

Ş.Kadyrow, M.Gurdow

MEHANIZMLERİŇ WE MAŞYNLARYŇ NAZARYÝETI

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi
tarapyndan hödürlenildi*

Aşgabat
Türkmen döwlet neşirýat gullugy
2017

Kadyrow Ş., Gurdow M.

- K 13 **Mehanizmleriň we maşynlaryň nazaryýeti.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2017.

Okuw kitaby tehniki ýokary okuw mekdeplerinde okadylýan «Mehanizmleriň we maşynlaryň nazaryýeti» dersiniň okuw maksatnamasy boýunça taýýarlanyldy. Şeýle-de kitapda mehanizmleriň we maşynlaryň gurnalyşyna, kinematiki, kinetostatiki we dinamiki derňewlerine, dişli ilişmegiň nazaryýetine, çylşyrymly dişli mehanizmleriň, ýumrujakly (kulaçokly) mehanizmleriň derňewine we taslamasyna, aýlanýan zwenolaryň we maşynlaryň deňagramlylyga getiriliş usullaryna we şoňa meňzeş soraglara seredilýär.



**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

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

Gaýtalama:

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

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

Gaýtalama:

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

SÖZBAŞY

Garaşsyz, baky Bitarap Watanymyz häzirkî wagtda hormatly Prezidentimiziň parasatly syýasaty we ýadawsyz tagallalary netijesinde ylym-bilim ulgamynda we beýleki ähli ugurlarda beýik ösüşleri başdan geçirýär.

Hormatly Prezidentimiziň «XXI asyr tebigatyň syrlyryna barha çuňňur aralaşýan, jemgyýetiň, adamyň pikirlenişiniň, ylmyň, tehnikanyň we tehnologiýalaryň çalt ösýän döwrüdir. Ylmy-tehniki öňegidişlikleriň häzirkî şertlerinde islendik döwletiň ösüş derejesi onuň ykdysadyýetiniň ähli ugurlaryna, şol sanda bilim we ylym ulgamlaryna innowasion tehnologiýalaryň ornaşdyrylyşyna, döredijilik işleriniň höweslendirilişine hem-de ýokary derejeli hünärmenleriň taýýarlanylýşyna köp derejede baglydyr» diýen sözlerinden ugur alyp, her bir hünärmen öz başarnygyna görä ýurdumyzyň tehniki we tehnologiki taýdan ösüşine goşant goşmalydyr.

Ýurdumyzyň kärhanalarynda ulanylýan döwrebap mehanizmleriň we maşynlaryň gurluşyna, işleýiş tilsimlerine nazary esasyda düşünmekde we düşündirmekde, umumy inženerçilik ylmlarynyň biri bolan Mehanizmleriň we maşynlaryň nazaryýeti dersi uly orny eýeleýär. Mehanizmleriň we maşynlaryň nazaryýeti öz meselelerini matematikanyň, fizikanyň we aýratyn hem nazary mehanikanyň usullary bilen çözmäge ünsi çekýär.

Mehanizm we maşyn düşüňjesi ylmyň we tehnikanyň ösmegi bilen hemişe üýtgeýär we özgerýär. Adam hemişe öz zähmetini ýeňilleşdirmegiň we öndürijiligini ýokarlandyrmagyň aladasyny edýär. Adamzadyň ösüşi ýönekeý el gurallaryndan (meselem, palta, çekiç, ýaý, peýkam we ş.m.) başlanypdyr. Ýönekeý maşynlar (meselem, suw we ýel degirmenleri) has gadym döwürlerde döredilipdir.

Angliýada XVIII asyryň ortalaryna egirme we dokma stanoklarynyň oýlanyp tapylmagy bilen teknikada öwrülişikler başlanypdyr. Bu maşyn gurluşygynyň we beýleki pudaklaryň önümçiliginiň ösmegine uly itergi beripdir. Ýöne şol wagt hemme stanoklar adamyň el güýji, atyň ýa-da suwuň we ýeliň tebigy güýçleri bilen herekete getirilipdir. Entek hiç hili hereketlendiriji maşyn bolmandyr.

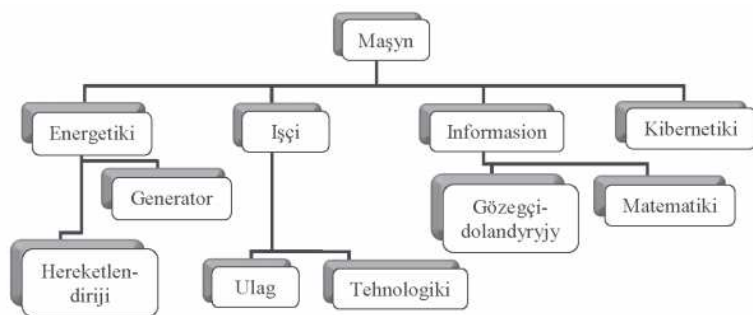
Tehnikada hakyky öwrülişik inlis alymy Jeýms Uattyň ilkinji hereketlendiriji bug maşynyny oýlap tapmagy bilen boldy. Soňra maşyn gurluşygy has çalt ösdi. Stanoklar kämilleşdirildi, kuwwaty we PTK ýokarlandyryldy. Maşyn gurluşygynyň ösüşiniň indiki tapgyry bug we gaz turbinalarynyň, içinden ýandyrylýan hereketlendirijileriň

oýlanyp tapylmagy bolupdyr. Bug gämileri, otlular, awtomobiller, soňra uçarlar – özi ýöreyän ekipažlar emele gelipdir.

XIX asyrdaky elektrigiň açylmagy we elektrik hereketlendirijileriniň emele gelmegi bilen maşyn gurluşygynda ýene bir kuwwatly itergi bolýar. Uzak aralyklara geçirilişiniň ýönekeýligi, hereketlendirijileriniň ykjamlygy bilen işçi maşynlaryň aglaba bölegi elektrik energiýasy arkaly herekete getirilýär.

