = \frac{m(z_1+2)}{2};$$

$$r_{f_1} = \frac{m(z_1-2.5)}{2}; \quad r_{f_2} = \frac{m\,(z_1-2.5)}{2};$$

$h = 2.25\ m;$ $h_1 = 1\ m;$ $h_2 = 1.25\ m;$ $t = \pi m;$

$$S_1 = S_2 = \frac{\pi m}{2}$$

Masştab boýunça ululyklaryny kesgitlemeli.

Dişiň beýikligi bolmaly 40-50 mm.

$$\mu_l = \frac{h}{50}\ \frac{mm}{mm}, \quad A_\omega = \frac{a_\omega}{\mu_l}\ mm$$

Wertikal çyzyk geçirip a_ω aralygy belleýäris. $a_\omega = O_1\ O_2$

O_1 – nokatdan birinji tigiriň başlangyç töweregini geçirýäris.

$$\frac{r_{b_1}}{\mu_l} = R_{b_1}$$

O_2 – nokatdan ikinji tigiriň başlangyç töweregini geçirýäris.

Başlangyç töwerekleriň galtaşýan ýerini P diýip belleýäris. Şol nokatda IV klas kinematiki jübüt. P nokatda iki başlangyç töwereklere umumy galtaşýan çyzyk (tt) geçirýäris. Umumy galtaşýan çyzyga ilişmek burçy (α_ω) boýunça nn çyzygy geçirýäris. nn iki tigirleriň dişlerine umumy normal çyzyk bolýar. Standart dişli tigirler üçin ilişmek burçy $\alpha_\omega = 20^0$ deň. Normal nn çyzyga O_1 we O_2 nokatlardan ($\perp$) perpendikulýar çyzyk geçirip nn bilen kesişýän nokatlaryny A we B diýip belleýäris. O_1A we O_2B radiuslar bilen esasy töwerekleri geçirýäris. AP aralygy deň bölüp, A nokatdan sag tarapa binäçe nokatlary belläp 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 nokatlary tapýarys. 1-2; 2-3; .....8-9; aralyklar bir-birine deň bolmaly (çyzgyda 1-2=7 mm).

A nokat 1, 2, ..., 9 nokatlary birinji tigiriň esasy töweregine geçirip 1', 2', ..., 9' nokatlary belleýäris. Ştrih nokatlary O_1 nokat bilen birleşdirip, şol nokatlarda esasy töwerege galtaşýan çyzyklary geçirýäris. 8' nokatda geçirilen galtaşýan çyzygyň üstünde 8-9 aralygy belleýäris, 7' nokatdan geçirilen galtaşýan çyzygyň üstünde 7-9 aralygy belleýäris. Şoňa görä hemme ştrih nokatlardan geçirilen galtaşýan çyzyklaryň üstünde n-9 aralyklary belläp, şol nokatlary lekal bilen birleşdirip, birinji tigiriň ewolwentasyny gurýarys. (E_1) dişi doly gurmak üçin, onuň galyňlygyny kesgitleýäris. Başlangyç töwerek boýunça dişiň galyňlygy (S_1) bilen iki dişiň aralygy (S_2) deň bolmaly.

$$S_1 = S_2 = \frac{\pi m}{2}$$

Dişiň galyňlygynyň ýarsyny kesgitläp $\frac{1}{2} S_1 = \frac{\pi m}{4}$

P nokatdan başlangyç töweregiň üstünde şol aralygy belläp O_1 nokat bilen birleşdirip birinji tigiriň dişiniň ýarsyny gurduk. Ikinji ýarsyny simmetriýa kanuny boýunça gurýarys. Dişleriň düýbinden geçýän töweregi $r_{f_1} = \frac{m(z_1 - 2.5)}{2}$ we dişleriň depesinden geçýän töweregi

$$r_d = \frac{m(z+2)}{2}$$

geçirip, dişiň ýarsy çyzylany görünýär. Dişiň ortasyny bölýan çyzykdan r_e, r_b, r_d, we r_{f_1} radiuslar bilen geçirilen töwereklerde dişiň beýleki ýarsyny belläp, dört nokatdan lekal bilen dişiň beýleki tarapyny gurýarys. Birinji tigiriň ýene iki dişini eimmetriýa boýunça gurýarys. Ikinji dişli tigiriň dişlerini gurmak üçin BP aralygy deň aralyklara bölüp 10, 11, 12, 13, 14, 15 nokatlary normal (nn) çyzygyň üstünde belleýäris. B – nokatdan çep tarapa 16, 17, 18, 19, 20 nokatlary belleýäris. (9-10=7 mm). Birinji tigirdäki bölünişe deň bolmaly. Normal çyzykdan, B nokatdan başlap ikinji tigiriň başlangyç töwereginiň üstüne 9'', 10'', ..., 20'' nokatlary geçirýäris. Ştrih nokatlary O_2 nokat bilen birleşdirip, esasy töwerege galtaşýan çyzyklar geçirip, olaryň üstünde 10' nokatdan 9-10 aralygy belläp, 11' nokatdan 9-11 aralygy belläp we şoňa görä 20' nokatdan 9-20 aralygy belleýäris.

Şol bellenen nokatlary lekal boýunça birleşdirip ikinji tigiriň dişiniň ewolwentasyny (E_2) gurýarys.

Ikinji tigiriň başlangyç töweregi boýunça dişiniň galyňlygy birinji tigiriň başlangyç töweregi boýunça dişiň galyňlygyna deň, sebäbi başlangyç töwerekler bir – biriniň üstünde typman aýlanýarlar.

$$S_I^1 = S_{II}^1 = \frac{\pi m}{2}$$

we şoňa görä iki dişleriň aralyklary hem deň.

$$S_I^2 = S_{II}^2 = \frac{\pi m}{2}$$

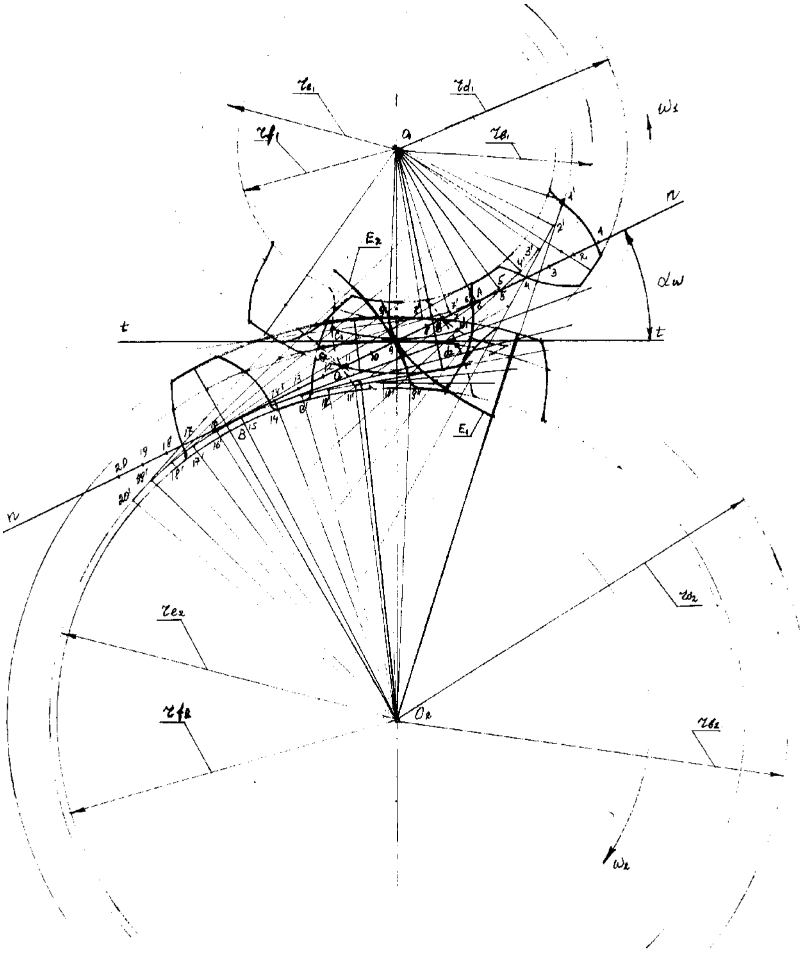
P nokatdan başlangyç töweregiň (r_{b2}) üstünde dişiň ýarsyny belläp O_2 nokat bilen birleşdirýäris. Bu dişiň simmetriýa oky bolýar. Dişleriň düýbinden $r_{f2} = \frac{m(z_2-2.5)}{2}$ geçýän we dişleriň depesinden $r_d = \frac{m(z_2+2)}{2}$ geçýän töwerekleri geçirip dişiň ýarsyny belleýäris. Ikinji ýarsyny simmetriýa boýunça gurýarys. Ikinji tigirde ýenede iki diş simmetriýa boýunça gurulan. Birinji dişli tigir sagata garşy tarapa aýlananda, ikinji tigir sagat ugruna aýlanýar. Birinji tigiriň ilki ilişmä girýän nokady “a” dişleriň depesinden geçýän töwerek bilen normal (nn) kesişýän nokady.

Ilişmekden çykýan nokat “b” ikinji tigiriň dişleriniň depesinden geçýän töwerek normal (nn) bilen kesişýän nokady.

ab – hakyky ilişmek çyzygy. Şol çyzygyň “a” nokadynda iki dişler ilişmä girip “b” nokadynda ilişmeden çykýarlar.

AB – nazary ilişmek çyzygy.

Dişler ilişmä giren we ilişmeden çykan ýagdaýlarynda dişler ştrih çyzyk bilen görkezilen. Ilişmä giren we çykan ýagdaýlarda birinji tigiriň dişiniň başlangyç töweregi bilen kesişýän nokatlaryny c_2 we d_2 diýip belleýäris.



Çyzgy V-14

$\overset{\frown}{c_1d_1}$ – duga, ikinji tigiriň dişiniň başlangyç töwerek boýunça iki dişiň ilişmeginde geçýän ýoly.

$\overset{\frown}{c_2d_2}$ – duga, ikinji tigiriň dişiň başlangyç töwerek boýunça dişler ilişende geçýän ýoly.

Şol ýollar deň bolmaly, sebäbi başlangyç töwerekler typman aýlanýarlar. $\overset{\frown}{c_1d_1} = \overset{\frown}{c_2d_2}$ - ilişmek dugasy diýilýär.

Ilişmek dugasy ilişmegiň ädiminden uly bolmaly.

$$\widetilde{c_1 d_1} > t \qquad \text{ýa-da} \qquad \widetilde{c_1 d_1} > \pi\, m.$$

Eger-de $\widetilde{c_1 d_1} < t$ ilişmegiň ädiminden kiçi bolan ýagdaýda iki dişler ilişmege girip çykanda yzyndaky dişler ilişmege girip ýetişenok, olar ugry bilen duşyşýarlar. Ugry bilen işleýän dişler uzak işläp bilenok.

Eger-de $\widetilde{c_1 d_1} = t$ bolanda iki dişler ilişmekden çykjak bolan ýagdaýynda yzyndaky iki dişler ilişmä girjek bolup duşýarlar. Mehanizmiň iş pursadynda yrgyldy ýüze çykanda, mehanizm uzak işläp bilenok.

Ilişmek dugasynyň ilişmek ädimine gatnaşygyna örtme koeffisiýenti diýilýär.

$$\varepsilon = \frac{\widetilde{c_1 d_1}}{t}$$

Örtme koeffisiýenti $1.1 < \varepsilon < 1.8$ aralykda bolmaly. Örtme koeffisiýenti ε = 1.1 deň bolanda iki dişler ilişmekde bolanda, başga iki dişleriň 0.1 uzynlygy ilişmekde bolmaly.

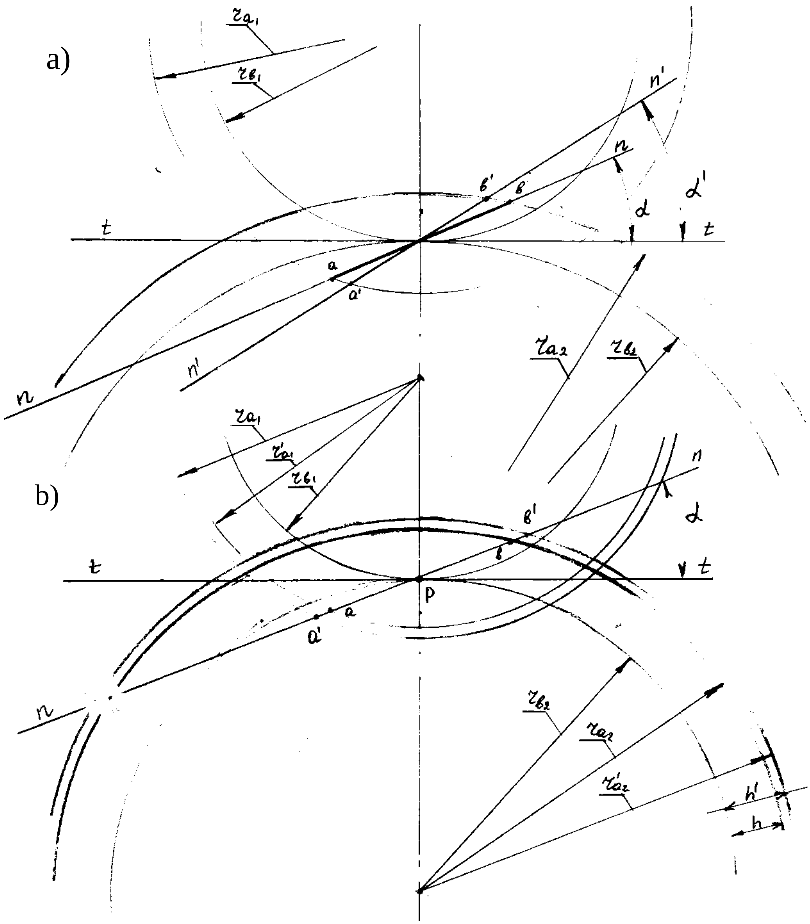
Her tigirden doly iki dişler ilişmekde bolup bilenok, olar gaňrylyp döwülmegi mümkin.

Örtme koeffisiýenti mehanizmiň birsydyrgyn işleýşini görkezýär.

$$\varepsilon = \frac{ab}{t cos\alpha};$$

Bu deňlemede: ab – hakyky ilişmek çyzygy;
t – ilişmegiň ädimi;
α – ilişmek burçy.

Ilişmek burçy üýtgände ilişmek çyzygyň uzynlygy üýtgeýär (Başga ululyklary üýtgemeýän ýagdaýynda). V-15a çyzgyda hakyky ilişmek burçuna görä görkezilen. Çyzgydan görünýär ilişmek burçy ulaldygyça ilişmek çyzygy kiçelýär, şol sebäpli örtme koeffisiýenti hem kiçelýär. Örtme koeffisiýent dişiň beýikliginede bagly (başga ululyklary üýtgemände). V-15b çyzgydan görünýär dişiň depesiniň beýikligi h' ulalanda h' > h bolanda a'b' > ab bolýar.



Çyzgy V-15.

V.8. Dişler ýasalanda düýbinden ýa-da depesinden ýonulýan hadysa

Daşky ilişmede dişler diňe güberçek taraplary bilen galtaşýarlar. Ýöne güberçek taraplary bilen dişler nazary ilişmek çyzygyň AB içinde galtaşyp bilýärler. AB çyzygyň daşynda ewolwentalar biri güberçek biri oý taraplary bilen galtaşýarlar. V-16a çyzgyda “K” nokatda şol ýagdaý görkezilen. K nokatda ewolwentalaryň egrilik merkezleri galtaşýan nokatdan bir tarapda durýarlar. A we B nokatlar E_1 we E_2 ewolwentalaryň egrilik merkezleri. Eger-de galtaşýan nokat AB çyzygyň içinde bolanda egrilik merkezi nokatlar galtaşan nokadyň iki tarapynda bolýar, şol sebäpli ewolwentalar güberçek taraplary bilen galtaşýarlar. Diýmek, dişli ilişmekde dişleriň hakyky ilişmek çyzygy (ab) nazary ilişmek çyzygynyň (AB) içinde bolmaly. Başgaça diýeňde dişleriň depesinden geçýän töwerek nazary ilişmek çyzygyň içinde normal (nn) çyzyk bilen kesişmeli. (ab) çyzyk (AB) çyzygyň daşynda çykyp bilýär, kiçi dişli tigiriň ululyklary kiçelende (çyzgy V-16a). Kiçi tigiriň radiuslary kiçelip “*a*” nokat “A” nokadyň sag tarapyndan (çyzgy V-16b) daşyna çykanda, stanokda dişleri kesilen şol tigiriň dişleri düýbinden ýonulýar (çyzgy V-17). Diş gowşap çalt döwülýär. Şol sebäpli diş ýasalanda düýbünden ýonulmaz ýaly bolmaly.

Tigiriň iň kiçi ululygy dişler ýonulmaz ýaly “*a*” we “A” nokatlar gabat gelende (çyzgy V-18) ΔO_2PA üçburçlukdan:

$O_2A^2 = O_2P^2 + PA^2 - 2O_2P\ PA \cos(90^0 + \alpha)$

$O_2A = r_{b2} + m;\quad O_2P = r_{b2};\quad PA = r_{b1} \sin\alpha$ hasaba alyp

$$r_{b2} + m = \sqrt{r_{b2}^2 + r_{b1}^2\, sin^2\alpha + 2r_{b1}r_{b2}sin^2\alpha}$$

ýa-da

$$r_{b2} + m = r_{b2}\sqrt{1 + \left(\frac{r_{b1}}{r_{b2}}\right)^2\ sin^2\alpha + 2\left(\frac{r_{b1}}{r_{b2}}\right)sin^2\alpha}$$

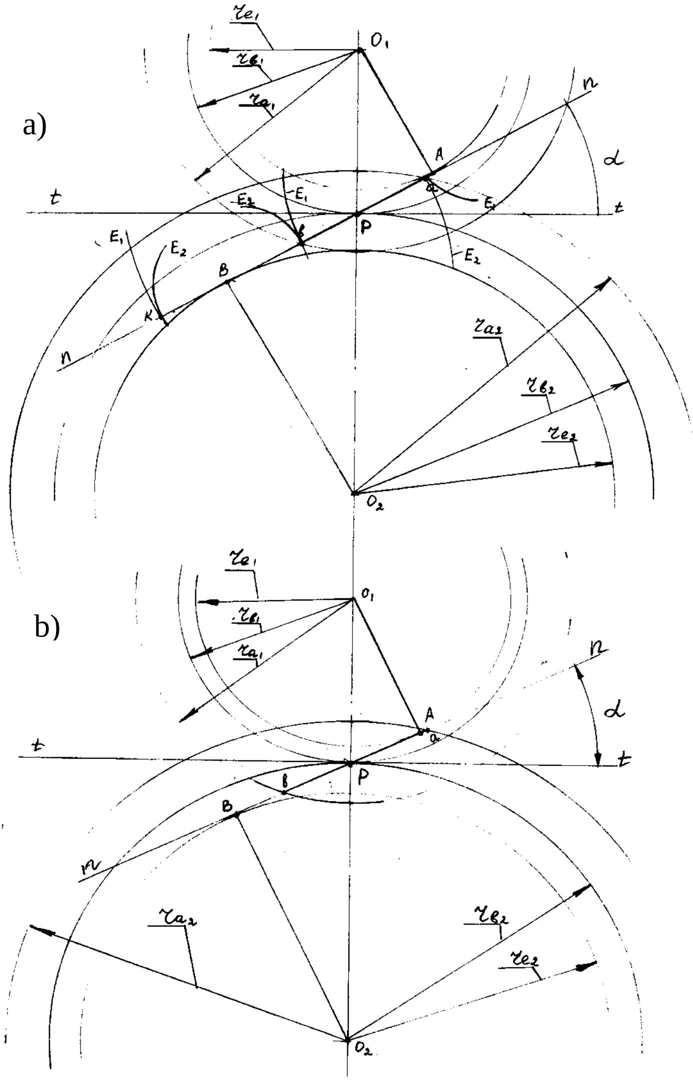
$\frac{r_{b1}}{r_{b2}} = -i_{12}$ – geçiriji gatnaşygy, daşky ilişmek üçin minusly.

$$r_{b2} + m = r_{b2}\sqrt{1 + i_{12}(i_{12} - 2)\ sin^2\alpha}$$

Nýutonyň binom hataryna paýlanda, bolýar:

$$\sqrt{1 + i_{12}(i_{12} - 2)\ sin^2\alpha} = 1 + \frac{1}{2}i(i-2)sin^2\alpha -$$

$$-\frac{1}{8}[i(i-2)sin^2\alpha]^2 + \cdots$$



Çyzgy V-16

$|i| < 1$ sebäpli hatar çalt azalýar, onda:

$$r_{b2} + m = r_2 + \frac{1}{2} r_{b2} i_{12}(i_{12} - 2) sin^2\alpha$$

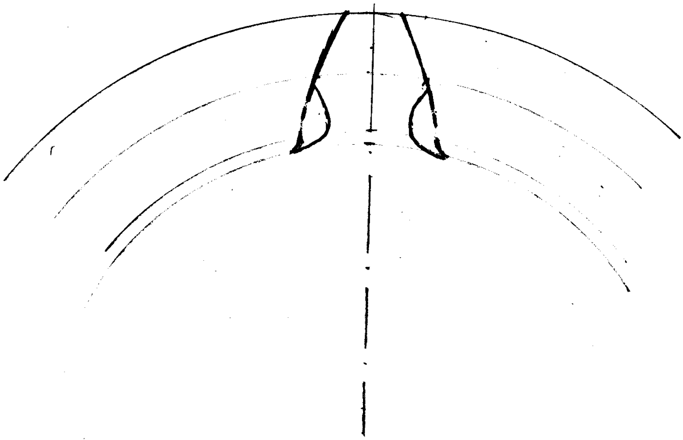
ýa-da

$$m = \frac{1}{2} r_{b2} i_{12} (i_{12} - 2) sin^2 \alpha$$

Moduly diş sany we radiusy boýunça tapylanda:

$$m = \frac{2r_{b1}}{z_1}$$

Onda: $\frac{2r_{b1}}{z_1} = \frac{1}{2} r_{b2} i_{12} (i_{12} - 2) sin^2 \alpha$



Çyzgy V-17

z_1 – görä çözülende: $z_1 = \frac{4r_{b1}}{r_{b2} i_{12} (i_{12} - 2) sin^2 \alpha}$;

ýöne: $-i_{12} = \frac{r_{b1}}{r_{b2}}$

onda $z_1 = z_{min} = \frac{4}{(2-i)\, sin^2 \alpha}$

Standart dişli tigirleriň ilişmek burçy α_ω=20^0. Kiçi tigir reýka gural bilen ýasaňda iň az diş sany z_{min} = 17, şonda “*a*” we “A” nokatlar gabat gelýär. Eger-de iki ilişmä giren tigirleriň ululyklary deň bolan ýagdaýda z_{min} = 12 deň diýip alyp bolýar.

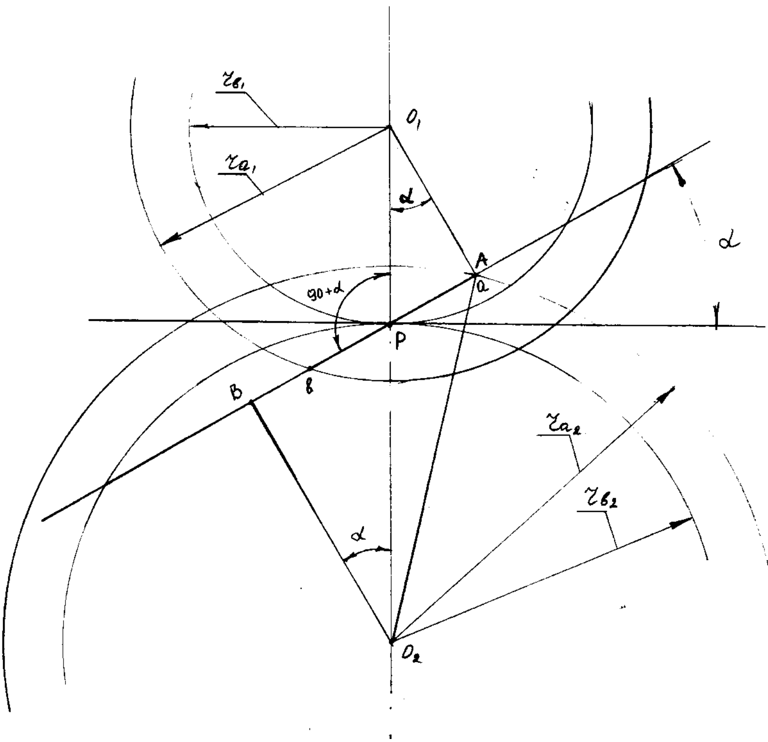
Ilişmek burçy α' =15^0 bolanda dişli tigirleriň ululyklary esli ulalýar. Şol sebäpli 1948-nji ýylda α' =15^0 dan α_ω = 20^0

geçirildi.

Dişleriň ýonulmagyna dişleriň beýikligi hem täsir edýär (çyzgy V-15b).

Käbir ýagdaýda diş sanyny azaltmak üçin gysgaldylan dişli tigirleri ulanýarlar.

Standart dişleriň beýikligi h = 2.25m, depesiniň beýikligi h_1 = 1m, düýbiniň beýikligi h_2 = 1.25m, gysgaldylan dişiň beýikligi h' =1.8m, depesiniň beýikligi h_1' = 0.8m, düýbiniň beýikligi h_2' = 1m.



Çyzgy V-18

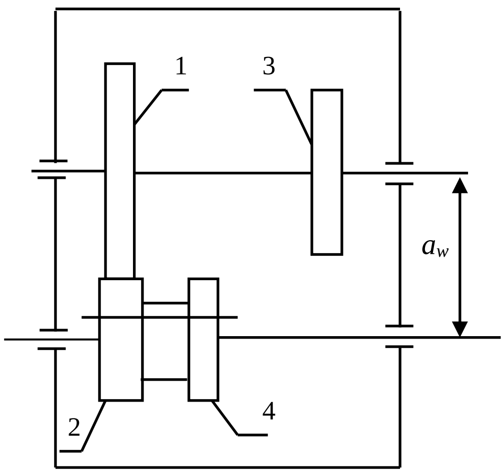
V.9. Dişli tigirleri korrigirlemek

Standart dişli tigirleri käbir konstruksiýalarda ulanyp bolanok, sebäbi olaryň parametrleri bir topar çäklendiriliş däredýär. Meselem, diş sanyny saýlap alaňda. Diş sany näçe az bolanda, konstruksiýanyň ululygy kiçelýär, mehanizm kompakt bolýar, bahasy arzan bolýar. Ýöne diş sanyny belli bir derejä çenli azaldyp bolýar (z_{min}=17), ondan hem azaldaňda dişler büýbinden ýonulýar. Eger-de diş sanyny hökman azaltmaly bolan ýagdaýynda, dişli tigiriň başga ululyklaryny üýtgetmeli bolýar, onda dişli tigirler standart ululykda bolanok, olara düzedilen ýa-da k o r r i g i r l e n e n dişli tigirler diýilýär.

Käbir oky parallel mehanizmlerde standart parametrli dişli tigirleri ulanyp bolanok.

Mesele. (çyzgy V-19) reduktoryň shemasy. Dişleri z_1 = 40; z_2 = 20; z_3 = 42; z_4 =19. Hemme tigirleriň moduly deň bolmaly.

Standart dişli tigirleri ulanylanda oklarynyň aralygy deň bolanok: $a_{W_{12}} = \frac{m}{2}(z_1 + z_2) \neq a_{W_{34}} = \frac{m}{2}(z_3 + z_4)$

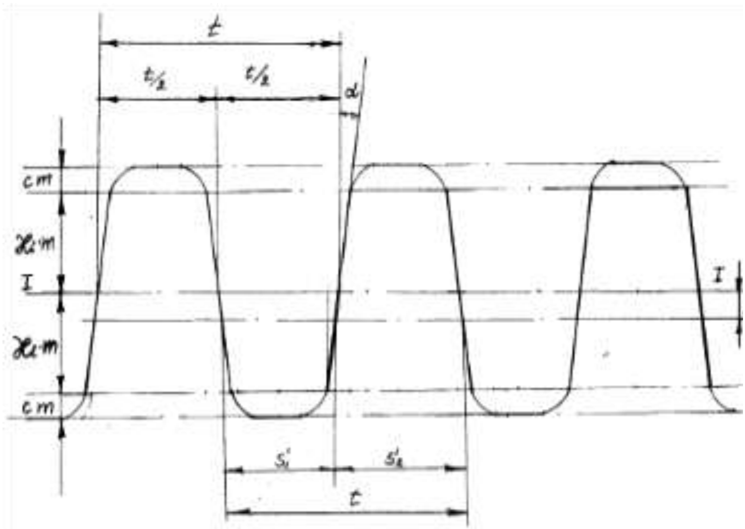


Çyzgy V-19.

Şol agzalan reduktorda stadart parametrli dişli tigirleri ulanyp bolanok. Şonuň ýaly ýagdaý köp döreýär. Başga meselelerde orta koeffisiýenti kiçi bolany sebäbi, ýa-da typma koeffisiýenti uly bolany sebäpli dişli tigirleriň käbir ululyklaryny üýtgetmeli bolýar, başgaça aýdylanda dişli ilişmegi düzetmeli bolýar. Gowlaşdyrmak üçin dişli ilişmegi düzedilmegine korrigirleme diýilýär.

Korrigirleme bolup bilýär:

1. Ilişmek burçuny üýtgetmek;
2. Dişleriň beýikligini üýtgetmek;
3. Ikisini bilelikde üýtgetmek;
4. Dişler ýasalanda diş kesýän reýkany (guraly) süýşirmek.



Çyzgy V-20

1. Ilişmek burçuny (çyzgy V-15a) üýtgedip hakyky ilişmek çyzygyny (*ab*) üýtgedip, örtme koeffisiýentini üýtgedip bolýar. Ilişmek burçy kiçelende, şrtme koeffisiýenti ulalýar.

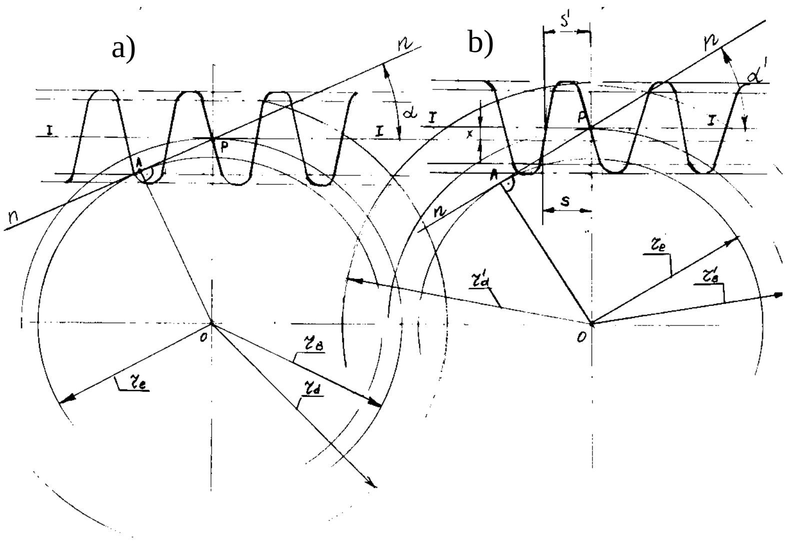
Dişiň beýikligini kiçeldip (çyzgy V-15b) hakyky ilişmek çyzygyny (*ab*) ulaldyp, örtme koeffisiýentini ulaldyp bolýar.

$h' = 1{,}8\ m;\ \ h'_1 = 0{,}8\ m;\ \ h'_2 = 1\ m$ – beýikligi kiçelende,

$h = 1{,}25\ m;\ \ h_1 = 1m;\ \ h_2 = 1{,}25\ m$ – standart beýiklik.

Bu usuly ulanmak üçin diş kesýän guraly täzeden ýasamaly bolýar, şol sebäpli bu usuly köp ulananoklar.

2. Standart diş kesýän gural bilen iş edilende dişleriň depesiniň beýikligini kiçeldeňde, düýbiniň beýikligi ulalýar, dişiň umumy beýikligi üýtgänok. Bu usula dördünji usulda serederis.

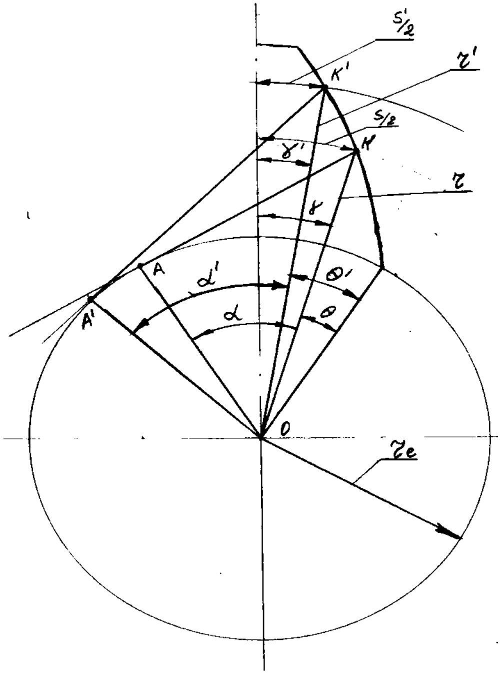


Çyzgy V-21

3. Ilişmek burçuny we dişiň beýikligini bilelikde üýtgedip, dişli ilişmegiň işini gowlaşdyrýarlar.

V.10. Diş kesýän guraly süýşirip korrigirlemek usuly

Çyzgy V-20 standart instrumental reýka görkezilen. Şol reýka bilen dişler kesilýär. Islendik keseliginde ilişmek ädimi deň ($t = \pi$ m). Şol sebäpli diş kesilende, obkatka usuly bilen, taýynjyň (zagatowkanyň) (D = m z) diametrinden instrumental reýkanyň isledik çyzygyny aýlap bolýar. Reýkanyň islendik keseliginde ädimi deň bolan sebäpli (D = m z) diametrli töwerekde ilişmek ädimi we diş sany her bir ýagdaýda deň bolýar. Dişleriň galyňlygy we iki dişiň aralygy deň bolmaz.



Çyzgy V-22

Dişleriň depesinden we düýbinden geçýän töwerekleriň radiuslary standart ölçeglere deň bolmaz. Dişleriň galyňlygy (S_1) we iki dişiň aralygy (S_2) deň, diňe ortaky (I – I) çyzykda. Oňa modul çyzygy diýilýär.

Standart ölçegli dişli tigiriň dişleri kesilende başlangyç töwerekden (D = mz) guralyň modul çyzygy (I – I) aýlanýar, şol sebäpli başlangyç töwerek boýunça dişleriň galyňlygy S_1 we iki dişleriň aralygy S_2 deň bolýar. Taýynjyň başlangyç töwereginde başga çyzyk aýlananda $S_1 \neq S_2$ deň däl, dişli tigir üçin (D = m z) töwerek başlangyç bolanok, dişli tigirler korrigirlenen diýilýär. Diametri (D = m z) töwerege paýlaýjy (делительный) diýilýär (çyzgy V-21.). Standart we korrigirlenen dişli tigirler ýasalanda reýkanyň ýerleşişi görkezilen. Çyzgyda reýkanyň (XI aralyga) süýşeni görkezilen. x – absolýut süýşmegi diýilýär:

$$x = \xi \cdot m,$$

ýa-da

$$\xi = \frac{x}{m}.$$

ξ - ksi (grek alfawiti), otnositel süýşme.

Süýşmek iki tarapa edilýär. Töweregiň ortasyndan bolanda (+), ortasyna bolanda (-). Diş kesýän gural, instrumental reýka üýtgemesi, gural süýşeni bilen esasy töwerek üýtgänok, onda dişleriň ewolwentalary üýtgänok. (D = m z) töwerek boýunça instrumental reýka süýşende dişiň galyňlygy S'_1 tapylýar (çyzgy V-20b).

$$S'_1 = S_1 + 2x\ tg\ \alpha\ .$$

ýa-da

$$S'_1 = \frac{\pi m}{2} + 2\xi\ tg\alpha\ .$$

$$S'_1 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi\ tg\alpha\right).$$

Iki korrigirlenen dişli tigirler ilişmä girende, şol tigirleriň dişleriň her hili süýşmek bilen kesilen bolup bilýär.

Iki tigirleriň süýşmekleri deň bolmadyk ýagdaýynda, $D_1 = m\ z_1$ we $D_2 = mz_2$ diametrli töwerekler başlangyç töwerek bolup bilenok.

Başlangyç töwerekler typman aýlanmaly, olaryň diňe ädimleri deň bolmaly däl-de birinji tigiriň dişiniň galyňlygy ikinji tigirň iki dişiniň arasynda deň bolmaly. Süýşmekler deň bolmanda şol şertler ýerine ýetirilenok. Umuman alaňda başlangyç töwerekler *D = m z* töwereklerden tapawutlanýar. Diametri *D = m z* töwerekleri paýlaýjy töwerekler diýilýär. Şol töwerekler tigirler ýasalýan wagty başlangyç bolýar. Şol töweregiň üstünden diş kesýän guralyň başlangyç çyzygy dişler ýasalan wagty typman aýlanýar.

Korrigirlenen ilişmekde paýlaýjy we başlangyç töwerekler gabat gelýär, eger-de tigirleriň dişleri deň süýşmekler bilen kesilende ($\xi_1 = -\xi_2$) bolar.

Umuman alanyňda, süýşmekler deň bolmanda, başlangyç we paýlaýjy töwerekler gabat gelmände iki tigirleriň oklarynyň aralygy a'_w, standart dişli tigirleriň oklarynyň aralygy a_w – dan tapawutlanýar. Oklaryň aralygy üýtgänligi bilen hereket geçiriji gatnaşygy üýtgänok.

Bu ýagdaýda diňe ilişmek burçy α' üýtgeýär. Oňa montaž ilişmek burçy diýilýär. Dişler standart instrumental reýka bilen kesilende-de montaž ilişmek burçy standart ilişmek burçundan tapawutlanýar.

Korrigirlenen dişli ilişmegiň ululyklary (çyzgy V-22) çyzgyda ewolwentaly dişiň ýarysy görkezilen.

$$\gamma' + \theta' = \gamma + \theta$$

Burçy radianda hasaplananda

$$\gamma' = \frac{S'}{2r'}\ ; \quad \gamma = \frac{S}{2r}\ ;$$

$$\theta' = inv\ \alpha'; \quad \theta = inv\ \alpha\ .$$

Onda: $\frac{S'}{2r'} + inv\ \alpha' = \frac{S}{2r} + inv\ \alpha$

ýa-da: $S' = r'\frac{S}{r} + 2r'(inv\alpha - inv\ \alpha').$

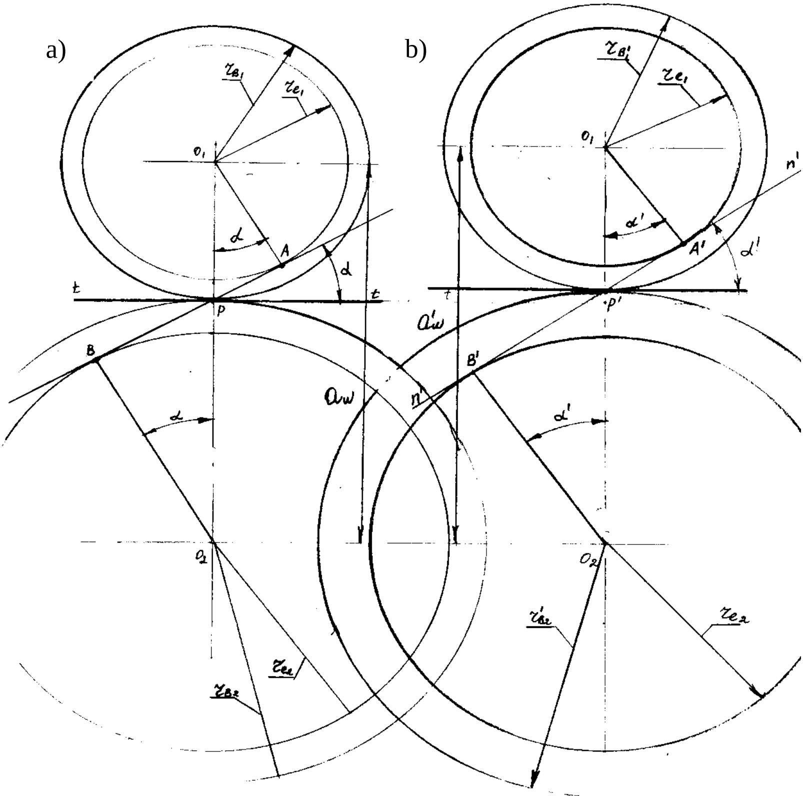
Paýlaýjy töwerek boýunça dişiň galyňlygy:

$$S = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi\ tg\ \alpha\right)$$

$r = \frac{m\,z}{2}$ – paýlaýjy töweregiň radiusy;

$r' = \frac{m'z}{2}$ – başlangyç töweregiň radiusy.

m – standart moduly,
m' – başlangyç töwerek boýunça moduly.