Maşyn – adamyň fiziki we akyl zähmetini ýehilleşdirmek, onuň hilini we öndürilijiligini ýokarlandyrmak maksady bilen, materiallaryň häsiýetiniň, ölçeginiň, şekiliniň ýa-da ýagdaýynyň we informasiýalaryň, energiýalaryň özgerdilişi bilen baglanyşykly kesgitli mehaniki hereketi amala aşyran tehniki gurluş.

Maşynlar aşakdaky görnüşlerde aňladylýar:



Energetiki maşynlar – energiýalary özgertmek üçin niýetlenen maşynlar. Eger haýsydyr bir energiýanyň görnüşini mehaniki energiýa özgerdýän bolsa, oňa **hereketlendiriji maşyn** diýilýär. Eger-de hadysa tersine bolsa, oňa **generator maşyn** diýilýär.

Işçi maşynlar – materiallary özgertmek üçin niýetlenilen, ýagny **ulag maşynlar** obýektiň ýagdaýynyň diňe üýtge me ýoly boýunça materiallaryny özgerdýär. **Tehnologiki maşynlar** bolsa, obýektiň ýa-da materialyň şekilini, häsiýetini we ýagdaýyny özgertmek üçin niýetlenen.

Informasion maşynlar – maglumatlary almak we özleşdirmek üçin gulluk edýär. **Gözegçidolandyryjy maşynlar** energetiki ýa-da işçi maşynlary dolandyrmak maksady bilen maglumatlary özgerdýär. **Matematiki maşynlar** obýektiň häsiýetine baglylykda matematiki görnüşde almak maksady bilen maglumatlary özgerdýärler.

Kibernetiki maşynlar – emeli akylýň elementleriniň esasynda diňe adama ýa-da janly tebigata mahsus öýkünýär ýa-da ony çalyşýar.

I BÖLÜM

MEHANİZMLERİN STRUKTURA DERŇEWI

1.1. Mehanizmler barada umumy düşüňjeler.

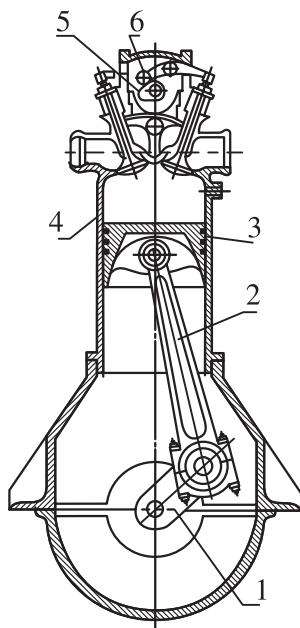
Kinematik jübütler we olaryň klaslandyrylyşy

Bir ýa-da birnäçe zwenolary gerekli hereketi etdirmek üçin gaty jisimlerden döredilen ulgama **mehanizm** diýilýär. Şonuň üçin islendik mehanizme seredilende, meselem, içinden ýandyrylýan hereketlendirijide (*1.1-nji surat*) gaty jisimler: 1–tirsekli wal, 2–şatun, 3–porşen, 4–hereketsiz silindr, 5–ýumrujak, 6–rolik we ş.m. bar. Mehanizme girýän bir ýa-da birnäçe hereketsiz birikdirilen gaty jisimlere **zveno** diýilýär.

Meselem: 2-nji zveno – şatun, şatunyň özüne gapagy boltlar, şaýbalar we gaýkalar bilen berkidilip, hemmesi bir zveno bolup durýar. Edil şonuň ýaly, silindre – blok we başga şaýlar hereketsiz berkidilip, bir zveno emele getirýär. Hemme zwenolar bir zveno görä hereket edýär. Şol zveno hereketsiz zveno diýilýär, meselem: hereketlendirijiniň blogy. Her zwenonyň öz aýry hereketi bar, şol hereketler bir-birine baglanyşykly.

Meselem: 3 – porşen silindriň içinde gazlaryň basyşy bilen süýşüp, hereketi 2 – şatuna geçirýär. 2 – şatun 1 – tirsekli waly aýlaýar. Şonuň ýaly hereketi geçirmeklik, zwenolary bir-birine ýörite usul boýunça goşulmak arkaly ýerine ýetirilýär.

1.2-nji suratdan şatunyň tirsekli wala görä aýlanyp bilýänligi görünýär. Tirsekli wal hereketsiz zveno (bloga) görä aýlanyp bilýär. Zwenolaryň hereketli goşulýan ýerine **kinematik jübüt** diýilýär. Tirsekli wal bilen şatun kinematik jübüti emele getirýär. Bu kinematik jübütde bir (aýlanma) hereket bar, şonuň üçin oňa bir hereketli kinematik jübüt diýilýär. Iki dişli tigirleriň dişleriniň ilişmegine seredilende, dişler



1.1-nji surat

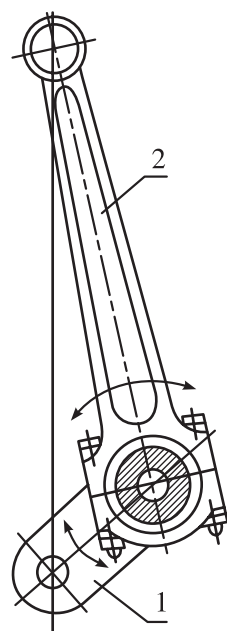
bir-biriniň üstünden typyp aýlanýarlar. Bu ýerde iki hereket bar: 1 – tigirleriň aýlanmasy; 2 – dişleriň typmasy. Bu kinematik jübüte iki hereketli kinematik jübüt diýilýär. Umuman seredilende, erkin jisimiň hereketiniň giňişlikde alty sany erkinlik derejesi bar ýa-da alty sany bir-birine baglanyşyksyz hereket edip bilýär.