Çyzgy V-23

$$S' = m'\left[\frac{\pi}{2} + 2\xi\ tg\ \alpha + z(inv\alpha - inv\alpha')\right]$$

Iki korrigirlenen dişli tigirler ilişmä girende, olaryň dişleriniň galyňlygy başlangyç töwerekler boýunça tapylýar:

$$S'_1 = m'\left[\frac{\pi}{2} + 2\xi_1\ tg\ \alpha + z_1(inv\alpha - inv\alpha')\right]$$

$$S'_2 = m'\left[\frac{\pi}{2} + 2\xi_2\ tg\ \alpha + z_2(inv\alpha - inv\alpha')\right]$$

Iki tigiriň başlangyç töwerekleri boýunça ädimi t', onda şol töwerekler boýunça modullaary m' deň bolmaly, sebäbi başlangyç töwerekler typman aýlanýarlar. Paýlaýjy töwerekler boýunça ilişmek burçlary deň, olar standart ilişmek burçuna deň $\alpha=20^0$. Başlangyç töwerekler boýunça ilişmek burçlary α' deň. Şol burç montaž ilişmek burçuna deň. Başlangyç töwerekler boýunça iki dişiň galyňlygynyň jemi şol töwerekler boýunça ädimine deň.

$$S'_1 + S'_2 = t' = \pi\, m'$$

Onda:

$$S'_1 + S'_2 = m'[\pi + 2(\xi_1 + \xi_2)tg\ \alpha + (z_1 + z_2)(inv\alpha - inv\alpha')] = \pi\, m'$$

ýa-da

$$2(\xi_1 + \xi_2)tg\ \alpha + (z_1 + z_2)(inv\alpha - inv\alpha') = 0$$

ýa-da

$$inv\alpha' = \frac{2(\xi_1+\xi_2)\ tg\ \alpha}{z_1+z_2} + inv\alpha$$

Şu deňlemede z_1, z_2 we ξ_1, ξ_2 berlende montaž ilişmek burçuny tapyp bolýar. Montaž ilişmek ilişmegi tapylandan soňra korrigirlenen iişmegiň galan ululyklaryny tapmak aňsat.

Korrigirlenen tigiriň başlangyç töwereginiň radiusy:

$$r'_b = \frac{r_e}{cos\alpha'}$$

Esasy töweregiň radiusy üýtgänok:

$$r_e = r_b \cos\alpha = \frac{m\, z}{2}\cos\alpha$$

Onda: $r'_{b1} = \frac{m\, z_1}{2}\frac{\cos\alpha'}{\cos\alpha}$; $r'_{b2} = \frac{m\, z_2}{2}\frac{\cos\alpha'}{\cos\alpha}$

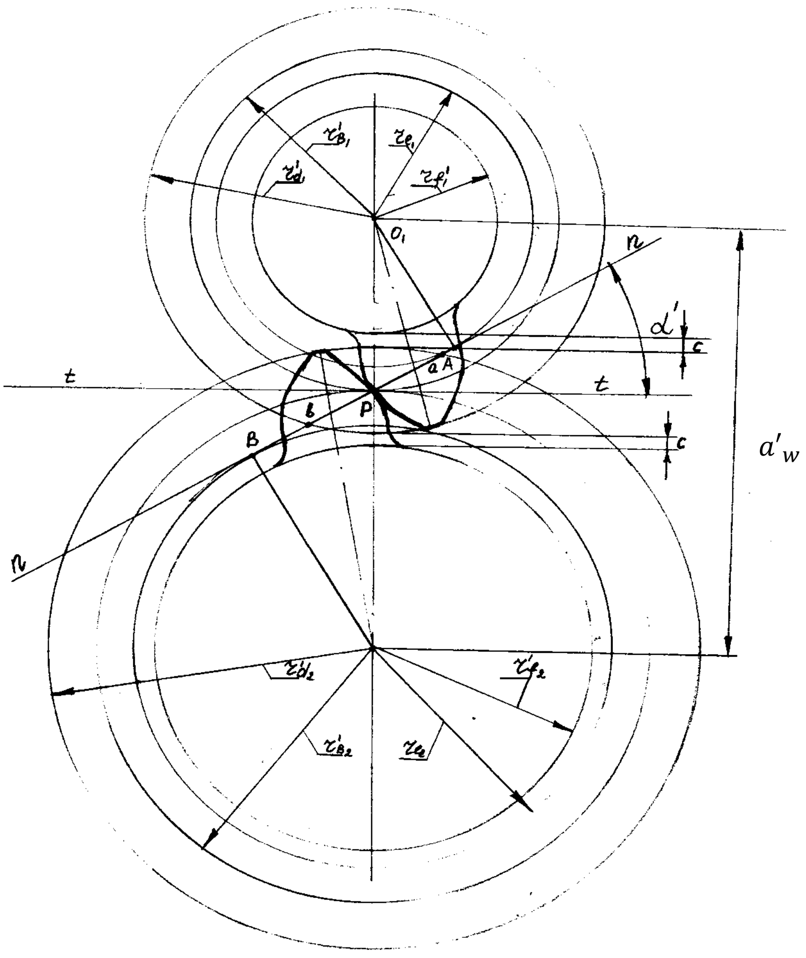
Korrigirlenen ilişmegiň oklarynyň aralygy:

$$a'_w = r'_{b1} + r'_{b2} = \frac{m(z_1+z_2)}{2}\ \frac{\cos\alpha'}{\cos\alpha}$$

Başlangyç töwerekler boýunça ädimi t':

$$\frac{t'}{t} = \frac{r}{r}$$

ýa-da $t' = \frac{r'\, t}{r} = t\ \frac{\cos\alpha'}{\cos\alpha} = \pi\, m\ \frac{\cos\alpha'}{\cos\alpha}$.



Çyzgy V-24

Dişleriň düýbinden geçýän töwerekleriň radiuslary korrigirlenen tigirlerde üýtgeýär (çyzgy V-23b.).

$x = \xi \cdot m$ ölçege, onda:

$$r'_f = r_f + x = \frac{m(z-2{,}5)}{2} + \xi\, m$$

ýa-da: $$r'_f = \frac{m(z-2{,}5+2\xi)}{2}$$

Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary hem ξ süýşmege görä üýtgeýär.Ýöne umumy ýagdaýda oklaryň aralygynyň üýtgeýäni süýşmekleriň jemine deň dälligi sebäpli

$$a'_w - a_w \neq m(\xi_1 + \xi_2)$$

dişleriň beýikligi standart dişleriň beýikliginden biraz tapawutlanýar.

Korrigirlenen dişli tigiriň dişleriň depesinden geçýän töweregiň radiusyny iki dişiň aralyk radial zazoryny hasaba alyp tapýarlar.

$$r_{d1} = a'_w - r_{f2} - c$$
$$r_{d2} = a'_w - r_{f1} - c$$

r_{d1} we r_{d2} – birinji we ikinji dişli tigirleriň dişleriniň depesinden geçýän töwerekleriň radius.

r_{f1} we r_{f2} – birinji we ikinji dişli tigirleriň dişleriniň düýbinden geçýän töwerekleriň radiuslary.

c=0.25 m – radial zazory.

V.11. Diş sany Z <17 bolan ýagdaýda instrumental reýkanyň süýşmegi

Standart ululykly dişli tigir (kesilende) ýasalanda diş sany z_{min} <17 bolan ýagdaýynda, dişler dübünden ýonylýar, sebäbi hakyky ilişmek çyzygy nazary ilişmek çyzygyň daşyna çykýar. (çyzgy V-25).

Çyzgyda 1-nji ýagdaýy instrumental reýka süýşirilmän çyzylan z_{min} <17 bolan ýagdaý üçin. Instrumental reýkanyň dişleriniň depesinden geçýän çyzyk normal çyzyk bilen kesişýär "*a*" nokatda. Şol nokat hakyky ilişmek çyzygyň çetki nokady, ol nazary ilişmek çyzygyň (AB) daşyna çep tarapdan çykýar. Şol sebäpli tigiriň dişleri düýbünden ýonylýar.

Diş ýasalanda düýbünden ýonylmaz ýaly, diş kesýän guraly zagatowkanyň okyndan ýokary süýşirmeli hakyky ilişmek çyzygy (*ab*) nazary ilişmek çyzygyň (AB) daşyna çykmaz ýaly. Iň az süýşmek (X) bolýar “*a*” we “A” nokatlar gabat gelende. Reýkanyň süýşirilen ýagdaýy (2) ştrih çyzyklar bilen görkezilen.

Çyzgyda görkezilen gural süýşirilip ýasalan dişiň düýbi ýonulanok, diş doly, berk ýasalan. Dişiň ewolwenta tarapy üýtgänok, sebäbi diş kesýän gural üýtgänok. Ewolwentany emele getirýän esasy töweregiň radiusy üýtgänok.

Diametri $d = m\,z$ töwerek boýunça dişiň galyňlygy S, iki dişiň aralygyna S_2 deň bolmaýar, şol sebäpli $d = m\,z$ töwerege paýlaýjy diýilýär.

Dişiň depesinden we düýbünden geçýän töwerekleriň radiuslary üýtgeýär.

Diş ýonylman ýasalan ýagdaý üçin guralyň süýşmegini kesgitleýäris.

Çyzgyda görünýär, guralyň absolýut süýşmegi (x) deň:

$$x = \varkappa_i\, m - e$$

Standart gural üçin $\varkappa_i$=1, onda

$$\xi = 1 - \frac{z}{2} sin2\alpha. \qquad \text{(V-1)}$$

onda: $$x = m(1 - \frac{z}{2}\ sin^2\alpha) \qquad \text{(V-2)}$$

ýöne: $$e = AP\ sin\alpha = r_b\ sin^2\alpha = \frac{mz}{2} sin^2\alpha \qquad \text{(V-3)}$$

guralyň otnositel süýşmegi:

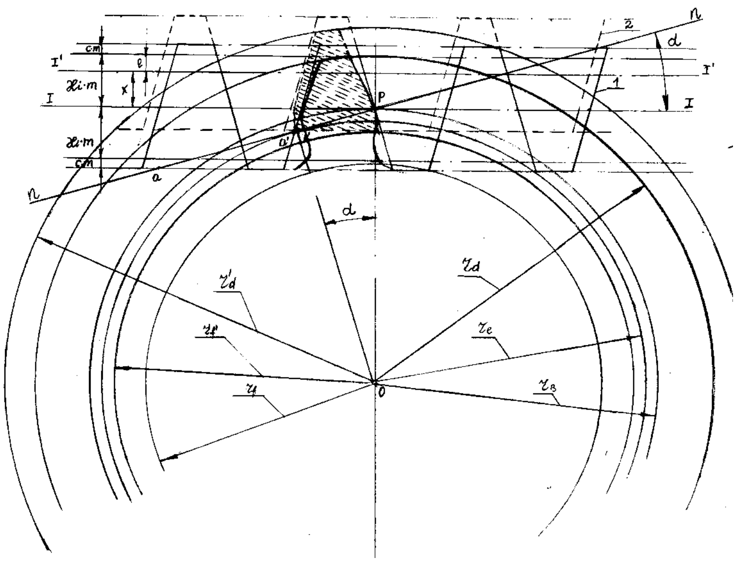
$$\xi = \frac{x}{m}$$

onda

$$x = m - e \qquad \text{(V-2}'\text{)}$$

Standart gural üçin $\alpha=20^0$, onda

$$\xi = 1 - \frac{z}{17} \qquad \text{(V-1}a\text{).}$$



Cyzgy V-25.

Eger-de Z > 17 bolanda deňleme minus berýär. Diýmek guraly iki tarapa-da süýşirip bolýar. Ýöne köplenç Z > 17 bolanda guraly süýşirenoklar.

V.12. Diş kesýän guralyň süýşmegini saýlap almak

Süýşmek koeffisiýentleriniň bahalaryna görä dişli ilişmekler bölünýärler:

1. Normal ilişmek, ýa-da standart ilişmek. Bu ilişmekde $\xi_1 + \xi_2 = 0$, ýöne $\xi_1 = \xi_2 = 0$, ilişmäge girýän iki tigir süýşmeksiz ýasalan.

2. Deňölçegli ilişmek. Bu iişmekde $\xi_1 + \xi_2 = 0$, ýöne $\xi_1 = -\xi_2$, diş kesýän gural birinji kiçi tigirde aýlaw okundan süýşirilen $+\xi_1$, ikinji uly tigirde aýlaw oky $-\xi_2$ tarapa süýşirilen, bahalary boýunça ikisi deň.

Deňölçegli süýşirilen ilişmekde başlangyç we paýlaýjy töwerekler gabat gelýär, ilişmek burçy α =20^0 we oklaryň aralygy a_w üýtgänok. Dişleriň depesinden we düýbinden geçýän töwerekler üýtgeýär, paýlaýjy töwerek boýunça dişleriň galyňlygy we iki diş aralygy üýtgeýär.

3. Položitel ilişmekde bolup bilýän ýagdaýlar:

a) $\xi_1 > 0;\ \xi_2 = 0,$
b) $\xi_1 > 0;\ \xi_2 > 0,$
c) $\xi_1 > 0;\ \xi_1 < 0,$ ýöne $|\xi_1| > |\xi_2|$

Položitel ilişmegiň hemme görnüşlerinde ilişmek burçy α' we oklaryň aralygy a_w standart ululyklarda uly bolýar.

$$\alpha' > \alpha\ ; \quad a'_w > a_w$$

4. Otrisatel ilişmek. Bu ilişmekde $\xi_1 + \xi_2 < 0,$ süýşmek koeffisiýentleriň jemi otrisatel (-). Bu ilişmekde oklaryň aralygy a'_w we montaž ilişmek burçy α' standart ilişmegiňkiden kiçi bolýar:

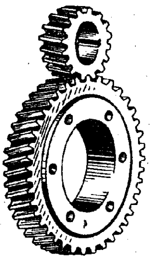
$$\alpha' < \alpha; \quad a'_w < a_w\ .$$

süýşmek koeffisiýenti $\xi_1\ we\ \xi_2$ dişli ilişmegiň hil görkezmelerine, örtme koeffisiýentine we dişleriniň düýbinden ýonulşyna uly täsiri bar. Şol sebäpli süýşme koeffisiýentleri dogry saýlanyp alnyşy wajyp mesele bolýar. Süýşme koeffisiýentleriniň sýlanyp alnyşynyň birnäçe usullsry bar.

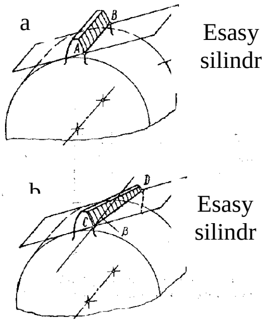
Biziň ýurdumyzda iki usulyny ulanýarlar:

1. Korrigirlemek В. Н. Кудрявцев usuly boýunça.
2. ЦКБР (Ценральное конструкторское бюро редуктоpостроения) usuly.

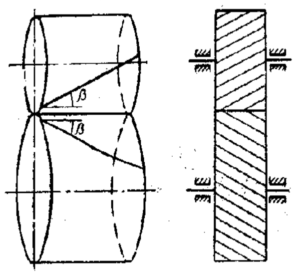
1-nji usul boýunça süýşmek koeffisiýentleri ξ_1 we ξ_2 dişleriň kontakt berkligi esasynda saýlanýar. Ýörite tablisada dişleriň sany boýunça süýşmek koeffisiýentleri tapylan. Şu usulda başgada görkezmeler gözöňüne tutulan: dişleriň düýbinden ýonulyşy, örtme koeffisoýentiň ýeterlik derejesi, iki dişleriň udel typmasynyň deňligi we şoňa görä. Şu usul boýunça dişli ilişmegiň taslamasy geçirilende agzalan häsýetlerini barlamak hökman däl. Taslama geçirip önümçilige hödürläýmeli, esasanam ýapyk dişli hereket geçiriji mehanizmler üçin. Şol mehanizmlerde iň wajyp kontakt berkligi.



Çyzgy V-26



Çyzgy V-27



Çyzgy V-28

ЦКБР usuly boýunça süýşmek koeffisiýentleri dişleriň udel typma koeffisiýentleriň deňligi esasynda saýlanyp alnan. Tigirleriň dişleriniň sanyna görä ýörite tablisalarda süýşme koeffisiýentleri ξ_1 we $\xi_i = \xi_1 + \xi_2$, we montaž ilişmek burçlary berlen.

Montaž ilişmek burçyny hasaplamak zerur bolmaýar. Tablisada deňölçegli $\xi_1 = -\xi_2$ we deňölçegsiz süýşmekli ilişmekler üçin maglumatlar berlen.

Aagzalan tablisalar şu kitabyň soňunda getirilen.

Daşky ilişmekde kiçi tigiriň diş sany $z_{min} < 17$ bolanda, dişleri ýasalan wagtynda düýbinden ýonulýar, şol sebäpli diş kesýän guraly süýşirip korrigirlemeli bolýar. Içki ilişmekde iç tarapynda dişleri bolan tigiriň ýasalan wagtynda diş sany $z_{min} < 85$ bolanda, dişleriň depesinden ýonulyp uçlanýar. Şu ýagdaýa bu kitapda seredilmedi.

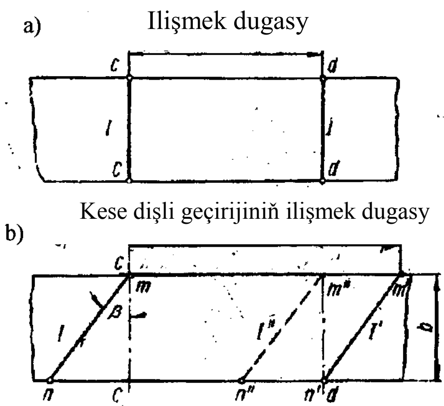
V.13. Kese dişli silindrik dişli tigirler

Öň seredilen dişli tigirleriň dişleri silindriň okuna parallel, dişleriň galtaşýan çyzyklary şol oka parallel bolany sebäpli olara göni dişli tigir diýilýär. Şol dişli tigirleriň dişleri birden bütin uzynlygy boýunça ilişmä girip çykýar. Aýlaw okuna perpendikulýar tekizliklerde ilişmegiň suraty geometriýa ýa-da wagta görä deň. Şol sebäpli dişli tigirler ýasalanda goýberilen ýalňyşlyklary (ädiminiň deň dälligi, ewolwentanyň ýalňyşlygy we şoňa görä) olaryň işini ýaramazlaşdyryp biler (sesi ulaldyp iş möhletini peseldip we ş.m.). Ondan başgada göni dişli ilişmegiň örtme koeffisiýenti pes (ikiden kiçi) bolany sebäpli birsydyrgyn işleýşi ýaramazlaşýar.

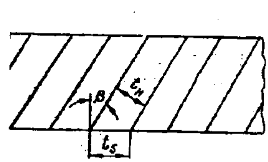
Şol agzalan kemçilikleriň täsirini azaltmak üçin kese dişli silindr tigirleri ulanýarlar (çyzgy V-26)

Dişleriň gapdal üstleriniň emele gelişi görkezilen (çyzgy V-27)

Silindriň okuna parallel tekizligiň AB çyzygy, silindriň üstünde typman aýlananda göni dişiň gapdal üstüni emele getirýär. AB çyzygyň hemme nokatlary ewolwenta boýunça hereket edip, dişiň silindriki ewolwentaly üstüni emele getirýär. Kese dişleriň gapdal üstüni emele getirýän çyzyk CD silindriň okuna parallel däl, şol ok bilen aralyk burçy β. CD çyzygy emele getirýän ewolwentasy silindriki däl, dişiň üsti wintli çyzykly ewolwenta bolýar.



Çyzgy V-29



Çyzgy V-30

Kese dişiň gapdal üstiniň başlangyç silindr bilen kesişýäni wintli çyzyk bolýar. Şol çyzygyň silindriň okuna ýapgytlyk burçy β (çyzgy V-28) kese dişli hereket geçirijiniň gapdal görnüşi görkezilen. (Başlangyç silindrler we dişleriň yzy görkezilen). Çyzgydan görünýär wint çyzyklaryň bir-birine girilişi iki tigirde dürli. Biri sag tarapdan girende beýlekisi çepden girýär. Wintli çyzygyň tigirleriň okuna ýapgytlygy iki tigirde-de deň bolmaly.

Kese dişli hereket geçirijiniň ilişmek suraty göni dişliniňki ýaly islendik keseliginde deň. Ýöne göni dişlide dişleriň hemme nokatlar birden ilişmä girende, kese dişli ilişmekde dişleriň nokatlary dişiň uzynlygy boýunça yzygiderli ilişmä girýär (çyzgy V-29). Göni dişli we kese dişli tigirleriniň başlangyç silindrleriniň ýazmasy görkezilen. Kese keseligine ilişme duganyň başlangyç cc we soňky dd çyzyklary görkezilen. I we I' dişleriň ilişmä giren we çykan ýagdaýy görkezilen. Kese – keseligine kese dişli tigiriň ilişme dugasyna deň bolanda-da, kese dişli tigiriň ilişmek dugasy umuman alanyňda göni dişli tigiriň ilişmek dugasyndan uzyn. Hakykatda alanyňda, ýokary kesilende kese dişler ilişmä (m) nokatda girip (m'') nokatda çykýar. Ýöne aşaky kesilende diş ilişmä girmändir. Ol (n') nokatda ilişmä girer, diş I' ýagdaýda doly ilişmekden çykýar. Kese dişli tigiriň ilişmek dugasy m''m' ölçegi göni dişli tigiriň ilişmek dugasyndan uly.

$$m''\, m' = b\, tg\beta$$

b – silindriň uzynlygy.

Kese dişli tigiriň örtme koeffisiýenti hem göni dişliniňkiden uly bolýar:

$$\varepsilon_k = \varepsilon_g + \frac{b\, tg\beta}{t_s} \qquad \text{(V-4)}$$

ε_g - göni dişli ilişmegiň örtme koeffisiýenti.

t_s – kese-keseliginde ädimi.

Şu deňlemeden görünýär tigiriň inini (b) we ýapgytlyk burçyny (β) ulaldyp örtme koeffisiýentini ulaldyp bolýar.

Käbir dişli hereket geçirijileriň örtme koeffisiýenti 8÷10 çenli bolup bilýär.

Dişleri kese bolan tigirlerde ädimi we moduly kese-keselikde we normal keselikde seretmeli (çyzgy V-30). çyzgydan ädimleriň başlangyjy deň:

$$t_s = \frac{t_n}{cos\beta} \qquad \text{(V-5)}$$

Şoňa görä kese we normal keseliklerde modullaryň başlangyjy deň bolýar:

$$m_s = \frac{m_n}{cos\beta} \qquad \text{(V-6)}$$

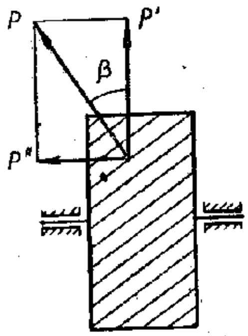
Standart modul diýip alynýar normal modul m_n (dişli tigirleriň ýasalşyna bagly). Şol sebäplinormal keseliginde ululyklary standartly bolýar, ýagny diş kesýän guralyň standartuulyklaryna görä.

Kese dişli tigiriň başlangyç töwereginiň diametri kese – keselik moduly m_s boýunça kesgitlenýär:

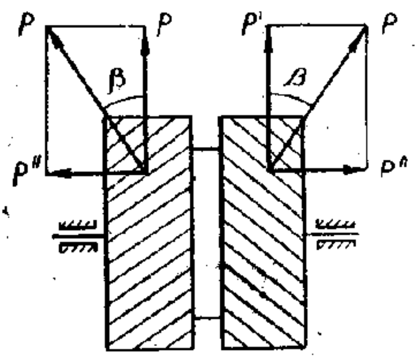
$$D = m_s\ z \qquad \text{(V-7)}$$

ýa-da

$$D = \frac{m_H}{cos\beta} \cdot z \qquad \text{(V-7a)}$$



Çyzgy V-31



Çyzgy V-32

Dişleriň beýikligi h normal we kese keseliklerde deň bolany sebäpli dişleriň depesinden we düýbinden geçýän töwerekleriň diýametrleri deň bolýar:

$$D_d = D + 2h' = m_s z + 2m_n \qquad (V\text{-}8)$$

$$D_f = D - 2h'' = m_s - 2.5m_n \qquad (V\text{-}9)$$

Kese dişli tigirlerde iş wagty ok boýunça süýşirýän güýç emele gelýär. Güýç ýapgytlyk burç β ulaldygyça ulalýar. Şol güýji kabul eder ýaly wallaryň daýançlarynda upor, radial upor konusly podşipnikler goýulýar (çyzgy V-31). şol kemçiligiň garşylygyna iki tarapy ýapgytly dişli tigirleri ulanýarlar. Olara şewron dişli tigir diýilýär (çyzgy V-32). Şewron tigirlerde oka täsir edýän güýçler bir-birine deňagramlyga getirýär. Ýöne iki taraply ýapgyt – şewron dişli tigirleri ýasamak gaty çylşyrymly we gymmat.

Mysal V-1. Korrigirlenen dişli hereket geçirijiniň taslamasyny düzmeli.

Berlen: $z_1 = 14$, $z_2 = 47$, $m = 8$ mm, $\alpha = 20^0$.

Ç ö z ü l i ş i :

ЦКБР korrigirlemek usuly boýunça deňölçegli süýşmekli dişli hereket geçirijiniň taslamasyny düzýäris.

1. Paýlaýjy töwerekleriň radiusy, deňölçegli süýşmekde başlangyç töwerekler bilen gabat gelýär.

$$r'_{b1} = r_{p1} = \frac{mz_1}{2} = \frac{8 \cdot 14}{2} = 56\ mm$$

$$r'_{b2} = r_{p2} = \frac{mz_2}{2} = \frac{8 \cdot 47}{2} = 188\ mm$$

2. Tigirleriň oklarynyň aralygyny kesgitleýäris:

$$a_w = r'_{b1} + r'_{b2} = 56 + 188 = 244\ mm$$

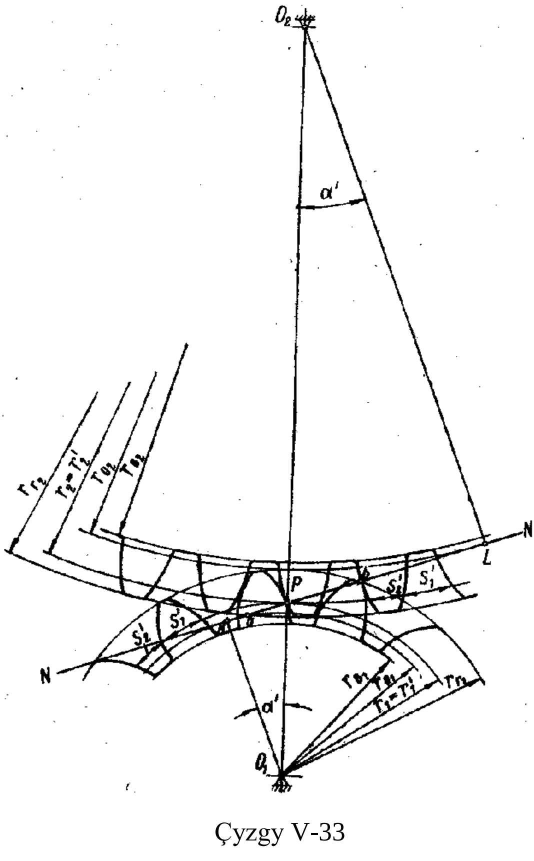
3. Esasy töwerekleriň radiuslary:

$$r_{e1} = r'_{b1} \cos\alpha = 56 \cos 20^0 = 52{,}6 \text{ mm.}$$

$$r_{e2} = r'_{b2} \cos\alpha = 188 \cos 20^0 = 176{,}7 \text{ mm.}$$

4. ЦКБР düzen tablisadan

z_1 / z_2	40	50
14	0,395	0,427



Çyzgy V-33

Interpolýasiýany ulanyp $z_2 = 47$ deň bolanda

$$\xi_1 = -\xi_2 = 0.395 + \frac{(0.427-0.395)\cdot 7}{50-40} = 0.418.$$

$$\xi_1 = 0.418; \quad \xi_2 = -0.418$$

5. Dişleriň düýbinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{f1} = r_{p1} + m(\xi_1 - 1.25) = 56 + 8(0.418 - 1.25) = 49.35\,mm$$

$$r_{f2} = r_{p2} + m(\xi_2 - 1.25) = 188 + 8(-0.418 - 1.25) =$$
$$= 174.65\,mm$$

6. Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{d1} = r_{p1} + m(\xi_1 + 1) = 56 + 8(0.418 + 1) = 67.35\,mm$$

$$r_{d2} = r_{p2} + m(\xi_2 + 1) = 188 + 8(-0.418 + 1) = 192.65\,mm$$

7. Paýlaýjy töwerek boýunça ädimi:

$$t = \pi\, m = 3.14 \cdot 8 = 25.12\ mm.$$

8. Paýlaýjy töwerek boýunça dişleriň galyňlygy:

$$S'_1 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_1 tg\alpha\right) = 8\left(\frac{3.14}{2} + 2 \cdot 0.418\, tg20^0\right) = 15\,mm.$$

$$S'_2 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_2\, tg\alpha\right) = 8\left(\frac{3.14}{2} - 2 \cdot 0.418\, tg20^0\right) = 10.12\,mm.$$

9. Dişli tigirleriň hemme ululyklaryny kesgitländen soňra dişli ilişmegi gurýarys, öň düşündirilişi ýaly (çyzgy V-33).

10. Örtme koeffisiýenti:

$$\varepsilon = \frac{ab}{\pi \cdot cos\alpha} = \frac{35}{3.14 \cdot cos20^0} = 1.49$$

ab = 35 mm cyzgydan alnan.

Mysal V-2. Daşky ilişmeli dişli hereket geçirijiniň taslamasyny düzmeli.

Berlen: $z_1=9$, $i_{12}=1.2$, $m=12$ *mm*, $\alpha=20^0$ (çyzgy V-34).

Ç ö z ü l i ş i :

1. Iki dişli tigiriň diş sany:

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = 1.2$$

$$z_2 = i_{12} \cdot z_1 = 1.2 \cdot 9 = 10.8$$

Kabul edýäris: $z_2 = 11$

2. Paýlaýjy töwerekleriň radiuslary.

$$r_{p1} = \frac{mz_1}{2} = \frac{12\cdot 9}{2} = 54\ mm$$

$$r_{p2} = \frac{mz_2}{2} = \frac{12\cdot 11}{2} = 66\ mm$$

3. Esasy töwerekleriň radiuslary:

$r_{e1} = r_{p1}\cos\alpha = 54\cos 20^0 = 50.75$ mm

$r_{e2} = r_{p2}\cos\alpha = 66\cos 20^0 = 62$ mm

4. Dişleriň sany 17 az bolanda diş kesýän guraly süýşirmeli:

$$\xi_1 = \frac{17 - z_1}{17} = \frac{17-9}{17} = 0.470$$

$$\xi_2 = \frac{17 - z_2}{17} = \frac{17-11}{17} = 0.352$$

Ilişmek položitel deňölçegsiz süýşirilen $\xi_1 + \xi_2 > 0$

5. Montaž ilişmek burçy:

$$inv\alpha' = \frac{2(\xi_1+\xi_2)}{z_1+z_2} tg\alpha + inv\alpha = \frac{2(0.470+0.352)\ tg20^0}{9+11} +$$
$$+inv20^0 = 0.0448248$$

Tablisa 1 – den $\alpha' = 28^0\,21'$.

6. Başlangyç töwerekleriň radiuslary:

$$r_{b1} = r_{p1}\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha'} = 54\frac{\cos 20^0}{\cos 28^0 21'} = 57.65\ mm$$

$$r_{b2} = r_{p2}\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha'} = 66\frac{\cos 20^0}{\cos 28^0 21'} = 70.5\ mm$$

7. Oklaryň aralygy:

$a'_w = r'_{b1} + r'_{b2} = 57.65 + 70.5 = 128.55$ *mm.*

8. Dişleriň düýbinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{f1} = r_{p1} + m(\xi_1 - 1.25) = 54 + 12(0.47 - 1.25) = 44.64\ mm$$

$$r_{f2} = r_{p2} + m(\xi_2 - 1.25) = 66 + 12(0.352 - 1.25) = 55.22\ mm$$

9. Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{d1} = a'_w - r_{f2} - c = 128.15 - 55.22 - 0.25\ 12 = 69.9\ mm.$$

$$r_{d2} = a'_w - r_{f1} - c = 128.15 - 44.64 - 0.25\ 12 = 80.5\ mm.$$

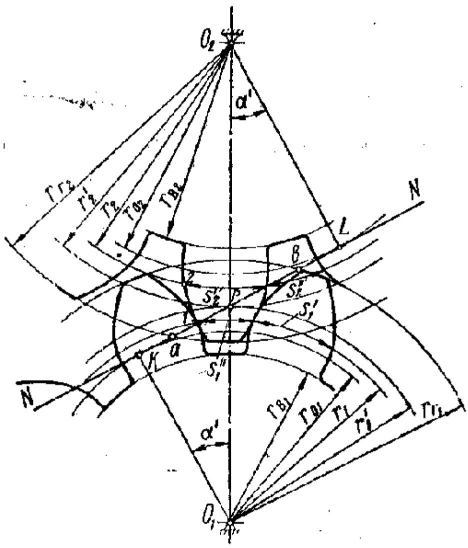
10. Paýlaýjy töwerekler boýunça ädimi:

$$t = \pi\ m = 3.14\ \ 12 = 37.7\ \text{mm}$$

11. Paýlaýjy töwerekler boýunça dişleriň galyňlygy:

$$S'_1 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_1 tg\alpha\right) = 12\left(\frac{3.14}{2} + 2 \cdot 0.47\ tg20^0\right) = 22.95\ mm.$$

$$S'_2 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_2\ tg\alpha\right) = 8\left(\frac{3.14}{2} + 2 \cdot 0.352\ tg20^0\right) = 21.95\ mm.$$



Çyzgy V-34

12. Iki diş aralyklary paýlaýjy töwerek boýunça:

$$S''_1 = t - S'_1 = 37.7 - 22.95 = 14.75\ mm.$$

$$S''_2 = t - S'_2 = 37.7 - 21.95 = 15.75\ mm.$$

13. Dişli ilişmegi gurýarys (çyzgy V-34).
14. Başlangyç töweregi boýunça ädimi:

$$t' = t\frac{cos\alpha}{cos\alpha\prime} = 37.7\frac{cos20^0}{cos28^021\prime} = 40.25\,mm$$

15. Örtme koeffisiýenti:

$$\varepsilon = \frac{ab}{t\prime cos\alpha\prime} = \frac{38.5}{40.25\cdot cos28^021\prime} = 1.1$$

ab – hakyky ilişmek çyzygy çyzgydan alnan, *ab=38.5 mm.*

Mysal V-3. Dişli hereket geçirijiniň taslamasyny düzmeli: oklaryň aralygy üýtgemeli däl a_w=120 mm, moduly m=6 mm, geçiriji gatnaşygy $i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = 2$ (çyzgy V-35).

Ç ö z ü l i ş i :

1. Dişler sany: $a_w = \frac{m(z_1+z_2)}{2}$

   ýa-da $z_1 + z_2 = \frac{2a_w}{m} = \frac{2\cdot 120}{m} = 40$

   Başga tarapdan:

   $$\frac{z_2}{z_1} = 2.$$

   Iki deňlemeleri bilelikde işläp:

   $$z_1 = 13\frac{1}{3};\quad z_2 = \frac{2}{3}$$

   Diş sany bitin bolmaly, onda kabul edýäris:

   $$z_1 = 13;\ z_2 = 26.$$

Dişleriň jemi: $z_1 + z_2 = 39$, öňki 40 standart ilişmekden az, şol sebäpli korrigirlemeli bolýar, oklaryň aralygy üýtgemeli däl.

Diýmek korrigirlenen ilişmekde oklaryň aralygy *a'_w =120 mm.*

1. Standart ilişmegiň oklar aralygy bolýar deň:

$$a_w = \frac{m}{2}(z_1 + z_2) = \frac{6}{2}(13 + 26) = 117\ mm.$$

2. Montaž ilişmek burçy:

$$cos\alpha' = \frac{a_w cos\alpha}{a'_w} = \frac{117 \cdot cos20^0}{120} = 0.9161$$

$$\alpha' = 23^0 28'.$$

3. Otnositel süýşmek koeffisiýentleri:

$$\xi_1 + \xi_2 = \frac{(inv\alpha\prime - inv\alpha)(z_1 + z_2)}{2tg\alpha} = \frac{2(0.0251+0.0149)\ (13+26)}{2tg20^0} = 0.546$$

$$inv\alpha' = inv23^0 38' = 0.0251$$

$inv\alpha = inv20^0 = 0.0149$ 1-nji tablisadan alnan.

I warianty.

$$\xi_1 = \frac{17 - z_1}{17} = \frac{17 - 13}{17} = 0.235$$

Onda: $\xi_2 = (\xi_1 + \xi_2) - \xi_1 = 0.546 - 0.235 = 0.311$

II warianty.

$$\xi_1 = \xi_2 = \frac{\xi_1 + \xi_2}{2} = \frac{0.546}{2} = 0.273.$$

Dişli ilişmegiň ululyklaryny II wariant boýunça hasaplaýarys.

4. Paýlaýjy töwerekleriň radiuslary:

$$r_{p1} = \frac{mz_1}{2} = \frac{6 \cdot 13}{2} = 39\ mm$$

$$r_{p2} = \frac{mz_2}{2} = \frac{6 \cdot 26}{2} = 78\ mm$$

5. Esasy töwerekleriň radiuslary:

$$r_{e1} = r_{p1}\ cos\alpha = 39\ cos20^0 = 36.7\ mm$$

$$r_{e2} = r_{p2}\ cos\alpha = 78\ cos20^0 = 73.4\ mm$$

6. Başlangyç töwerekleriň radiuslary:

$$a'_w = r'_{b1} + r'_{b2} = 120\ mm$$

$$\frac{r'_{b2}}{r'_{b1}} = i_{12} = 2$$

Onda: r'_{b1}=40 mm; r'_{b2}=80 mm.

7. Dişleriň düýbinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{f1} = r_{p1} + m(\xi_1 - 1.25) = 39 + 6(0.273 - 1.25) = 33.14\,mm$$

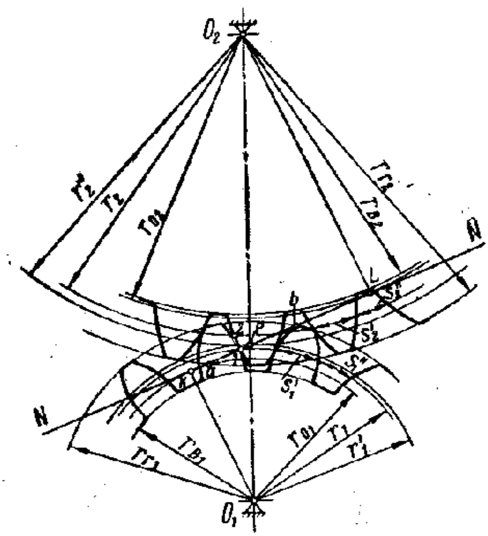
$$r_{f2} = r_{p2} + m(\xi_2 - 1.25) = 78 + 6(0.273 - 1.25) = 72.14\,mm$$

8. Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$r_{d1} = a'_w - r_{f2} - c = 120 - 72.14 - 0.25 \cdot 6 = 46.36\ mm.$

$r_{d2} = a'_w - r_{f1} - c = 128.15 - 44.64 - 0.25\ 1\ 2 = 85.36\ mm.$

9. Paýlaýjy töwerekler boýunça ädimi:



Çyzgy V-35

t = π m = 3.14 · 6 = 18.84 mm

10. Paýlaýjy töwerek boýunça dişleriň galyňlyklary deň, sebäbi deňölçegli süýşmek $\xi_1 = \xi_2 = 0.273.$

$$S'_1 = S'_2 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi tg\alpha\right) = 6(0.5\pi + 2 \cdot 0.273\ tg20^0) =$$
$$= 10.6\ mm.$$

11. Iki diş aralyklary paýlaýjy töwerek boýunça:

$$S''_1=S''_2=t-S'_1=t-S'_2=18.84-10.6=8.24\ mm.$$

12. Dişli ilişmegi gurýarys.

Mysal V-4. Dişli hereket geçirijiniň taslamasyny düzmeli berlenler boýunça. $z_1 = 10$, $z_2 = 12$, $m = 10$ mm, $\alpha = 20^0$ (çyzgy V-36).

Ç ö z ü l i ş i :

1. ЦКБР usuly boýunça korrigirleýäris. Tablisa III – den: Birinji tigiriň süýşmek koeffisiýent:

$$\xi_1 = 0.558$$
$$\xi_j = \xi_1 + \xi_2 = 1.083$$

Ilişmek burçy: $\alpha'=29^030'19''$

1. Ikinji tigiriň süýşmek koeffisiýenti:

$$\xi_2 = \xi_j - \xi_1 = 1.083 - 0.558 = 0.525$$

2. Paýlaýjy töwerekleriň radiuslary:

$$r_{p1} = \frac{mz_1}{2} = \frac{10 \cdot 10}{2} = 50\ mm$$
$$r_{p2} = \frac{mz_2}{2} = \frac{10 \cdot 12}{2} = 60\ mm$$

3. Esasy töwerekleriň radiuslary:

$$r_{e1} = \frac{mz_1}{2} cos\alpha = 50\ cos20^0 = 47\ mm$$
$$r_{e2} = \frac{mz_2}{2}\ cos\alpha = 60\ cos20^0 = 56.4\ mm$$

4. Başlangyç töwerekleriň radiuslary:

$$r_{b1} = r_{p1} \frac{cos\alpha}{cos\alpha'} = 50 \frac{cos20^0}{cos29^030'19''} = 54\ mm$$

$$r_{b2} = r_{p2}\frac{cos\alpha}{cos\alpha'} = 60\frac{cos20^0}{cos29^0 30' 19''} = 64.8\,mm$$

5. Oklaryň aralygy:

$$a_w = r'_{b1} + r'_{b2} = 54 + 64.8 = 118.8\ mm$$

6. Dişleriň düýbinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

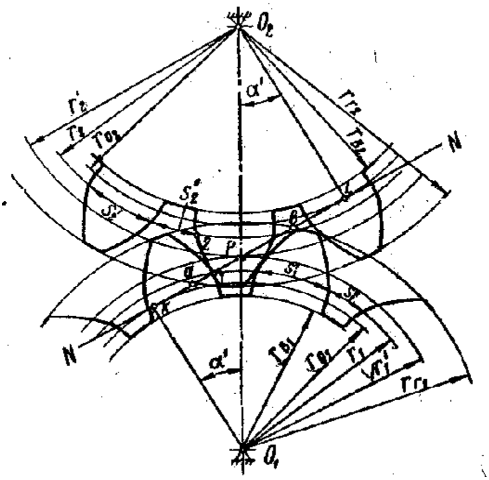
$$r_{f1} = r_{p1} + m(\xi_1 - 1.25) = 50 + 10(0.558 - 1.25) = 43.08\,mm$$

$$r_{f2} = r_{p2} + m(\xi_2 - 1.25) = 60 + 10(0.525 - 1.25) = 52.75\,mm$$

7. Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{d1} = a'_w - r_{f2} - c = 118.8 - 52.75 - 0.25 \cdot 10 = 63.5\ mm.$$

$$r_{d2} = a'_w - r_{f1} - c = 118.8 - 43.08 - 0.25 \cdot 10 = 73.22\ mm.$$



Çyzgy V-36

8. Paýlaýjy töwerekler boýunça ädimi:

$$t = \pi\, m = 3.14 \cdot 10 = 31.4\ mm$$

9. Paýlaýjy töwerekler boýunça dişleriň galyňlygy:

$$S'_1 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_1 tg\alpha\right) = 10\left(\frac{3.14}{2} + 2\cdot 0.558\ tg20^0\right) = 19.76\,mm.$$

$$S'_2 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_2\, tg\alpha\right) = 10\left(\frac{3.14}{2} + 2 \cdot 0.525\, tg20^0\right) = 19.52\, mm.$$

10. Paýlaýjy töwerek boýunça iki diş aralyklary:

$S''_1 = t - S'_1 = 31.4 - 19.76 = 11.64\ mm.$

$S''_2 = t - S'_2 = 31.4 - 19.52 = 11.88\ mm.$

11. Dişli ilişmegi guryarys.

Mysal V-5. Berlenler boýunça kese dişli hereket geçirijiniň taslamasyny düzmeli: a_w = 140 mm, geçiriji gatnaşygy $i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = 1.5$, ilişmek moduly m = 5mm.