1.3-nji suratda erkin jisimiň, 1-nji zwenonyň üç ok boýunça süýşüp bilýänligini we üç okuň daşyndan aýlanyp bilýänligini görmek bolýar.

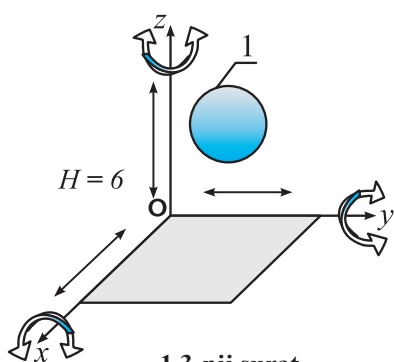
Eger-de 1-nji zwenonyň erkinligini başga bir zwen bilen çäklendirsek, onda ol goşulyşyna görä birnäçe hereketini ýitirer.

Meselem, şar bilen tekizlik kinematik jübüte girende (1.4-nji surat), bir hereketini ýitirýär. Üç okuň daşynda aýlanyp bilýär, iki ok (x we y) boýunça süýşüp bilýär. Bir ok (z) boýunça dik süýşüp bilenok, sebäbi tekizlik süýşmäge ýol berenok. Eger ýokarlygyna süýşse, tekizlik bilen galtaşmasy üzüler we kinematik jübüt bolmaz.

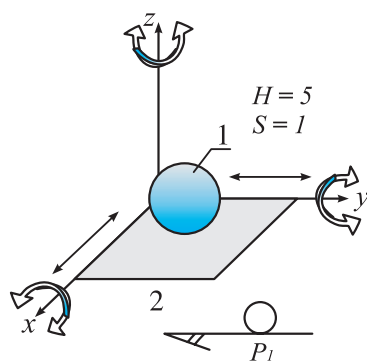
Erkinlik derejesiniň sany $H=5$, edip bilmedik hereketiniň sany $S=1$, oňa baş hereketli kinematik jübüt diýilýär.



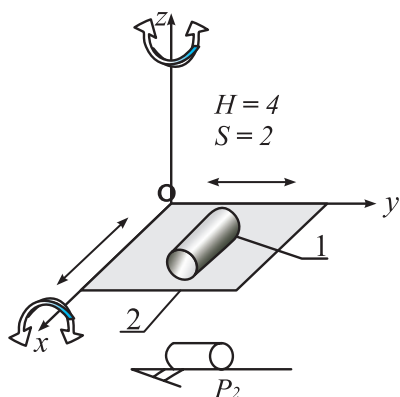
1.2-nji surat



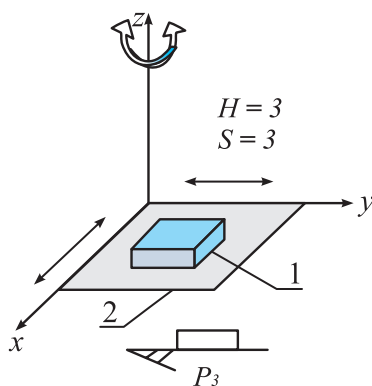
1.3-nji surat



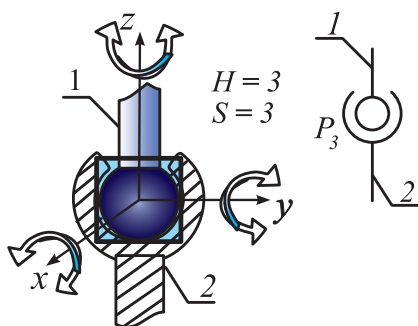
1.4-nji surat



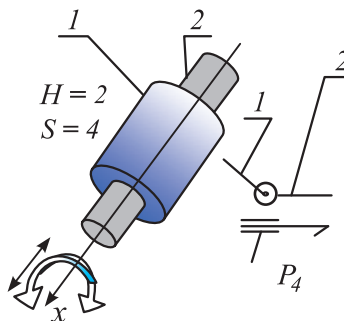
1.5-nji surat



1.6-nji surat



1.7-nji surat

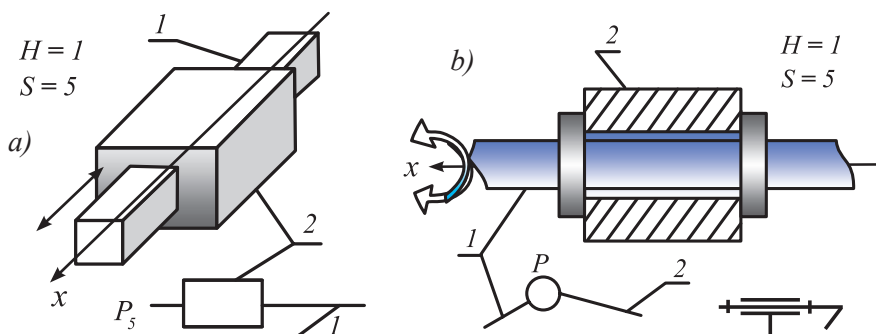


1.8-nji surat

Şol tekizligiň üstünde silindre seretsek (1.5-nji surat), iki ok (x we y) boýunça süýşüp bilýär, iki okuň (x we z) daşynda aýlanyp bilýär. Erkinlik derejesiniň sany $H=4$, edip bilmedik hereketi $S=2$, oňa dört hereketli kinematik jübüt diýilýär. Tekizlik bilen parallelo-piped jübüte girende (1.6-nji surat), iki ok (x we y) boýunça süýşüp bilýär, bir okuň (z) daşynda aýlanyp bilýär. Erkinlik derejesiniň sany $H=3$, edip bilmedik hereketi $S=3$, oňa üç hereketli kinematik jübüt diýilýär.

Şarly şarnire seredilende (1.7-nji surat), üç okuň daşynda üç aýlanma hereket edip bilýär. Erkinlik derejesiniň sany $H=3$, edip bilmedik hereketiniň sany $S=3$, oňa üç hereketli kinematik jübüt diýilýär.