Ç ö z ü l i ş i :

Ilki göni dişli tigirler üçin işläp çözýäris.

1. Diş sanyny kesgitleýäris.

$$z_1 + z_2 = \frac{2a_w}{m} = \frac{2 \cdot 140}{5} = 56$$

Başga tarapdan: $\frac{z_2}{z_1} = 1.5$

Iki deňlemäni bilelikde ilşläp:

$z_1 = 22.4$; $z_2 = 33.6$.

diş sany bitin bolmalylygy sebäpli kabu edýäris: $z_1 = 22$; $z_2 = 33$.

Diş sanynyň jemi $z_1 + z_2 = 22 + 33 = 55$ hakykatda ($z_1 + z_2 = 56$) standart dişli ilişmegiňkiden azlygy üçin göni dişli ilişmegi ýerine ýetirip bolanok. Şol sebäpli kese dişli korrigirlenen ilişmegi alýarys.

2. Gapdal keseliginde modul deň:

$$m_s = \frac{2a_w}{z_1+z_2} = \frac{2 \cdot 140}{22+33} = 5.1\, mm.$$

3. Normal keseliginde standart modul m_n=5 mm diýip alyp, dişleriň ýapgytlyk burçyny kesgitleýäris:

$$\cos\beta = \frac{m_n}{m_s} = \frac{5}{5.1} = 0.981$$

$$\beta = 11^0 10'$$

4. Başlangyç silindrleriň diametrleri deň:

$$D_1 = m_s z_1 = 5.1 \cdot 22 = 112 \ mm.$$

$$D_2 = m_s z_2 = 5.1 \cdot 33 = 168 \ mm.$$

5. Dişleriň depesinden geçýän silindrleriň diametrleri:

$$D_{d1} = D_1 + 2m_n = 112 + 2 \cdot 5 = 122 \ mm.$$

$$D_{d2} = D_1 + 2m_n = 168 + 2 \cdot 5 = 178 \ mm.$$

6. Dişleriň düýbinden geçýän silindrleriň diametrleri:

$$D_{f1} = D_1 - 2.5m_n = 112 - 2.5 \cdot 5 = 99.5 \ mm.$$

$$D_{f2} = D_2 - 2.5m_n = 168 - 2.5 \cdot 5 = 155.5 \ mm.$$

V.14. Giňişlikde hereket edýän dişli tigirler

Konusly dişli tigirler

Kesişýän oklaryň arasynda aýlaw hereketini geçirmek üçin konusly dişli tigirler ulanýarlar. Olaryň kesişýän burçy 90^0 bolan hereket geçiriji mehanizmleri köp ulanýarlar, ýöne kesişýän burçy islendik ululykda bolup bilýär (çyzgy V-37). silindriki dişli geçirijilerdäki ýaly, konusly dişli geçirijilerde başlangyç konus diýilen düşünjäni ulanýarlar. Başlangyç konuslar biri-birine galtaşyp typman aýlanyp, geçiriji gatnaşygyny hemişelikde saklaýarlar (çyzgy V-37).

Eger-de birinji we ikinji konuslar biri-biriniň üstünde typman aýlananda, iki konusa degişli ýörediji çyzygyň (OP) islendik nokadynda "P" tizlikleri deň bolýar.

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 \qquad \text{(V-10)}$$

ýa-da $$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} \qquad \text{(V-11)}$$

Çyzgydan $r_1 = OP\ sin\varphi_1$ we $r_2 = OP\ sin\varphi_2$ (V-12)

Onda $$i_{12} = \frac{sin\varphi_2}{sin\varphi_1} \qquad \text{(V-13)}$$

Şu seredilen konuslarda φ_1 we φ_2 hemişelik bolany sebäpli geçirijilik gatnaşygy hem hemişelik bolýar.

Konusly dişli hereket geçirijiniň köpüsiniň

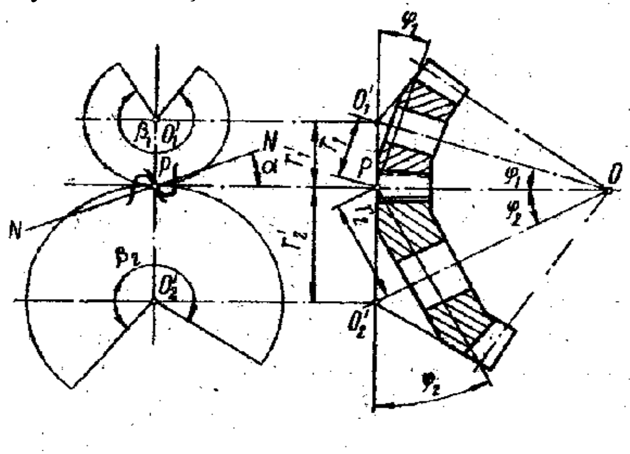
$$\varphi_1 + \varphi_2 = 90^0 \qquad \text{(V-13a)}$$

bolany sebäpli (V-13) deňleme deň bolýar:

$$i_{12} = \frac{sin\varphi_2}{sin\varphi_1} = tg\varphi_2 = \frac{1}{tg\varphi_1} \qquad \text{(V-13 b)}$$

OP çyzyk bir tigiriň beýleki tigire görä şol pursatdaky aýlaw oky bolýar, sebäbi OP çyzykdaky iki konuslara degişli nokatlaryň tizlikleri deň. Konusyň gapdalynda ýerleşýän dişler bilen konuslar herekete getirilýär. Dişleriň ini “b” konusly dişli hereket geçirijileriň dişleriniň profili ewolwentaly ýa-da sikloidalnyý bolup bilýär. Önümçilikde köplenç ewolwentaly dişli tigirleri ulanýarlar. Dişiň profili ewolwentaly bolanda ilişmek meýdany (dişleriň gatnaşýan çyzyklaryna geometriki ýeri) NN tekizlik bolýar (çyzgy V-37). NN tekizlik bilen TT tekizlikleriň arasyndaky burça “α” ilişmek burçy diýilýär. NN tekizlikde şol pursatdaky aýlaw oky “OP” ýerleşýär. TT tekizlik iki başlangyç konuslara umumy galtaşýan tekizlik. Standart konusly dişli tigirlerde ilişmek burçy $\alpha=20^0$.

NN tekizlige galtaşýan oklary başlangyç konuslaryň oklary bilen gabat gelýän konuslara esasy diýilýär. Depesindäki burçlarynyň ýarsy φ_{e1} we φ_{e2}. Çyzgyda punktir çyzyklar bilen görkezilen, NN ilişmek tekizligi diýilýär. Esasy konuslaryň üstünden ilişmek tekizligi (NN) typdyrman aýlanda konus tigirleriň dişleriniň gapdal üsti emele gelýär. Olaryň ilişmek tekizliginde döredýän çyzyklary esasy konuslary döredýän çyzyklar bilen gabat gelýär. Konusly dişli tigiriň dişiniň gapdal üstüniň emele gelişini gözöňüne getirmek üçin b inli list kagyzy esasy konusa dolap, listi açyp başlanda “*ab*” gyrasynyň hereket ýoly a_1b_1 geçende ewolwentaly konusly üsti bolýar. “*ab*” çyzyk esasy konusy dörediji çyzyklar bilen gabat gelmeli we açylýan kagyzyň tekizligi esasy konusa mydama galtaşýan bolmaly. Şonda “*ab*” gyranyň her bir nokady sferaly ewolwentany bölýär, sebäbi şol nokat bilen konusyň depesiniň (O nokat) aralygy mydama hemişelik.



Çyzgy V-37

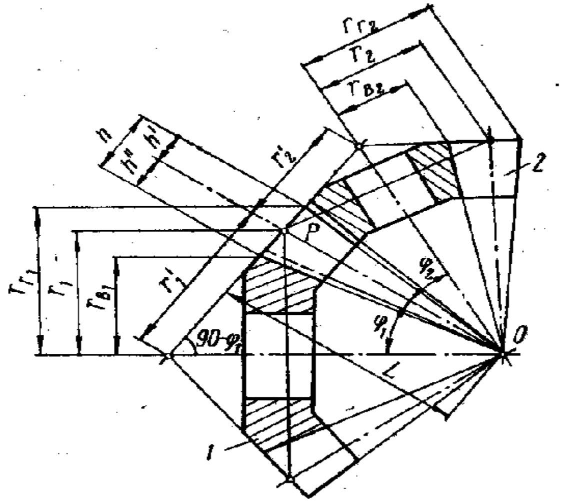
Başlangyç konus dişi beýikligi boýunça ikä bölýär: I – dişiň düýbi, II – dişiň depesi (çyzgy V-38).

Konusly dişli tigirleriň içki we daşky gapdal üstleri başlangyç konuslara goşmaça konuslar boýunça ýasalýar. Şol konuslary dörediji çyzyklaryň aralyk burçy 90_0.

Konusly dişli tigirleriň ädimi we moduly hemişelik däl. Olar başlangyç konuslaryň depesine golaýlaşýança kiçelýär. Başlangyç konuslaryň goşmaça konuslar bilen kesişýän töwerekleriniň radiuslary r_1 we r_2. Şol töwereklere başlangyç diýilýär, olar boýunça alnan modul standart hasaplanýar. Standart konusly dişli tigirleriň başlangyç töwerekler boýunça radiuslary r_1 we r_2, ädimi t, dişleriň galyňlygy S' we iki diş aralyklary S" silindr dişli tigirler üçin deňlemelere meňzeş.

$$r_1 = \frac{mz_1}{2}; \qquad r_2 = \frac{mz_2}{2};$$

$$t=\pi\, m; \quad S' = S'' = \frac{\pi m}{2};$$



Çyzgy V-38

Dişiň depesiniň beýikligi h_1 we düýbiniň beýikligi h_2 daşky goşmaça konusy dörediji çyzyk boýunça ölçenilýär.

$$h_1 = m; \quad h_2 = 1.25\, m; \quad h = h_1 + h_2 = 2.25\, m.$$

Dişleriň depesinden we düýbinden geçýän töwerekleriň radiuslary daşky konus boýunça ölçenilýär, olary kesgitleýän deňlemeler silindr dişli tigirleriň deňlemelerinden tapawutlanýar, sebäbi başlangyç töwerekleriň radiuslaryň we dişleriň beýikliginiň ölçenilýän ugurlary gabat gelenok. Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary deň:

$$r_{d1} = r_1 + h'cos\varphi_1 = m\left(\frac{z_1}{2} + cos\varphi_1\right) \qquad \text{(V-14)}$$

$$r_{d2} = r_2 + h'cos\varphi_2 = m\left(\frac{z_2}{2} + cos\varphi_2\right)$$

Diş düýbinden geçýän töwerekleriň radiuslary deň:

$$r_{f1} = r_1 - h'' = m\left(\frac{z_1}{2} - 1.25cos\varphi_1\right) \qquad \text{(V-15)}$$

$$r_{f2} = r_2 - h'' = m\left(\frac{z_2}{2} - 1.25cos\varphi_2\right)$$

Konuslaryň aralyk uzynlygy deň:

$$L = \frac{r_1}{sin\varphi_1} = \frac{r_2}{sin\varphi_2} \qquad \text{(V-16)}$$

Konusly hereket geçirijiniň ilişmek suratyny doly we dogry görkezmesi kyn, sebäbi dişleriň ewolwentalary sferaň üstinde ýerleşýär. Sferanyň ýazmasyny dogry görkezip bolanok. Ilişmek suratyny çen boýunça görkezýärler.

Daşky goşmaça konuslarda dişleriň profilleri OP radiusly sferanyň üstündäki dişleriň ewolwentaly profiline golaý. Şol sebäpli ilişmek suratyny çen boýunça görüp bolýar, eger-de daşky goşmaça konuslaryň gapdal üstüni tekizligiň üstüne ýazaňda (çyzgy V-37).

Çyzgynyň sag tarapynda konusly geçiriji tigirleriň oklary boýunça kesilişi görkezilen. Çep tarapynda goşmaça konuslaryň ýazmasy gurulan. r'_1 we r'_2 radiusly töwerekler goşmaça konuslary döredýän çyzyklaryň uzynlygyna deň.

$$r'_1 = \frac{r_1}{cos\varphi_1};\; r'_2 = \frac{r_2}{cos\varphi_2} \qquad \text{(V-17)}$$

Olar başlangyç kömekçi töwerekler bolýar. Ädimi (t), dişiň galyňlygy (S'), iki diş aralygy (S'') we modul (m) şol töwerekler boýunça, hakyky başlangyç töwerekler boýunça ululyklara deň. Ýazmada, dişiň beýikligi (h), dişiň depesiniň beýikligi (h_1) we dişiň düýbiniň beýikligi hem üýtgänoklar. Dişiň ewolwent profili biraz üýtgeýär, goşmaça başlangyç töwerekden daşlaşdygyça üýtgeýşi ulalýar. Şol agzalan töwereklerde profiller üýtgedilmän gurulýar, şol sebäpli ilişmek burçy (α) hem üýtgemän görkezilen.

Kömekçi başlangyç töwerekler doly däl, olaryň merkezi burçlary β_1 we β_2 deň:

$$\beta_1 r'_1 = 2\pi r_1; \quad \beta_2 r'_2 = 2\pi r_2$$

ýa-da

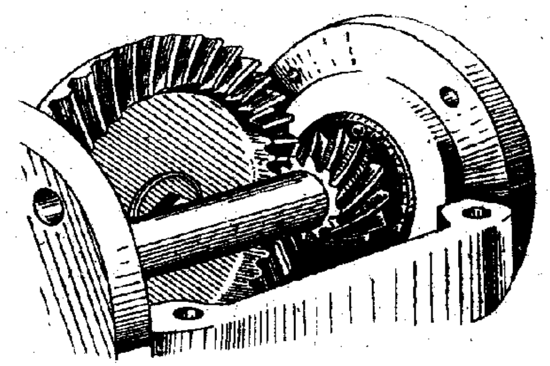
$$\beta_1 = \frac{2\pi r_1}{r'_1}; \qquad \beta_2 = \frac{2\pi r_2}{r'_2};$$

Ýa-da:

$$\beta_1 = 2\pi \cos\varphi_1; \quad \beta_2 = 2\pi \cos\varphi_2 \qquad \text{(V-18)}$$

töwerekler doly çyzylanda diş sany bolmalysyndan köpeler. Diş sany deň:

$$z_1 = \frac{2\pi r'_1}{t} = \frac{2\pi r_1}{t\cos\varphi_1} = \frac{tz_1}{t\cos\varphi_1} = \frac{z_1}{\cos\varphi_1} \qquad \text{(V-19)}$$



Çyzgy V-39

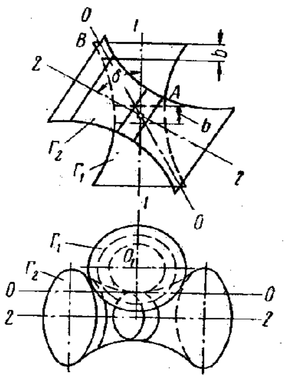
$$z'_2 = \frac{z_2}{\cos\varphi_2}$$

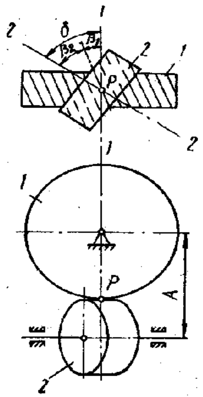
Konusly dişli hereket geçirijiniň ilişmek suratyna seredeniňde ony silindrli dişli ilişmegiň suratyna çen boýunça çalşyp bolýar. Başlangyç töwerekleriň radiuslary daşky goşmaça konuslary dörediji çyzyklaryň uzynlyklaryna deň diýip almaly. Olaryň modullary we ilişmek burçlary deň bolmaly. Çalşylan silindrli hereket geçirijiniň häsýet görkezmeleri konusly hereket geçirijiniň häsýet görkezmelerine golaý bolýar. Konusly dişli geçirijileriň dişleri diňe göni däl-de, kese hem bolup bilýär (çyzgy V-39).

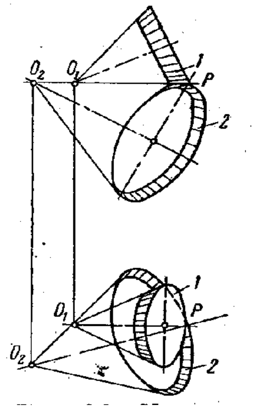
Giperboloidli hereket geçirijiler

Tigirleriň oklary atanakly geçýän wallaryň arasynda aýlaw hereketi geçirmek üçin giperboloidli dişli tigirleri ulanýarlar. Geçirijilik gatnaşygy hemişelik bolmagy üçin: silindrli dişli geçirijilerde – konus, giperboloidli dişli geçirijilerde başlangyç üsti giperboloida bolýar. Aýlaw hereketi geçirilende başlangyç giperboloidalar göni çyzyk boýunça galtaşyp biri-biriniň üstünden typman hereket edýärler.

Giperboloidalaryň galtaşýan göni çyzyk şol pursatda bir giperboloidanyň beýlekä görä aýlaw wintli oky bolýar (çyzgy V-40).


Çyzgy V-40


Çyzgy V-41


Çyzgy V-42

Çyzgyda iki tigiriň oklary 1–1 we 2–2 atanakly geçýän ýerinde giperboloidalar G_1 we G_2 görkezilen. Giperboloidalaryň galtaşýan çyzygy O – O, otnsitel hereketde şol pursatly wintli oky bolýar. Çyzykda giperboloidalar şeýle görkezilen: gorizontal proeksiýasynda aýlaw oky “1-1” O nokada düşýär, beýlekiniňki 2 – 2 aýlaw oky bilen galtaşýan çyzyk O – O gorizontal çyzyk bolýar. Ilişmek üçin belli bir aralyklaryny ulanýarlar. Giperboloidanyň iň dar ýerinde (A aralyk) ýa-da şol ýerden daşyrakda şol aralyklar ýerleşýär (B aralyk) (çyzgy V-41).

Ilişmek A aralykda bolanda, şol ýerini silindre golaý diýip alyp bolýar, başlangyç giperboloidalary başlangyç silindrlere çalşyp bolýar. Şonuň ýaly dişli tigirlere wintli diýilýär. Wintli dişli tigirlerde, kese dişli silindrli tigirler ýaly, dişleriň ugry bilen tigirleriň oky β burçy emele getirýär.dişleriň ýapgytlyk ugurlary dişleriň otnositel typmak tizliginiň ugry bilen gabat gelmeli, başgaça aýdylanda ýapgytlyk ugurlary şol pursatda wintli okuň aýlawy bilen gabat gelmeli.

Şol sebäpli tigirleriň okuna dişleriň ýapgytlyk burçlary deň bolmaly tigirleriň oklary bilen şol pursatdaky wintli aýlaw oky aralyk burça. “B” aralygy çen boýunça konusly diýip alyp bolýar. Başlangyç giperboloidalary başlangyç konuslara çalşyp bolýar. Şonuň ýaly dişli geçirijilere gipoidli diýilýär (çyzgy V-42).

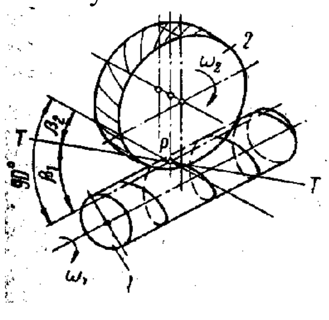
Wintli we gipoidli geçirijileriň geçirijilik gatnaşyklary deň:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Wintli we gipoidli geçirijileriň kemçilikleri: Oklary boýunça güýçler täsir edýär, otnositel typmalary uly bolan sebäpli sürtülmesi uly bolýar.

Burumly dişli geçirijiler

Atanakly oklaryň arasynda aýlaw hereketi geçirmek üçin burumly dişli geçirijileri ulanýarlar. köplenç oklarynyň arasyndaky burç 90^0 bolýar.



Çyzgy V-43

Burumly geçirijini wintli diýip seredip bolýar, belli bir şert bilen, dişleriniň oklara ýapgytlyk burçlary β_1 we β_2 bir-birinden epesli tapawutlanýarlar (çyzgy V-43). çyzgyda görkezilen başlangyç silindrleriň we şol töwereklerde dişleriň wint çyzyklarynda ýerleşeni. Birinji silindrde wint çyzyk bilen okunyň aralyk burçy uly. Şol sebäpli wint çyzyk silindriň daşynda birnäçe gezek aýlanýar. Ikinji silindrde β_2 burç has kiçi bolany sebäpli wint çyzygyň bir bölejigi silindriň üstünde ýerleşýär. Birinji tigiriň başlangyç töwereginde wint çyzyk birnäçe gezek aýlanany sebäpli burum diýip atlandyrýarlar, ikinji tigire burumly diýilýär. Dişli ilişmegi burumly diýip atlandyrýarlar. Burum trapeseidal hyrly wint (çyzgy V-44). burumyň hemme ululyklary modul boýunça kesgitlenýär:

Ädimi: $t = \pi$ m.

Dişiň depesiniň beýikligi: $h_1 = 1$ m.

Dişiň düýbiniň beýikligi: $h_2 = 1{,}25$ m.

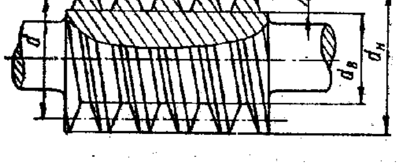
Başlangyç silindriň radiusy:

$$r = \frac{q \cdot m}{2}; \qquad d = g\,m \qquad \text{(V-20)}$$

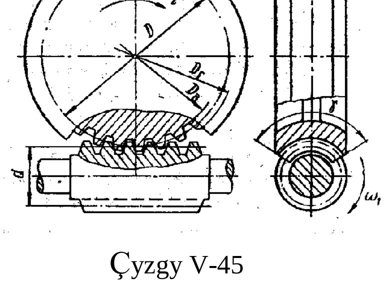
q = 8 ÷ 13 aralykda bitin san bolmaly.

Burumyň içki silindriniň radiusy:

$$r_i = \frac{m(q-2{,}5)}{2} \qquad \text{(V-21)}$$



Çyzgy V-44



Çyzgy V-45

Daşky silindriň radiusy: $r_d = \frac{m(q+2)}{2}$ (V-22)

Diametri boýunça okuna perpendikulýar keseliginde, burumly ilişmek ewolwentaly reýkaly ilişmek ýaly. Şol keselige – baş keselik diýilýär (çyzgy V-45). tigiriň başlangyç töweregiň diametri deň:

$$D = m\, z_{ç.t}\,.$$

Dişleriň depesinden geçýän töweregiň diametri deň:

$$D_d = m(z_{ç.t} + 2).$$

Dişleriň düýbinden geçýän töweregiň diametri deň:

$$D_f = m(z_{ç.t} - 2.5).$$

Standart normal ululykda ýasalan burumly ilişmekde tigiriň dişi burumyň dişini duga boýunça gujaklaýyş burçy “γ” (çyzgy V-45). dişler çyzyk boýunça galtaşýar, şol sebäpli uly tizliklerde işlände, dişlerde typmak uly bolanda-da burumly geçirijiler özüni gowy duýýar. “γ” burçy 90^0 – dan 120^0 çenli hödürleýärler. Burumlar hyrly wintler ýaly köp girişli bolup bilýär. Köpgirişli burumyň ädimi kesgitlenilýär:

$$t' = k\,\pi\, m.$$

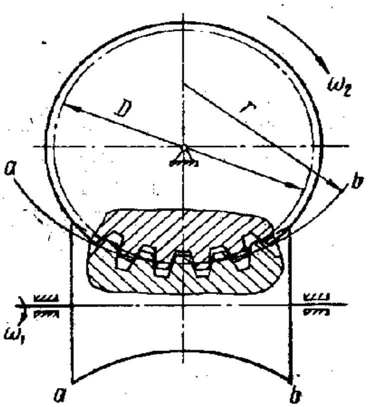
k – burumyň hyrynyň giriş sany.

Geçiriji gatnaşygyny kesgitleýäris. Bir girişli burumyň bir aýlawynda burum tigiriniň bir dişiniň burçyna aýlanýar, $\frac{1}{z_{ç.t}}$ - bölegine aýlanýar, onda bir girişli burumyň geçiriji gatnaşygy bolýar deň:

$$i_{12} = 1 \div \frac{1}{z_{ç.t}} = \frac{z_{ç.t}}{1}$$

Burumyň giriş sany “k” deň bolanda, burumyň bir aýlawynda tigiriň aýlawy $\frac{k}{z_{ç.t}}$ deň bolýar. Onda geçirijilik gatnaşygy deň:

$$i_{12} = \frac{z_{ç.t}}{k}$$



Çyzgy V-46

Geçiriji gatnaşygy tigiriň diş sanynyň burumyň giriş sanyna gatnaşygyna deň bolýar. Giriş sany (k = 1) kiçi bolany sebäpli, geçiriji gatnaşygy uly bolup bilýär. Önümçilikde burumly geçirijileriň geçirijilik gatnaşygyny 100 – e çenli alýarlar. Ýönekeý mehanizm bilen uly geçiriji gatnaşygyny ýerine ýetirmek üstünlik hasaplanylýar. Burumly geçirijini gowlaşdyrmak üçin dişler silindrli üste ýasalanok, olar “*ab*” dugany aýlaňda emele gelen üste kesilýär (çyzgy V-46). Şol üste globoid diýilýär. Burumly ilişmege – globoidal ilişmek diýilýär. Bu ilişmekde tigiriň we burumyň arasyndaky zazor silindrli burumlydakydan kiçi. Şol sebäpli sürtülme peselýär, ýaglanyş şerti gowlaşýar, peýdaly täsir koeffisiýenti ösýär.

Burumly geçirijileriň kemçiligi: tigirde we burumda oklary boýunça täsir edýän güýçler döreýär we şonuň üçin şu mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýenti kiçi.

VI. BÖLÜM
ÇYLŞYRYMLY DIŞI MEHANIZMLER

VI.1. Köp basgançakly dişli mehanizmler

Iki dişli tigirleriň arasynda geçiriji sany bolup bilýar:
Elektrohereketlendiriji bilen herekete gelende – $i = 5\ldots7$.
El bilen herekete getirilende - $i = 7\ldots10$.
Hereket geçiriji sanyny ulaldyp bolanok sebäbi:

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{z_2}{z_1} \qquad \text{(VI-1)}$$

n_1 – 1-nji dişli tigiriň aýlaw sany;
n_2 – 2-nji dişli tigiriň aýlaw sany;
ω_1 – 1-nji tigiriň burç tizligi;
ω_2 – 2-nji tigiriň burç tizligi;
r_1 – 1-nji tigiriň radiusy;
r_2 – 2-nji tigiriň radiusy;
z_1 – 1-nji dişli tigiriň diş sany;
z_2 – 2-nji dişli tigiriň diş sany.

Meselem: $i_{12} = \frac{r_2}{r_1} = 10$

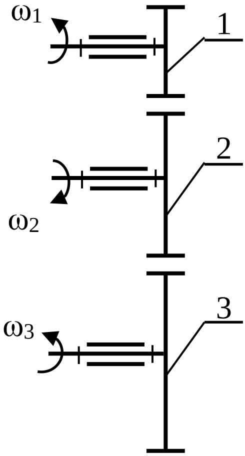
Ikinji tigiriň ulylygy birinjiden on esse uly bolmaly. Mundan artyk ululyklary ulaltmak bolanok. Maşyngurluşykda ulanylanok. Maşyngurluşykda gaty uly geçiriji sany gerek bolanda (i = 10000 çenli) çylşyrymly dişli mehanizmler ulanylýar.

Eger-de şol mehanizmlerde giriş bölegiň aýlaw sany çykyş bölegiň aýlaw sanyndan uly bolsa mehanizme **reduktor** diýilýar. Eger-de tersine giriş bölegiň aýlaw sany çykyş bölegiň aýlaw sanyndan az bolsa mehanizme **multiplikator** diýilýär.

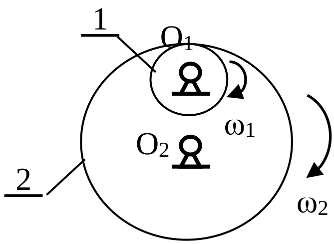
Meseleler:

Tigirler ters tarapa aýlananda deňlemäniň öňünde (-) goýulýar. Tigirler ters tarapa aýlanýar iki tigiriň hem dişleri daşky tarapynda bolanda – oňa daşky ilişmek diýilýar. Eger-de bir tigiriň dişleri içki tarapynda bolsa, tigirler bir tarapa aýlanýar – oňa içki ilişmek diýilýar. Hereket geçiriji sany kesgitläňde (-) goýulanok.

Birinji meselede birinji tigirden üçünji tigire geçiriji sanyna ikinji tigiriň ulylyklary täsir edenok. Ikinji tigir diňe üçünji tigiriň aýlaw tarapyna täsir edýär. Şonuň ýaly mehanizmler maşynlarda ulanylýar. Maşynyň tizlik üýtgedýän gutusynda hemme wallar bir tarapa aýlanýar maşyn oňe gidende. Maşyny yza ýöretmek üçin



Çyzgy VI-1



Çyzgy VI-2

Mesele 1.

$$i_{12} = -\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{z_2}{z_1}, \qquad \text{(VI-2)}$$

$$i_{23} = -\frac{\omega_2}{\omega_3} = -\frac{z_3}{z_2}, \qquad \text{(VI-3)}$$

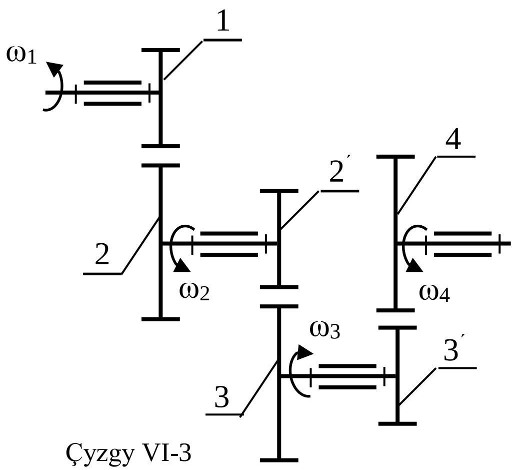
$$i_{13} = i_{12} \cdot i_{23} = \left(-\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) \cdot \left(-\frac{\omega_2}{\omega_3}\right) = \frac{\omega_1}{\omega_3}, \qquad \text{(VI-4)}$$

$$i_{13} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \cdot \left(-\frac{z_3}{z_2}\right) = \frac{z_3}{z_1}, \qquad \text{(VI-5)}$$

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{z_3}{z_1}. \qquad \text{(VI-6)}$$

Ikinji tigir ýaly tigirleri gutuda ilişmede görkezmeli.

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}$$



Çyzgy VI-3

Mesele 2.

$$i_{12} = \left(-\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right), \qquad \text{(VI-7)}$$

$$i_{23} = \left(-\frac{\omega_2}{\omega_3}\right) = \left(-\frac{z_3}{z_{2'}}\right), \qquad \text{(VI-8)}$$

$$i_{34} = \left(-\frac{\omega_3}{\omega_4}\right) = \left(-\frac{z_4}{z_{3'}}\right), \qquad \text{(VI-9)}$$

$$i_{14} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot i_{34} = -\frac{\omega_1}{\omega_4}, \qquad \text{(VI-10)}$$

$$i_{14} = -\frac{z_2 \cdot z_3 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_{2'} \cdot z_{3'}} \qquad \text{(VI-11)}$$

VII-10 we VII-11 deňlemelerde öňündäki (-) dördünji tigiriň birinjä görä ters aýlanýanyny görkezýar.

Mesele 3.

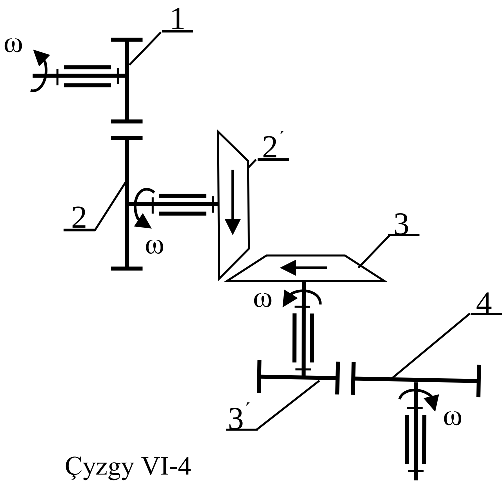
$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}, \qquad \text{(VI-12)}$$

$$i_{23} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{z_3}{z_{2\prime}} \quad \text{(VI-13)}$$

$$i_{34} = \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{z_4}{z_{3\prime}} \quad \text{(VI-14)}$$

$$i_{14} = \frac{\omega_1 \cdot \omega_2 \cdot \omega_3}{r_2 \cdot \omega_3 \cdot \omega_4} = \frac{\omega_1}{\omega_4}, \quad \text{(VI-15)}$$

$$i_{12} = -\frac{z_2 \cdot z_3 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_{2\prime} \cdot z_{3\prime}} \quad \text{(VI-16)}$$



Çyzgy VI-4

Ikinji meselede hemme tigirleriň oklary parallel tekizliklerde ýerleşýar, şonuň üçin ol tekizlikde hereket edýän mehanizm, üçünji meselede tigirleriň oklary kesişýän tekizliklerde ýerleşýär, şonuň üçin ol giňişlikde hereket edýän mehanizm. Şol sebäpli bu meselede deňlemeleriň öňünde (-) goýman aýlawlaryny peýkam (strelka) bilen görkezilýär. Islendik mehanizmiň geçiriji sanyny kesgitlemek üçin deňleme:

Tekizliklikde hereket edýän mehanizm üçin

$$i_{12} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot \ldots \cdot i_{(n-1)n} \cdot (-1)^m, \quad \text{(VI-17)}$$

m – basgançak sany.

Giňişlikde hereket edýän mehanizm üçin

$$i_{1n} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot \ldots \cdot i_{(n-1)}, \quad \text{(VI-18)}$$

Birinji, ikinji we üçünji meselelerde seredilen mehanizmleriň oklary hereket edenok. Gaty uly (10000 çenli) geçiriji sany gerek bolanlara oklary hereket edýän dişli mehanizmleri ulanýarlar. Olara differensial mehanizmler diýilýär.

Differensial mehanizmler

Silindr tigirli differensial mehanizmler esasy dört görnüşde bolýar.

Çebyşewiň deňlemesi boýunça edýän hereketini kesgitlesek

$$W = 3n - 2P_5 - 1P_4$$

$$W = 3\cdot 4 - 2\cdot 4 - 1\cdot 2 = 12 - 10 = 2.$$

Differensial mehanizm iki hereketli mehanizm. Çyzgylarda görkezilen dört planetar dişli iki hereketli mehanizmlere dişli differensial mehanizm diýilýär, ýa-da dişli differensial. Dişli differensiallary bir-birine birleşdirip islendik çylşyrymly differensial mehanizm düzip bolýar.

Iň ýönekeý „d“ mehanizme seretsek, şol mehanizmde iki giriş bir çykyş (meselem hasaplaýjy jemleýji mehanizm), ýa-da bir giriş iki çykyş (awtomatynyň ysky mostynyň differensialy, giriş – kardan waly, çykyş – iki tekerleriň ýarym oklary bir birine dakylsyz aýlanýar).

Birinji ýagdaýda differensial iki hereket goşup bir herekete öwürýär, ikinjide bir hereketi ikä bölýär, şondan differensial gelip çykýar – jemlemek sözünden.

Differensial mehanizmiň tizliklerini we geçiriji sanyny kesgitlemek üçin ters aýlaw usulyny ulanýarys: mehanizme şert boýunça ($-\omega_H$) tizlik berlende. Ýöridiji bölek durýar, mehanizmiň oklary hereketsiz, ýönekeý mehanizm ýaly işleýär.

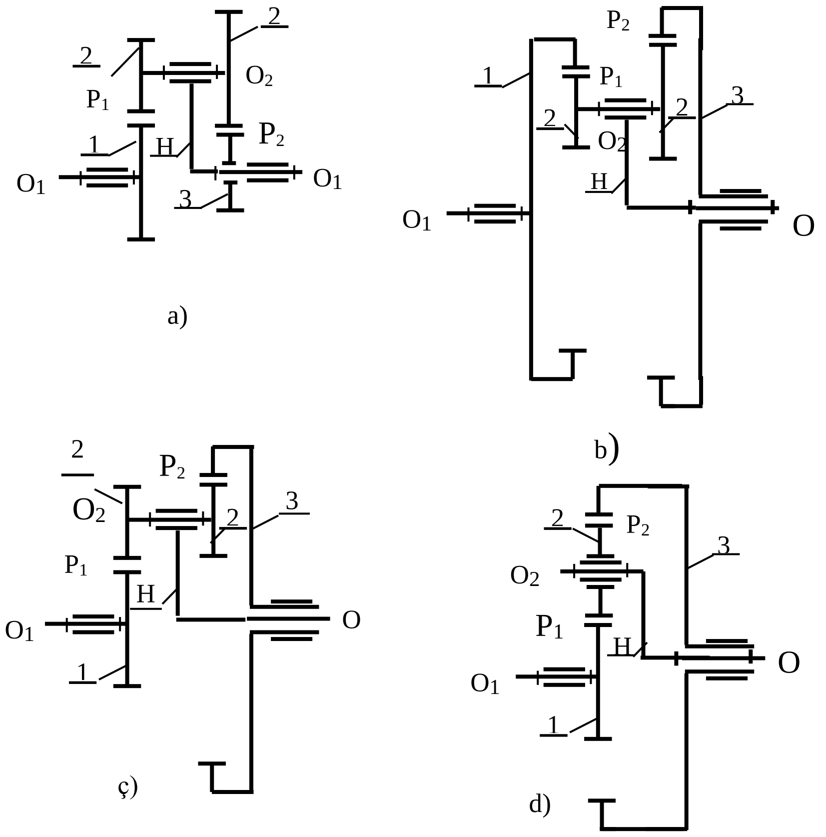
$$\begin{cases} \omega_1^H = \omega_1 - \omega_H \\ \omega_2^H = \omega_2 - \omega_H \\ \omega_3^H = \omega_3 - \omega_H \end{cases} \qquad \text{(VI-19)}$$

Onda geçiriji gatnaşyklary kesgitlenýär

$$\begin{cases} i_{12}^{H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_1 - \omega_H} \\ i_{23}^{H} = \frac{\omega_2 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} \\ i_{13}^{H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} \end{cases} \qquad \text{(VI-20)}$$

Geçiriji gatnaşygy diňe diş sanyny bagly

$$i_{13}^{H} = -\frac{z_3}{z_1} \qquad \text{(VI-21)}$$



Çyzgy VI-5

Planetar reduktorlar.

Eger-de dört sany görkezilen differensial mehanizmlerde üçünji bölek hereketsiz bolanda,

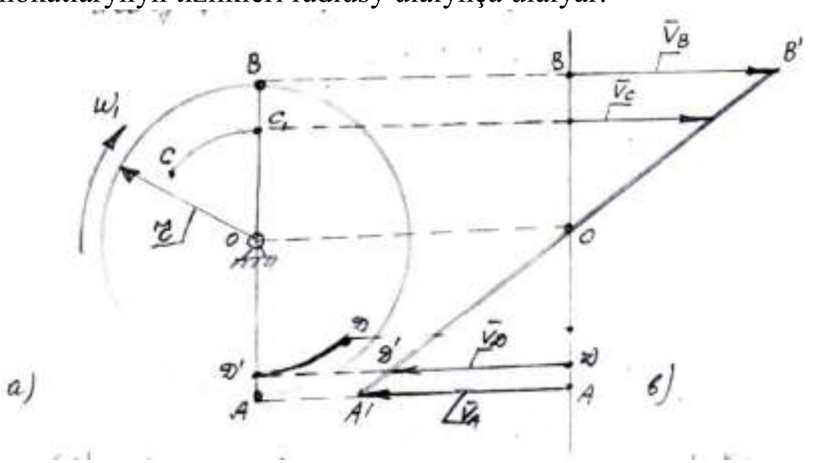
W = 3·3 - 2·3 - 1·2 = 1

bir hereketli mehanizm bolýar, oňa planetar reduktor diýilýär. Geçiriji gatnaşyklary bolýar

$$\begin{cases} i_{12}^{H} = \dfrac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_2 - \omega_H} \\ i_{23}^{H} = \dfrac{\omega_2 - \omega_H}{-\omega_H} = 1 - \dfrac{\omega_2}{\omega_H} \\ i_{13}^{H} = \dfrac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = 1 - \dfrac{\omega_1}{\omega_H} \end{cases} \qquad \text{(VI-22)}$$

VI.2. Dişli mehanizmleriň grafiki usuly boýunça derňewi

Dişli tigiriniň aýlaw merkezi hereketsiz bolanda onuň nokatlarynyň tizlikleri radiusy ulalynça ulalýar.