Wal – 1, wtulka – 2 kinematik jübütde bir ok (x) boýunça süýşme we aýlanma hereketleri edip bilýär. $H=2$, $S=4$ (1.8-nji surat), iki hereketli jübüt.



1.9-njy surat

Wal – 1, wtulka – 2 kinematik jübütde süýşme hereketi ýörite şaýlar bilen aýrylanda, bir aýlanma hereket edip biler: $H=1$, $S=5$, oňa bir hereketli jübüt diýilýär (1.9-njy b surat).

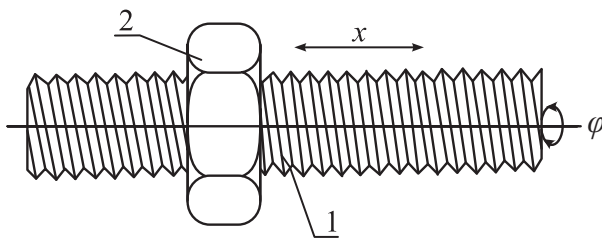
Iki zwenno diňe süýşme hereket edip bilýär (1.9-njy a surat): $H=1$, $S=5$, oňa bir hereketli jübüt diýilýär.

1.1-nji tablica

Kinematik jübütlerde baglanyşyksyz edilýän hereketleriň bolup bilýän görnüşleri

Jübütler	Bolup bilýän hereketler		
Bir hereketli	A		S
Iki hereketli	AA		AS
Üç hereketli	AAA	AAS	ASS
Dört hereketli	AAAS		AASS
Bäş hereketli	AAASS	AAASS	
A – aýlanma hereketi S – süýşme hereketi			

1.1-nji tablisada hemme hereketler bir-birine baglanyşyksyz edilýär. Käbir kinematik jübütlerde iki ýa-da birnäçe hereketler bir-birine ýörite şert boýunça bagly bolýar, bu ýagdaýda baglanyşyksyz diýip bir hereketi alyp bolýar. Meselem, hyr boýunça goşulan kinematik jübütde gaýkanyň süýşmesi wintiň aýlanmasyna bagly (1.10-njy surat).



1.10-njy surat

$$x = k\varphi, \quad (1.1)$$

bu ýerde x – süýşme; φ – aýlanma burçy; k – islendik san, ýöne şol jübüt üçin belli bir bahada bolmaly. Şu kinematik jübütde diňe bir hereketi (aýlanmasy ýa-da süýşmesi) baglanyşyksyz diýip alyp bolýar, diýmek, bir hereketli kinematik jübütleriň hasabyna girýär. Her zwenno hyr boýunça hereket edýär. Deňlemde $k=0$ bolanda, aýlanma hereket edýän kinematik jübüt bolýar, $k = \infty$ bolanda bolsa, süýşýän kinematik jübüt bolýar. Kinematik jübütler zwenolarynyň erkinlik derejesiniň sany boýunça ýa-da edip bilmeýän hereketi boýunça klaslandyrylýar.

Zwenolar kinematik jübüte girende, edilmedik hereketiniň sany-na S goşulyş şerti diýilýär. Kinematik jübütleri goşulyş şerti S boýunça klaslandyrylýar.

Kinematik jübütleri P bilen belgileýäris, olary suratda şert boýunça görkezýäris. Kinematik shemalarda kinematik jübütleri latyn baş harplary (A,B,C we ş.m.) bilen belgileýäris.

P_5 – V klas bir hereketli kinematik jübüt.

P_4 – IV klas iki hereketli kinematik jübüt.

P_3 – III klas üç hereketli kinematik jübüt.

P_2 – II klas dört hereketli kinematik jübüt.

P_1 – I klas baş hereketli kinematik jübüt.

Kinematik jübütler zwenolaryň galtaşmasyňa görä ikä bölünýär. Eger meýdan boýunça galtaşsalar, oňa **pes kinematik jübüt** diýilýär. Çyzyk ýa-da nokat boýunça galtaşsalar, oňa **ýokary kinematik jübüt** diýilýär.

1.2. Kinematik zynjyrlar

Zwenolary yzygider hereketli goşulan ulgama **kinematik zynjyr** diýilýär.

Kinematik zynjyrlar öz aralarynda görnüşlere bölünýär:

1. Tekizlikde ýa-da giňişlikde hereket edýän kinematik zynjyrlar, eger zwenolaryň nokatlarynyň hereket ýollary parallel tekizliklerde bolsa, oňa **tekizlikde hereket edýän kinematik zynjyr** diýilýär (1.11-nji sur.). Eger-de zwenolaryň nokatlarynyň hereket ýollary kesişýän tekizliklerde bolsa, oňa **giňişlikde hereket edýän kinematik zynjyr** diýilýär (1.12-nji sur.).

2. Açyk ýa-da ýapyk kinematik zynjyrlar. Eger zynjyryň başlangyç we ahyrky zwenosy hereketsiz zwenno bilen kinematik jübüte girseler, oňa **ýapyk kinematik zynjyr** diýilýär (1.11-nji sur.). Eger-de ahyrky zwenno hereketsiz zwenno bilen kinematik jübüte girmese, oňa **açyk kinematik zynjyr** diýilýär (1.12-nji sur.).

Hereketi başlanýan zwenno – **başlangyç zwenno** diýilýär. Soňky zwenno – **ahyrky zwenno** diýilýär. Şol iki zwenonyň aralygyndaky zwenolara **hereket geçiriji zwenolar** diýilýär.

3. Ýönekeý ýa-da çylşyrymly kinematik zynjyrlar.

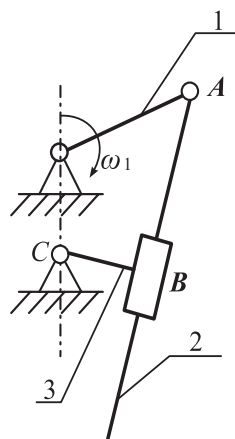
Eger zynjyryň her zwenosyna degişli kinematik jübütiň sany ikiden köp bolmasa, oňa **ýönekeý kinematik zynjyr** diýilýär.

Eger-de bir zwenosyna ikiden köp kinematik jübüt girse, oňa **çylşyrymly kinematik zynjyr** diýilýär (1.13-nji surat).

Meseleler.

1.11-nji suratda: 1-nji zwenno – başlangyç zwenno – tirsekli wal. A nokat O nokadyň daşynda doly aýlanýar. A nokadyň hereket ýoly töwerek.

2-nji zwenno – şatun – hereket geçiriji zwenno. Çylşyrymly hereket edýär, aýlanýar hem süýşýär. Hereket 1-nji zwenonyň aýlanma tekizligine parallel tekizlikde geçýär.



1.11-nji surat

3-nji zweno – ahyrky zweno – öňki tekizliklere parallel tekizlikde aýlanýar (doly aýlanmanda-da).

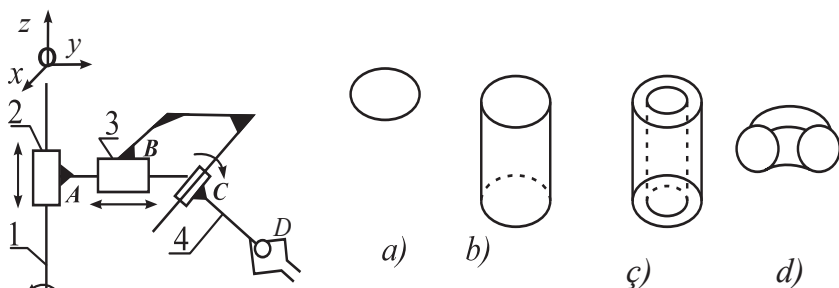
Hemme zwenolaryň nokatlarynyň hereket ýollary parallel tekizliklerde geçýär, şonuň üçin bu kinematik zynjyr tekizlikde hereket edýär. Başlangyç zweno – 1 we ahyrky zweno – 3 hereketsiz zweno goşulan, onda ol ýapyk kinematik zynjyr. Her zweno iki kinematik jübütten durýar:

1-nji zweno O we A kinematik jübütler,

2-nji zweno A we B kinematik jübütler,

3-nji zweno B we C kinematik jübütler girýärler. Onda bu ýönekeý kinematik zynjyr bolar.

Diýmek, ol 1.11-nji suratda görkezilen tekizlikde hereket edýän-ýapyk, ýönekeý kinematik zynjyr.



1.12-nji surat

1.12-nji suratda robot manipulýatoryň eli görkezilen. Onuň nähili kinematik zynjyrlygyny anyklamaly.

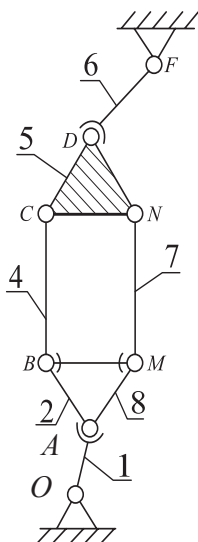
1-nji zweno O nokatda aýlanýar. Şol aýlawda D nokadyň hereket ýoly töwerek bolýar (1.12-nji a surat).

A nokatda z ok boýunça süýşme hereket, şol süýşmede D nokat silindriň içinde hereket edýär (1.12-nji b surat)

B nokatda süýşmek y ok boýunça, hereket iki silindriň aralygyn-da bolýar (1.12-nji c surat).

C nokatda aýlanma x okuň daşynda, bu aýlanma boýunça iki silindriň aralygy tora öwrülýär (1.12-nji d surat). Bu giňişlikde hereket edýän, açyk, ýönekeý kinematik zynjyr bolýar. Sebäbi her zweno iki kinematik jübütten ybarat, ahyrky zweno hereketsiz zweno goşulanok.

1.13-nji suratda zynjyryň hereketi giňişlikde bolýar, sebäbi A we D kinematik jübütlerde üç okuň daşynda üç aýlanma B we M kinema-



1.13-nji surat

tik jübütlerde 3-nji zwenon öz okunyň daşynda aýlanýar.

5-nji zwenon C, D, N üç kinematik jübüt goşulan, onda ol çylşyrymly kinematik zynjyr. Başlangyç zwenon – 1 we ahyrky zwenon – 6 hereketsiz zwenon bilen goşulan, diýmek, ýapyk kinematik zynjyr.

1.13-nji suratda giňişlikde hereket edýän, ýapyk, çylşyrymly kinematik zynjyr.

1.3. Kinematik zynjyrlaryň hereket sanyny kesgitlemek

Goý, n zwenoly giňişlikde hereket edýän kinematik zynjyr berlen bolsun (1.14-nji surat). Islendik erkin zwenon giňişlikde altý hereket edip bilýär. Onda kinematik zynjyryň edip biljek hereketiniň sany $6n$ deň. Zwenolar jübütlere goşulanda, birnäçe hereketini ýitirýär. Şol ýitirilýän hereketiň sanyny kesgitleýäris. Zynjyrdaky kinematik jübütleriň sanyny belleýäris:

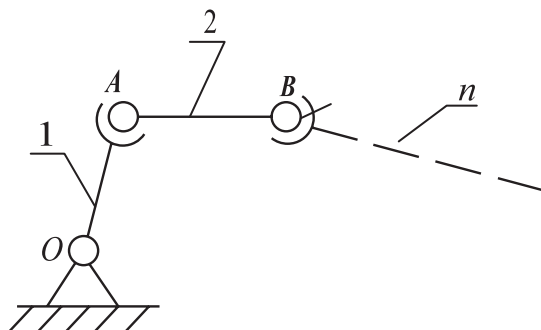
V klas jübütiň sanyny P_5 ;

IV klas jübütiň sanyny P_4 ;

III klas jübütiň sanyny P_3 ;

II klas jübütiň sanyny P_2 ;

I klas jübütiň sanyny P_1 diýip belleýäris.