Çyzgy VI-6

(A) we (B) nokatlaryň tizlikleri deň:

$$V_A = V_B = \omega_1 \cdot r, \ \text{m/s}.$$

Dişli tigiriň gapdalyndan dik çyzyk geçirip, O, A we B nokatlary çyzyga
belläp, şol nokatlaryň tizliklerini islendik masştab boýunça belleýäris.

$$\mu_V = \frac{V_A}{A-A'}, \frac{m/s}{mm}.$$

(A-A') we (B-B') aralyklar tigiriň aýlaw ugry boýunça bellenýär.

A-A'-0-B-B' iki üçburçluklara tizligiň suraty diýilýär.
Dişli tigiriň (C we D) nokatlarynyň tizliklerini kesgitlemek üçin, şol nokatlary tigiriň A-B çyzgysyna sirkul bilen geçirip, göni çyzyk bilen tizlikleriň suratyna geçirsek, şol nokatlaryň tizlikleri bolýar:

$$V_D = \mu_V(D - D'), \ m/s,$$

$$V_C = \mu_V(C - C'), \ m/s.$$

Çyzgy VI-7-de ýönekeý dişli ilişmek. Masştab $\mu_l \frac{mm}{mm}$ boýunça iki dişli tigiriň ilişmegi (a) çyzgyda görkezilen. Tigirler başlangyç töwerekleri boýunça çyzylan.

O_1O_2 çyzyga parallel y-y oky geçirýäris we onuň üstüne O_1; O_2; P nokatlary belleýäris.

P – nokatda P – P' aralygy y – y 90^0- da geçirýäris. P – nokat iki başlangyç töwerekleriň galtaşýan nokady, onuň tizligi deň:

$$V_P = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 = \mu_V(P\text{-}P'), \ m/s.$$

Soňra P' nokada O_1 we O_2 nokatlar bilen birleşdirip, şol çyzyklary dowam etsek (A-A) we (B-B) çyzyklar bilen kesişen nokatlaryny A' we B' diýip bellesek, onda

$V_A = \mu_V(A\text{-}A')$, *m/s* we $V_B = \mu_V(B\text{-}B')$, *m/s* bolýar.

A-A'-O_1-P-P-B-B'- nokatlary birleşdirsek - dişli ilişmegiň suraty bolýar.

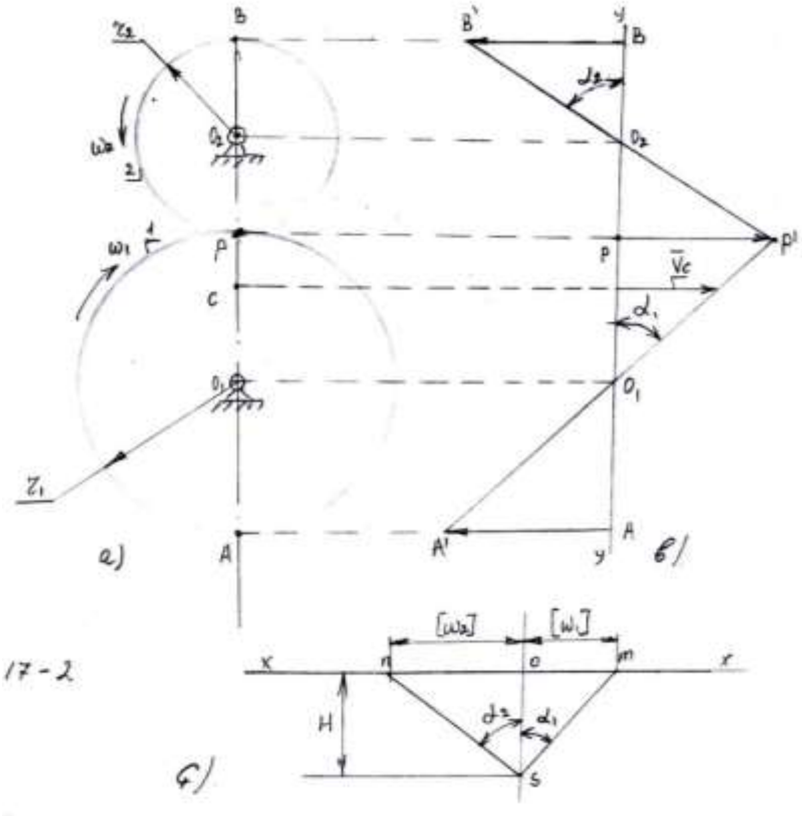
Tigirleriň burç tizliklerini kesgitlesek:

$$\omega_1 = \frac{V_{P1}}{r_1} = \frac{\mu_V(P-P')}{\mu_l r_1} = \frac{\mu_V}{\mu_l} tg\alpha_1$$

$$\omega_2 = \frac{V_{P2}}{r_2} = \frac{\mu_V(P-P')}{\mu_l r_2} = \frac{\mu_V}{\mu_l} tg\alpha_2$$

Koordinat oklary alyp (çyzgy VI-7ç), ordinata okunyň islendik (S) nokadyndan (α_1) we (α_2) burçlar boýunça çyzyklar geçirip absisa oky bilen kesişen nokatlaryny bellesek (m) we (n) diýip, onda;

$$tg\alpha_1 = \frac{om}{os}; \quad tg\alpha_2 = \frac{on}{os};$$



Çyzgy VI-7

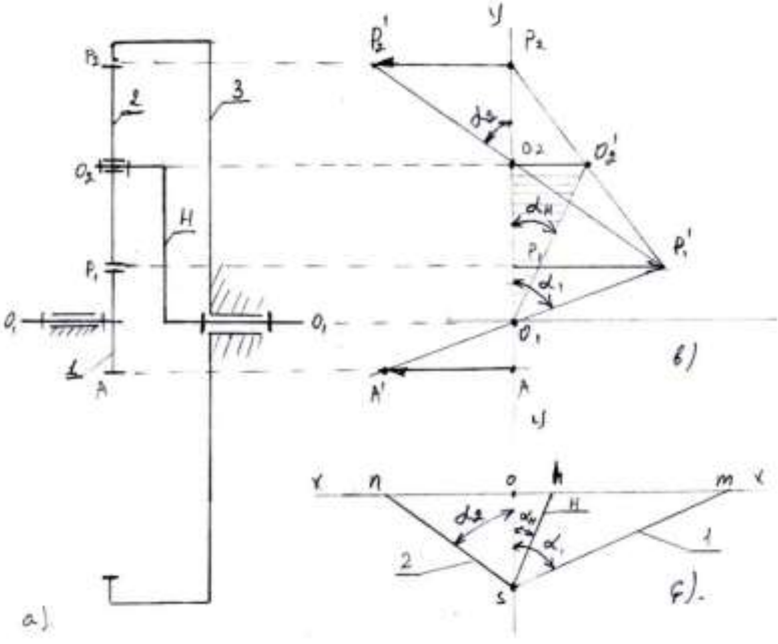
$$\omega_1 = \frac{\mu_V}{\mu_l}\frac{om}{os}; \quad \omega_2 = \frac{\mu_V}{\mu_l}\frac{on}{os};$$

os = H; $\omega_1 = \mu_\omega$ om; $\mu_\omega = \frac{\mu_V}{\mu_l H}$;

$\omega_2 = \mu_\omega$ on;

(m) we (n) nokatlar (O) nokadyň bir tarapynda bolanda dişli tigirler bir tarapa aýlanýar, şol nokatlar (O) nokadyň iki tarapynda bolanda dişli tigirler bir-birine garşy aýlanýar.

(s-o-m-n)-burç tizlikleriniň suraty diýilýär.



Çyzgy VI-8

Bir hereketli planetalar reduktoryň çyzgysy VI -8a, masştaby $\mu_l \frac{mm}{mm}$; 1 – tigir, 2 – planetar tigir, 3 – orbital tigir; H – ýörediji bölek.

VI-8b çyzgyda mehanizmiň tizlik suratlary görkezilen. y-y oka mehanizmiň hemme nokatlaryny geçirip, p_1 nokadyň tizligini kesgitläp

$$V_{P1} = \omega_1 \cdot r_1, \ \ m/s,$$

$\bar{V}_{P1}$ wektory $(P_1 - P'_1)$ aralykda belläp O_1 nokat bilen birleşdirip dowam etsek A nokadyň tizligini kesgitleýäris. Üçünji tigir hereketsiz, şonuň üçin P'_1 nokady P_2 nokat bilen birleşdirsek, O_2 nokatdan göni çyzyga dowam edip P'_1P_2 çyzyk bilen kesişen O'_2 nokady bellesek

$$V_{O2} = \mu_V (O_2 O'_2), \ \ m/s;$$

$$\mu_V = \frac{V_{P1}}{P_1 P'_1} \frac{m/s}{mm};$$

O'_2 nokady O_1 birleşdirsek ýörediji bölegiň tizliginiň suraty bolýar. Ikinji tigiriň öz okunyň daşynda aýlanýan ýagdaýynyň tizliginiň suraty bolýar, eger P'_1 nokady O_2 nokat bilen birleşdirip dowam etsek

$$V_{P2} = \mu_V (P_2 P'_2), \ \ m/sek;$$

VI-9 çyzgyda iki hereketli differensial reduktor.

Mehanizm gurulan $\mu_s \frac{mm}{mm}$ masştabda.

Öňki planetar reduktordan tapawudy üçünji tigir hem hereketli, şonuň üçin şu mehanizmiň hereketi ikä deň. Tekizliklerini kesgitlemek üçin hökman iki bölegiň hereket kanunlary berilmeli. Şu meselede berlen ω_1 we ω_H.

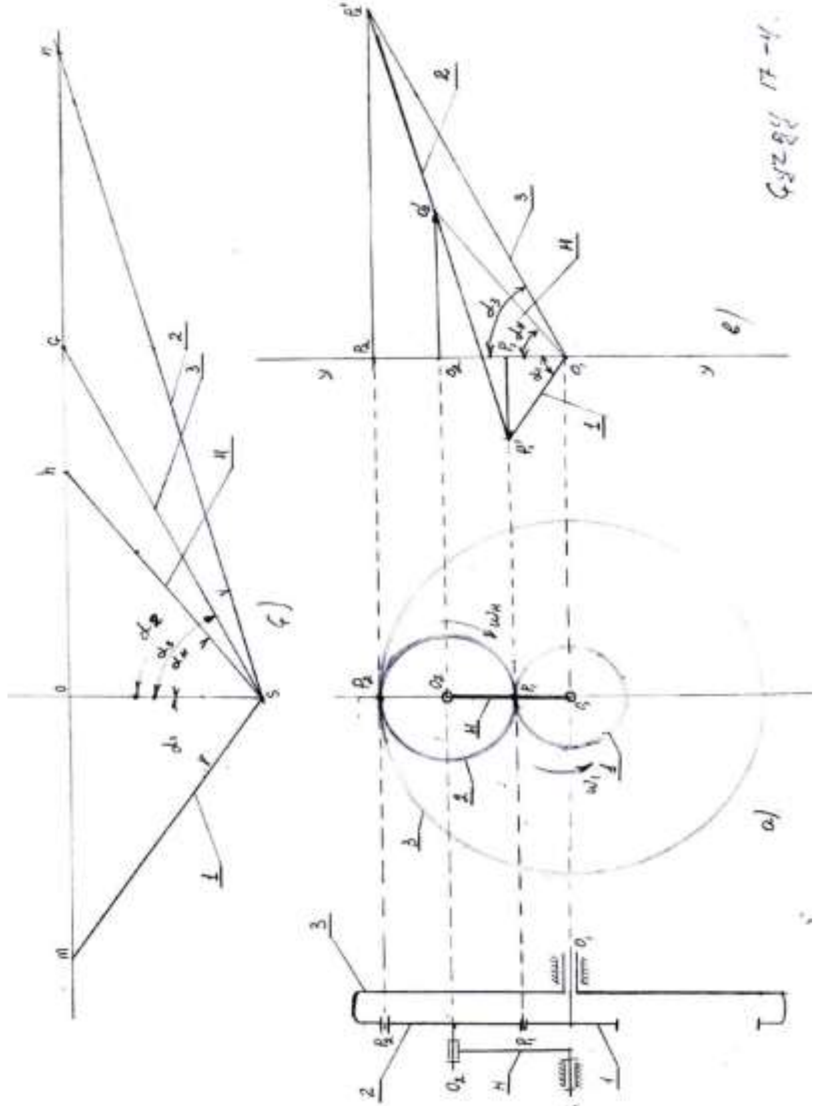
$$V_{P1} = \omega_1 \cdot r_1, \frac{m}{s}, \ \bar{V}_{P1} \perp \overline{OP_1},$$

$$V_{O2} = \omega_H \cdot r_H, \frac{m}{s}, \ \bar{V}_{O2} \perp \overline{O_1 O_2}.$$

Şol wektorlary $\mu_V = \frac{V_{P1}}{P_1 P'_1} \frac{m/s}{mm}$ y-y oka 90^0 iki tarapa $P_1P'_1$ we $O_2O'_2$ diýip bellesek.

Iki tarapa bolan bölekler bir-birine garşy aýlanýarlar. O_1 nokady P'_1 bilen birleşdirsek birinji tigiriň tizlikleriniň suraty $(O_1P_1\ P'_1)$. P'_1 nokat bilen O'_2 birleşdirip çyzygy dowam edip b' nokady bellesek, ikinji tigiriň tizliginiň suraty.

Üçünji tigir O_1 nokadyň daşynda aýlanýar, b' nokady O_1 nokat bilen birleşdirsek üçinji tigiriň tizliginiň suraty. O_2' nokady O_1 birleşdirsek ýörediji bölegiň H tizliginiň suraty.



Çyzgy VI-9

VI-9ç çyzgyda burç tizlikleriň suraty. Islendik bir nokatdan (S) x-x oka α_1; α_2; α_3 we α_H boýunça çyzyklar geçirip nokatlary m, o, h, ç, n diýip bellesek burç tizlikleriň suraty bolýar.

VI.3. Planetar mehanizmleriň taslamasy

Planetar mehanizmleriň taslamasyny geçirilende esasy şert geçiriji gatnaşygyny ýerine ýetirmek. Ondan başgada:

1) peýdaly iş koeffisienti ýokary bolmaly;

2) 1-nji, 3-nji we ýörediji bölegiň (H) aýlaw oklary bir çyzykda bolmaly; 3) goňuşylyk şerti;

4) mehanizmiň ýygnalyş şerti.

VII-10 çyzgyda görkezilen a, b, ç, d, mehanizmlerde üçünji bölek hereketsiz bolanda mehanizm bir hereketli bolýar, oňa planetar reduktor diýilýär.

1) Peýdaly iş koeffisienti boýunça mehanizmi saýlap alnyşy. Çyzgy VI-5 a, b, ç, d, esasy mehanizmler, olary bir-birine goşyp islendik çylşyrymly mehanizm düzüp bolýär. Şol mehanizmler bilen islendik geçiriji gatnaşygyny ýerine ýetirip bolýar, ýöne şol mehanizmler peýdaly iş koeffisienti, agramlyklary we ulyluklary boýunça gaty tapawutlanar.
VI-5 çyzgyda görkezilen mehanizmleriň geçiriji gatnaşyklary (a, b) plus bilen (ç, d) minus bilen.

$$i_{13}^{(H)} = \frac{z_3 z_3}{z_1 z_{2\prime}}, \qquad \text{ýa-da} \qquad i_{1H} = \frac{z_1 z_{2\prime} - z_2 z_3}{z_1 \cdot z_{2\prime}};$$

Meselem: $z_1 = z'_2 = 100$; $z_3 = 101$; $z_2 = 100$; bolýar.

$$i_{13}^{(H)} = \frac{9999}{10000}; \qquad i_{1H}^{(3)} = \frac{1}{10000};$$

Eger-de birinji tigir ýörediji bolsa, mehanizmi herekete getirip bolanok; $\eta^H = 0,98$ - bolanda, öz-özüni duruzmak (samotormoženiýe) $i_{1H}^{(3)} = 0.02$ ýüze çykýar.

$$\eta_{H1} = \frac{0.0001}{0.0001 \cdot 0.98 + 0.02} = 0.005$$

Şonuň üçin (a,b) mehanizmleri kuwwaty pes ýagdaýlarda ulanýarlar.

Geçiriji gatnaşygy minus (ç,d) mehanizmleriň

$$i_{13}^{(H)} = -\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}; \qquad \text{ýa-da} \quad i_{1H}^{(3)} = \frac{z_1 z_{2'} + z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$$

$i_{13}^{(H)}$; $i_{1H}^{(3)}$ bir-birinden tapawudy moduly boýunça bire deň, ýöne peýdaly iş koeffisienti, öňkä seredeniňde, has ýokary.

2) Tigirleriň oklary bir çyzykda bolmaly şerti.

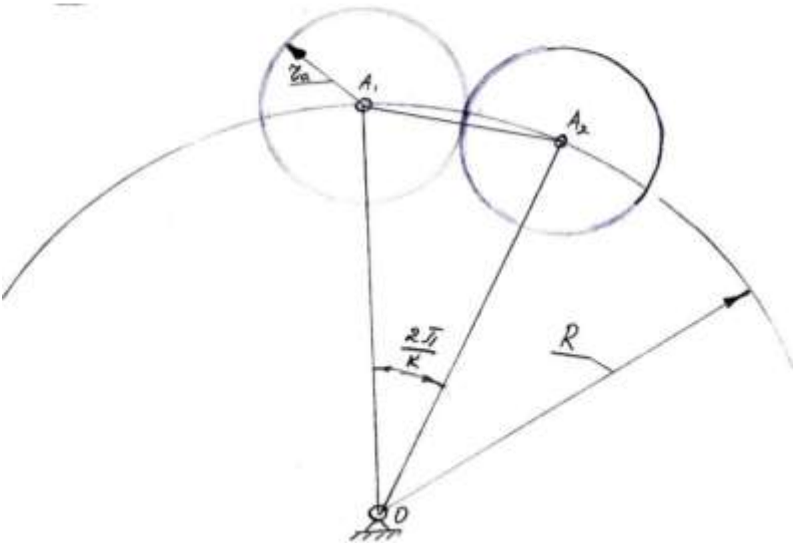
a) $r_1 + r_2 = r_{2'} + r_3$ $\qquad r_1 = \frac{m z_1}{2}$;

$$r_2 = \frac{m z_2}{2};$$

$$r_{2'} = \frac{m z_{2'}}{2};$$

$$r_3 = \frac{m z_3}{2};$$

$$z_1 + z_2 = z_{2'} + z_3$$



Çyzgy VI-10

b) z_1-z_2 = z_3- $z_{2'}$

ç) z_1+z_2 = z_3-$z_{2'}$

d) z_1+z_2 = z_3-z_2

3) Goňşulyk şerti.

Satellit sany (K) şonça bolup bilýär, iş wagtynda bir-birine degmeli däl.

R - satellitleriň aýlaw merkeziniň ýerleşýän töwereginiň radiusy.

r_a - satellitleriň radiusy.

K - satellit sany.

ΔOA_1A_2 – dan;

$$2r_a < 2R\ sin\frac{\pi}{K}.$$

$$m(z_2 + 2) < m(z_1 + z_2)sin\frac{\pi}{K}.$$

Çyzgy VI-10 üçin

ýa-da $$sin\frac{\pi}{K} > \frac{z_2+2}{z_1+z_2}.$$

4). Ýygnalyş usulynyň şerti.

Planetar mehanizmi ýygnalanda birinji goýulan satellit (ikinji tigir) birinji we üçünji tigirleriň ýagdaýlaryny kesgitleýär. Meselem ikinji tigiriň diş sany jübüt, onda ikinji tigiriň dişleri a we b simmetrik durýar, çyzgyda görkezilişi ýaly. Birinji tigiri bir burç ädimine, φ_1 burça aýlanda $\varphi_1 = \frac{2\pi}{z_1}$ z_1- birinji tigiriň diş sany. ikinji tigiriňaýlaw merkezi (O_2) nokat aýlanýar φ_H burça. $\varphi_H = \varphi_1 \cdot i_{H1}^3$

Şonda birinji tigiriň birinji dişiniň ýerini ikinji dişi ýerleýär. Birinji we ikinji tigiriň oklary bir çyzygyň üstünde bolýar. Şol ýagdaýa birinji we üçünji tigiriň arasyna ýene bir satellit iki tigir ýerleşdirip bolýar. Onda satellit sanyny kesgitlemek üçin deňleme ýazyp bolýar.

$$K_S = \frac{2\pi}{\varphi_H};$$

ýa-da $$K_S = \frac{2\pi z_1}{2\pi\, i_{H1}^{(3)}} = \frac{z_1}{i_{H1}^{(3)}};$$

1-nji tablisadan $$i_{H1}^{(3)} = \frac{1}{1+\frac{z_3}{z_1}} = \frac{z_1}{z_1+z_3};$$

Onda $$K_S = \frac{z_1(z_1+z_3)}{z_1} = z_1 + z_3$$

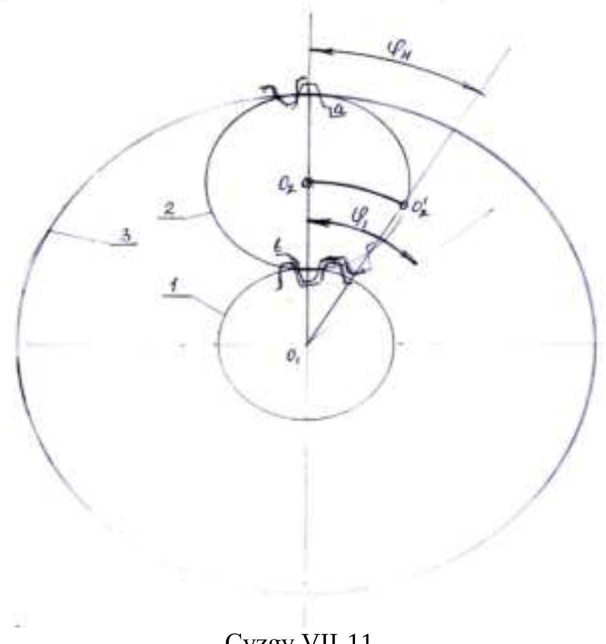
K_S – nazary boýunça goýup biljek satellit sany.

Biz birinji tigiri bir dişe aýlap K_S kesgitledik. Eger-de bir diş däl-de n dişe aýlasak satellit sanynyň deňlemesi bolýar.

$$K = \frac{2\pi}{n \cdot \varphi_H} = \frac{z_1+z_3}{n}$$

Şu deňleme mehanizmiň ýygnalyşygynyň şert deňlemesi diýilýär. Deňleme hakyky, eger-de ikinji tigiriň diş sany täk bolanda.

Mesele: Geçiriji gatnaşygy $i_{1H}^{(3)} = 4{,}5$ bolan planetar mehanizmiň taslamasyny geçirmeli.



Çyzgy VII-11

2-nji tablisadan $i_{1H}^{(3)} = 4{,}5$ bolan ýagdaýa ç – görnüşli mehanizm gelýär; giriş bölegi 1-nji bölek, çykyş bölegi – H bölek.

$$i_{13}^{H} = -\frac{z_3}{z_1} = -3{,}5$$

Onda $$i_{13}^{H} = 1 - i_{1H}^{(3)} = 1 - 4{,}5 = -3{,}5$$

$$z_3 = 3{,}5 z_1$$

Oklar bir çyzykda bolmaly şertinden.

$$z_1 + z_2 = z_3 - z_2.$$

ýa-da $$2z_3 - z_1; \qquad z_2 = \frac{z_3 - z_2}{2};$$

$$z_2 = \frac{3.2z_1 - z_1}{2} = \frac{2{,}5z_1}{2} = 1{,}25z_1$$

$$z_2 = 1{,}25z_1$$

ýa-da $$\frac{z_3}{z_2} = \frac{3{,}5z_1}{1{,}25z_1} = 2{,}8$$

Eger-de $z_2 = 20$ diýip alsak onda $z_3 = 2{,}8 \cdot 20 = 56$ sany. Üçünji tigiriň diş sany $S_3 > 60$ bolmaly, şol şert ýerine ýetirilmese dişler stanokda ýasalanda ujyndan kesilýär. ikinji tigiriň diş sany $S_2 > 20$ bolmasa, dişler düýbünden ýasalanda kesilýär.

Şol şertleri göz öňüne tutup $z_2 = 25$ diýip alýarys.

$$z_3 = 2{,}8 \cdot 25 = 70,$$

$$z_1 = \frac{z_3}{3{,}5} = \frac{70}{35} = 20.$$

Satellit sany bolýar:

$$K < \frac{\pi}{arc\sin\frac{z_2+2}{z_1+z_2}} = \frac{\pi}{arc\sin\frac{25+2}{20+25}} = \frac{\pi}{arc\sin 0{,}6} = 4{,}87$$

Satellit sany K = 4 deň

Mehanizmiň ýygnalyş şerti boýunça.

$$K = \frac{z_1+z_3}{n} = \frac{20+70}{n} = \frac{90}{n}$$

n - bitin bolmaly, onda n = 30, K =3.

Satellit sany K = 3 diýip alýarys.

Tablisa V-1

Planetar mehanizmleriň geçiriji gatnaşyklaryny kesgitlemek üçin deňlemeler

Geçiriji gatnaşyklary	a	b	ç	d
i_{13}^{H}	$\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$	$\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$	$-\frac{z_3}{z_1}$	$-\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$
i_{31}^{H}	$\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$	$\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$	$-\frac{z_1}{z_3}$	$-\frac{z_1 z_{2'}}{z_1 z_3}$
$i_{1H}^{(3)}$	$1-\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$	$1-\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$	$1+\frac{z_3}{z_1}$	$1+\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$
$i_{H1}^{(3)}$	$\frac{1}{1-\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}}$	$\frac{1}{1-\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}}$	$\frac{1}{1+\frac{z_3}{z_1}}$	$\frac{1}{1+\frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}}$
$i_{3H}^{(1)}$	$1-\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$	$1-\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$	$1+\frac{z_1}{z_3}$	$1+\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$
$i_{H3}^{(1)}$	$\frac{1}{1-\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}}$	$\frac{1}{1-\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}}$	$\frac{1}{1+\frac{z_1}{z_3}}$	$\frac{1}{1+\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}}$

Tablisa V-2

Geçiriji gatnaşyklarynyň bahalary ýörediji bölege görä.

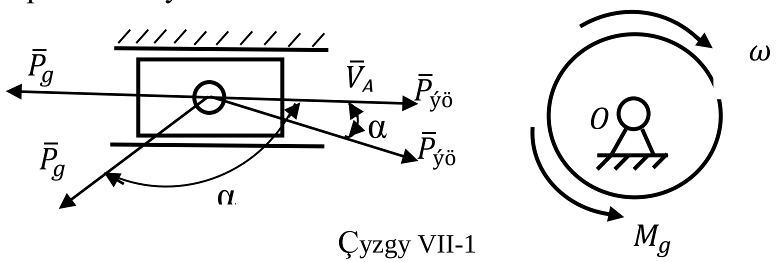
Geçiriji gatnaşyklary		a	b	ç	d
Ýönekeý mehanizmler	i_{13}^{H}	-	-	- 1,3…-8	-1…-14
	i_{31}^{H}	-	-	-0,77…-0,125	-1…-0,071
Planetar mehanizmler	$i_{1H}^{(3)}$	32 den – 1500 çenli	32 den – 1500 çenli	2,3…9	2,0…15
	$i_{H1}^{(3)}$	32 den – 1500 çenli	32 den – 1500 çenli	0,445…0,111	0,5…0,067
	$i_{3H}^{(1)}$	32 den – 1500 çenli	32 den – 1500 çenli	1,77…1,125	20…1,071
	$i_{H3}^{(1)}$	32 den – 1500 çenli	32 den – 1500 çenli	0,565…0,888	0,5…0,933

VII. BÖLÜM.
TEKIZLIKDE HEREKET EDÝÄN AŞAKY JÜBÜTLI MEHANIZMLERIŇ GÜÝÇ DERŇEWI

VII.1. Kinetostatika. Daşky güýçler

Güýç derňewiniň maksady kinematik jübütlerde peýda bolan (reaksiýalary) güýçleri kesgitlemek. Daşyndan täsir edýän güýçleri we mehanizmiň hereket kanunyny belli diýip hasaplamaly.

Güýç derňewiniň uly ahmiýeti bar, sebäbi bölekleriň we kinematik jübütleriň gatylygyny, sürtülişini we işläp biljek wagtyny kesgitlemek üçin reaksiýa güýçlerini hökman bilmeli.Mehanizme daşyndan täsir edýän güýçleri iki uly toparlara bölýäris.



Çyzgy VII-1

1. Ýörediji güýçler $\overline{P}_{ýö}$, ya-da ýörediji güýçleriň momenti $M_{ýo}$.

Ýörediji güýçler peýdaly iş bitirýär. Olaryň ugry tizligiň ugry bilen gabat gelýär, ýa-da tizligiň ugry bilen burçy α < 90° kiçi. Ýörediji güýçler tizlenmäni ulaltmak ugrunda.

2. Herekete garşy güýçler $\overline{P}_g$, ya-da olaryň momentleri M_g.

Garşy güýçler zyýanly iş edýärler. Olaryň ugry herekete garşy, ya-da tizligiň ugruna α > 90° dan uly burçly.

Garşy güýçler ikä bölünýär.

$$\bar{P}_g = \bar{P}_{pg} + \bar{P}_{zg}$$

1. Peýdaly garşy güýçler $\bar{P}_{pg}$;

2. Zyýanly garşy güýçler $\bar{P}_{zg}$;

Peýdaly garşy güýçler - tilsimaty garşy güýçler. Olar maşynyň, ýa-da mehanizmiň öňünde goýulan işleri bitirýän güýçler.

Zyýanly güýçlere degişli güýçler, esasy sürtülme güýçleri. Maşynlaryň we mehanizmleriň taslamasyny düzülende peýdaly we zyýanly güýçleriň azalmagyna üns berýärler.

Daşky güýçleriň hasabyna agram güýçleri hem goşulyar. Agram güýçleri hem ýörediji, hem-de garşy bolup bilýärler. Eger-de bölegiň agram merkezi ýokarlygyna hereket etse, agram güýji garşy güýç bolýar, eger-de aşak hereket etse ýörediji güýç bolýar. Agram güýçleri mydama hemişelik.

Daşky güýçler hemişelik we üýtgeýän bolup bilýärler, ol maşyna bagly. Maşynyň käbirinde güýçleriň üýtgeýşi bölekleriň ýagdaýyna bagly (dwigatelde-gazlaryň porşine täsiri), käbirinde bolsa tizligine bagly (elektrodwigatelde – aýlaýan momenti).

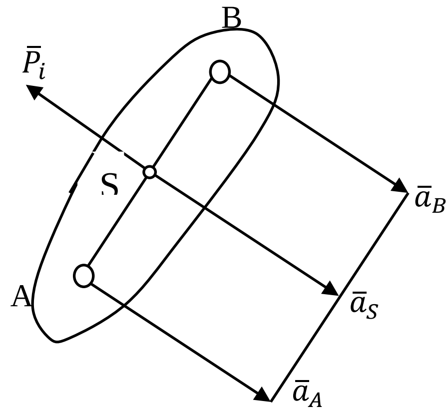
VII.2. Inersiýa güýçleri

Mehanizmleriň güýç derňewini Dalamberiň usuly boýunça geçirýärler. Mehanizmleriň iş wagty tizlenmeleri üýtgäp durýar, şonuň üçin inersiýa güýçleri peýdalanýarlar.

Eger-de, şert boýunça inersiýa güýçlerini böleklere geçirsek, onda hemme täsir edýän güýçleriň jemi nola deň bolýar. Şol usul mehanizmleriň güýç derňewini statika deňlemeleri boýunça geçirmäge şert döredýär. Şonuň üçin mehanizmleriň güýç derňewine kinetostatika diýýärler.

Bölekleriň hereketine görä inersiýa güýçleri kesgitleýäris.

1. Göni hereket (Postupatel hereket), çyzgy VII-2.



Çyzgy VII-2

Göni hereketde hemme nokatlaryň tizligi we tizlenmesi deň,

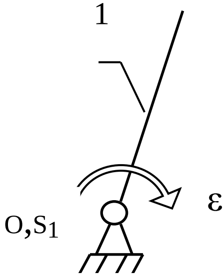
$$a_A = a_B = a_S \ \ m/s^2;$$

$$\bar{P}_i = -m\bar{a}_A = -m\bar{a}_B = -m\bar{a}_S \ \ (N).$$

m – bölegiň massasy (kg).
Minus (-) – güýjiň tizlenmä garşylygyny görkezýär.

$$M_i = -I_S \cdot \varepsilon \, , Nm$$

I_s – agram merkezinden geçýän okuň daşyndaky inersiýa momenti (kg·m^2).



Çyzgy VII-3.

ε – burç tizlenme ($1/s^2$).

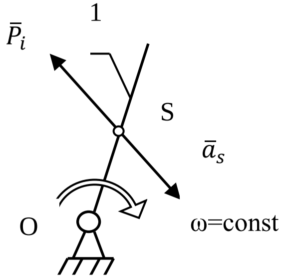
2. Bölek aýlanýar, tizligi hemişelik däl, çyzgy VII-3. ω ≠ const, agram merkezi hereket edenok.

$$\bar{P}_i = -m\bar{a}_S$$

$$M_i = -I_S \cdot \varepsilon\,, Nm \text{ sebäbi } \quad a_S = 0.$$

$$\omega \neq const$$

Inersiýa güýçleriň momenti burç tizlenmä garşy.



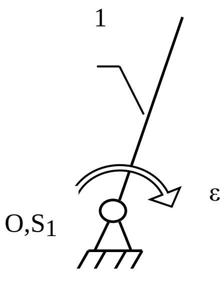
Çyzgy VII-4.

3. Bölek aýlanýar, tizligi hemişelik, agram merkezi hereketde, çyzgy VII-4.

$$\bar{P}_i = -m\bar{a}_S\,, (N)$$

$$M_i = -I_S \cdot \varepsilon = 0\ Nm \text{ sebäbi } \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 0.$$

4. Bölek aýlanýar, tizligi hemişelik, agram merkezi hereketde däl çyzgy VII-5.



Çyzgy VII-5.

$$\bar{P}_i = -m\bar{a}_S = 0$$

$$M_i = -I_s \cdot \varepsilon = 0$$

ω = const

Bölek doly deňagram ýagdaýynda.

5. Bölek aýlanýar, tizligi hemişelik däl, agram merkezi hereketde çyzgy VII-6.

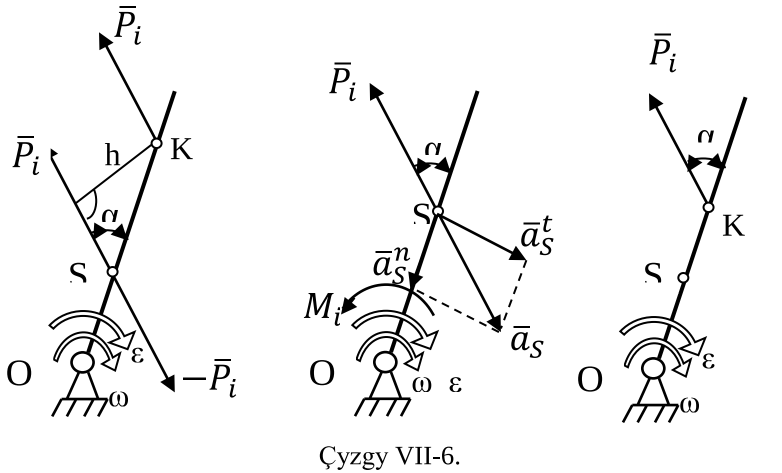
$$\bar{P}_i = -m\bar{a}_S \ (N).$$

$$M_i = -I_S \cdot \varepsilon \ (Nm).$$

Ikisini bir güýje getirmeli.

$$\bar{a}_S = \bar{a}_S^n + \bar{a}_S^t$$

Inersiýa güýçleriniň momentini iki güýje geçirýäris.



Çyzgy VII-6.

$M_u = P_i \ h.$, $\bar{P}_i = -\bar{P}_i$ gysgalyar, galýar bir güýç „k“ nokatda täsir edýän.

k - yrgyldatmak nokady.

$$h = \frac{M_i}{P_i} = \frac{I_S \varepsilon}{m a_S};$$

$$\varepsilon = \frac{a_S^t}{l_{OS}};$$

onda

$$h = \frac{I_S a_S^t}{m l_{OS}} sin\alpha;$$

$$l_{SK} = \frac{h}{sin\alpha};$$

$$l_{SK} = \frac{I_S}{m l_{OS}}.$$

Şu deňlemede çykan netije boýunça ℓ_{SK} = *const* hemişelik, bölekleriň ýagdaýy täsir edenok.

6. Bölek çylşyrymly (Plosko-parallel) hereket edýär..

Inersiýa güýji we onuň momenti döreýär.

$$\bar{P}_i = -m\bar{a}_S \ \ (N).$$

$$M_i = -I_S \cdot \varepsilon \ \ (Nm).$$

Ikisini bir güýje getirýäris.

Tizlenme plany berlen (çyzgy VII-7 b).

Çylşyrymly hereketi iki herekete deň bölýäris

Çyzgy VII-2. Göni hereket, “A” we “B” nokatlar bilen göni hereketde.

Çyzgy VII-3. “A” nokat ,,B" daşynda aýlanýar.

Agram merkeziň tizlenmesi iki tizlenmeden durýar:

$$\bar{a}_S = \bar{a}_A^n + \bar{a}_{SA}^t.$$

Onda inersiýa güýji hem ikä bölünýär:

$$\bar{P}_i = -m a_S = -m(\bar{a}_A + \bar{a}_{SA}) = m\bar{a}_A - m\bar{a}_{SA}$$

Inersiýa güýji göni hereketde ,,A" nokat bilen

$$\bar{P}'_i = -m\bar{a}_A \ \ (N).$$

Inersiýa güýji aýlanma hereketde.

$$\bar{P}''_i = -m\bar{a}_{SA} \ \ \ (N).$$

Inersiýa güýji $\bar{P}'_i = -m\bar{a}_A$ göni hereketde, agram merkezinden geçýär, „S“ nokatdan. Inersiýa güýji $\bar{P}''_i = -m\bar{a}_{SA}$ aylanma hereketde ,,k" nokatdan geçýär, eger-de $M_i = -I_S \cdot \varepsilon \ \ (Nm)$ bilen ikisini bir güýje çalyşsak.

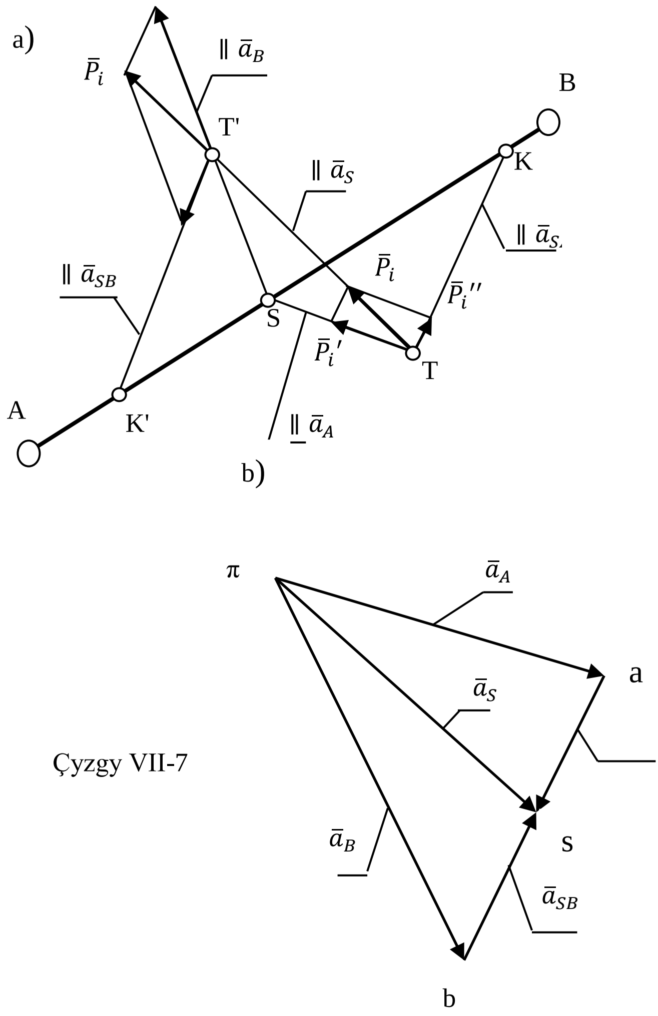
Iki güýji jemlesek

$$\bar{P}'_i + \bar{P}"_i = \bar{P}_i;$$

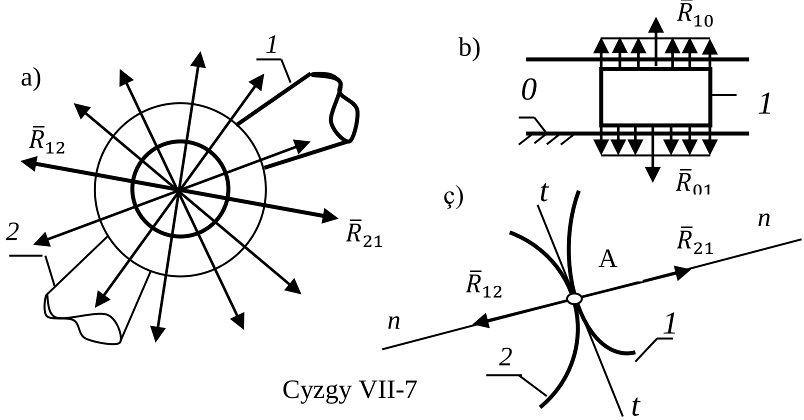
$\bar{P}_i$ – ugry „T“ nokatdan geçýär, $\bar{a}_S$ – garşy.

P_i güýji kesgitlemek üçin $\bar{P}'_i, \bar{P}"_i$ güýçleri we olaryň täsir edýän nokatlaryny tapmak hökman däl.