1.14-nji surat

V klas kinematik jübütlerde bir hereket bolýar, baş hereket edilmeýär. Edilmedik hereketiniň sany $5P_5$ bolýar.

IV klas kinematik jübütlerde iki hereket bolýar, dört hereket edilmeýär. Edilmedik hereketiniň sany $4P_4$ bolýar.

Şoňa görä, III klas jübütlerde $3P_3$, II klas jübütlerde $2P_2$, I klas jübütlerde $1P_1$ sany hereket edilmeýär.

Kinematik zynjyryň zwenolarynyň edip biljek hereketiniň sanyn-dan hemme kinematik jübütleriň edip bilmejek hereketleriniň jemini aýyrsak, hakyky edilýän hereketiň sany gelip çykýar.

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1. \quad (1.2)$$

Bu deňlemä Somowyň – Malyşewiň deňlemesi diýilýär.

1.12-nji suratda kinematik 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 zwenolaryň sany $n = 4$.

V klas kinematik jübütleriň sany:

O nokatda – V klas aýlanma;

A nokatda – V klas süýşme;

B nokatda – V klas süýşme;

C nokatda – V klas aýlanma;

D nokadyň öz ýöredijisi bolmaly ýa-da ýelmeşýän enjam bolmaly. Şonuň üçin hasaba alynmaýar.

Görkezilen kinematik zynjyr dört hereketli:

O jübütde – z ok boýunça aýlanma;

A jübütde – z ok boýunça süýşme;

B jübütde – y ok boýunça süýşme;

C jübütde – x ok boýunça aýlanma.

1.4. Tekizlikde hereket edýän zynjyryň hereket sanyny kesgitlemek

Goý, tekizlikde hereket edýän n zwenoly kinematik zynjyr berlen bolsun.

Tekizlikde islendik erkin zwenó üç hereket edip bilýär, iki aýlanma we bir süýşme ýa-da bir aýlanma we iki süýşme. Kinematik

zynjyryň hemme zwenolarynyň edip biljek hereketiniň sany $3n$ deň. Tekizlikde hereket edýän kinematik zynjyrlara III, II, I klas kinematik jübütler girenok, sebäbi, eger olar girse, zynjyryň hereketi giňişlige geçýär.

V klas kinematik jübütlerde bir hereket bar, tekizlikde iki hereket edilmeyär. Edilmedik hereketiniň sany $2P_5$ -e deň.

IV klas kinematik jübütlerde iki hereket bar, bir hereket edilmeýär. Edilmedik hereketiň sany $1P_4$ -e deň.

Kinematik zynjyryň zwenolarynyň edip biljek hereketiniň sanyn-dan kinematik jübütleriň edip bilmedik hereketleriniň jemini aýyrsak, hakyky edilýän hereketiň sany gelip çykar:

$$W = 3n - 2p_5 - 1P_4. \quad (1.3)$$

Bu deňlemä Çebyşewiň deňlemesi diýilýär.

1.11-nji suratdaky kinematik zynjyryň hereket sanyny kesgitleýäris.

Hereketli zwenonyň sany $n = 3$;

V klas kinematik jübütleriň sany $P_5 = 4$.

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

1.5. Ýokary kinematik jübütleri pes kinematik jübütlere çalyşmak

Mehanizmleriň klaslary kesgitlenende, ýokary kinematik jübütler, şert boýunça, pes kinematik jübütlere çalyşylar.

Çalyşma geçirilende, kinematik zynjyryň hereket sany we zwenolaryň şol pursatda hereket kanunlary üýtgemeli däl (1.15-nji sur.).

1.15-nji *a* surat üçin:

$$\begin{aligned} W &= 3n - 2P_5 - 1P_4 \\ W &= 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 \cdot 1 = 1 \end{aligned}$$

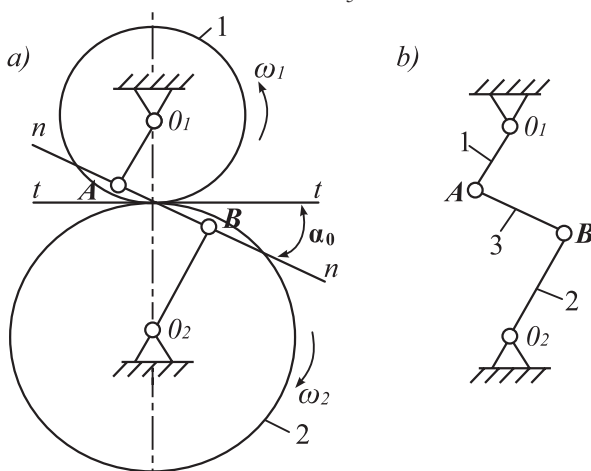
1.15-nji *b* surat üçin:

$$\begin{aligned} W &= 3n - 2P_5 \\ W &= 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1 \end{aligned}$$

Dişli tigrirleriň galtaşýan ýerinde P nokatda umumy galtaşma çyzygy $t-t$ -ni geçirýäris. Şol nokatda ilişme burçy $\alpha_0 = 20^\circ$ boýunça $n-n$ çyzygy geçireris, ol iki tigriň dişlerine umumy normal çyzyk bolýar.

O_1 we O_2 nokatlardan umumy normala perpendikulýar çyzyklar geçirip, kesişýän nokatlaryny A we B diýip belläp, şol nokatlarda V klas kinematik jübütleri ýerleşdirip, ýokary P kinematik jübüti, iki sany pes – A we B kinematik jübütlere çalşarys. Çalşylan kinematik zynjyryň hereket sany we 1, 2-nji zwenolaryň şol pursatdaky hereket kanunlary üýtgänok. Çalyşma geçirip, Çebyşewiň deňlemesini gysgaldarys:

$$W = 3n - 2P_5 \quad (1.4)$$



1.15-nji surat

1.6. Mehanizmler we olaryň klaslandyrylyşy

Ýörediji zwenonyň yzyna yzygiderli hereketi nola deň bolan toparlary goşulan kinematik zynjyra **mehanizm** diýilýär.

Hereket kanuny berlen zweniň ýörediji zweniň diýilýär.

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

$$W = 3n - 2P_5 = 0 \quad \text{ýa-da} \quad 3n = 2P_5, \quad (1.5)$$

bu ýerde n – hereketli zwenolaryň sany,

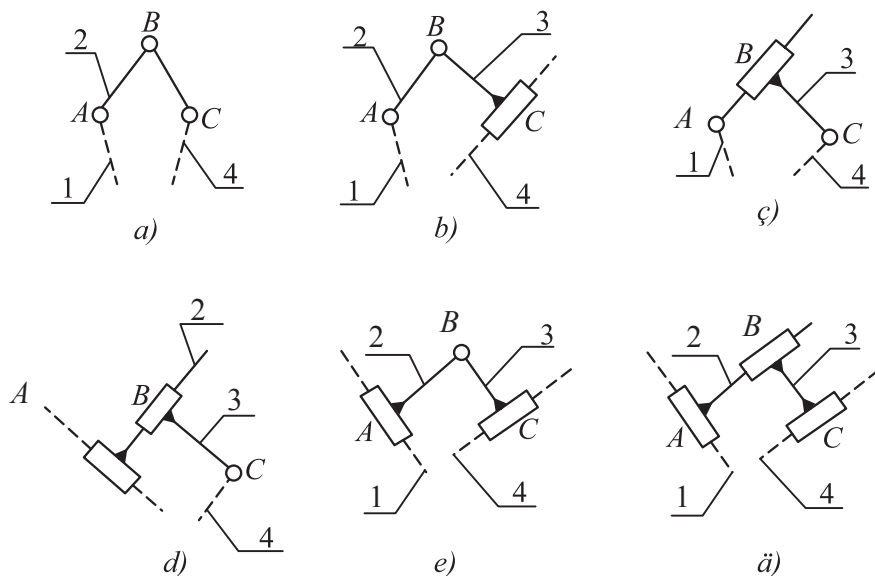
P_5 – V klas kinematik jübütleriň sany.

Zwenolaryň we kinematik jübütleriň sany bitin bolmaly, şol sebäpli (1.5) deňlemä aşakdaky hatar gabat gelýär:

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

Akademik I.I.Artobolewskiniň klaslandyryşy boýunça $n = 2$, $P_5 = 3$ bolanda, oňa II klas Assuryň topary diýilýär.

II klas Assuryň toparlarynyň görnüşleri:



1.16-njy surat

1-nji görnüşi. Kinematik jübütleriň üçüsi hem aýlanma hereket edýär (1.16-njy a surat);

2-nji görnüşi. Bir çetdäki kinematik jübüt süýşýär, ikisi aýlanýar (1.16-njy b surat);

3-nji görnüşi. Ortadaky kinematik jübüt süýşýär, iki çetdäkiler aýlanýar (1.16-njy ç surat);

4-nji görnüşi. Bir çetdäki kinematik jübüt aýlanýar, ikisi süýşýär (1.16-njy d surat);

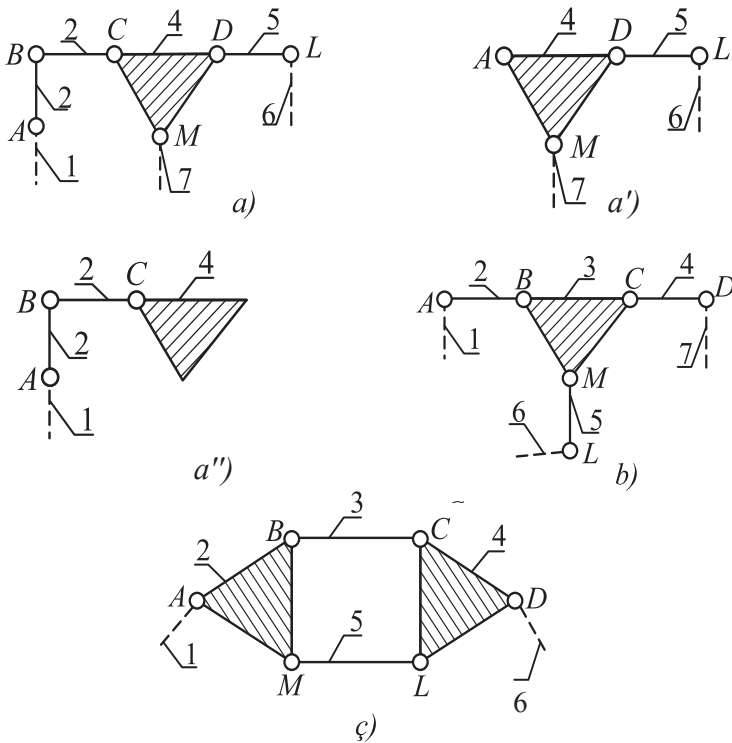
5-nji görnüşi. Ortadaky bir kinematik jübüt aýlanýar, iki çetdäkiler süýşýär (1.16-njy e surat).

Kinematik jübütleriň hemmesiniň süýşmesine ýörite pahnaly mehanizm diýilýär (1.16-njy ä surat).

$n = 4$, $P_5 = 6$ bolanda, ol II klas Assuryň toparlaryna bölünmedik ýagdaýynda oňa III klas Assuryň topary diýilýär.

1.17-nji *a* suratda II klas Assuryň toparlaryna bölünýär. Suratda II klas 1-nji görnüş iki sany Assuryň toparlary görkezilen.

1.17-nji *b* suratda II klas Assuryň toparlaryna bölüp bolanok.