„T“ nokady tapmak üçin agram merkezinden „S" $\bar{a}_A$ – tizlenmä parallel geçirmeli, „k“ – nokatdan $\bar{a}_S$ – tizlenmä parallel geçirmeli, ikisiniň kesişýän ýeri „T“ nokat bolýar.



Çyzgy VII-7



Cyzgy VII-7

Ondan $\bar{P}_i = -ma_S$ – tizlenmä parallel geçirsek, inersiýa güýjiň ugry bolýar.

$$l_{SK} = \frac{I_S}{ml_{AS}}$$

$$\bar{P}_i = -ma_S$$

VII.3. Statika deňlemeleriň ulanyş şerti

Biziň maksadymyz, berlen daşky güýçler boýunça we berlen ýörediji bölegiň hereket kanuny boýunça mehanizmiň güýç derňewini geçirmek, kinematik jübütleriň reaksiýalaryny kesgitlemek. Bu ýerde ýalňyşlyk bar, sebäbi şol güýçleriň täsiri boýunça ýörediji bölek berlen kanuny ýerine ýetirip bilenok. Ýerine ýetirmek üçin, berlen daşky güýçlere ýörediji bölegi deňagram ýagdaýyna getirýän güýji goşmaly.

Deňagram ýagdaýyna getirýän güýji, ýa-da onuň momentini reaksiýalar ýaly kesgitlemek güýç derňewiniň maksady.

Kinematik zynjyrlaryň güýç hasabyny geçirmek üçin, ol statika boýunça kesgitlenýän bolmaly, näbelliň sany deňlemeleriň sanyna deň bolmaly.

Güýç üç ululykda häsiýetlendirilýär;

1. Täsir edýän nokady.

2. Ugry.

3. Bahasy.

Tekizlikde hereket edýän kinematik jübütlerde şol ululyklaryň bellisine, näbellisine seredýäris.

1) Reaksiýa güýçleriň ugry sürtülme güýçler hasaba alynmasa, degişýän meýdançalara normal boýunça.

Şonyň üçin aýlanýan kinematik jübütlerde P_5 reaksiýalaryň täsir edýän nokady kinematik jübütiň ortasy (çyzgy VII-7).

Aýlanýan kinematik jübütlerde hemme reaksiýalary bir reaksiýa getirsek, täsir edýän nokady belli, bahasy we ugry näbelli.

2) P_5 – süýşme (postupatel) hereket edýän kinematik jübütlerde reaksiýalaryň ugry belli, täsir edýän nokady we bahasy näbelli.

V klas kinematik jübütlerde näbelliň sany ikä deň, eger-de V klas kinematiki jübütleriň sanyny P_5 diýip bellesek, onda kinematik zynjyra girýän V klas kinematik jübütlere degişli näbellileriň sany $2P_5$.

3) IV klas kinematik jübütlere seredýäris (çyzgy VII-7ç). Iki bölek bir - birine ,,A" nokatda degişýär. Şol nokatda galtaşýän çyzyk geçirýäris, t - t, oňa 90° çyzyk geçirsek normal bolýar, n-n.

Bölekleriň reaksiýalarynyň ugry normal boýunça. Täsir edýän nokady ,,A" nokat. IV klas kinematiki jübütlerde bir näbelli - reaksiýanyň bahasy. Eger-de kinematik jübütleriň sanyny P_4 diýip bellesek, onda näbelli sany $1P_4$ bolýar.

Tekizlikde hereket edýän ,,n" bölekli kinematiki zynjyra 3n deňleme düzüp bolýar.

Kinematik zynjyr statika boýunça kesgitlenýän deňlemesi şeýle bolup çykýar.

$$3n = 2P_5 + lP_4.$$

Näbelli sany deňleme sanyna deň.

$$3n = 2P_5 - lP_4 = 0.$$

Bu deňleme Çebyşewiň deňlemesi, Assuryň toparlary üçin, onda Assuryň toparlarynyň güýç derňewini statika deňlemeleri boýunça geçirip bolýar.

VII.4. Assuryň II klas 1 görnüş toparynyň güýç derňewi

Inersiýa we agram güýçlerini kesgitleýäris.

$G_2 = m_2 q$, $(kgm/s^2 = N)$; $q = 9,81\ m/s^2$;

$G_3 = m_3 q$, (N);

$P_{i2} = -m_2 a_{S2}$, (N); $M_{i2} = -I_{S2} \varepsilon_2$, $(N \cdot m)$;

$P_{i3} = -m_3 a_{S3}$, (N); $M_{i3} = -I_{S3} \varepsilon_3$, $(N \cdot m)$;

$\ell_{S2K2} = I_{S2}/m_2 \ell_{BS2}$, (m); $\ell_{S3K3} = I_{S3}/m_3 \ell_{BS3}$, (m).

Inersiýa güýji P_{i2} we onuň momentini M_{i2} bir güýje öwürýäris P_{i2}, täsiri T_2; nokatda.

Inersiýa güýji P_{i3} we onuň momentini M_{i3} bir güýje öwürýäris P_{i3}, täsir ediýän nokady T_3.

Kinematik jübütlerde reaksiýalary tapmaly.

„A“ - nokatda 1-nji bölek tarapyndan täsir edýän güýç R_{12} - diňe täsir edýän nokady belli. Ugruny we bahasyny tapmaly. R_{12} reaksiýany ikä bölýäris

$$\bar{R}_{12} = \bar{R}_{12}^n + \bar{R}_{12}^t .$$

$\bar{R}_{12}^n$- bölegiň ugry boýunça, $\bar{R}_{12}^t$ – bölegiň ugruna 90° boýunça.

"C" - nokatda 4-nji bölek tarapyndan täsir edýän güýç R_{43} hem ikä bölýäris

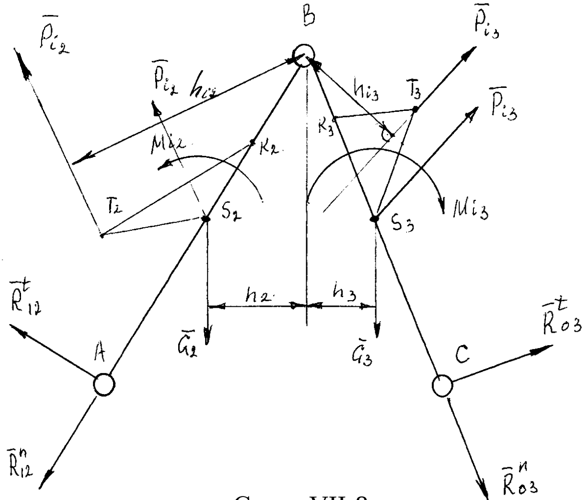
$$\bar{R}_{43} = \bar{R}_{43}^n + \bar{R}_{43}^t$$

$\bar{R}_{43}^n$ – bölegiň ugry boýunça, $\bar{R}_{43}^t$ – bölegiň ugruna 90°.

1) 2-nji bölege aýratyn seredýäris.

Hemme güýçleriň täsiri boýunça 2-nji bölek deňagram ýagdaýynda işläp, nokat boýunça hemme güýçleriň momentleriniň jemi nola deň bolmaly. „B" nokada deňeç hemme güýçlerden moment alýarys.

$$\sum_{i=1}^{n} M_B(P_i) = 0$$



Çyzgy VII-8

$\bar{R}_{12}^{n}$ – ugry B nokadyň üstünden geçýär, sonuň üçin onuň momenti nola deň

$$-R_{12}^{t}AB + G_2h_2 - P_{i2}h_{i2} = 0$$

Momentiň ugry sagat ugruna bolsa (-) minus diýip alýarys; eger-de sagat ugruna garşy bolsa (+) plýus diýip alýarys.

$$R_{12}^{t} = \frac{G_2h_2 - P_{i2}h_{i2}}{AB}, \ \frac{Nmm}{mm} = N.$$

Eger-de netijesi minus (-) bolup çyksa, onda R_{12}^{t} – reaksiýanyň ugruny garşy tarapa geçirmeli.

2) 3-nji bölege aýratyn seredýäris.

Hemme güýçleriň momentlerini „B“ nokada görä alýarys.

$$\sum_{i=1}^{n} M_B\,(P_i) = 0$$

$$R_{43}^t BC + P_{i3}h_{i3} - G_3 h_3 = 0$$

$$R_{43}^t = \frac{-P_{i3}h_{i3} + G_3 h_3}{BC}, \text{(N)}.$$

Eger-de netijesi (-) minus bolsa, onda $\bar{R}_{43}^t$ ugruny garşy tarapa öwürmeli.

3) 2-3 bölekleri bile seredýäris, wektor deňleme düzýäris.

$$\bar{R}_{12}^n + \bar{R}_{12}^t + \bar{G}_{12} + \bar{P}_{i2} + \bar{G}_3 + \bar{P}_{i3} + \bar{R}_{43}^t + \bar{R}_{43}^n = 0.$$

Iki çetdäkiler näbelli bolmaly. Ilki bir bölege täsir edýän güýçleri ýazmaly, soň beýleki bölege täsir ediýän güýçleri.

Şol deňleme boýunça güýçleriň planyny gurmaly. Ilki $\bar{R}_{12}^n$ ugruny ||AB geçirýäris. Şol çyzykda bir nokady „1“ - diýip bölýäris. Şol nokatdan $\bar{R}_{12}^t$ – ugruny geçirýäris ($\perp$AB). Islendik uzynlykda 1 - 2 aralygy alyp masştaby tapmaly.

Meselem 1-2 = 50 mm diýip aldyk,

onda $\mu_P = \frac{R_{12}^t}{1-2}, \frac{N}{mm}$.

2-nji nokatdan $\bar{G}_{12}$ güýjiň ugruny geçirýäris.

$$2 - 3 = \frac{G_2}{\mu_P} = \frac{N}{N/mm} = mm.$$

3-nji nokatda $\bar{P}_{i2}$ güýjiň ugruny geçirýäris.

$$3 - 4 = \frac{P_{i2}}{\mu_P} = mm.$$

4-nji nokatdan $\bar{G}_3$ ugruny geçirýäris.

$$4 - 5 = \frac{G_3}{\mu_P} = mm.$$

5-nji nokatdan $\bar{P}_{i3}$ ugruny geçirýäris.

$$5 - 6 = \frac{P_{i3}}{\mu_P} = mm.$$

6-njy nokatda $\bar{R}_{43}^t$ ugruny geçirýäris.

$$6 - 7 = \frac{R_{43}^t}{\mu_P} = mm.$$

7-nji nokatdan $\bar{R}_{43}^n$ ugruny (|| BC) geçirýäris.

Birinji çyzyk (|| AB) bilen soňky çyzygyň (|| BC) kesişýän nokady „8“ diýip belleýäris.

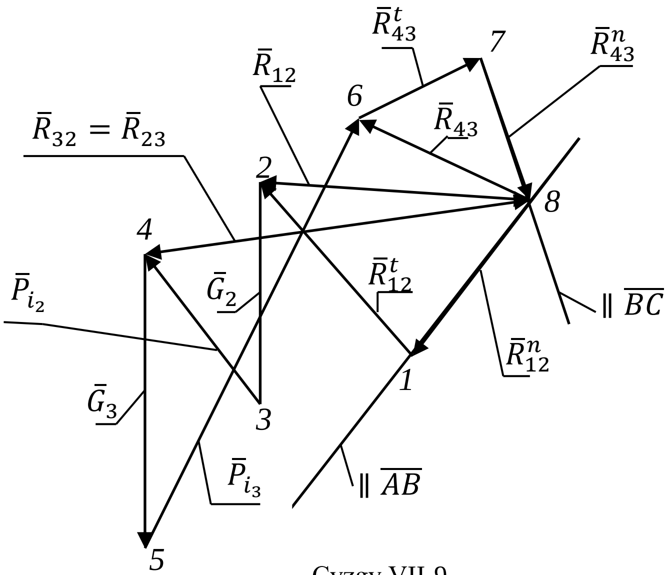
$$R_{12}^{n} = \mu_P (8-1)\ \frac{N}{mm} \cdot mm = N;$$

$$R_{12} = \mu_P (8-2)\ \ N;$$

$$R_{43}^{n} = \mu_P (7-8)\ \ N;$$

$$R_{43} = \mu_P (6-8)\ \ N.$$

$$\bar{R}_{23} = -\bar{R}_{32} = \mu_P (8-4)\ \ N.$$



Çyzgy VII-9

B nokatdaky 2-nji bölekden 3-nji bölege täsir edýän güýç (Nýutonyň ikinji kanunyny) kesgitlemek üçin 4-8 nokatlary birleşdirmeli. Sebäbi böleklere aýratyn seredeňde, hemme güýçleriň täsiri boýunça bölek 2 (ýa-da 3) deňagram ýagdaýynda diýipdik, onda her bölek täsir edýän güýçleriň jemi nola deň bolmaly, güýçleriň wektorlary başlanan nokatda gutarmaly. 8-nji nokatda ikinji bölek täsir edýän güýçler başlandy, 4-nji nokatda gutardy. 4 bilen 8 birleşdirsek

$R_{32} = \mu_p$ (4-8) N. onda $R_{23} = -\ R_{32} = \mu_p$(4-8) N.

Assuryň II klas 1-nji görnüş toparynyň güýç derňewini doly geçirdik (çyzgy VII-9).

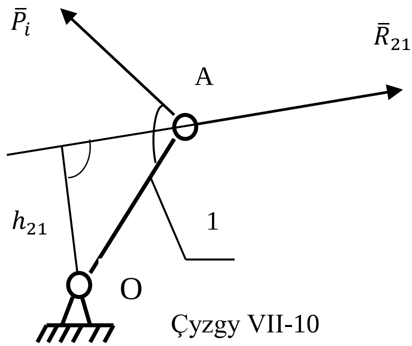
VII.5. Ýörediji bölegiň güýç derňewi

Ýörediji bölegiň edýän hereketini kesgitlesek

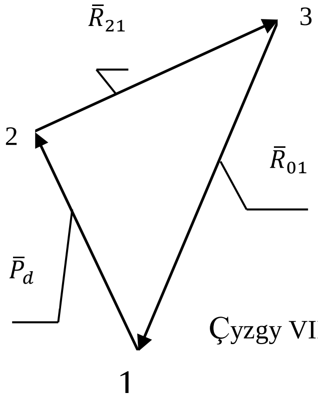
$$W = 3n - 2P_5;$$

$$W = 3\cdot1 - 2\cdot1 = 1.$$

Bire deň bolanda, statika deňlemelerini ulanyp bolanok, sebäbi R_{21} güýjiň täsiri boýunça bölek deňagram ýagdaýynda däl. Deň agram ýagdaýyna getirmek üçin P_d – deň agram ýagdaýyna getirýän güýji ulanýarys.



Çyzgy VII-10



Çyzgy VII-11

„O" nokada görä moment alsak, deňagrama getirýän güýjiň bahasyny tapýarys.

$$\sum_{i=1}^{n} M_0(P_i) = 0$$

$$P_d \cdot OA - R_{21} \cdot h_{21} = 0;$$

$$P_d = \frac{R_{21}h_{21}}{OA}, \ \frac{Nmm}{mm} = N.$$

O – nokatda duran bölek tarapyndan täsir edýän güýji kesgitlemek üçin wektor deňleme düzýäris.

$$\bar{P}_d + \bar{R}_{21} + \bar{R}_{01} = 0$$

Wektor deňleme boýunça güýç planyny gurýarys. Ilki deňagram ýagdaýa getirlen güýji geçirýäris, islendik uzynlykda, 1-2 aralyk.

Meselem 1-2= 50mm,

onda $$\mu_P = \frac{P_d\,(N)}{1-2\,(mm)}.$$

Ikinji nokatdan R_{21} geçirýäris 2-3 aralyk.

$$2-3 \;= \frac{R_{21}}{\mu_P}\frac{N}{N/mm} = mm.$$

3-nji nokady „1“ bilen birleşdirsek R_{01} gelip çykýar (çyzgy VII-11).

$$R_{01} = \mu_P \cdot (3\text{-}1)\ \frac{N}{mm} \cdot mm = \mathrm{N}.$$

VII.6. Žukowskinyň teoremasy

90° öwürilen tizligiň plany hemme güýçleriň täsiri boýunça deňagram ýagdaýda. Güýçleri mehanizmiň planyndan tizligiň planyna ugruny üýtgetmän geçirmeli.

Meselem bölegiň B nokadynda F güýç täsir edýär, nokadyň tizligi belli V_B. (çyzgy VII-12a).

Güýç bilen tizligiň arasyndaky burçy α-diýip belleýäris.

„B" nokadyň tizligini 90° öwrüp guran soň, b güýji ugruny üýtgetmän geçirýäris. Güýjiň momenti P nokada görä:

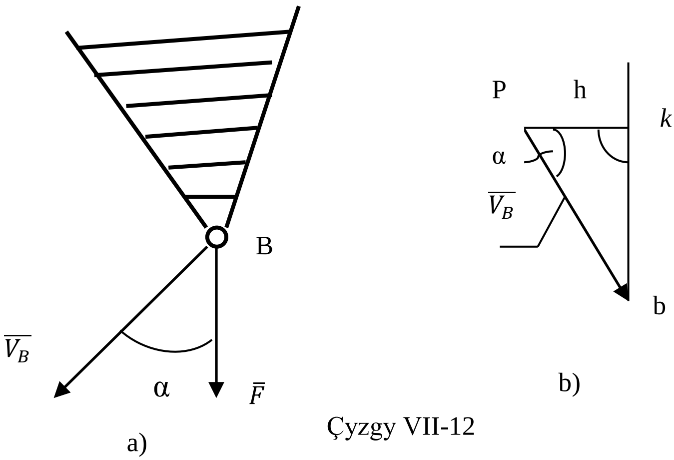
$$M_p(F) = F \cdot h;$$

$$h = V_B \cdot \cos\alpha;$$

$$M_p(F) = F \cdot V_B \cdot \cos\alpha;$$

$$N = F \cdot V_B \cdot \cos\alpha \ \text{ güýjiň kuwwaty;}$$

$$M_p(F) = N.$$



Çyzgy VII-12

Hemme maşynlaryň işleýän usuly-maşyna täsir edýän güýçleriň kuwwatynyň jemi nola deň.

$$\sum_{i=1}^{n} N_i = 0$$

onda

$$\sum_{i=1}^{n} M_P(F_i) = 0$$

Maşyna täsir edýän güýçleriň momentleriniň jemi nola deň, ýa-da güýçleriň täsiri boýunça 90° öwrülen tizligiň plany deňagram ýagdaýda.

VIII. BÖLÜM
SÜRTÜLME

VIII.1. Sürtülmäniň görnüşleri

Iki bölek bir-birine görä hereket edende olaryň galtaşýan meýdanlarynda sürtülme güýji emele gelýär. Şol güýç ugry boýunça otnositel tizlige garşy, herekete garşylyk görkezýär.

Sürtülmäni iki grnüşe bölýärler:

1. Typma sürtülmesi.
2. Tigirlenme sürtülmesi.

Typma sürtülmede jisimiň her bir nokatlary yzygiderli beýleki jisimiň nokatlary bilen galtaşýar.

Togalanma sürtülmede jisimiň nokatlary bir-biriniň yzyndan beýleki jisimiň nokatlary bir-biriniň yzyndan yzygiderli galtaşýarlar.

Önümçilikde köp ýagdaýda iki sürtülme birden bolup bilýär

Typma sürtülme bolýarlar:

1. Gury sürtülme
2. Ýarym gury sürtülme
3. Suwuklyk sürtülme
4. Ýarym suwuk sürtülme.

1. Gury sürtülmede iki bölegiň arasynda hiç hili **smazka** ýok.

Smazka diýip ulanýarlar; grafiti, goýy ýaglary, suwuk ýaglary, howany ýa-da başka gazlary.

2. Ýarym gury sürtülmede smazka bar bolanda-da köp meýdanlary galtaşýar.

3. Suwuk sürtülmede smazka bölekleri doly aýyrýar, bölekler bir-birine galtaşman hereket edýär.

4. Ýarym suwuk sürtülmede bölekleriň arasynda smazka bar, ýöne käbir meýdançalary bilen bölekler galtaşýar. Smazka sürtülme güýjüni peseldýär.

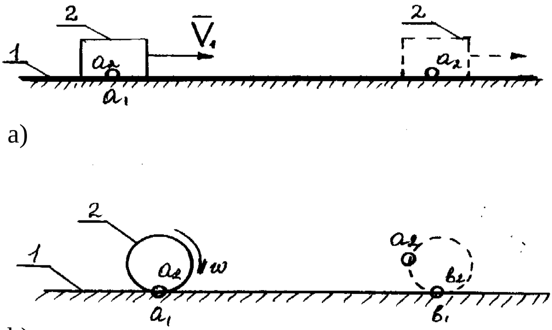
VIII.2. Typma sürtülmäniň esasy kanunlary

Sürtülme çylşyrymly hadysa, şu wagta çenli doly bilinenok, şol sebäpli her ýagdaý üçin doly sürtülme güýçleri tapmak kyn, ýöne inžener hasaplamalarda önimçilige gerekli çeni bilen 18 asyrda Kulonyň oýlap tapan kanunlaryny ulanýarlar.

Çyzgy VIII-2. 1-nji bölek hereket edende Q güýç bilen 2-nji bölege basylýar. 1-nji bölegi herekete getirýän güýç P. Bölekleriň galtaşýan ýerinde emele gelýär, sürtülme güýji F, 1-nji bölegiň süýşmegine garşylyk görkezýär. Iki bölekleriň arasynda emele gelýär, normal güýç N, şu ýagdaýa N = Q

$$F = f \ N$$

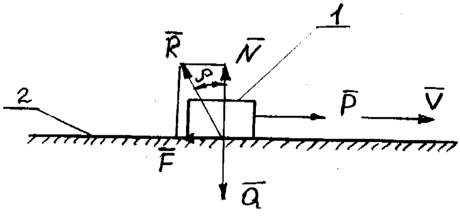
Sürtülme güýji proporsional normal güýje. Proporsional koeffisiýentine sürtülme koeffisiýenti diýilýär.



a)

b)

Çyzgy VIII-1



Çyzgy VIII-2

Sürtülme koeffisiýent bölekleriň materialyna, meýdançalaryň arassa işlenişine we ulanylýan smazka bagly.

Başlangyç hereketdäki sürtülme koeffisiýenti f_0, hereket edilendäki sürtülme koeffisiýentinden uly.

$$f_0 > f$$

f_0 – hereketsizlikdäki sürtülme koeffisiýenti diýilýär.

$$F_0 = f_0 N$$

Materiýallara görä sürtülme koeffisiýentler ýörite kitaplarda berlen, Kulon boýunça sürtülme koeffisiýenti bölekleriň tizligine, udel basyşa we wagta bagly däl. Onuň kanunlary şol döwürdäki tizliklere, basyşlara we sürtülme wagtyna görä dogry. Onuň kanunlary geçiren tejribe synaglary $V = 0{,}3 + 3\ m/s$, basyş $< 10\ \frac{kg}{sm^2}$ üçin.

Gaty uly tizliklerde we basyşlarda Kulonuň kanunlary dogry çykanok, ýöne biz öz hasaplamalarymyzda Kulonyň kanunlaryny ulanarys.

Tablisa VIII-1.

Sürtülýän meýdanlar.	**Sürtülme koeffisiýenti.**
Polat poladyň üstünde, aralykda ýag.	0,04
Polat çoýunyň üstün ýa-da polat poladyň üstünde ýagy az bolanda.	0,1
Polat çoýunyň üstünde, gury.	0,15...0,18
Polat poladyň üstünde gury.	0,18
Bronza polatyň üstünde, ýagy az bolanda.	0,15
Bronza poladyň üstünde, gury.	0,18
Çoýunyň üstünde.	0,3
Plastmassa poladyň üstünde, ýagy köp.	0,09...0,10
Rezin poladyň üstünde.	0,6...0,8
Polat buzyň üstünde.	0,014.

VIII.3. Sürtülme burçy

Sürtülme güýji F reaktiw güýçlere girýär. Ol 2-nji jisimiň 1-nji jisime görä reaksiýasy P güýç 1-nji jisimi 2-njä görä süýşireňde (çyzgy VIII-2).

Eger-de P güýç kiçi bolanda jisimler hereketsiz bolýarlar F = P bolýar. P güýç ulalanda $P = F_0 = f_0 N$ ýetende otnositel hereket başlaýar, şol wagtda $F_0 = P$ bolýar. P güýç ýene-de ulalanda sürtülme güýji ulananok, ol $F = f N$ deň bolup durýar. P > F bolan ýagdaýda hereket tizlenýär.

Reaksiýa N 2-nji bölekde 1-njä, Q güýjüň täsiri boýunça döreýär. N we F güýçleri wektor görnüşde jemläňde R – reaksiýa tapylýar. $\vec{R}$ güýç bilen $\vec{N}$ güýjiň aralygyndaky burç ρ tapylýar.

$$\text{tg}\,\rho = \frac{F}{N}, \text{ öňki deňlemede}$$

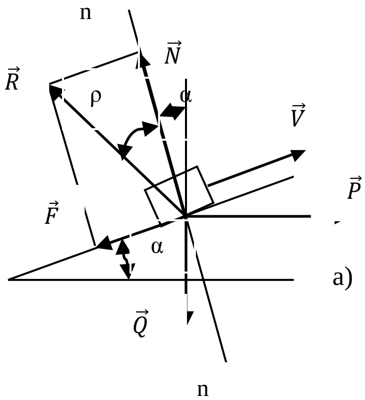
$$f = \frac{F}{N}, \text{ onda } tg\rho = f$$

Şu deňlemeden görünýär burç ρ sürtülme koeffisiýentine deň bolup bu materiallar üçin hemişelik bolýar. Bölekler bir-birine görä hereket edende doly reaksiýa normaldan otnositel hereketden garşy tarapa $\rho = const$ burça gyşarýar. Şol burç diňe sürtülme koeffisiýentine bagly bolýar.

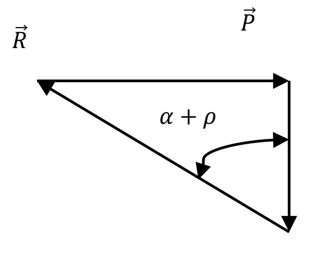
Köp meselelerde sürtülme burçy sürtülme güýji belli bolmanda-da ony hasaba almaga mümkinçilik berýär.

VIII.4. Ýapgyt tekizligiň sürtülmesi

Jisim ýapgyt tekizlikde hereket edýär. Ýapgytlyk burçy α. I – ýagdaý. Gorizontal güýjiň $\vec{P}$ täsiri boýunça jisim ýokary hereket edýär (çyzgy VIII-3a). Wertikal güýç $\vec{Q}$ garşylyk görkezýär. Ýapgyt tekizlik tarapynda R – reaksiýa täsir edýär.

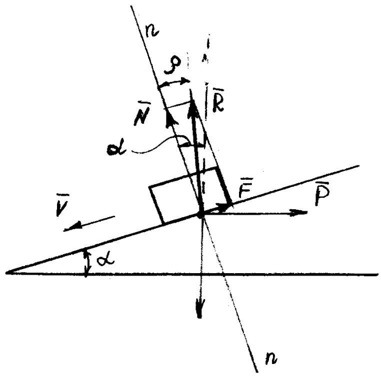


a)

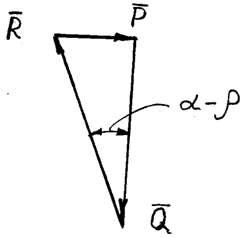


b)

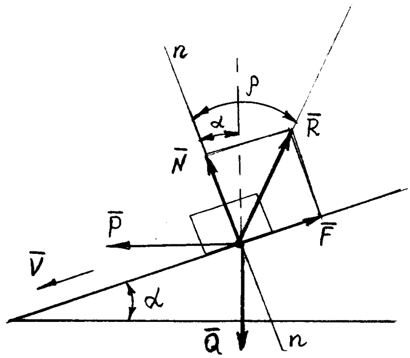
Çyzgy VIII-3.



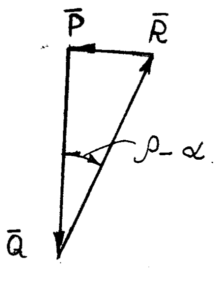
a)



b)



ç)



d)

Çyzgy VIII-4

$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}.$$

Reaksiýa $\vec{R}$ normal $\vec{N}$ we sürtülme $\vec{F}$ wektoryň jemine deň. Ugry boýunça R – reaksiýa normal nn çyzyk bilen ρ – sürtülme burçuny emele getirýär, herekete teris tarapyndan. Deňölçegli hereket edende, hemme güýçleriň jemi nola deň bolýar:

$$\vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} = 0.$$

Şu deňleme boýunça güýçleriň plany gurulan (çyzgy VIII-3b).

Şu üçburçlukdan:

$$P = Q\ tg(\alpha+\rho)$$

Şu deňleme boýunça gorizontal ýapgyt tekizlikde jisimi ýokary herekete getirýän güýç tapylýar.

II-ýagdaý. Jisim ýapgyt tekizlikde aşak hereket edýär. Bu ýerde wertikal güýç Q ýörediji, gorizantal P herekete garşy güýç. (çyzgy VIII-4a). Tekizlikden täsir edýän reaksiýa $\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}$, normal $\vec{N}$ we sürtülme $\vec{F}$ güýçleriň wektor jemine deň.

R-reaksiýa nn-normal bilen ρ-sürtülme burçuny emele getirýär, herekete ters tarapyndan. Jisimiň hereketi deňölçegli bolanda (çyzgy VIII-4b):

$$\vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} = 0$$

Üçburçlukdan:

$$P = Q\ tg(\alpha+\rho).$$

Şu deňleme ρ < α bolanda P güýç minusly bolýar, diýmek jisim hereket etmek üçin P güýç ters tarapa, ýa-da ýörediji bolmaly.

Başka ýagdaýda jisim hereket edip bilenok. Şonuň ýaly ýapgyt tekizlige (ρ < α) özi tormozlaýan diýilýär (çyzgy VIII-4d).

Onda: $$P = Q\ tg(\rho+ \alpha)$$

III – ýagdaý. Jisim ýapgyt tekizlikde ýokary hereket edýär. Herekete getirýän güýç P ýapgytlyga parallel. Q-garşy güýç. Tekizlik tarapdan täsir edýän reaksiýa $\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}$.

R-reaksiýa bilen nn-normal çyzygyň arasyndaky burç-sürtülme burçy ρ, herekete ters tarapyndan (çyzgy VIII-5a).

Herekete deňölçegli bolanda (çyzgy VIII-5b):

$$\vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} = 0$$

Sinuslar teoremasyny ulanyp, güýçleriň planyndan tapýarys:

$$\frac{P}{\sin(\alpha+\rho)} = \frac{Q}{\sin(90-\rho)}$$

ýa-da:

$$P = \frac{Q\sin(\alpha+\rho)}{\cos\rho}$$

Şu deňleme boýunça ýapgytlyga parallel ýörediji güýç tapylýar.

VIII.5. Pahna görnüşli bölegiň süýşmesindäki sürtülme

1-nji jisimiň kese-kesigi trapesiýa, 2-nji bölekde gorizontal boýunça hereket edýär. 1-nji jisime Q-wertikal güýç täsir edýär.

1-nji jisim *ab* we *cd* tekizlikleri bilen 2-nji jisime galtaşýar. Şol tekizliklerde hereket edilende sürtülme güýçler döreýär. Sürtülme güýçleriň jemini tapmak üçin normal reaksiýany *N* sürtülme koeffisiýentine *f* köpeltmeli.

$$F = 2 \cdot N \cdot f.$$

N güýji tapmak üçin wertikal oka görä hemme güýçleriň proeksiýasyny alýarys.

$$Q - 2N\sin\gamma = 0.$$

Ýa-da

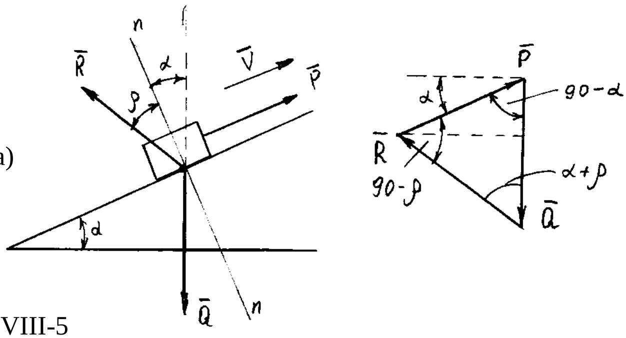
$$2N = \frac{Q}{\sin\gamma}.$$

Onda sürtülme güýç: $F = \frac{Qf}{\sin\gamma}.$

$\frac{f}{\sin\gamma} = f'$ diýip bellesek.

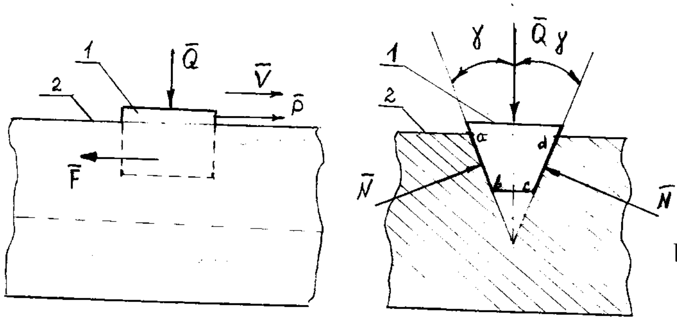
$$F = Q\,f'.$$

f' -getirilen sürtülme koeffisiýenti diýilýär.



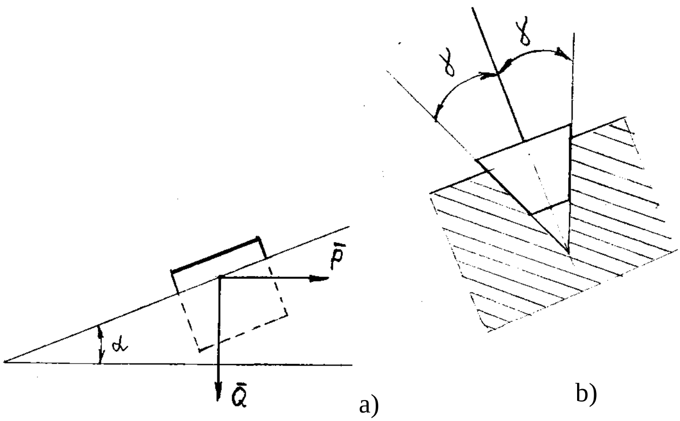
a) b)

Çyzgy VIII-5



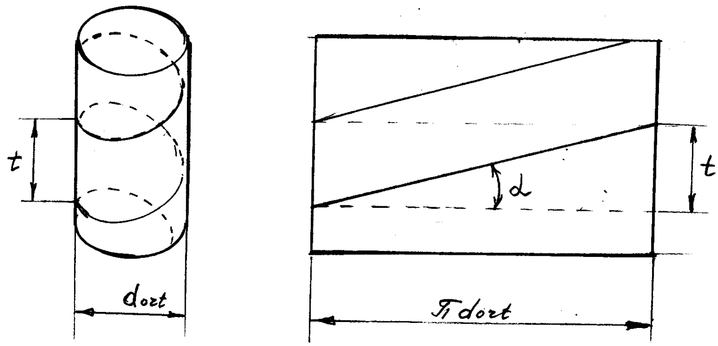
a) b)

Çyzgy VIII-6

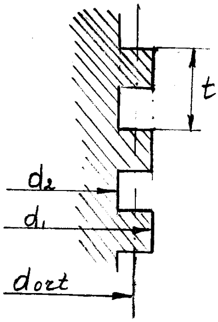


a) b)

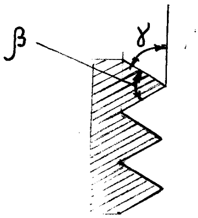
ÇyzgyVIII-7



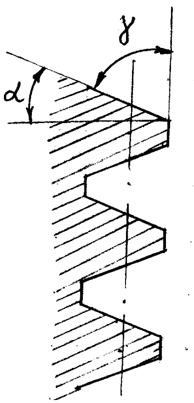
Çyzgy VIII-8 a) b)



ç)



Çyzgy VIII-9



$\alpha=20^0$
$\gamma=70^0$

Çyzgy VIII-10

Öňki deňlemeler bilen deňläniňde, üýtgeşik ýeri ýok.

Ýapgyt tekizlikde sürtülme güýjini tapmak üçin hakyky sürtülme koeffisiýentini almaly, pahna görnüşli jisimiň sürtülme güýjini tapmak üçin getirilen sürtülme koeffisiýentini almaly.

Hakyky sürtülme koeffisiýenti f we pahnaly bölegiň burçy γ berlen ýagdaýda getirilen sürtülme koeffisiýentini tapmak aňsat.

$$f' = \frac{f}{\sin\gamma}.$$

Onda getirilen sürtülme f burçy ρ deň bolýar:

$$\rho' = arc\ tg\ f'.$$

Jisimi pahnaly ýapgyt tekizlik bilen ýokary galdyrmak üçin gorizantal ýörediji güýç P tapylýar:

$$P = Q\ tg\ (\alpha+\rho')$$

$\sin\gamma < 1$ sebäpli $f' > f$.

Şu häsiýetini önümçilikde sürtülme güýji ulaltmaly ýagdaýda ulanýarlar.

VIII.6. Hyrly kinematiki jübütiň sürtülmesi

Gaýkanyň winte görä hereketini jisimiň ýapgyt tekizligiň üstünde hereketine meňzeş diýip alyp bolýar. Tekizligiň ýapgytlygy hyryň göteriliş burçuna deň diýip alýarys.

$$P = Q\ tg(\alpha+\rho)$$

Wint çyzygynyň göteriliş burçy α kesgitlemek üçin ortaky silindriň (razwertkasyny) çöwürmesini gurýarys (çyzgy 8).

$$\alpha = arc\ tg\frac{t}{\pi d_{ort}}$$

Bu deňlemede: t – hyryň ädimi;

d_{ort} - silindriň ortaça diameri.

$$d_{ort} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Bu ýerde: d_1 – hyryň daşky diametri.

d_2 – hyryň içki diametri (çyzgy VIII-8ç).

Hyrly hereket geçirijilerde güýji ortaky diametrine täsir edýär diýip alynanok. Güýç belli bir eňine eňine täsir edilýär diýip alynýar. Ol köplenç açaryň eňine deň bolýar. Hyrly hereket geçirijileriň hasaplamasy geçirilende aýlaýan moment – M täsir edýär diýip alynýar.

$$M = P\frac{d_{ort}}{2},$$

ýa-da $$M = \frac{Qd_{ort}}{2}\ tg(\alpha + \rho)\ .$$

Bu deňleme boýunça gaýkany aýlamak üçin güýji aňsat tapyp bolýar, hyryň ululygy we sürtülme koeffisiýenti berlende. Meselem, damkrat bilen ýüki götermek üçin güýji tapmak aňsat, hyrynyň ululyklaryny we sürtülme koeffisiýenti berlende.

Hyrly kinematiki jübütde, ýapgyt tekizlikde hereket edilen ýaly özi saklaýan (tormazlaýan) ýagdaý döräp bilýär $\alpha < \rho$ bolanda.

Bu ýagdaýda Q güýç garşy güýç däl-de, ýörediji bolýar (öňki seredilen ýagdaý). Meselem ýüki damkrat bilen düşürmek üçin, wintine ýa gaýkasyna täsir etmeli moment

$$M = \frac{Qd_{ort}}{2}\ tg(\rho - \alpha).$$

Hemme öňki aýdylanlar dörtburçly hyr üçin. Hyr üçburçly ýa-da trapesiýa görnüşde bolanda hyrly kinematiki jübüti, ýapgyt tekizlikde pahnaly bölek hereket edýär diýip seretmeli.

$$M = \frac{Qd_{ort}}{2}\ tg(\alpha + \rho'),$$

$$M = \frac{Qd_{ort}}{2}\ tg(\rho' - \alpha)\ .$$

ρ' – getirilen sürtülme burçy.

Üçburçly hyr üçin getirilen sürtülme burçy tapylýar:

$$\rho' = arc\ tgf' = arc\ tg\frac{f}{sin\gamma} = arc\ tg\frac{f}{cos\frac{\beta}{2}}.$$

Burumly dişli hereket gecirijilerde sürtülmäni hasaplamak üçin trapesiýa görnüşli hyrlarda ulanylan deňlemeler gabat gelýär:

$$M = \frac{Qd_{ort}}{2}\ tg(\alpha + \rho')\ ,$$

$$M = \frac{Qd_{ort}}{2}\ tg(\rho' - \alpha).$$

Bu deňlemelerde: M – burumdaky aýlaw momenti,

$d_{ort} = d$ – burumyň başlangyç diametri,

Q – burumyň başlangyç töweregine galtaşyp täsir edýän güýç.

Şu deňlemelere Q ýerine bahalaryny goýup tapýarys.

$$Q = \frac{2M_{B.a.}}{D}.$$

Bu deňlemede:

$M_{B.a.}$ – burum wala täsir edýän aýlaw momenti,

D – burum tigiriniň başlangyç töwereginiň diametri.

a) Burum tigirine täsir edýän moment garşylyk moment bolan ýagdaý üçin

$$M = M_{B.a.}\frac{d}{D}\ tg(\alpha + \rho').$$

b) Burum tigirine täsir edýän moment ýörediji bolup, ýöne burumly hereket geçiriji özi tormozlaýan bolanda

$$M = M_{B.a.}\frac{d}{D}\ tg(\rho' - \alpha).$$

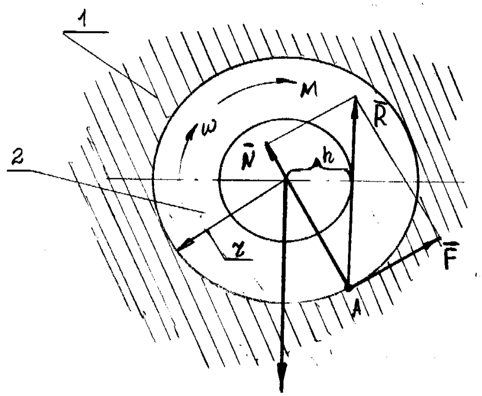
Getirilen sürtülme burçy ρ' burumly hereket geçirijiniň ilişmek burçy $\alpha_0=20^0$ bolanda tapylýar:

$$\rho' = arc\ tgf' = arc\ tg\frac{f}{sin\gamma} = arc\ tg\frac{f}{sin70^0} = arc\ tg1{,}06f\ .$$

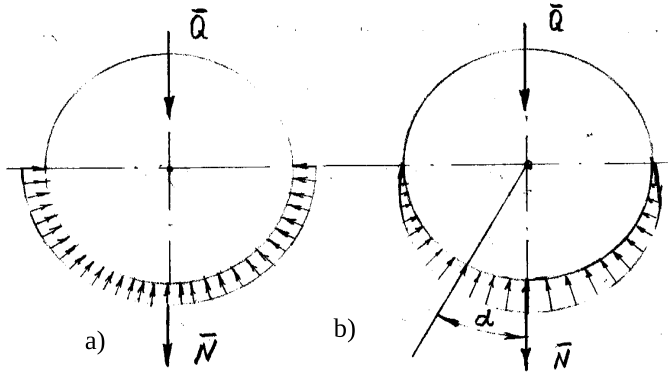
VIII.7. Aýlanýan kinematiki jübütlerde typma sürtülme

Walyň daýanjy-sapfa typma podşipnikde aýlanyp P güýç bilen basylýar. Podşipnik tarapdan A nokatda N – reaksiýa döreýär. N hemme basyş güýçleriň jemleýji güýji. A nokatda F güýç täsir edýär, onuň ugry sapfanyň töweregine galtaşýan aýlawa garşy. F hemme sürtülme güýçleriň jemleýji güýji. N we

F jemläp R reaksiýany tapýarys. R güýç Q güýje deň, ýöne ugry ters tarapa. R reaksiýa bilen N normal güýjiň arasyndaky burç sürtülme getirilen burça deň ρ'. Bu getirilen burç hakyky sürtülme burçdan tapawutlanýar, podşipnigiň we walyň materiýalyna görä, basyşyň paýlanyşyna bagly.



Çyzgy VIII-11



Çyzgy VIII-12

Galtaşýan meýdanlarda basyşyň paýlanyşy doly belli däl. Hasaplama işleri üçin alýarlar:

a) Täze, iýilmedik podşipnikler we sapfalar üçin basyşyň paýlanyşy meýdan boýunça deň (çyzgy VIII-12a)

$P = const.$

b) Biraz wagt işläp bir-birine sürtülip ýerleşen sapfa we podşipnikler üçin $P = P_0 \cos\alpha$ (çyzgy VIII-12b).

Agzalanlary hasaba alyp sürtülme koeffisiýentlerini alýarlar.

a) Täze sapfalar üçin $f' = 1.57f$.

b) Işläp ýerleşen sapfalar üçin $f' = 1.27f$.

Getirilen sürtülme koeffisiýenti f ' hakyky sapfanyň we podşipnikleriň materiallarynyň sürtülme koeffisiýentinden “ f ” – uly.

$$f' > f.$$

Getirilen sürtülme burçy ρ' (umumy reaksiýa R bilen sapfanyň diametri aralyk burçy) tapylýar:

$$\rho' = arc\, tgf'$$

R reaksiýa aýlaw oka görä garşylyk momenti (sürtülme momentini) döredýär:

$$M_s = h\,R.$$

Bu ýerde: M_s – momentiň ugry aýlawa ters.
h – egni, çyzgydan (çyzgy VIII-11) görünýär,
$h = r \sin\rho'$, r – walyň radiusy.

Sürtülme burçy ρ' kiçi bolany sebäpli:

$\sin\rho' = tg\,\rho'$ diýip alyp bolýar,

onda $$f' = tg\,\rho'$$

$$h = rf'$$

Sürtülme momenti deň bolýar:

$$M_s = R\,r\,f'.$$

Egni h walyň radiusyna r we getirilen sürtülme koeffisiýentine f ' bagly, şu kinematiki jübüt üçin hemişelik bolýar. Başgaça diýeňde, doly reaksiýa R sürtülme güýçleri hasaba alaňda aýlaw okdan geçenok, okdan h aralykdan geçýär. R galtaşýar h – radius bilen geçirilen töwerege. Şol töwerege sürtülme töweregi diýilýär.

VIII.8. Tigirlenme sürtülmesi

Typma sürtülmede bir jisimiň nokatlary başga jisimiň nokatlaryna görä süýşýärler. Bu sürtülme aşaky hilli kinematiki jübütlerde bolýar. Ýokary hilli kinematiki jübütler nokat ýa-da çyzyk boýunça galtaşýarlar. Bu ýerde tigirlenme sürtülmesi bolup bilýär.

Birinji jisimiň bir-biriniň yzynda duran nokatlar beýleki jisimiň bir-biriniň yzynda duran nokatlary bilen yzygiderli galtaşýarlar.

Meselem, aýlanýan silindre (ýa-da şara) wertikal güýç $\vec{Q}$ täsir edýär. $\vec{Q}$ güýjiň ugry silindriň okundan geçýär. Silindri we tekizligi absolýut gaty diýip alýarys. Silindr bilen tekizlik A nokatda galtaşýar. Normal reaksiýa $\vec{N}$ silindriň okundan geçýär. Bu ýagdaýda tigirlenmä garşylyk ýok, (çyzgy VIII-13a) ýöne hakykatda alaňda tigirlenmä garşylyk bolmaly. Jisimlerde näçe gaty bolanda-da maýyşgaklyk we ýemşermeklik döreýär, şol deformasiýalara näçe iş harç edilýär.

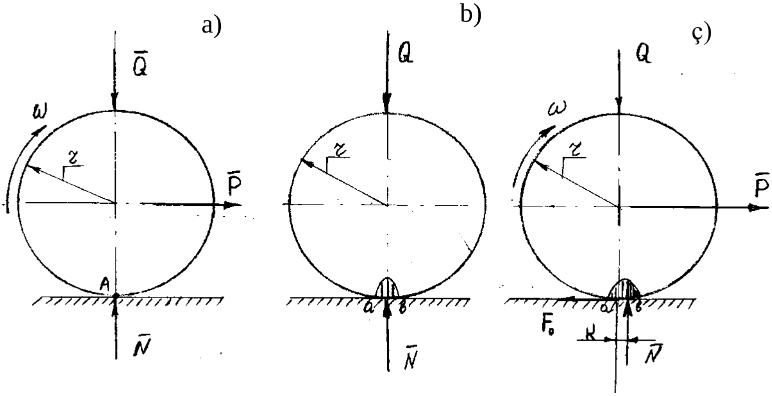
Eger-de silindr hereketsiz tekizlikde ýatan bolsa, belli bir galtaşýan meýdançasynda (ab) deformasiýa we güýjenme emele gelýär. Olar belli bir kanun boýunça ýaýraýar. Maýyşgaklyk nazarýeti boýunça, ýaýraýşy elliptiki kanun bolýar.

Hereketsiz silindrde ýaýraýşy, silindriň diametrine görä simmetriki bolýar (çyzgy VIII-13b). Silindri $\vec{P}$ güýç bilen aýlaňda, silindriň öňünde deformasiýa ulalýar, yzynda kiçelýär (çyzgy VIII-13ç). Silindriň we tekizligiň materiallarynda içki sürtüliş döräni sebäpli (gisterezis) silindriň öňündäki deformasiýa bilen yzyndaky deformasiýa deň bolanok, olary görkezýän çyzyklar hem simmetrik bolanok. Silindriň öňündäki güýjenme yzyndakydan uly bolýar. Şol sebäpli normal reaksiýa $\vec{N}$ silindriň wertikal diametrinden öňe biraz süýşýär (çyzgy VIII-13ç). Süýşmegi k diýip belleýäris. Q we N güýçleri moment döredýär. Moment tigirlenmä garşylyk görkezýär.

Deňölçegli tizlenme üçin, hereketlendiriji güýç $(\overrightarrow{P})$ bilen sürtülme güýjiň $(\overrightarrow{F})$ döredýän momenti (M = P r) öňki ($M_{t.g.}$) momente deň bolmaly:

$$P = \frac{QK}{r};$$

Bu ýerde: K – ululyga tigirlenme sürtülmesiniň koeffisiýenti diýilýär. Onuň ölçeg birligi mm-de. Şol koeffisiýent galtaşýan jisimleriň materialyna bagly diýilýär. Käbir materiallar üçin tigirlenme sürtülmesi.



Çyzgy VIII-13.

$$M_{t.g.} = Q\ K.$$

Tablisa VIII-2.

Materiallary	K, mm
Agaç – agajyň üstünde	0,5...0,6
Ýumşak polat – ýumşak poladyň üstünde	0,05
Agaç – poladyň üstünde	0,3...0,4
Zakalkaly şar – poladyň üstünde	0,01

Tablisada tigirlenme sürtülmesiniň koeffisiýenti gaty kiçi, diýmek tigirlenme sürtülmesi typma sürtülmesinden kiçi. Şol sebäpli köp ýerlerde tigirlenme podşipniklerini ulanýarlar.

Arassa typma we arassa tigirlenme bolup bilýän şertlere seredýäris. Jisim tekizligiň üstünde tigirlenmek üçin jisime täsir etmeli güýç.

$$P = \frac{QK}{r}.$$

Şol hereketde tekizligiň üstünde typmazlygy üçin hereketlendiriji güýç P sürtülme güýjinden kiçi bolmaly.

$$P < f\,Q.$$

Tersine bolanda (P > f Q) jisim typýar. Diýmek

$$\frac{QK}{r} < f\,Q$$

ýa-da

$$\frac{K}{r} < \mathrm{f}\ .$$

Arassatizlenme bolmak üçin $\frac{K}{r}$ gatnaşyk sürtülme koeffisiýentinden (f) kiçi bolmaly.

Jisim tekizligiň üstünde typar ýaly, oňa ýörediji güýç täsir etmeli:

$$P = f\,Q$$

Tigirlenmez ýaly, jisimi togalap bilýän moment tigirlenmä garşy momentden kiçi bolmaly:

$$Pr < Q\,K$$

onda

$$f\,Q\,r < Q\,K$$

ýa-da

$$f < \frac{K}{r}\ .$$

diýmek arassa typmak bolmagy üçin, typma sürtülme koeffisiýenti $\frac{K}{r}$ gatnaşykdan kiçi bolmaly.

f = $\frac{K}{r}$ bolan ýagdaýda hem typma, tigirlenme hem bolup bilýär.

VIII.9. Getirilen sürtülme koeffisiýentleri we burçlary

Hemme seredilen hereketlerde sürtülme güýji $\vec{F}$ normal reaksiýalara proporsional:

$$E = f' N$$

Gorizontal tekizlikde hereket edilende ýörediji güýç $\vec{P}$ wertikal güýje proporsional:

$$P = f' Q$$

Proporsional koeffisiýentine getirilen sürtülme koeffisiýenti diýildi.

$$\rho' = arc\ tgf'$$

getirilen sürtülme burçy diýildi.

Gorizontal tekizlikde tigirlenme hereket üçin şol agzalyp geçilen deňlemeler. Eger-de hereket ýapgyt tekizlikde bolanda hakyky sürtülme koeffisiýentiň we burçyň ýerine getirilen sürtülme koeffisiýenti we getirilen sürtülme burçy diýip alýarys.

Meselem (çyzgy VIII-14) ýapgyt tekizlikde gorizontal güýjiň täsiri boýunça katok ýokary galýar. Katogyň ýükini Q diýip alýarys, onda:

$$P = Q\ tg(\alpha+\rho')$$

Şu deňlemäni typma hereketde-de ulandyk. Getirilen sürtülme burçy tapylýar:

$$\rho' = arc\ tgf'$$

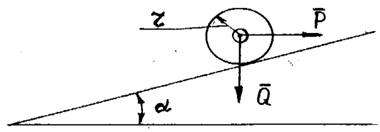
Bu ýerde: $f' = \frac{K}{r}$;

Ýa-da başga mesele: Ýapgyt tekizlikde taležka bilen Q agramlygy ýokary galdyrýarys (çyzgy VIII-15), ýörediji güýç P ýapgyt tekizlige parallel.

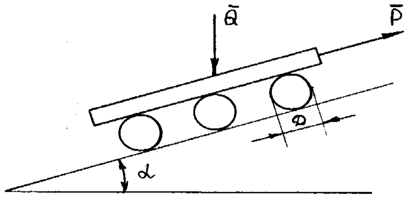
$$P = Q\frac{\sin(\alpha+\rho')}{cos\rho'}$$

Bu deňlemede: $\rho'=arc\ tgf'$

Hasaplama edil typma hereketdäki ýaly,



Çyzgy VIII-14.



Çyzgy VIII-15.

Mysal VIII-1. Q=10000 N ýüki domkrat bilen götermek üçin M=? tapmaly. Domkradyň egni *l*=?, oňa täsir edýän güýç P=200 N.

Berlen: wintiň hyry daýançly (упорная), depesiniň burçy $\beta=30^0$, daşky diametri d_1=50 mm, içki diametri d_2=42 mm, hyryň ädimi t=8 mm (çyzgy VIII-16). Wint bilen gaýka aralygynda sürtülme koeffisiýenti f=0.12. Wint bilen domkratyň aýlanmaýan golowkasy aralygynda sürtülme koeffisiýenti *a – a* tekizlik boýunça f_1=0.18.domkratyň wint golowkasy bilen töwerek galtaşýan meýdanynyň ululyklary; daşky diametri D = 80 mm,içki diametri D_1 = 40 mm.

Ç ö z ü l i ş i:

Domkrata goýulmaly momente M iki moment diýip almaly:

1-nji M_1 – sürtülme momenti gaýka bilen damkratyň arasynda.

2-nji M_2 – sürtülme momenti wintiň golowkasy bilen domkratyň hereketsiz golowkasy aralykda, *a – a* meýdan boýunça.

$$M = M_1 + M_2 .$$

$$M_1 = \frac{Qd_{ort}}{2} tg(\alpha + \rho')$$

Hyryň ortaça diametri:

$$d_{ort} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{50+42}{2} = 46\, mm.$$

Wintiň oprtaça diametrinde hyryň galýan burçy:

$$\alpha = arc\, tg \frac{t}{\pi d_{ort}} = arc\, tg \frac{8}{\pi\, 46} = arc\, tg 0.055 = 3^0 10'\,.$$

Gaýka we wint aralykda getirilen sürtülme koeffisiýenti:

$$f' = \frac{f}{sin\gamma} = \frac{f}{cos\beta} = \frac{0.12}{cos 30^0} = 0.139\,.$$

Getirlen sürtülme burçy.

$$\rho' = arc\, tgf' = arc\, tg 0.139 = 7^0 55'$$

Hyrdaky sürtülme moment bolýar deň:

$$M_1 = \frac{Qd_{ort}}{2} tg(\alpha + \rho') = \frac{10000 \cdot 4.6}{2} tg(3^0 10' + 7^0 55') = 4500\, N \cdot sm,$$

a – a meýdanda döreýän M_2 momenti sürtülme güýçden (F) döreýän moment diýlip alnanda:

$$M_2 = f_1 Q \frac{D_{ort}}{2} = f_1 Q \frac{D_1 + D_2}{4} = 0.18 \cdot 10000 \frac{8+4}{4} = 5400\, N \cdot sm.$$

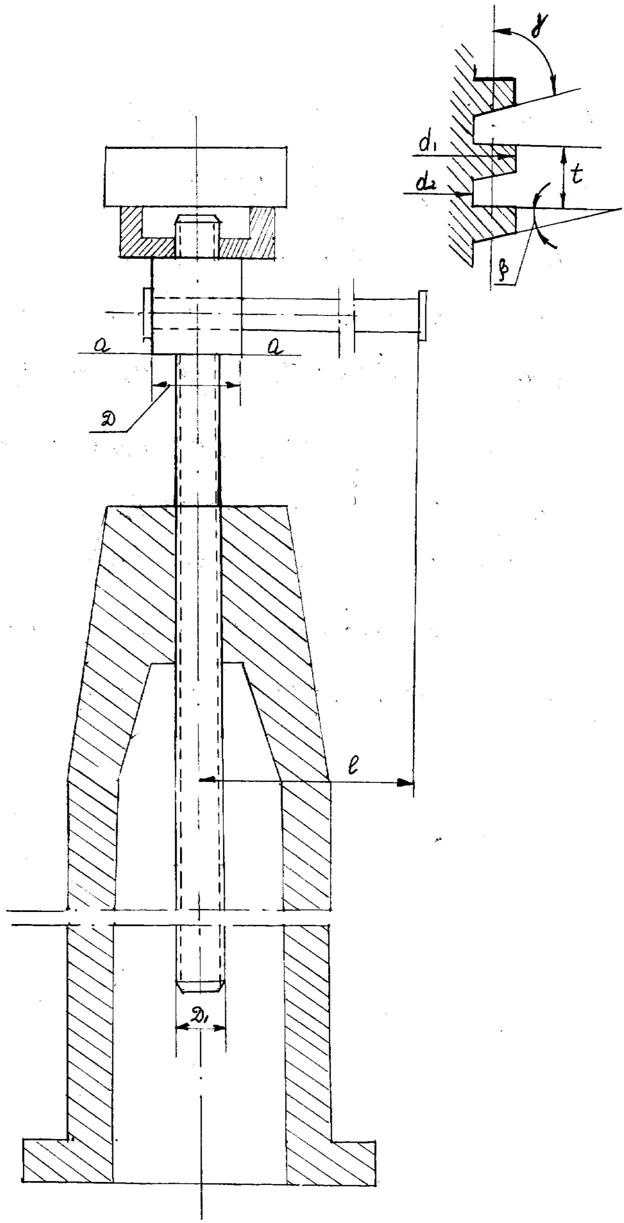
Aýlaýan moment M deň:

$$M = M_1 + M_2 = 4500 + 5400 = 9900\, N\, sm.$$

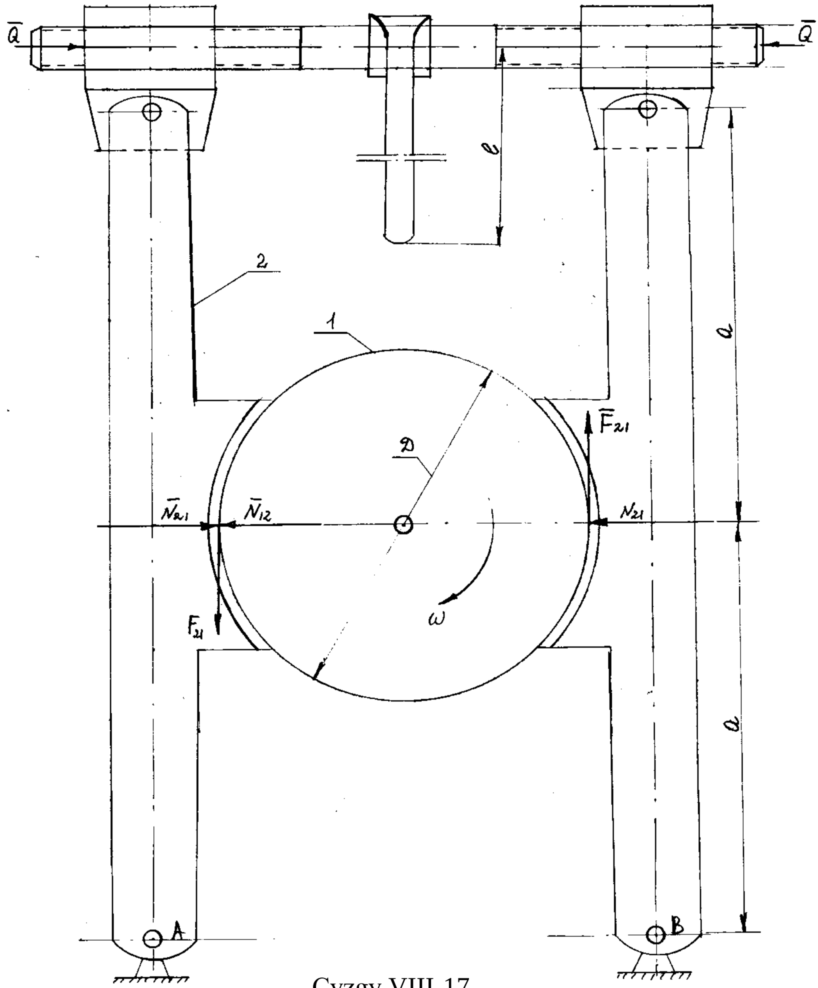
Onda egniniň uzynlygy *l* bolmaly:

$$l = \frac{M}{P_0} = \frac{9900}{200} \approx 50\, sm.$$

Mysal VIII-2. Baraban 1 iki tormoz kolodkalary bilen saklanýar. Kolodkalar ikinji ryçaga berkidilen. Ryçaglar A we B kinematiki jübütlerde aýlanyp bilýär, olar iki taraply wint bilen herekete getirilýär. Wintiň hyry çepden we sagdan girýär. Wint ýörüte ryçagyň üstünden el bilen herekete getirilýär. Birinji barabany saklaýjy moment M döretmek üçin el güýjini P = ? Kesgitlemeli.



Çyzgy VIII-16



Çyzgy VIII-17

Berlen: moment M = 50 Nm, ryçagyň uzynlygy l = 300 *mm*, ryçagyň egni a = 120 *mm*, barabanyň diametri D = 180 *mm*, hyryň orta diametri d_{ort} = 20 *mm*, ädimi t = 60 *mm*, tormoz kolodkanyň sürtülme koeffisiýenti f_k = 0.3, gaýka bilen wint aralykda sürtülme koeffisiýenti f = 0.15 (çyzgy VIII-17).

Ç ö z ü l i ş i:

Moment M saklamak üçin N_{21} güýçler bilen kolodkalary barabana gysmaly.

$$F_{21} = f_k N_{21}$$

Sürtülme güýjüň döreden sürtülme momenti Ms herekete getiren moment M deň bolanda baraban saklanýar.

$$M = M_s = F_M D = f_k N_{21} D$$

onda

$$N_{21} = \frac{M}{f_k D}$$

A nokada görä momentleriň deňlemesini düzýäris, nokatlaryň deňagramlygyny gözöňünde tutyp:

$$Q=2a - N_{12}\, a=0.$$

onda

$$Q = \frac{N_{12}}{2} = \frac{M}{2 f_k D},$$

Bu ýerde: Q – wint bilen kolodkalary barabana gysýan güýç.

Winti herekete geçirmek üçin ryçaga P_0 güýç bilen täsir etmeli. Şol güýjiň döredýän momenti M_p:

$$M_p = P_0\, l.$$

Şu moment wint – gaýka aralykda iki tarapynda döreýän sürtülme güýçleriň momentine deň bolmaly.

$$P_0 l = \frac{2Q d_{ort}}{2} tg(\alpha + \rho).$$

onda

$$P_0 = \frac{M d_{ort}}{2 f_k D l} tg(\alpha + \rho).$$

$$\alpha = arc\ tg \frac{t}{\pi d_{ort}} = arc\ tg \frac{60}{\pi\, 20} = 43^0 45'.$$

$$\rho = arc\ tg f_B = arc\ tg 0.15 = 8^0 32'.$$

$$P_0 = \frac{Md_{ort}}{2f_k Dl} tg(\alpha + \rho) = \frac{50000 \cdot 20}{2 \cdot 0.3 \cdot 180 \cdot 300} \; tg\left(43^0 45'^{+8^0} 32'\right) = 40 \; N.$$

Mysal VIII-3. Araba täsir edýän güýç *Q=5000 N*. Tigirlenme sürtülmä garşy güýji P =? tapmaly (çyzgy VIII-18).

Berlen: tekerleriniň diametri D = 400 mm, typma podşipnikleriniň diametri d = 60 mm, tigirlenme sürtülme koeffisiýenti k = 0.04 mm, podşipnikleriniň sürtülme koeffisiýenti f = 0.1.

Ç ö z ü l i ş i :

P güýji deňleme boýunça tapýarys:

$$P = f' Q.$$

Getirilen sürtülme koeffisiýenti deň:

$$f' = \frac{1}{D}(2k + 1.27fd) = \frac{1}{400}(2 \cdot 0.04 + 1.27 \cdot 0.1 \cdot 60) = 0.019.$$

onda

$$P = f' Q = 0.019 \cdot 5000 = 95 \text{ N}.$$

Mysal VIII-4. Ýapgytlgy $\alpha=25^0$ tekizlikde araba täsir edýän güýç *Q =5000 N*, arabany ýokary galdyrýan güýji tapmaly P = ? (çyzgy VIII-19).

Berlen: tekerleriň diametri D = 400 mm,typma podşipnikleriň diametri d =60 mm, tigirlenme sürtülme koeffisiýenti k = 0.04, podşipnikleriň sürtülme koeffisiýenti f = 0,1.

Ç ö z ü l i ş i :

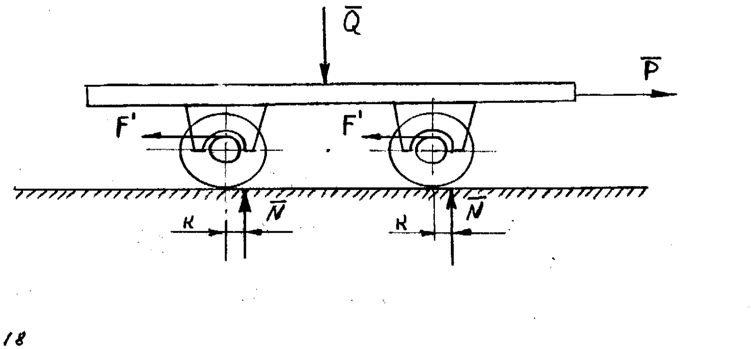
Getirilen sürtülme koeffisiýenti f' = 0.019, öňki meseleden.

Getirilen sürtülme burçy ρ' bolýar deň:

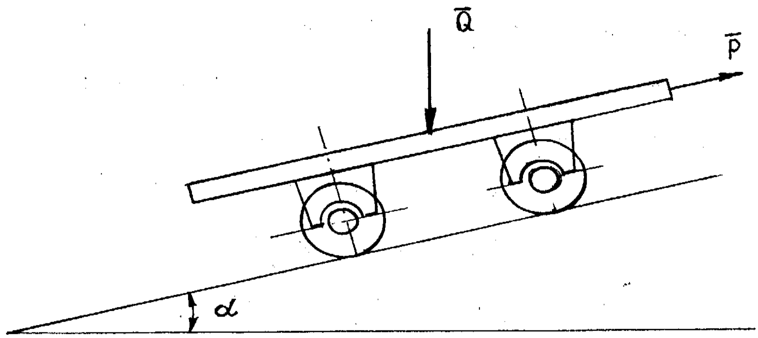
$$\rho' = arc\, tgf' = arc\, tg 0.019 = 1^0 6'.$$

Ýörediji güýç P bolýar deň:

$$P = Q\frac{\sin(\alpha+\rho')}{cos\rho'} = 5000\frac{\sin(25^0+1^0 6')}{cos1^0 6'} = 2200\ N.$$



Çyzgy VIII-18



Çyzgy VIII-19

IX. BÖLÜM
PEÝDALY TÄSIR KOEFFISIÝENTI

IX.1. Umumy düşünjeler

Maşynyň durnukly işlän döwründe ýörediji güýçleriň işi ($A_{ýö}$) garşy güýçleriň işine (A_g) deň bolmaly. Başgaça diýilende ýörediji güýçleriň işi garşy güýçleriň işine harç edilýär:

$$A_{ýö}=A_g. \qquad (IX\text{-}1)$$

ýa-da

$$A_{ýö}=A_{p.g.}+A_{z.g.} \qquad (IX\text{-}2)$$

Bu ýerde: $A_{p.g.}$ – peýdaly garşy güýçleriň işi,
$A_{z.g.}$ – zyýanly garşy güýçleriň işi.

Ýörediji güýçleriň işiniň näçe köp bölegi peýdaly garşy güýçleriň işine harç edilse maşyn ýa-da mehanizm şonça-da kämilleşdirilen diýilip hasap edilýär. Başgaça diýilende kämilleşdirilen maşynlarda zyýanly garşy güýçleriň işi gaty kiçi bolmaly.

Peýdaly garşy güýçleriň işiniň ýörediji güýçleriň işine gatnaşygyna p e ý d a l y t ä s i r k o e f f i s i ý e n t i diýilýär.

$$\eta\eta = \frac{A_{p.g.}}{A_{ýö}} \qquad (IX\text{-}3)$$

Bu ýerde: η– etta diýip okalýar (grek alfawiti).
Şu deňlemede $A_{p.g.}$ we $A_{ýö}$ işleri absolýut bahasynda almaly.

Peýdaly täsir koeffisiýenti maşynlaryň esasy häsýetini görkeziji ölçeg bolýar. Peýdaly täsir koeffisiýenti näçe uly bolsa, şonça maşyn kämilleşdirilen bolýar. Zyýanly güýçleriň işiniň ýörediji güýçleriň işine gatnaşygyna ýitiriş koeffisiýenti diýilýär.

$$\psi = \frac{A_{z.g.}}{A_{ýö}} \qquad (IX\text{-}4)$$

Bu ýerde: ψ - psi (grek alfawitinden).
onda:

$$\eta\eta = \frac{A_{ýö}-A_{z.g.}}{A_{ýö}} = 1-\psi \qquad (IX\text{-}$$

5)

peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemek üçin, sürtülme güýçleriň işini tapyp, ýitiriş koeffisiýentini hasaplap tapyp bolýar.

$$\eta\eta = 1 - \psi \qquad \text{(X-6)}$$

peýdaly täsir koeffisiýentini kuwwatlar üstünden tapyp bolýar:

$$\eta\eta = \frac{N_{p.g.}}{N_{ýö}} \qquad \text{(IX-7)}$$

$$\psi = \frac{N_{z.g.}}{N_{ýö}} \qquad \text{(IX-8)}$$

Bu deňlemelerde: $N_{ýö}$ – ýörediji güýçleriň kuwwaty,

$N_{p.g.}$ – peýdaly garşy güýçleriň kuwwaty,

$N_{z.g.}$ – zyýanly garşy güýçleriň kuwwaty.

IX.2. Yzygiderli we parallel goşulan mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýenti

Çylşyrymly mehanizmler ýönekeý mehanizmlerden durýar. Ýönekeý mehanizmleriň goşulyşy yzygiderli, parallel we gatyşyk bolup bilýär. Yzygiderli goşulanda birinji mehanizme berilýär. Iş ýa-da kuwwat yzygiderli hemme mehanizmlerden geçip bir bölegini ýitirýär. Yzygiderli goşulan mehanizmleriň her biriniň öz peýdaly täsir koeffisiýenti bar (çyzgy X-1). $\eta\eta_1$; $\eta\eta_2$; $\eta\eta_3$; ..... $\eta\eta_n$ 1-nji mehanizme $A_{ýö}$ iş gelýär, birinjiden çykýar A_1, şol mehanizm üçin peýdaly iş. 2-nji mehanizm üçin A_1 ýörediji iş bolýar, ikinjiden çykýan iş A_2 özi üçuin peýdaly iş, 3-nji mehanizm üçin ýörediji. Şonuň ýaly yzygiderlikde her mehanizmden geçende biraz peselýär. Iň soňky "n" mehanizmde A_n iş çykýar. Şol iş diňe "n" mehanizm üçin däl-de hemme mehanizmlere peýdaly iş bolýar. Diýmek yzygiderli goşulan mehanizmler üçin peýdaly täsir koeffisiýenti deň:

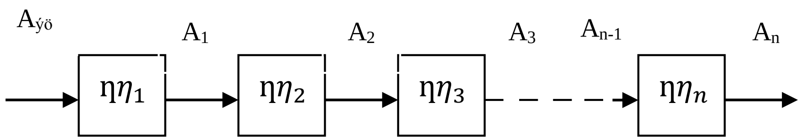
$$\eta\eta = \frac{A_n}{A_{\text{ýö}}} \qquad \text{(IX-9)}$$

her aýry ýönekeý mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýentleri deň:

$$\eta\eta_1 = \frac{A_1}{A_{\text{ýö}}}; \quad \eta\eta_2 = \frac{A_2}{A_1}; \ldots\ldots \eta\eta_n = \frac{A_n}{A_{n-1}} \qquad \text{(IX-10)}$$

Hemme peýdaly täsir koeffisiýentleri bir-birine köpeltsek:

$$\eta\eta_1 \cdot \eta\eta_2 \cdot \eta\eta_3 \cdot \ldots\ldots \cdot \eta\eta_n = \frac{A_1}{A_{\text{ýö}}} \cdot \frac{A_2}{A_1} \cdot \ldots\ldots \cdot \frac{A_n}{A_{n-1}} = \frac{A_n}{A_{\text{ýö}}} = \eta\eta \qquad \text{(IX-11)}$$



Çyzgy X-1.

ýa-da

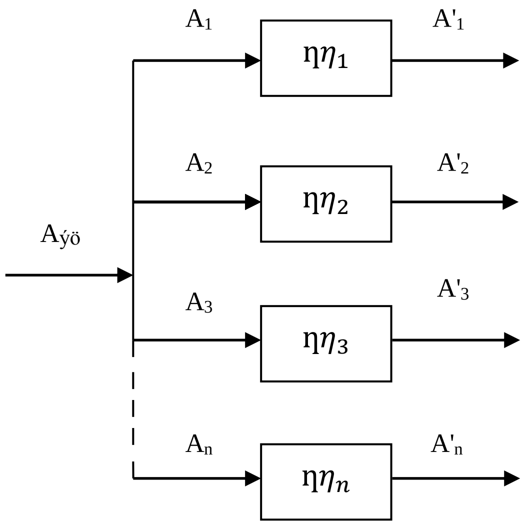
$$\eta\eta = \eta\eta_1 \cdot \eta\eta_2 \cdot \eta\eta_3 \cdot \ldots\ldots \cdot \eta\eta_n. \qquad \text{(IX-12)}$$

Yzygiderli goşulan mehanizmlerde umumy peýdaly täsir koeffisiýenti tapmak üçin, ýönekeý mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýentlerini bir-birine köpeltmeli.

Her bir ýönekeý mehanizmiň peýdaly täsir koeffisiýenti birden kiçi ($\eta_i < 1$), olary bir-birine köpeldeňde umumy peýdaly täsir koeffisiýenti ýönekeý mehanizmiň peýaly täsir koeffisiýentinden kiçi bolýar.

$$\eta < \eta\eta_i \qquad \text{(IX-13)}$$

Yzygiderli goşulanda bir ýönekeý mehanizmiň peýdaly täsir koeffisiýenti has kiçi bolanda umumy peýdaly täsir koeffisiýenti hem kiçi bolýar. Şol sebäpli mehanizmler yzygiderli goşulanda her bir ýönekeý meganizmleriň peýdaly täsir koeffisiýenti ýokary bolmaly, husussan hem çylşyrymly mehanizm köp kuwwat harç edende.



Çyzgy X-2.

Çylşyrymly mehanizme berlen ýörediji iş $A_{ýö}$ ýönekeý mehanizmlere paýlanýar A_1; A_2; .... A_n. Olar her bir mehanizm üçin ýörediji iş bolýar (çyzgy IX-2.):

$$A_{ýö}=A_1+A_2+.....A_n. \qquad \text{(IX-14)}$$

Her bir mehanizm peýdaly iş edýär:

$$A'_1 = \eta_1 A_1;\ \ A'_2 = \eta_2 A_2; \dots A'_n = \eta_n A_n \qquad \text{(IX-15)}$$

Umumy peýdaly işi tapmak üçin hemme mehanizmleriň peýdaly işine jemlemeli.

$$A_u = A'_1 + A'_2 + \ \dots\ + A'_n = A_1\eta_1 + A_2\eta_2 + \ \dots\ + \\ + A_n\eta_n = \sum_{i=1}^{n} A_i\,\eta_i \qquad \text{(IX-16)}$$

Parallel goşulan çylşyruly mehanizmiň umumy peýdaly täsi koeffisiýenti deň:

$$\eta_u = \frac{A_u}{A_{ýö}} \qquad \text{(IX-17)}$$

ýa-da

$$\eta_u = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \eta_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \qquad \text{(IX-18)}$$

Käbir meselelerde her bir ýönekeý mehanizme berlen ýörediji güýçleriň işi A_i belli däl. Belli peýdaly garşy güýçleriň eden işi A'_i. Şol meselelerde peýdaly täsir koeffisiýenti deň:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n} A'_i}{\sum \frac{A'_i}{\eta_i}} \qquad \text{(IX-19)}$$

(IX-18) deňlemeden görünýär: parallel goşulan mehanizmlerde umumy peýdaly täsir koeffisiýenti her ýönekeý mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýentine bagly däl, ýöne her ýönekeý mehanizme ýörediji işiň paýlanyşy bagly bolýar. Eger-de her ýönekeý mehanizmleriň arasynda ýörediji iş deň paýlananda, umumy peýdaly täsir koeffisiýentini tapmak üçin hemme mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýentleriniň jemini mehanizmiň sanyna bölmeli:

$$\eta_u = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \eta_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} = \frac{A_i \sum_{i=1}^{n} \eta_i}{n A_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \eta_i}{n} \qquad \text{(IX-20)}$$

Eger-de hemme ýönekeý mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýentleri bir-birine deň bolsa, onda umumy peýdaly täsir koeffisiýenti islendik ýönekeý peýdaly täsir koeffisiýentine deň bolýar:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \eta_i}{\sum A_i} = \frac{\eta_i \sum_{i=1}^{n} A_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} = \eta_i \qquad \text{(IX-21)}$$

(IX-18) we (IX-19) deňlemelerde işleriň ýerine kuwatlaryny alyp bolýar.

IX.3. Öz – özünden saklanýan hadysa.

Peýdaly täsir koeffisiýenti nola deň ($\eta = 0$) bolan ýagdaýynda peýdaly garşy güýçleriň işi

$$A_{p.g.} = 0$$

Diýmek mehanizm peýdaly iş edenok. Bu maşynyň boş hereketiniň ornuna eýedir. Peýdaly täsir koeffisiýenti noldan kiçi bolanda $\eta < 0$ maşynyň ýörediji güýçleriniň işi zyýanly garşy güýçleriň işinden kiçi bolýar. Bu ýagdaýda maşyn hereklet edip bilenok.

$\eta < 0$ bolan ýagdaýda maşyny herekete getirmek üçin goşmaça ýörediji güýç harç edilýär.

Goşmaça ýörediji güýçsiz hereket edip bilmedik mehanizmlere, peýdaly garşy güýçler ýok ýagdaýynda *öz-özüni saklaýjy mehanizm* diýilýär.

Umuman alaňda mehanizm iki tarapa hereket edip bilýär, öňe we ters tarapa (çyzgy X-3.). hereket birinji waldan ikinjä geçirilýär, ýa-da tersine ikinji waldan birinjä.

Peýdaly täsir koeffisiýenti öňe we tersine hereket edende deň däl. Bu ýerde iki ýagdaý bolup bilýär:

1. $\eta_{\text{öňe}} > 0; \quad \eta_{ters} > 0.$ (IX-22)
2. $\eta_{\text{öňe}} > 0; \quad \eta_{ters} < 0.$

1-nji ýagdaýda iki tarapada hereket edip bilýär, sebäbi peýdaly täsir koeffisiýenti iki tarapa noldan uly.

2-nji ýagdaýda mehanizm diňe öňe hereket edip bilýär. Ters tarapa hereket edip bilenok, sebäbi şol tarapyň peýdaly täsir koeffisiýenti noldan kiçi. Ters tarapyna öz-özüni saklaýan mehanizm diýilýär. Hiç hili peýdaly iş edip bilenok.

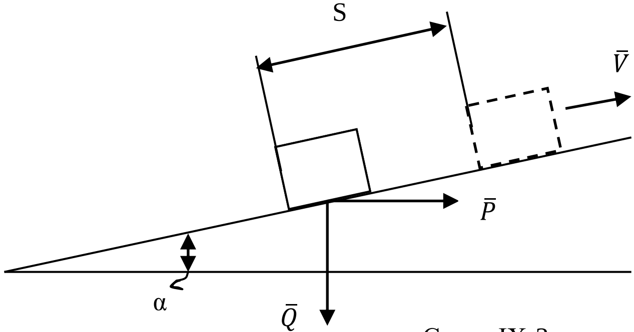
Öz-özüni saklaýan mehanizmleri ýük göteriji maşynlarda ulanýarlar. Meselem burumly (çerwiýaçnyý) reduktory ýük göterýän maşynlarda ulanýarlar. Burumdan dişli tigire hereket geçýär. Dişli tigirden buruma hereket geçenok. Ýük göteriji baraban dişli tigiriň walynda bolanda, ýüki göterip islendik ýagdaýda elektrodwigatel işden çykanda ýük saklanýar.

Öz-özüni saklaýan mehanizmler ýük göteriji maşynlarda ulanylanda ýörüte tormoz mehanizmler gerek bolmaýar.

Ýöne öz-özüni saklaýan mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýenti pes bolýar, köplenç 0.5 kiçi bolýar. Şol sebäpli bu mehanizmleri kuwwaty pes we gysga wagt işleýän maşynlarda ulanýarlar.

IX.4. Ýapgyt tekizligiň, hyrly kinematiki jübütiň we burumly (çerbiýaçnyý) hereket geçirijileriň peýdaly täsir koeffisiýenti.

Ýapgyt tekizlikde gorizontal güýjiň täsiri boýunça ýük ýokary we aşak hereket edende peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitleýäris (çyzgy IX-3.).



Çyzgy IX-3.

Ýük Q (garşy güýç) ýapgyt tekizlikde gorizontal güýjiň (P) täsiri bilen ýokary galýar. Tekizligiň ýapgyt burçy α, ýükiň süýşmesi S, peýdaly garşy güýçleriň işi:

$$A_{p.g.} = Q\ S\ \cos(90+\alpha) = Q\ S\ \sin\alpha. \qquad \text{(IX-23)}$$

Ýörediji güýjiň işi:

$$A_{ýö} = P\ S\ \cos\alpha. \qquad \text{(IX-24)}$$

Peýdaly täsir koeffisiýenti deň:

$$\eta = \frac{A_{p.g.}}{A_{ýö}} = \frac{Q\ S\ sin\alpha}{P\ S\ cos\alpha} = \frac{Q}{P} tg\alpha \qquad \text{(IX-25)}$$

P = Q tg(α+ρ) deňlemäni hasaba alyp:

$$\eta = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha+\rho)}\,. \qquad \text{(IX-26)}$$

4-nji çyzgyda (X-26) deňleme boýunça peýdaly täsir koeffisiýentiniň α – ýapgyt burça görä diagrammasy gurlan f = 0,1, $\operatorname{arctg} 0{,}1 \approx 6^0$ bolanda.

Diagrammada iň ulu peýdaly täsir koeffisiýenti $\alpha = 45^0 - \frac{\rho}{2}$ bolanda

Ýörediji güýji tapyp bolýar:

$$P_{ýö} = Q\,tg(\alpha+\rho) \qquad \text{(IX-27)}$$

Ideal tekizlikde ýörediji güýç P’ýö, sürtülme ýok diýilip alnanda (ρ = 0) bolýar deň:

$$P'_{ýö} = Q\,tg\alpha. \qquad \text{(IX-28)}$$

Onda peýdaly täsir koeffisiýenti bolýar deň:

$$\eta = \frac{P'_{ýö}}{P_{ýö}} = \frac{Q\,tg\alpha}{Qtg(\alpha+\rho)} = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha+\rho)} \qquad \text{(IX-29)}$$

Ýük ýapgyt tekizlikde aşak süýşen ýagdaýynda peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitleýäris:

$$P = Q\,tg(\alpha-\rho) \qquad \text{(IX-30)}$$

Ýük aşak süýşende Q ýörediji güýç bolýar:

$$Q = \frac{P}{tg(\alpha-\rho)} \qquad \text{(IX-31)}$$

Ideal tekizlikde ýörediji güýç:

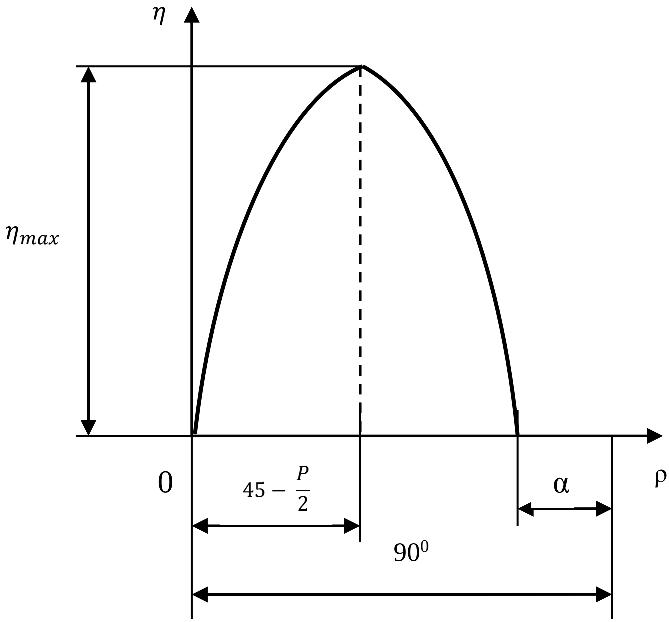
$$Q' = \frac{P}{tg\alpha} \qquad \text{(IX-32)}$$

Onda, ýük aşak süýşende peýdaly täsir koeffisiýenti bolýar deň:

$$\eta = \frac{Q'}{Q} = \frac{\frac{P}{tg\alpha}}{\frac{P}{tg(\alpha-\rho)}} = \frac{tg(\alpha-\rho)}{tg\alpha} \qquad \text{(IX-33)}$$

Şu deňlemeden görünýär, α<ρ bolanda peýdaly täsir koeffisiýenti noldan kiçi bolýar, ýapgyt tekizlik öz-özüni saklaýan bolýar.

Eger-de ýük tekiz bolmadyk ýapgyt tekizlikde hereket edende, meselem pahnaly bölek pazyň içinde hereket edende peýdaly täsir koeffisiýenti tapylýar:



Çyzgy IX-4.

1) Ýokary süýşende: $\eta = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha+\rho')}$ (IX-34)

2) Aşak süýşende: $\eta = \frac{tg(\alpha-\rho')}{tg\alpha}$ (IX-35)

Bu deňlemelerde ρ' – getirilen sürtülme koeffisiýenti.

(IX-29), (IX-33), (IX-34), (IX-35) – deňlemeleri hyrly kinematiki jübütleriň peýdaly täsir koeffisiýentlerini hasaplamak üçin ulanýarlar.

Hyr dörtburçly bolanda (IX-29), (IX-33) deňlemeleri ulanmaly.

Hyr üçburçly ýa-da trapesiýa görnüşli bolanda (IX-34), (IX-35) deňlemeleri ulanmaly, (IX-29), (IX-34) – öňe – ýokary hereket eden ýagdaýynda, (IX-33), (IX-35) – yza – aşak hereket edende.

(IX-34), (IX-35) deňlemeleri burumly hereket geçirijiniň peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemek üçin ulanyp bolýar.

Mysal 1. Gaýka bilen wintiň sürtülmesini we wintiň golowkasy bilen domkratyň hereketsiz golowkasynyň sürtülmesini hasaba alyp, domkratyň peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemeli.

Berlen: Ýükiň agramy Q =10000 N; P =200 N; $\beta = 30^0$; $d_1 = 50$ mm; $d_2 = 42$ mm; t = 8 mm; f = 0.12, $f_1 = 0.18$; D = 80 mm; $D_1 = 40$ mm.

Ç ö z ü l i ş i:

$$\eta = \frac{M_1}{M}$$

Bu ýerde: M – domkratyň hakyky ýörediji momenti,
M_1–ideal tekizlikde ýörediji momenti, sürtülme ýok diýip hasap etsek ρ'=0.

Hakyky ýörediji momenti deň:

$$M = \frac{\mathrm{Qd_{ort}}}{2} tg(\alpha + \rho') + f_1 \mathrm{Q} \frac{\mathrm{D + D_1}}{4}.$$

Ideal ýörediji moment deň:

$$M_1 = \frac{\mathrm{Qd_{ort}}}{2} tg\alpha.$$

$$\eta = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha+\rho')+f_1\frac{D+D_1}{2d_{ort}}} = \frac{tg3^0 10'}{tg(3^0 10'+7^0 5')+0.18\frac{80+40}{2\cdot 46}} = 0.132.$$

α, ρ' we d_{ort} – öňki meselede kesgitlenen.

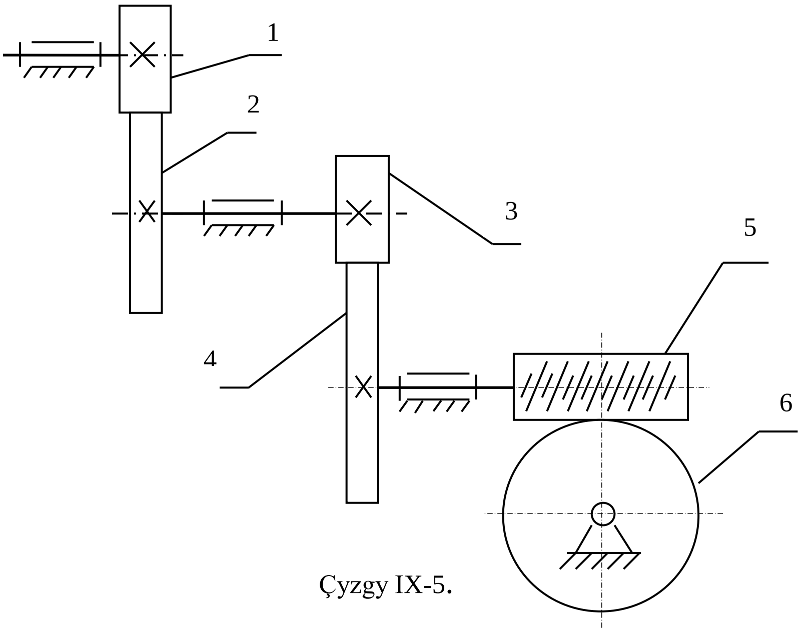
Mysal 2. (çyzgy X-5) görkezilen çylşyrymly dişli mehanizmiň peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemeli. Her basgançaklaryň peýdaly täsir koeffisiýenti berlen, $\eta_{12} = 0{,}96$,

$\eta_{34} = 0{,}94$, $\eta_{56} = 0{,}72$. podşipnikleriň sürtülmesini hasaba almaly däl.

Ç ö z ü l i ş i:

Mehanizmler yzygiderli goşulan sebäpli, umumy peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemek üçin hemme basgançaklaryň peýdaly täsir koeffisiýenterini köpeltmeli.

$$\eta = \eta_{12} \cdot \eta_{34} \cdot \eta_{56} = 0{,}96 \cdot 0{,}94 \cdot 0{,}72 = 0{,}65\,.$$



Çyzgy IX-5.

X. BÖLÜM
MEHANIZMIŇ GÜÝÇ TÄSIRI BILEN EDÝÄN HEREKETI

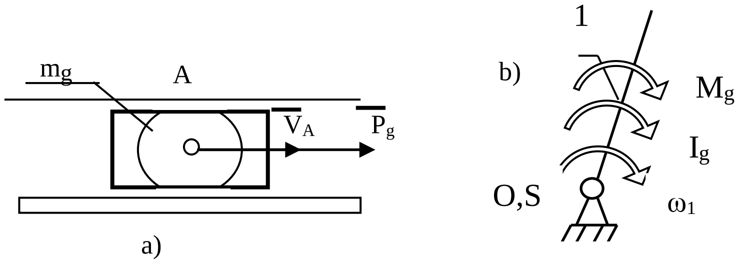
X.1. Dinamika. Getiriliş usuly

Mehanizmleriň kinematikasyny we güýç derňewini geçirilende ýörediji bölegiň hereket kanuny hemişelik diýip aldyk, şoňa görä beýleki bölekleriň hereket kanunlaryny kesgitledik.

Maşynlarda we mehanizmlerde hemme bölekleriň hereket kanunlary bir -birine degişli. Biri hemişelik bolup, galanlary üýtgeýän kanunlar boýunça hereket edip bilmeýär. Bölekleriň hereket kanunlary hemme bölekleriň agramyna we moment inersiýalaryna, hemme bölekleri täsir edýän güýçlere we olaryň momentlerine bagly. Bu bölümde bölekleriň hakyky hereket kanunlaryny kesgitlemeli. Onuň üçin hereket kanun deňlemesini düzmeli. Deňlemede hemme bölekleriň agramyny we moment inersiýalaryny, hemme böleklere täsir edýän güýçleri we olaryň momentlerini hasaba almaly.

Deňlemäni düzmek we ony işlemek gaty agyr mesele. Maşynlarda müňlerçe bölekler bar. Olaryň hemmesini hasaba alyp deňlemeler düzülse, deňleme gaty çylşyrymly bolýar. Hereket kanun deňlemesini diňe EHM-da çözüp bolýar.

Şol meseläni aňsatlaşdyrmak üçin getiriş usuluny ulanýarlar. Şert boýunça hemme bölekleriň agramyny we moment inersiýasyny bir bölege getirýärler, hemme bölekleri täsir edýän güýçleri we olaryň momentlerini şol bölege getirýärler. Bölegi - getiriliş bölek diýip atlandyrýarlar. Getiriliş bölek diýip islendik bölegi alyp bolýar, köplenç ýörediji bölegi alýarlar. Eger-de getiriliş bölek göni (postupatel) hereket etse hemme agramlar we moment inersiýalar bir agrama m_g getirilýär. (çyzgy X-la). Hemme güýçler we olaryň momentleri bir güýje getirilýär. Getirilen güýçleriň täsir edýän nokadyna - getiriliş nokady “A” diýýärler.



Çyzgy X-1

Eger-de getiriliş bölek aýlansa, onda hemme bölekleriň agramlary we inersiýa momentleri bir inersiýa momentine I_g getirilýär. Hemme güýçler we olaryň momentleri bir momente M_g getirilýär (çyzgy X-l b).

Hemme agzalan zatlar getirilenden soň hereket kanun deňlemesini düzülýär. Deňlemäni çözüp getiriliş bölegiň hakyky hereket kanuny tapylýar. Beýleki bölekleriň hereket kanunlary kinematika usuly boýunça kesgitlenýär.

Getiriliş usuluny ulanmak üçin mehanizmyň hereketi bire deň bolmaly.

$$W = 3n - 2P_5 – lP_4 = l.$$

Eger-de birden köp bolsa, doly kanun deňlemesini düzmeli.

X.2. Getirilen agram. Getirilen inersiýa momenti

Agramlar we inersiýa momentler kinetik energiýanyň deňliginde getirilýär. Getiriliş bölegiň kinetik energiýasy hemme bölekleriniň kinetik energiýasynyň jemine deň bolmaly.

Göni (postupatel) hereketde kinetik energiýa deň

$$E = \frac{mv^2}{2}.$$

Aýlaw hereketde kinetik energiýa deň $E = \frac{I_S\omega^2}{2}.$

Çylşyrymly hereketde $E = \frac{mv^2}{2} + \frac{I_S\omega^2}{2}.$

Hemme bölekleriň kinetik energiýasy deň

$$E = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{m_i v_i^2}{2} + \frac{I_{Si}\omega_i^2}{2}\right).$$

I. Getiriliş bölek postupatel hereket edýär

$$E = \frac{m_g v_A^2}{2}$$

Şol energiýa hemme bölekleriň kinetik energiýasynyň jemine deň bolmaly

$$\frac{m_g v_A^2}{2} = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{m_i v_i^2}{2} + \frac{I_{Si}\omega_i^2}{2}\right).$$

ýa-da

$$m_g = \sum_{i=1}^{n}\left[m_i\left(\frac{v_i}{v_A}\right)^2 + I_{Si}\left(\frac{\omega_i}{v_A}\right)^2\right] \ kg.$$

Getirilen agram m_g hemişelik däl, bölekleriň ýagdaýyna bagly.

II. Getiriliş bölek aýlanýar

$$E = \frac{I_g\omega_i^2}{2}.$$

$$\frac{I_g\omega_i^2}{2} = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{m_i v_i^2}{2} + \frac{I_{Si}\omega_i^2}{2}\right).$$

onda

$$I_g = \sum_{i=1}^{n}\left[m_i\left(\frac{v_i}{\omega_i}\right)^2 + I_{Si}\left(\frac{\omega_i}{\omega_i}\right)^2\right] \ kgm^2.$$

Getirilen inersiýa momenti I_g üýtgäp durýar, üýtgeýşi bölekleriň ýagdaýyna bagly.

X.3. Getirilen güýç we getirilen güýçleriň momenti

Güýçler we olaryň momentleri iş deňlik esasynda getirilýär. Getirilen güýjün, ýa-da onuň momentiniň edýän iş hemme güýçleriň we olaryň momentleriniň işine deň bolmaly.

$$A = P \cdot S \cdot cos\alpha;$$

α - tizligiň wektory bilen güýjiň wektoryň arasyndaky burç;

S - geçen ýoly;

P - güýç.

$$A = M \cdot \varphi;$$

φ - burç ýoly;

M - güýjiň momenti.

Differensial görnüşi

$$dA = P \cdot dS \cdot cos\alpha;$$

$$dA = M \cdot d\varphi.$$

Onda hemme täsir edýän güýçleriň we momentleriň işi deň;

$$dA = \sum_{i=1}^{n}(P_i dS_i cos\alpha_i + M_i d\varphi_i)$$

I. Ýörediji bölek postupatel hereket edýär.

Hemme güýçler we momentler bir güýje getirilýär. Pg, onuň işi

$$dA = P_g \cdot dS_A.$$

Işler deň bolmaly.

$$P_g dS_A = \sum_{i=1}^{n}(P_i dS_i cos\alpha_i + M_i d\varphi_i).$$

Iki tarapyny dt bölsek,

$$\frac{P_g dS_A}{dt} = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{P_i dS_i}{dtcos\alpha_i} + \frac{M_i d\varphi_i}{dt}\right).$$

ýa-da

$$P_g v_A = \sum_{i=1}^{n}(P_i v_i cos\alpha_i + M_i\omega_i).$$

Kuwwat deňligine geldik.

$$P_g = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{P_i v_i}{v_A cos\alpha_i} + \frac{M_i\omega_i}{v_A}\right).$$

II. Getiriliş bölek aýlanýar.

Hemme güýçler we momentler bir momente getirilýär M_g. Onuň işi.

$$dA = M_g \cdot d\varphi_i$$

onda

$$M_g d\varphi_i = \sum_{i=1}^{n}(P_i dS_i cos\alpha_i + M_i d\varphi_i)$$

dt - bölýäris.

$$\frac{M_g d\varphi_i}{dt} = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{P_i dS_i}{dtcos\alpha_i} + \frac{M_i d\varphi_i}{dt}\right).$$

onda

$$M_g\omega_i = \sum_{i=1}^{n}(P_i v_i cos\alpha_i + M_i\omega_i).$$

Kuwwat deňligi.

$$M_g = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{P_i v_i}{\omega_i cos\alpha_i} + \frac{M_i\omega_i}{\omega_i}\right).$$

X.4. Hereket deňlemesi

Hereket deňlemesi energiýa balansy boýunça düzülýär. Kinematik energiýanyň üýtgeýşi mydama artykmaç işe deň,

$$\Delta E = A_{art} \qquad \text{(X-1)}$$

Kinetik energiýanyň üýtgeýşini ΔE tapmak üçin maşynyň, ýa-da mehanizmiň işleýän wagtynyň belli aralygyna seretmeli. Şol aralykda başlangyç nokatdaky energiýany E_0 we soňky nokatdaky energiýany E_1 kesgitläp, soňkydan başlangyjy aýyrmaly.

$$\Delta E = E_1 - E_0.$$

Artykmaç işi tapmak üçin ýörediji güýçleriň işinden garşy güýçleriň işini aýyrmaly.

$$A_{art} = A_{ýo} - A_{gar}$$

onda

$$E_1 - E_0 = A_{ýo} - A_{gar} \qquad \text{(X-2)}$$

I. Getiriliş bölek göni (postupatel) hereket edýär.

$$E_1 = \frac{m_{g1} v_{A1}^2}{2}; \quad E_0 = \frac{m_{g0} v_{A0}^2}{2}.$$

Hereket deňlemesi

$$\frac{m_{g1} v_{A1}^2}{2} - \frac{m_{g0} v_{A0}^2}{2} = A_{ýö} - A_{gar} \qquad \text{(X-3)}$$

Işler deň;

$$A_{ýö} = \int_{S_0}^{S_1} P_g^{ýö} dS_A;$$
$$A_{gar} = \int_{S_0}^{S_1} P_g^{gar} dS_A.$$

Ýörediji güýçler aýratyn getirilýär bir güýje $P_g^{ýö}$;
Garşy güýçler bir güýje aýratyn getiriliýär P_g^{gar};

$$\frac{m_{g1} v_{A1}^2}{2} - \frac{m_{g0} v_{A0}^2}{2} = \int_{S_0}^{S_1} \left(P_g^{ýö} - P_g^{gar}\right) dS_A \qquad \text{(X-4)}$$

II.Getiriliş bölek aýlanýar.

$$\frac{I_{g1} \omega_1^2}{2} - \frac{I_{g0} \omega_0^2}{2} = A_{ýö} - A_{gar} \qquad \text{(X-5)}$$

Hereket deňlemesi

$$A_{ýö} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M_g^{ýö} d\varphi; \quad A_{gar} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M_g^{gar} d\varphi;$$

Işler deň;

$$\frac{I_{g1}\omega_1^2}{2} - \frac{I_{g0}\omega_0^2}{2} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1}\left(M_g^{ýö} - M_g^{gar}\right)d\varphi \qquad \text{(X-6)}$$

Hereket deňlemeleri (1-6) düzülýär, eger-de getiriliş bölegiň hereketi S; v; t; ýa-da φ; ω; t birine bagly bolsa. Eger-de ikisine, ýa-da üç işine bagly bolanda hereket deňlemesi differensial görnüşinde düzülýär.

X.5. Hereket deňlemesi differensial görnüşinde

$$dA = dE$$

I. Getiriliş bölek göni (postupatel) hereket edýär.

$$dE = d\left(\frac{m_g v_A^2}{2}\right);$$

$$dA = P_g dS_A;$$

$$P_g dS_A = d\left(\frac{m_{g1} v_{A1}^2}{2}\right);$$

$$P_g = \frac{dS_A}{dt}\left(\frac{m_g v_A^2}{2}\right).$$

Matematikada geçdiňiz *(UV)'=U'V+UV'* funksiýanyň önümini.

$$P_g = \frac{v_A^2}{2}\frac{m_g}{dS_A} + m_g v_A \ \frac{dv_A}{2dS_A}.$$

$$m_g v_A \ \frac{dv_A}{dS_A}\frac{dt}{dt} = m_g \frac{dv_A}{dt}.$$

$$P_g = \frac{v_A^2}{2}\frac{dm_g}{dS_A} + m_g \frac{dv_A}{dt}.$$

II. Getiriliş bölek aýlanýar.

$$dE \ = \ d(\frac{I_g\omega_1^2}{2});$$

$$dA = M_g d\varphi;$$

$$M_g d\varphi \ = \ d\left(\frac{I_g\omega_1^2}{2}\right);$$

Önümini alýarys.

$$M_g = \frac{d}{d\varphi_1}\left(\frac{I_g\omega_1^2}{2}\right);$$

$$M_g = \frac{\omega_1^2}{2}\frac{dI_g}{d\varphi_1} + I_g\omega_1 \ \frac{d\omega_1}{d\varphi_1}$$

$$I_g\omega_1 \ \frac{d\omega_1}{d\varphi_1}\frac{dt}{dt} = I_g\frac{d\omega_1}{dt}$$

$$M_g = \frac{\omega_1^2}{2}\frac{dI_g}{d\varphi_1} + I_g\frac{\omega_1}{dt}$$

Bellenen deňlemelerde m_g we Y_g hemişelik bolanda 1-nji goşmaçalary nola deň bolýar.

Onda deňlemeler: $P_g = m_g\frac{dv_A}{dt}$; $M_g = I_g\frac{d\omega}{dt}$

Nýutonyň ikinji kanunyň deňlemeleri. Bellenen deňlemeler Nýutonyň ikinji kanunynyň m_g we I_g üýtgeýän ýagdaýynyň deňlemeleri. Olara Lagranžyň deňlemeleri diýärler. Deňlemeleri EHM – de çözüp bolýar.

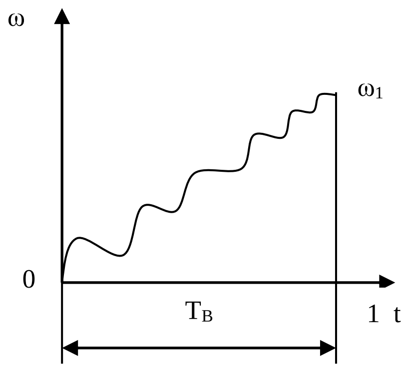
X.6. Hereket döwürleri we kadalary

Her maşynyň, mehanizmiň işi üç döwüre bölünýär. Başlangyç döwüri, iş döwüri we duruzma döwüri. Meselem, hereket deňlemesi:

$$\frac{I_{g1}\omega_1^2}{2} - \frac{I_{g0}\omega_0^2}{2} = A_g^{ýör} - A_g^{gar}.$$

1. Başlangyç döwüri

$\omega_0 = 0$; $A_g^{gar} = 0$.



Çyzgy X-2

Maşyn dur, başlangyç tizligi $\omega_0 = 0$.

Maşyny ýöredip başlaňda garşy güýçler täsir edenok. Şonuň üçin olaryň işi nola deň.

Hereket deňlemesi:

$$\frac{I_g \omega_1^2}{2} = A_g^{ýör};$$

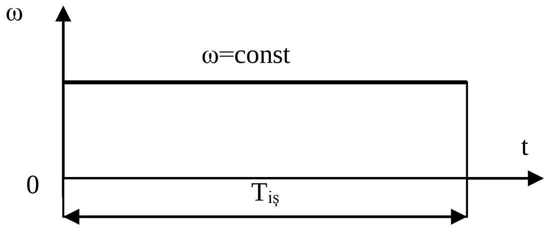
$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2A_g^{ýö}}{I_g}}.$$

2. Iş döwüri. Bu döwürde üç dürli kada bolýar.

I. Deňölçegli hereket. ω = const, onda $I_g = const$ we

$$A_g^{ýör} = A_g^{gar}$$

islendik wagt.



Çyzgy X-3

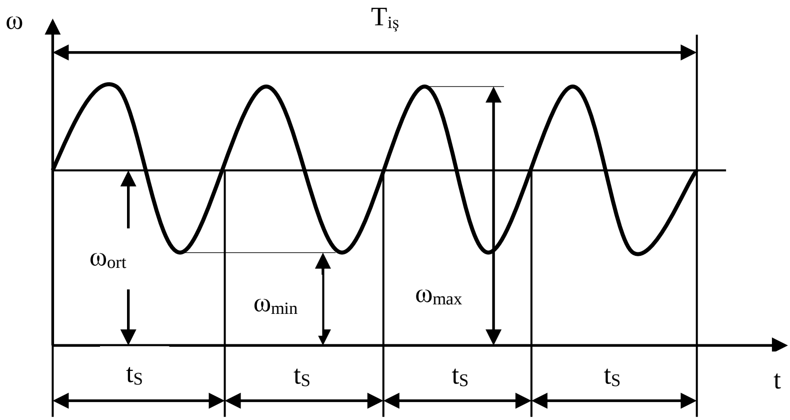
Grafik boýunça

Bu kadada işläp bilýän mehanizmleriň hemme bölekleri diňe aýlanýan hereketde, we doly deňagram ýagdaýda bolmaly.

Meselem: mehaniki reduktorlar, tizligi üýtgedýän korobkalar, sentrifugalar. we şona görä mehanizmler.

II. Deňölçegsiz gaýtalanýan hereket.

Grafigi:



Çyzgy X-4

Getiriliş bölegiň tizligi deňölçegsiz, belli wagtdan gaýtalanýar. Şol wagta dolanma (sikl) diýilýär.

$A_g^{ýör} = A_g^{gar}$ diňe dolanmaň başynda we soňunda, galan nokatlarda tizligini doly deňleme boýunça kesgitlemeli:

$$\omega_1 = \sqrt{2\left(A_g^{ýör} - A_g^{gar}\right) + I_{g0}\frac{\omega_0^2}{I_{g1}}}.$$

Bu kadada maşynlaryň köpüsi işleýär.

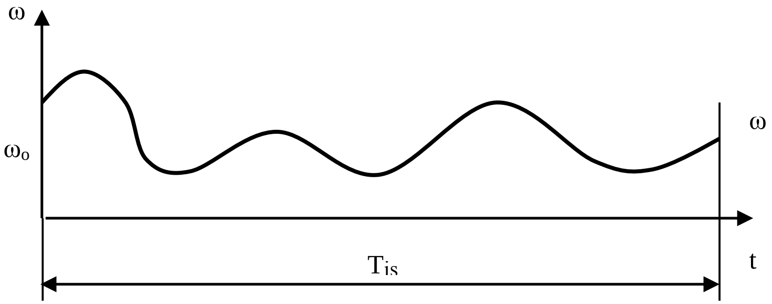
Meselem: awtomaşyn dwigatelleri, tekstil maşynlary, agaç piçgylaýan maşynlary, nasoslar, kompressorlar we ş.m.

III. Deňölçegsiz gaýtalanmaýan hereket.

Getiriliş bölegiň tizligi üýtgeýän, gaýtalananok. Tizligi kesgitlemek üçin doly deňlemäni ulanmaly.

$$\omega_1 = \sqrt{2\left(A_g^{ýör} - A_g^{gar}\right) + I_{g0}\frac{\omega_0^2}{I_{g1}}}.$$

Grafigi:



Çyzgy X-5

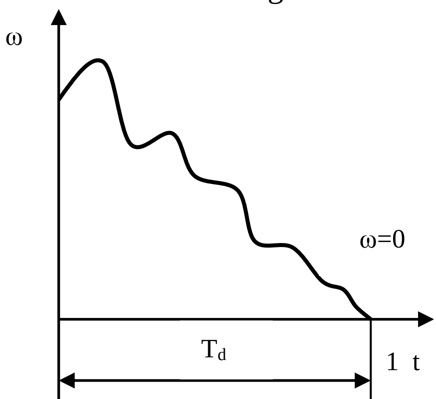
Bu kadada işleýän maşyn az.

Meselem; parowoz, lokomotiw. ekskawator gaty, daşly ýerleri köwende, onuň susagynyň tizligi şol grafige gabat gelmegi mümkin.

3. Duruzma döwüri.

Bu döwürde maşyn işläp bolan soň, ony duruzmaly. Duruzmak üçin, ýörediji güýçleri aýyryp, duruzýan güýçleri goşmaly.

Grafigi:



Çyzgy X-6

$$\omega_1 = 0; \quad A_g^{ýö} = 0.$$

onda deňleme:

$$\frac{I_{g0}\omega_0^2}{2} = A_g^{gar}$$

Duruzýan güýç garşy güýçleriň içinde.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2A_g^{gar}}{I_{g0}}}.$$

Maşynyň işleýşini doly seredip, getiriliş bölegiň işiniň üç döwürde tizligini kesgitledik.

X.7. Ortaça tizlik, we tizligiň üýtgeýän koeffisiýenti „ δ "

X-4 çyzgydan $\omega_{ort} = \frac{\omega_{max}+\omega_{min}}{2}$; $\delta = \frac{\omega_{max}\omega_{min}}{\omega_{ort}}$.

konstuktura maşynyň taslamasyny düzende berilýär. Meselem DBS üçin δ =0,01÷0,03 elektrodwigatel üçin δ = 0,001÷-0.03. Eger-de maşynyň koefflsiýent „δ" berlene gabat gelmese, ony işe goýmak bolanok.

Koefflsiýent „δ" tizligiň deňölçeglige golaýlygyny görkezýär. Tizlik näçe deňölçeglige golaý bolsa, şonça maşynyň işleýşi gowy, şonça tilsimaty prossesler gowy geçýär.

$2\omega_{ort} = \omega_{max} + \omega_{min}$; $\qquad$ $2\omega_{ort} = \omega_{max} + \omega_{min}$;

$+ \qquad\qquad\qquad +$

$\delta\cdot\omega_{ort} = \omega_{max} - \omega_{min}$; $\qquad$ $\delta\cdot\omega_{ort} = \omega_{max} - \omega_{min}\,(-1)$

$\omega_{ort}(2 + \delta) = 2\omega_{max}$; $\qquad$ $\omega_{ort}(2 - \delta) = 2\omega_{min}$;

$\omega_{max} = \omega_{ort}\left(1 + \frac{\delta}{2}\right)$; $\qquad$ $\omega_{min} = \omega_{ort}\left(1 - \frac{\delta}{2}\right)$;

$$\omega^2{}_{max} = \omega^2{}_{ort}\left(1 + \frac{\delta^2}{4}\right);$$

$$\omega^2{}_{min} = \omega^2{}_{ort}\left(1 + \frac{\delta^2}{4}\right).$$

$\delta^2/4$ gaty kiçi garaňda, şonuň üçin ony hasaba almandada bolýar.

$$\omega^2{}_{max} = \omega^2{}_{ort}(1+\delta);$$
$$\omega^2{}_{min} = \omega^2{}_{ort}(1-\delta);$$

X.8. Energiýa - agram diagrammasy

Maşynyň bir dolanmasyna seredip energiýasyny we getirilen inersiýasyny kesgitläp diagrammasyny gurmaly. $E = f(I_g)$. Diagrammada "A" - nokada deň diýip belledik.

A - nokadyň proeksiýalaryny X we Y diýip belledik.

Onda A nokatdaky energiýa $E_A = M_E \cdot I$, inersiýa $I_{gA} = M_y \cdot X$, $E = I_g\omega^2/2$;

$$v_A^2 = \frac{2E_A}{I_{gA}} = \frac{2M_E}{M_y}\frac{y}{x};$$

$$x = tg\beta;\ \ \omega_A^2 = \frac{2M_E}{M_y}tg\beta.$$

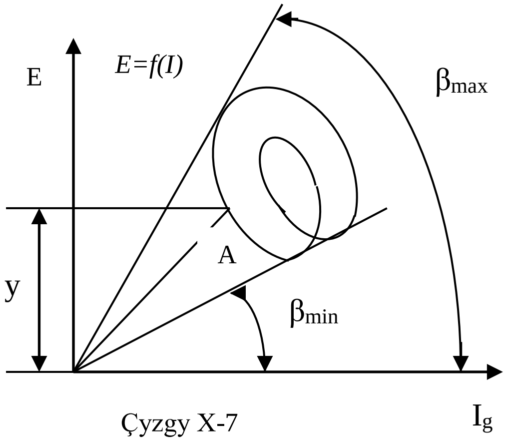
Şu deňleme boýunça her nokatda tizligiň diagrammasyny gurup bolýar.

Getiriliş bölegiň tizligini kesgitlemek üçin hereket deňlemesini düzüp, ony işläp tizligi tapmak hokman däl. Energiýa - agram diagrammasy boýunça aňsat tapyp bolýar.

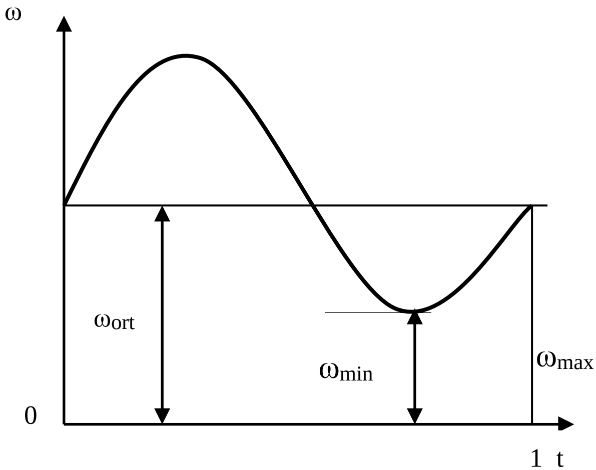
$$\omega_{max}^2 = \frac{2M_E}{M_y}tg\beta\ \ ;\ \ \omega_{min}^2 = \frac{2M_E}{M_y}tg\beta_{min}\ .$$

$$tg\beta_{max} = \frac{M_y}{2M_E}\omega_{ort}^2\ (1+\delta);\ \ tg\beta_{min} = \frac{M_y}{2M_E}\omega_{ort}\ (1+\beta).$$

Şu deňlemeler boýunça β_{max} we β_{min} kesgitlenýär.



Çyzgy X-7



Çyzgy X-8

XI. BÖLÜM
MAŞYNLARYŇ HEREKETINI SAZLAMAK

XI.1. Maşynlaryň hereketini sazlamak

Maşynyň deňölçegsiz hereketi goşmaça inersiýa güýçlerini emele getirýär. Şol güýçler kinematiki jübütlerde goşmaça basyş döredýär, maşynlaryň böleklerini titredýär, titremeler fundamente ýaýraýar, maşynlaryň peýdaly täsir koeffisiýentini peseldýär, tehnologiki hadysalaryň dogry geçmegine şek ýetirýär we şoňa görä. Deňölçegsiz hereket koeffisiýenti uly bolanda, maşynyň durnukly işlemegi mümkin bolup bilmeýär. Onda maşyny berlen deňölçegsiz hereket koeffisiýentli işletmek mesele ýüze çykýar. Köp ýyllap işlenilen tejribelerden alynan deňölçegsiz hereket koeffisiýenti XI-1 tablisada getirlen. Şol koeffisiýentler ýerine ýetirlende maşynlar köp wagta durnukly işleýär.

Tablisa XI-1

№	Maşynlaryň görnüşleri	Deňölçegsiz hereket koeffisiýenti, δ.
1	Nasoslar	0,03÷0,20
2	Obahojalyk maşynlary	0,02÷0,10
3	Metal ýonujy stanoklar	0,02÷0,05
4	Dwigateller we kompressorlar	0,005÷0,015
5	Hemişelik tok generatorlary	0,005÷0,010
6	Üýtgeýän tok generatorlar	0,003÷0,005
7	Tagta pyçgylaýan ramalar	0,02÷0,05
8	Pressler we gaýçylar	0,10÷0,15
9	Daş owradyjylar	0,05÷0,15

Deňölçegsiz hereket koeffisiýentini nähili ýerine ýetirip bolýar.

Maşynyň kinetik energiýasy üýtgäp durýar, ($\Delta E = A_{art}$), şol sebäpli esasy walyň burç tizligi hem üýtgeýär:

$$E = \frac{I_g \omega^2}{2}. \qquad \text{(XI-1)}$$

Deňölçegsiz hereket koeffisiýenti kiçi boldugyça, burç tizligiň üýtgeýşi hem kiçelýär, sebäbi ol deň:

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{ort}}; \qquad \text{(XI-2)}$$

(XI-1) deňlemeden:

$$\omega^2 = \frac{2E}{I_g} \qquad \text{(XI-3)}$$

Kinetiki energiýa (E) ulaldygyça burç tizligi ulalýar, getirilen inersiýa momenti (I_g) ulaldygyça burç tizligi kiçelýär.

Onda getirilen inersiýa momentini ulaldyp deňölçegsiz hereket koeffisiýentini kiçeldip bolýar. I_g ulaltmak üçin maşynyň esasy walynda goşmaça massa ýerleşdirmeli. Şol massany tigir görnüşinde ýerleşdirýärler, oňa mahowik diýilýär. Mahowik goşmaça inersiýa momentini I_M döredýär.

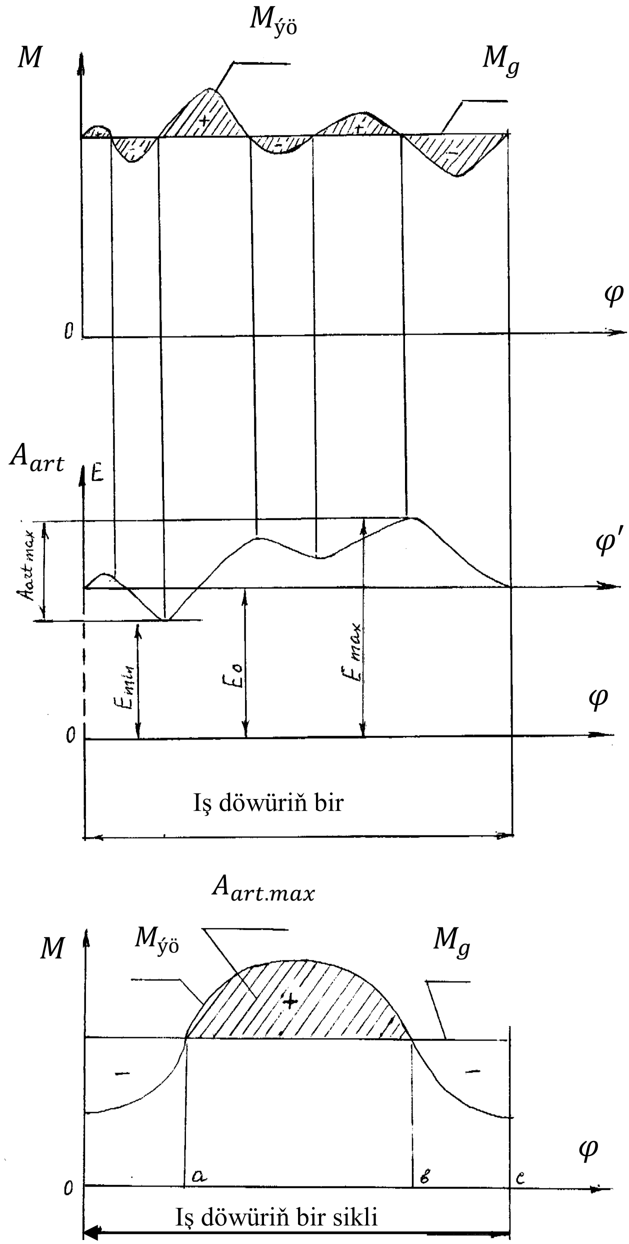
Mahowik, maşyn iş döwründe gaýtalanyp üýtgeýän kadada işlände peýda berýär. Iş döwründe gaýtalanman üýtgeýän kada bolanda mahowigiň peýdasy ýok.

Meselem: ýörediji güýçler (ýa-da garşy güýçler) epesli wagt gönümel üýtgäp durýar, bu ýagdaýda mahowik peýda berenok, oňa ýörite sazlaýjy enjam ulanmaly, ýagny ýörediji güýçleriň işini garşy güýçleriň işine deňlär ýaly.

XI.2. Maşynyň inersiýa momenti hemişelik bolanda mahowigiň inersiýa momentini kesgitlemek

Mehanizmiň inersiýa momenti hemişelik bolanda hereket deňlemesi deň:

$$\frac{I\,\omega_1^2}{2} - \frac{I\,\omega_0^2}{2} = A_{artyk} \qquad \text{(XI-4)}$$



$M_{ýö}$
M
M_g
φ
0
A_{art}
E
$A_{art\,max}$
φ'
E_{min}
E_o
E_{max}
φ
0
Iş döwüriň bir
$A_{art.max}$
M
$M_{ýö}$
M_g
φ
0
a
c
Iş döwüriň bir sikli

Çyzgy XI-1

Ýa-da:

$$\omega_1^2 - \omega_0^2 = \frac{2A_{art}}{I} \qquad \text{(XI-5)}$$

Deňlemeden görünýär A_{art} ulaldygyça burç tizlikleriň tapawudy ulalýar. Iň uly tapawudy $A_{art\ max}$ bolýar, $\omega_1=\omega_{max}$ we $\omega_0=\omega_{min}$ deň bolanda. Onda :

$$\omega_{max}^2 - \omega_{min}^2 = \frac{2A_{art}}{I} \qquad \text{(XI-6)}$$

Başgaça aýdaňda:

$$\omega_{max} = \omega_{ort}\left(1+\frac{\delta}{2}\right) \qquad \text{(XI-7)}$$

$$\omega_{min} = \omega_{ort}\left(1-\frac{\delta}{2}\right)$$

Ýa-da

$$\omega_{max}^2 = \omega_{ort}^2\left(1+\delta+\frac{\delta^2}{4}\right) \qquad \text{(XI-8)}$$

$$\omega_{min}^2 = \omega_{ort}^2\left(1-\delta+\frac{\delta^2}{4}\right)$$

(XI-8) deňlemäni (XI-6) deňlemä ýerleşdireňde bolýar:

$$\omega_{max}^2 - \omega_{min}^2 = 2\delta\omega_{ort}^2 = \frac{2A_{art\,max}}{I_g} \qquad \text{(XI-9)}$$

(XI-9) deňlemeden getirlen inersiýa momenti *I* tapýarys:

$$I = \frac{A_{art\,max}}{\omega_{ort}^2\delta}; \qquad \text{(XI-10)}$$

Maşyn berlen deňölçegsiz hereket koeffisiýenti (δ) boýunça hereket edende onuň inersiýa momentini (XI-10) deňlemeden kesgitlemeli.

Maşynyň moment inersiýasy öz moment inersiýasyndan we mahowigiň moment inersiýasyndan durýar.

$$I = I_0 + I_M \qquad \text{(XI-11)}$$

Onda $$I_M = I - I_0 \qquad \text{(XI-12)}$$

Ýa-da:

$$I_M = \frac{A_{art\,max}}{\omega_{ort}^2 \cdot \delta} - I_0 \qquad \text{(XI-13)}$$

Ýörediji we garşy güýçleriň momentleri $M_{ýö}$ we M_g

berlende $A_{art\ max}$ kesgitlemek aňsat.

$M_{ýö}$ we M_g maşynyň iş edýän döwüri üçin diagramma görnüşinde berlen (çyzgy XI-1a). Artykmaç iş A_{art} iki çyzyklaryň aralyk meýdançalary boýunça tapylýar, sebäbi:

$$A_{art} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (M_{ýö} - M_g) d\varphi \,. \qquad \text{(XI-14)}$$

Integralyň manysy meýdan. Ýöne $A_{art\ max}$ tapmaly ω_{max} – dan ω_{min} çenli burç tizligi üýtgeýän aralykda. $M_{ýö}$ we M_g ýerleşişine görä haýsy φ burçda ω_{max} we ω_{min} bolýandygyny kesgitläp bolanok. Tapmak usuly.

$A_{art} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (M_{ýö} - M_g) d\varphi$ integral çyzygyny çyzýarys (çyzgy XI-1 b). b çyzgyda A_{art} φ’ okdan hasaplanylýar.

Başlangyç nokatda kinetik energiýa E_0 bolanda şol diagramma kinetik ergiýanyň üýtgeýşi aýlaw burçuna φ görä. φ – ok diagrammada aşakdan gökezilen. Iki okuň φ’ bilen φ aralygy E_0 deň bolýar.

Iň kiçi kinetik energiýa E_{min} ,burç tizlik ω_{min} deň bolanda gabat gelýär.

Iň uly kinetik energiýa E_{max} , burç tizlik ω_{max} deň bolanda gabat gelýär. Onda $A_{art\ max}$ maşynyň hereketi ω_{min} – den ω_{max} çenli aralykda $E_{max} – E_{min}$ gabat gelende bolýar.

$$A_{art\ max} = E_{max} - E_{min} \,.$$

Käbir meselede, burç tizligi ω_{max} we ω_{min} berlende $M_{ýö}$ we M_g diagrammalardan $A_{art\ max}$ kesgitlemek aňsat (şol meselede diagrammalar bir sikldа diňe iki nokatlarda kesişýär) (çyzgy XI-1 ç). $M_{ýö}=f(\varphi)$ *we* $M_g=f(\varphi)$ diagrammalar iş döwrüniň bir sikli üçin berlen. Bu ýerde “*oa*” aralykda maşynyň tizligi peselýär, sebäbi $M_{ýö} < M_g$, “*ab*” aralykda maşynyň tizligi ulalýar, sebäbi $M_{ýö} > M_g$, “bc” aralykda tizligi peselýär. Onda iň kiçi tizlik “*a*” nokatda, iň uly tizlik “b” nokatda bolýar. A_{art} işiň iň ýokary derejesi “*ab*” aralykda $M_{ýö}$ bilen M_g diagrammalaryň aralygy bolýar.

XI.3. Iş döwründe esasy waly gaýtalanyp üýtgeýän kadada işleýän maşynlaryň mahowiginiň inersiýasyny kesgitlemek

Maşynyň iş edýän döwrüniň bir siklini 12 deň aralyklara bölüp, her nokat üçin getirilen ýörediji we garşy güýçleriň momentlerini aýry hasaplap, diagramma görnüşde esasy walyň aýlaw burçuna görä gurýarys. $M_g^{ýö} = f(\varphi_1)$ we $M_g^g = f(\varphi_1)$. Getirilen momentleri hasaplamak üçin deňlemeler:

$$M_g^{ýö} = \sum_{i=1}^{n}\left(P_i \frac{V_i}{\omega_1} cos\alpha_i + M_i \frac{\omega_i}{\omega_1}\right) \qquad \text{(XI-15)}$$

$$M_g^{g} = \sum_{i=1}^{n}\left(P_i \frac{V_i}{\omega_1} cos\alpha_i + M_i \frac{\omega_i}{\omega_1}\right)$$

Getirilen ýörediji we garşy güýçleriň momentlerinden şol güýçleriň işlerini kesgitlemek üçin deňlemeler:

$$A^{ýö} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M_g^{ýö} d\varphi_1 \qquad \text{(XI-16)}$$

$$A^{g} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M_g^{g} d\varphi_1$$

Kesgitlenen integralyň geometriki manysy meýdan. 0 – 1 aralykda ýörediji güýçleriň edýän işini tapmak üçin 011’0’ figuranyň meýdanyny kesgitlemeli. Şol meýdany kesgitlemegini aňsatlaşdyrmak üçin ony dörtburçlyga öwürmeli. Şonuň üçin 0 – 1 aralygyň ortasyndan ordinata oka parallel çyzyk geçirip, diagramma bilen kesişen nokadyndan obsissa okuna parallel çyzyk geçirip, I diýip belleýäris. I nokady P_1 nokat bilen birleşdirýäris. P_1 nokady obsissa okuň dowamynda islendik uzynlykda H_1 aralyk alnan.

Işler diagrammasyny gurmak üçin, ordinata okunda A işi, obsissa okunda φ_1 walyň aýlaw burçuny belleýäris. Işler diagrammasynda 0 (nol) nokatd an $\overline{IP_1}$ çyzyga parallel çyzyk geçirip, 1 – 1 ok bilen kesişen ýerini 1' diýip belleýäris. Getirlen momentler diagrammasynyň 1 – 2 aralygyň ortasyndan ýörediji momentleriň diagrammasy bilen kesişen nokatdan obsissa oka parallel çyzyk geçirip, ordinata ok bilen kesişen nokadyny II diýip belläp P_1 nokat bilen birleşdirýäris (çyzgy XI-2).

Işler diagrammasynda 1' nokatdan $\overline{P_1 II}$ çyzyga parallel çyzyk geçirip, 2 – 2' çyzyk bilen kesişýän nokadyny 2' diýip belleýäris. Şu usul bilen ýörediji we garşy güýçleriň iş diagrammalary $A^{ýö} = f(\varphi_1)$ we $A^g = f(\varphi_1)$ gurulýar.

Maşynyň kinetiki energiýasynyň üýtgeýşini kesgitlemek üçin, ýörediji güýçleriň işinden garşy güýçleriň işini aýyrmaly:

$$\Delta E = A^{ýö} - A^g \qquad \text{(XI-17)}$$

Oklar alyp, ordinata oky boýunça ΔE, obsissa oky boýunça walyň aýlaw burçuny φ_1 belläp, $\Delta E=f(\varphi_1)$ diagrammany gurýarys. Onuň üçin $A^{ýö} = f(\varphi_1)$ we $A^g = f(\varphi_1)$ diagrammalaryň aralyklaryny ölçäp, kinetiki energiýa diagrammasyna geçirýäris.

Deňleme boýunça:

$$I_g = \sum_{i=1}^{n}\left[m_i\left(\frac{V_i}{\omega_1}\right)^2 + I_{Si}\left(\frac{\omega_i}{\omega_1}\right)^2\right] \qquad \text{(XI-18)}$$

Sikliň 12 nokady üçin getirlen inersiýa momentini hasaplap diagramma $I_g=f(\varphi_1)$ getirlen inersiýa momenti walyň aýlaw burçuna görä gurýarys. Şu diagrammanyň ordinata oky boýunça aýlaw burçy φ_1, obsissa oky boýunça I_g getirlen inersiýa momentini belleýäris.

$\Delta E=f(\varphi_1)$ we $I_g=f(\varphi_1)$ diagrammalary süýşirip φ_1 ölçegi aýryp, kinetiki energiýanyň üýtgeýşi getirilen inersiýa momentine görä gurýarys. Şol diagramma energiýa - massa diagrammasy diýilýär, başgaça Wittenbaueriň usuly diýilýär.

Energiýa – massa $\Delta E=f(I_g)$ diagrammadan mahowigiň inersiýa momentini kesgitlemek üçin şol diagrammanyň iň çetki nokatlaryndan β_{max} we β_{min} burçlar boýunça galtaşýan çyzyklar geçirip, şol çyzyklaryň kesişýän nokady $E=f(I_g)$ diagrammanyň başlangyç nokady bolýar. β_{max} we β_{min} burçlary kesgitlemek üçin deňlemeler:

$$tg\,\beta_{max} = \frac{\mu_I}{2\mu_E}\,\omega_{ort}^2(1+\delta) \qquad \text{(XI-19)}$$

$$tg\,\beta_{min} = \frac{\mu_I}{2\mu_E}\,\omega_{ort}^2(1-\delta)$$

Bu deňlemelerde hemme ululyklar berlen, β_{max} we β_{min} kesgitlemek aňsat. Burçlary hasaplananda olaryň tapawudy 0,5 ÷ 2 gradus bolýar. Şu burçlar boýunça getirilen galtaşýan çyzyklar bir-birine parallel ýaly, kesişen nokadyny birnäçe metrden tapyp bolýar. Şol sebäpli şol çyzyklaryň $\Delta E = f(I_g)$ diagrammanyň ordinata oky bilen kesişýän BC aralygy boýunça mahowigiň inersiýa momentini deňleme boýunça kesgitleýäris:

$$tg\,\beta_{max} = \frac{AC}{AO}\,; \quad tg\,\beta_{min} = \frac{AB}{AO}$$

$$tg\,\beta_{max} - tg\,\beta_{min} = \frac{AC}{AO} - \frac{AB}{AO} = \frac{BC}{AO}$$

$$tg\,\beta_{max} - tg\,\beta_{min} = \frac{\mu_I}{2\mu_E}\,\omega_{ort}^2(1+\delta-1+\delta) = \frac{\mu_I}{2\mu_E}\,\omega_{ort}^2\delta$$

Onda:

$$\frac{BC}{AO} = \frac{\mu_I}{2\mu_E}\,\omega_{ort}^2\delta \qquad \text{(IX-20)}$$

$\Delta E = f(I_g)$ we $E = f(I_g)$ deňleşdirilende iki I_g oklaryň aralygy mahowigiň kinetiki energiýasy $E_{max} = \mu_E \cdot AO'$ hemişelik, ýokarky I_g okdan ýokarda maşynyň kinetik energiýasynyň üýtgeýşi. ΔE we E oklar aralygynyň aralygy OA, mahowigiň inersiýa momenti hemişelik.

$$I_M = \mu_I \cdot OA \qquad \text{(IX-21)}$$

ΔE okdan sag tarapynda maşynyň getirilen inersiýa momentiniň üýtgeýşi.

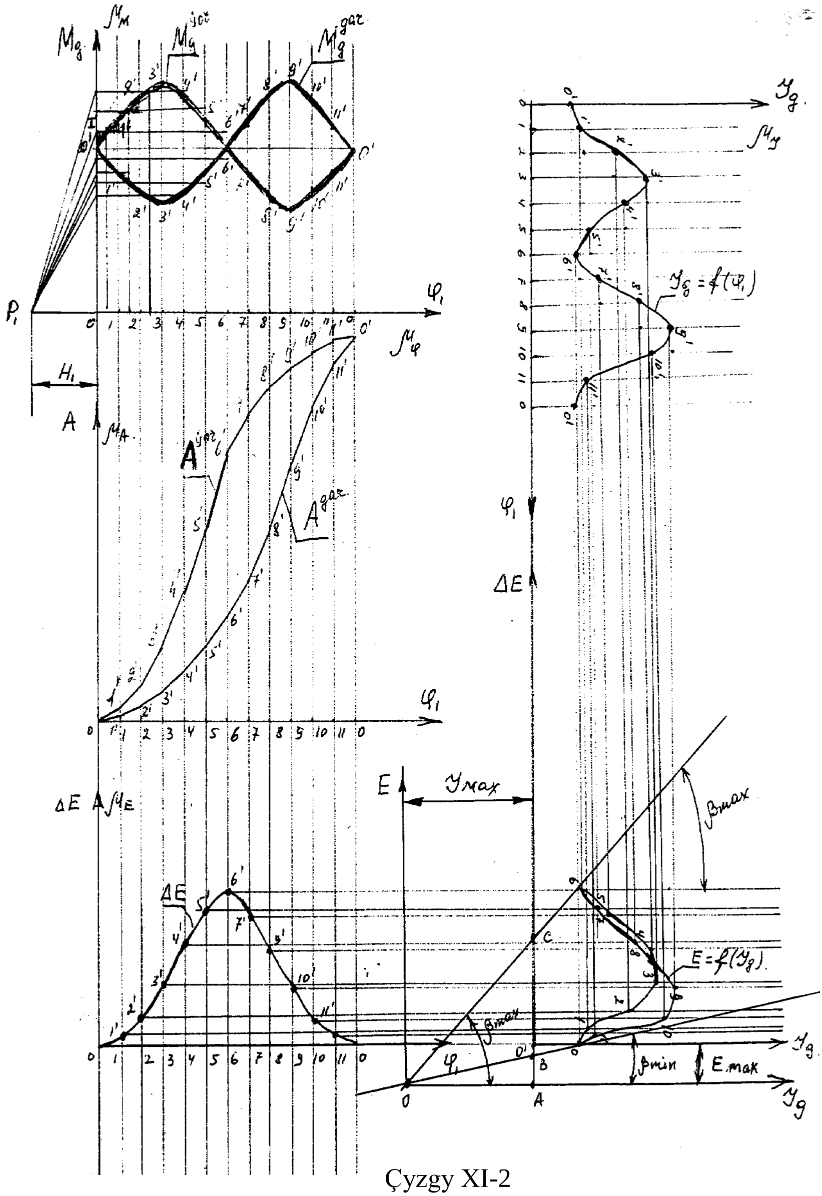
Onda altynjy proporsiýadan OA deň.

$$OA = tg\,\beta_{max} = \frac{\mu_E\,BC}{2\mu_I\,\omega_{ort}^2\,\delta}\,;$$

Mahowigiň inersiýa momenti deň:

$$I_M = \mu_I \cdot OA = \frac{\mu_E\,BC}{\omega_{ort}^2\,\delta}\,;$$

Bu deňlemede μ_E; ω_{ort}; δ berlen.

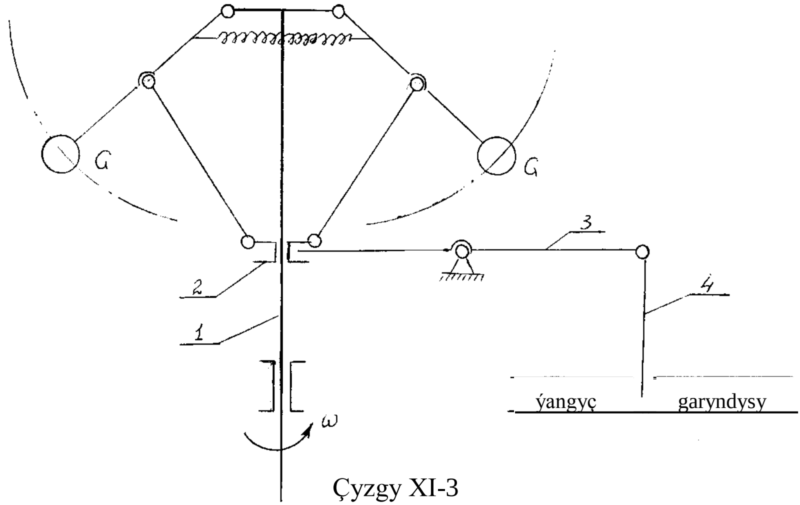


Çyzgy XI-2

BC aralygy çyzgydan ölçäp almaly.

XI.4. Iş döwründe gaýtalanmaýan hereketi sazlamak

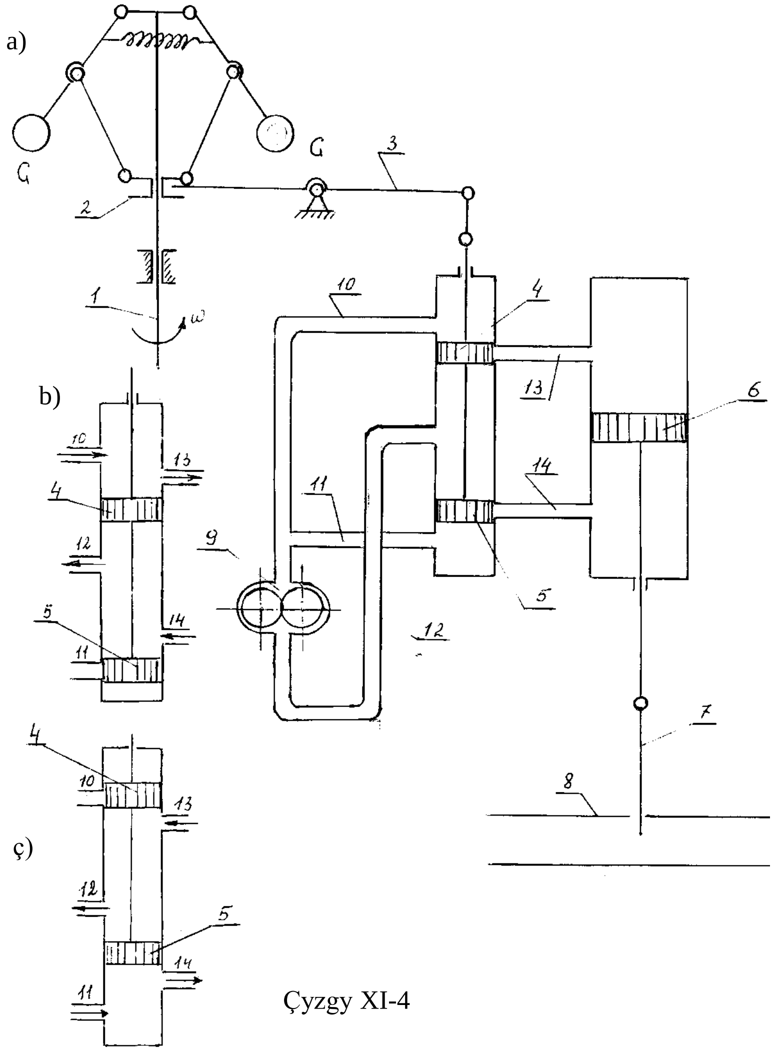
Mahowik bilen gaýtalanýan hereketi sazlap bolýar. Sebäbi ýörediji we garşy güýçler belli bir kada boýunça gaýtalanýar. Ýörediji güýçleriň işi garşy güýçleriň işine bir sikldа deň. Energiýa agram diagrammasy belli bir utgaşan çyzyk bolýar. Gaýtalanmaýan hereketde ýörediji güýçleriň işi garşy güýçleriň işine belli bir hemişelik aralykda deň däl. Şonuň ýaly hereketi mahowik bilen sazlap bolanok. Meselem: elektro generatory dizel dwigatel herekete getirýär. Harç edilen



Çyzgy XI-3

elektroenergiýa birden ulalanda, dwigateliň walyna garşy güýçler hem birden ulalýar, ýörediji güýçleriň işi bilen garşy güýçleriň işiniň deňligi ýitýär, dwigateliň walynyň burç tizligi gönümel üýtgeýär. Walyň aýlawy peselip durmagy mümkin. Eger-de harç edilýän elektroenergiýa azalsa, onda wala täsir edýän garşy güýçler peselýär, (ýörediji güýçler üýtgemände) dwigateliň walynyň burç tizligi gönümel ulalýar, dwigatel döwülip işden çykmagy mümkin. Şonuň ýaly hereket üçin energiýa – massa diagrammasyny gurup bolanok.

Maşyn agregatyň tizligi belli bir aralykda üýtgär ýaly, ýörüte enjam bilen dwigateliň ýörediji güýjiniň iş maşynyň garşy güýji bilen deňräk saklar ýaly edilýär, olara sazlaýjy enjam diýilýar. Seredilen meselede dwigateliň işini ýangyç berlişini köpeldip – azaldyp bolýar.



Çyzgy XI-4

XI-3 çyzgyda sentrobež usuly boýunça işleýän sazlaýjynyň shemasy görkezilen. Sazlaýjynyň birinji waly hereketi sazlanýan waldan alýar. “G” – ýüklriň ýagdaýy walyň aýlawyna bagly. Aýlaw sany ulaldygyça ýükler “G” ýokary galýar, aýlaw sany azalanda ýükler aşak düşýär. Ýükleriň ýeri üýtgände 2 muftanyň ýeri hem üýtgeýär. Mufta 2 ýükler G bilen ryçag 3 boýunça ýerleşen. 3 ryçagy hereketli goşulan 4 klapan. Klapan turbany açyp – ýapyp dwigatele berilýän ýangyjyň möçberini köpeldip azaldyp bilýär. Agregatyň walynda garşylyk azalanda burç tizligi ulalýar, ýükler ýokaryk galyp muftany galdyrýar. Ryçagyň ujyndaky klapan aşak düşüp, ýangyjyň ýoluny ýapýar. Ýangyç azrak berlende agregatyň walynyň aýlawy peselýär, ýükler aşak düşüp, muftany aşak çekip, ryçagyň beýleki ujyndaky klapan ýokary galyp ýangyç berilmegini köpeldýär. Şonuň ýaly ýörediji güýçler bilen garşy güýçleri deňleşdirýärler. Seredilen sazlaýjyda klapan sazlaýjyda döreýän güýçler bilen herekete getirilýär. Şonuň ýaly sazlaýjylar göni hereketli diýilýär. Klapanly herekete getirýän güýçler ýeterlik bolmadyk ýagdaýda göni bolmadyk herekete getirýän sazlaýjy enjamlar ulanýarlar. Şonuň ýaly sazlaýjylarda klapany ýörüte herekete getirýän kömekçi dwigatelleri ulanýarlar (elektriki, gidrawliki ýa-da pnewmatiki we ş. m.). (çyzgy XI-4a) göni däl hereketli sazlaýjynyň shemasy. Garşy güýçler peselende 1 walyň aýlawy ulalýar, ýükler ýokary galyp, 2 muftany çekip, 3 ryçagyň beýleki ujyny aşak düşürýär. 3 ryçagyň ujy klapan däl-de 4 porşen we 5 zalotnik bilen birikdirilen. Porşen 4 bilen 5 zalotnik aşak düşip, 10 we 13 turbalara ýol açyp, şol turbalardan ýag 9 nasosdan basyş bilen serwomotora berilýär. Serwomotordan ýag 6 porşeniň üsti bilen 7 klapany aşak düşirýär. 7 klapan 8 turbany çala ýapýar. Şol turbadan ýangyç dwigatele barýar. Ýangyç berilmegi sazlanyp dwigateliň kuwwatyny peselip, garşy güýçleri we ýörediji güýçleri deňleşdirýär. Şol ýagdaýda ýag 6 porşeniň aşagyndan 12 we 14 turbalardan ýag nasosyna berilýär. Zalotnigiň porşenleriniň ýagdaýy we ýagyň akýan ýoly XI-4b çyzgyda görkezilen.

Walyň aýlawy peselende hemme hereketler tersine bolýar. Zolotnigiň porşenleriniň ýagdaýy XI-4ç çyzgyda görkezilen. Seredilen sazlaýjylar ýörediji güýçlere täsir edip hereket tizligini sazlaýarlar, olary garşy güýçlere deňleşdirýärler. Tejribelikde garşy güýçlere täsir edip, hereketi sazlaýjy enjamlar hem ulanylýar. Olara modetator ýa-da tormaz usully sazlaýjy diýilýär. Olaryň işleýşi seredilen sazlaýjylaryň işine meňzeş.

XII. BÖLÜM
MASSALARY DEŇAGRAMA GETIRILIŞI

XII.1. Denagramlyk

Häzirki maşynlaryň tizligi we tizlenmesi gaty uly. 20-30 ýyl öň mata dokaýan stanogyň tizligi 160 aýlaw/minutda bolsa, häzirki stanoklar 320-400 aýlaw/minutda. Awtomaşynlaryň motorlarynyň tizligi 3000-4000 aýlaw/minutda bolsa, häzir 8000-10000 aýlaw/minutda. Şoňa görä inersiýa güýçleri hem ulalyp barýar.

$$P_u = - ma_s \ (N).$$

1 gram deňagram däl agramlyk, tizlenmesi 10000 m/s^2 bolanda P_u – l gr·10000 m/s^2 =10 ($kg{\cdot}m/s^2$ = N) güýç döredýär. Şonyň üçin bölekleri, ýa-da maşynlaryň özüni deňagramlyga getirmek maşyn gurujylaryň öňünde gaty uly mesele. Bu meseläni umumy hemme maşynlar üçin çözüp bolanok. Her maşyny aýratyn seretmeli.

Maşynlaryň deňagramlyga getirmekligini iki meselä bölýärler:

1. Aýlanýan bölegi deňagramlyga getirmek.
2. Maşyny deňagramlyga getirmek.

XII.2. Aýlanýan bölegi deňagramlyga getirilişi

Berlen, aýlanýan bölekda m_1; m_2; m_3 deňagramlyga getirilmeli agramlyklar. Olaryň agram merkezileri s_1; s_2; s_3. Aýlanýan ok bilen agram merkezleriň arasy r_1; r_2; r_3 diýlip bellenen.

Bölek (ω=const) hemişelik tizlik bilen aýlanýar.

Aýlanýan ýagdaýynda inersiýa güýçleri peýdalanýar.

$$\bar{P}_{i1} = -m_1\bar{a}_{S1} \ (N); \ \bar{P}_{i2} = -m_2\bar{a}_{S2} \ (N);$$
$$\bar{P}_{i3} = -m_3\bar{a}_{S3} \ (N);$$

Agram merkeziň tizlenmesini $\bar{a}_{S1} = \bar{a}_{S1}^n + \bar{a}_{S1}^t$ normal we (kasatel) galtasyk dep bolýarys. Onda:

$$a_{S1}^n = \omega^2 \cdot r_1, m/s^2 \; ; \; \bar{a}_{S1}^n \parallel \bar{r}_1$$

$$a_{S1}^t = \mathcal{E} \cdot r_1, m/s^2 \; ; \quad \bar{a}_{S1}^t \perp \bar{r}_1; \; \mathcal{E} = \frac{d\omega}{dt} = 0; a_{S1}^t = 0;$$

$$\bar{P}_{i1} = -\omega^2 \cdot \overline{m_1 r_1} \; (N); \quad \bar{P}_{i2} = -\omega^2 \cdot \overline{m_2 r_2} \; (N);$$

$$\bar{P}_{i3} = -\omega^2 \cdot \overline{m_3 r_3} \; (N);$$

Wektor $\overline{m}\,\bar{r}$ - statika disbalansynyň wektory diýilýar. Nazary mehanikanyň kanuny boýunça hemme güýçleri bir güýje getirip bolýar.

$$P_i = \sum_{i=1}^{n} P_{i1} = -\omega^2 \sum_{i=1}^{n} \overline{m_\iota r_\iota}$$

$\sum_{i=1}^{n} \overline{m_\iota r_\iota} = \overline{m_s r_s}$ - diýip belleýäris.

$\overline{m_s r_s}$ - statika disbalansynyn baş wektory.

Bölek deňagram ýagdaýynda bolmalygy üçin jemi inersiýa güýji nola bolmaly.

$$P_i = 0; \; \omega^2 \cdot \overline{m_s r_s} = 0.$$

$\omega^2 \neq$ nola deň bolup bilenok, bölek aýlanmaly. Onda $\overline{m_s r_s} = 0$ baş wektor nola deň bolmaly.

Aýlanýan bölek deňagramlykda bolmalylygy üçin statika disbalansynyň baş wektory nola deň bolmaly, ýa-da hemme agramlyklaryň agram merkezi ok üstünde bolmaly $r_s = 0$. Kinematik jübütlerden tekizlikler I-I we II-II geçirsek, olara deňeç her güýçden moment kesgitlesek, onda

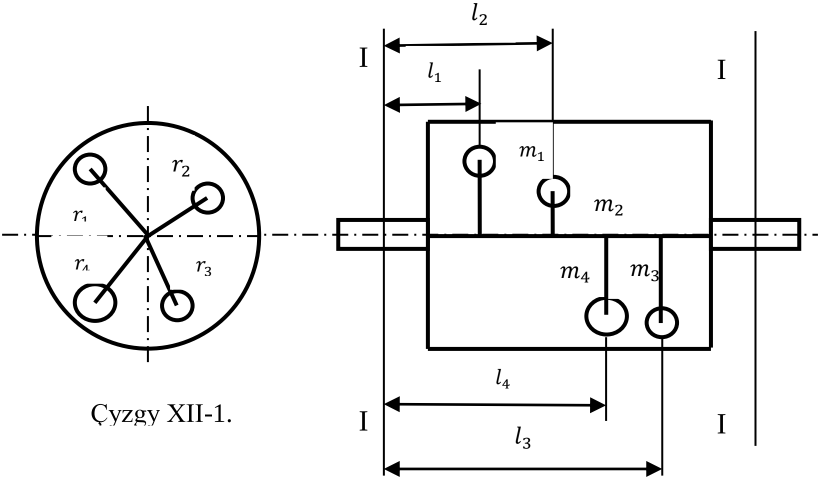
$$M_{i1} = \bar{P}_{i1} \cdot l_1; \qquad M_{i2} = \bar{P}_{i2} \cdot l_2;$$

$$M_{i3} = \bar{P}_{i3} \cdot l_3; \qquad M_{i4} = \bar{P}_{i4} \cdot l_4;$$

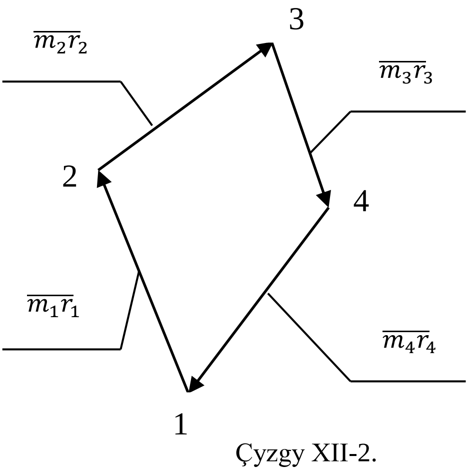
ýa-da

$$M_{i1} = -\omega^2 \cdot \overline{l_1 m_1 r_1}; \quad M_{i2} = -\omega^2 \cdot \overline{l_2 m_2 r_2};$$

$$M_{i3} = -\omega^2 \cdot \overline{l_3 m_3 r_3}; \quad M_{i4} = -\omega^2 \cdot \overline{l_4 m_4 r_4};$$



Çyzgy XII-1.



Çyzgy XII-2.

Hemme momentleri bir baş momente getirmeli:

$M_i = \sum_{l=1}^{n} M_{il} = \sum_{l=1}^{n} P_{il} l_l = \omega^2 \sum_{l=1}^{n} \overline{m_l r_l l_l}$.

$\sum_{i=1}^{n} \overline{m_\iota r_\iota l_\iota} = \overline{m_s r_s l_s}$ - diýip belleýäris.

Bölek dinamika boýunça deňagram ýagdaýda bolmalydygy üçin baş moment inersiýa nola deň bolmaly;

$M_i = 0;$

$\omega^2 \overline{m_s r_s l_s} = 0;$

$\omega^2 \neq 0$ onda,

$\overline{m_s r_s l_s} = 0.$

Bölek dinamika boýunça deňagram ýagdaýda bolmagy üçin baş dinamika disbalansynyň wektory nola deň bolmaly.

Nazary mehanikanyň dilinde, mehanizm dinamika boýunça deňagram ýagdaýynda bolmagy üçin mehanizmyň baş inersiýa momenti baş inersiýa oklarynyň biri bilen gabat gelmeli.

Mehanizm deňagram ýadaýda bolmagy üçin agram merkezi okuň üstünde iki kinematik jübütleriň orta arasynda bolmaly. Iki tekizlikler (I we II) boýunça momentler deň bolmaly (XII -1 çyzgy).

Statika disbalansyny kesgitlemek üçin disbalanslaryň wektoryny yzly-yzyndan gurmaly (çyzgy XII-2).

Islendik uzynlykda 1-2 aralygy alyp $\overline{m_1 r_1}$ wektory geciryäris.

Masştab deň $\mu_{mr} = \frac{\overline{m_1 r_1}}{1-2} \frac{kgm}{mm}.$

2-nji nokatdan wektor $\overline{m_2 r_2}$ geçirýäris.

$$2 - 3 = \frac{\overline{m_2 r_2}}{\mu_{mr}} \ mm.$$

3-nji nokatdan wektor $\overline{m_3 r_3}$ geçirýäris.

$$3 - 4 = \frac{\overline{m_3 r_3}}{\mu_{mr}} \ mm.$$

Eger-de bölek statika boýunça deňagram ýagdaýynda bolsa 1-nji nokat gabat gelmeli. (Çyzgy XII-2) 1-nji we 4-nji nokatlar bir ýerde däl, onda bölek deňagram ýagaýynda däl. Deňagram ýagdaýyna getirmek üçin 1-4 aralykda m_4 massany ýerleşdirmeli.

r_4 - konstruksiýa boýunça alynýar.

$$m_4 r_4 = \mu_{mr} \cdot (1-4)\frac{kgm}{mm} \cdot mm = kgm.$$

$\overline{m_4 r_4}$ – wektoryň ugry boýunça, r_4 aralykda m_4 agramy ýerleşdirsek bölek statika boýunça deňagram ýagdaýyna getirilýär.

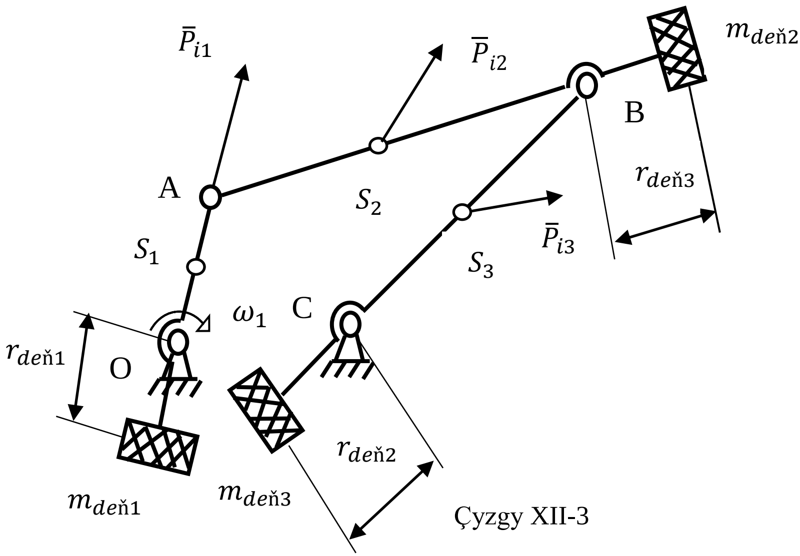
Eger-de dinamika disbalanslaryny $\overline{mrl}$ yzly yzyndan wektor boýunça gurap çykylsa, edil şol usul bilen dinamika boýunça deňagramlyga getirip bolýar.

Nazary boýunça deňagramlyga getirmek aňsat ýaly. Işde detalyň niresine agramlyklary goýmaly, nädip r_1; r_2... aralyklary kesgitlemeli balansirowkany ýörite basansirowka ediji stanoklarda geçirýärler. Ony aýratyn tejribe işinde serederis.

XII.3. Maşynlary deňagramlyga getirmek

Maşynlary deňagram ýagdaýyna getirlişiň bir näçe usuly bar.

1. Deňleşdiriji agram ýerleşdirmek usuly.



Çyzgy XII-3

Meselem, berlen dört bölekli şarnir mehanizm (çyzgy XIII-3)

Birinji bölek hereket edende inersiýa güýji $\bar{P}_{i1}$ emele gelýär. Bölek 1 deňagram ýagdaýynda bolmagy üçin inersiýa güýji $\bar{P}_{i1} = 0$ deň bolmaly.

$\bar{P}_{i1} = -m_1\bar{a}_{S1}$ (N); $m_1\bar{a}_{S1} = 0$ agram $m_1 \neq 0$ nola deň bolmaly. Agram merkezi S_1 nokat hereket etmeli däl. Birinji bölegiň dowamynda deňleşdirji agram goýup agram merkezini S_1 nokady "O" nokoda geçirýäris. Onda $\bar{a}_{S1} = 0$, $\bar{P}_{i1} = 0$. Birinji bölegi statika boýunça deňagramlyga getirdik.

$$m_{de\check{n}1} r_{de\check{n}1} = m_1 l_{OS};\ m_{de\check{n}1} = \frac{m_1 l_{OS}}{r_{de\check{n}1}}.$$

Ikinji bölek hereket edende P_{i2} güýç täsir edýär. Ikinji bölegi deňagrama getirmek üçin inersiýa güýç $P_{i2}=0$ nola deň bolmaly. Onuň üçin bölegiň dowamynda deňleşdiriji agram m_{pr2} goýup, ikinji bölegiň agram merkezini S_2 nokady "B" nokatda geçirmeli.

$$\bar{P}_{i2} = -m_2\bar{a}_{S2}\ (N);$$

$$m_{de\check{n}2} r_{de\check{n}2} = m_2 l_{BS2};\ m_{de\check{n}2} = \frac{m_2 l_{BS2}}{r_{de\check{n}2}}.$$

Üçünji bölek täsir edýän güýç $\bar{P}_{i3} = -m_3\bar{a}_{S3}\ (N)$;. Bölegiň dowamynda deňleşdiriji agram $m_{de\check{n}3}$ ýerleşdirýäris,

$$m_{de\check{n}3} r_{de\check{n}3} = m_B l_{BC} + m_3 l_{CS3};$$

$$m_{de\check{n}3} = \frac{m_2 l_{BC} + m_{de\check{n}2} l_{BC} + m_3 l_{CS3}}{l_{de\check{n}3}}.$$

Üçünji deňleşdiriji agramy goýup «B» nokatdaky agramlygy we üçünji bölegiň agramlygyny deňleşdirip, agram merkezlerini «C» nokoda geçýäris.

$$\bar{P}_{i2} = 0;\ \bar{P}_{i3} = 0.$$

Deňleşdiriji agramlaryň aralyklaryny $r_{de\check{n}1}$; $r_{de\check{n}2}$ we $r_{de\check{n}3}$ konstruksiýa boyunça almaly.

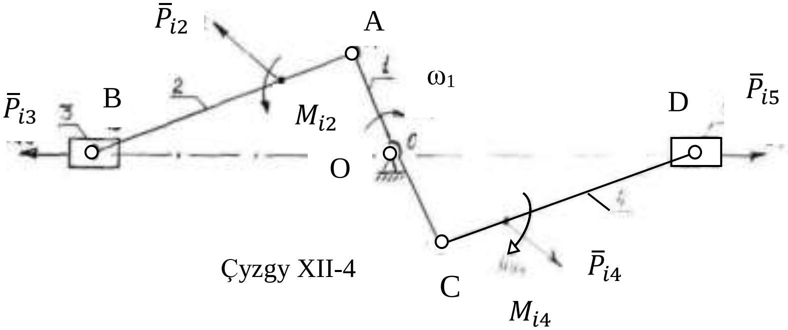
Deňleşdiriji agram usuly boýunça diňe inersiýa güýçleri deňagramlyga getirilýär, inersiýa güýçleriň momentleri barada gep ýok.

Mehanizmlerde deňleşdiriji massa $m_{deň2}$ goýup bolanok. Şatuna deňleşdiriji agram goýulanok.

Deňleşdiriji agram usuly boýunça statika deňagramlygy doly edip bolanok.

Bölekleri rasional ýerleşdirmek usuly

Berlen: mehanizm OAB, doly deňagramlyga getirmek üçin şol mehanizma ýene özi ýaly mehanizm OCD goşmaly (çyzgy XII-4).



Çyzgy XII-4

$$\bar{P}_{i2} = -\bar{P}_{i4}; \quad M_{i2} = -M_{i4}; \quad \bar{P}_{i3} = -\bar{P}_{i5}\,.$$

Mehanizm doly deňagram ýagdaýynda.

EDEBIÝATLAR

1. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşi täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşi täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň “Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşaýyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin” Milli maksatnamasy, Aşgabat, 2007.
8. “Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry” Milli Maksatnamasy, “Türkmenistan” gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. “Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy”. Aşgabat, 2006.
10. Kadyrow Ş.U. Maşynlaryn we mehanizmleriň nazarýeti dersinden umumy okuw, amaly sapak, tejribe işleriniň ýazgylar toplumy. Aşgabat, TPI, 2002.
11. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М., Наука, 1987.
12. Артоболевский И.И., Эдельштейн С.Х. Задачник по теории механизмов и машин. М., Наука, 1976.
13. Кореняко В.П. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. М., Высшая школа,1983.

14. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин. М., Высшая школа,1985.
15. Марголин Ш.А. Теория механизмов и машин. Минск, Высшая школа,1976.
16. Попов С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. М., Высшая школа,1986.
17. Фролов К.В., Попов С.А., Мусатов А.К. и др. Теория механизмов и машин. М., Высшая школа,1987.
18. Юдин В.А., Петрокас Л.Б. Теория механизмов и машин. М., Высшая школа, 1985.
19. Юденич А.И. Лабораторный практикум по теория механизмов и машин. М., Высшая школа,1977.

MAZMUNY