1.17-nji surat

Meselem, düzgün boýunça soňky zwenodan başlap iki zwenó: 5 we 3, L , M , C kinematik jübütleri aýyrsak, 4-nji zwenó D kinematik jübüt bilen, ikinji zwenó A we B kinematik jübütler bilen aýry galýarlar, olar Assuryň topary bolanok. Başgaça ýagdaýda, L , M , B kinematik jübütleri aýrylanda, 2-nji zwenó A jübüt bilen, 4-nji zwenó C we D jübütler bilen aýry galýarlar. Diýmek, II klas Assuryň toparlaryna bölüp bolanok, şol sebäpli oňa III klas Assuryň topary diýilýär. Şu toparda 3-nji zwenó bazis zwenó, 2, 4 we 5-nji zwenolara ugruk-

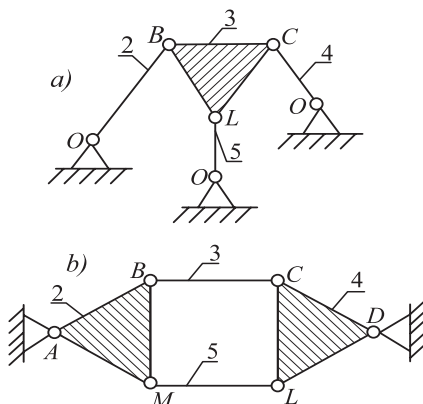
dyryjy zwenolar diýilýär. Bazis zwenoda üç sany kinematik jübütler B, C, M girýär, 2, 4, 5 zwenolar daşky kinematik jübütler bilen başga zwenolara goşulýar. Şu topara üçünji derejeli III klas Assuryň toparý diýilýär. Derejesi daşky kinematik jübütleriň sany bilen kesgitlenýär.

1.17-nji ζ suratda $n = 4$, $P_5 = 6$ dört sany içki kinematik jübütler B, C, M, L we iki daşky A, D kinematik jübütler bilen başga zwenolara goşulýar. Ugrukdyryjy zwenolar ýok, dört burçly kontury bar. Bu topara ikinji derejeli III klas Assuryň toparý diýilýär.

1.17-nji b we ζ suratlarda toparlarda aýlanma kinematik jübütlerini süýşmek kinematik jübütlerine çalşyp, III klas Assuryň toparynyň birnäçe görnüşlerini alyp bolýar, ýöne bu ýerde oňa seredilmeyär.

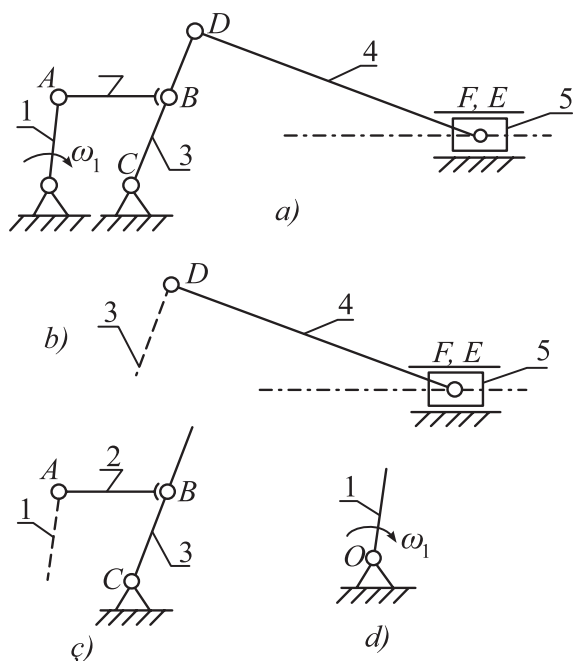
Islendik Assuryň toparý daşky kinematik jübütler bilen hereketsiz zwenogoşulanda (1.18-nji surat), hereketi nola deň toparlar döreýär, olara ferma diýilýär. Eger-de şol Assuryň toparlary ýörediji zwenogoşulanda oňki mehanizmiň islendik zwenosyna goşulanda täze mehanizm döreýär, ýöne hereket sany üýtgemeyär.

Mehanizmiň klasyny kesgitlemek üçin kinematik zynjyryň ahyrky zwenosyndan başlap II klas Assuryň toparlaryny aýyrmaly. Eger-de kinematik zynjyr II klas Assuryň toparlaryna bölünmese,



1.18-nji surat

yzygiderli III, IV we ş.m. klas Assuryň toparlaryna bölmeli. Mehanizmiň klasy Assuryň toparlarynyň iň ýokary klasy boýunça kesgitlenýär. Meselem, on sany II klas Assuryň toparyna bölünip, içinde biri III klas Assuryň toparý bolsa, oňa III klas mehanizm diýilýär.



1.19-njy surat

Meselem, 1.19-njy suratda görkezilen kinematik zynjyryň näçenji klas mehanizmligini kesgittläliň. Ahyrky – 5-nji zwenodan başlap iki zwenodan üç kinematik jübütleri aýyrýarys (1.19-njy b sur.). 4-nji we 5-nji zwenolar D, F, E kinematik jübütler bilen, D – aýlanma, F – aýlanma, E – süýşmek.

Çebyşewiň deňlemesi boýunça:

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

II klas 2-nji görnüş Assuryň topary bolar. 2-nji we 3-nji zwenolary we A, B, C – üç sany aýlanma kinematik jübütleri aýyrýarys.

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

II klas 1-nji görnüş Assuryň topary bolar.

Galan 1-nji zwenodan O kinematik jübüte aýratyn seredýäris, ol ýörediji zwenodan, sebäbi hereket kanuny ω_1 berlen:

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

Hereketi $W = 1$ -e deň, şonuň üçin oňa I klas mehanizm diýilýär. Tutuş kinematik zynjyr II klas mehanizm bolar, sebäbi iň ýokary Assuryň topary II klas.

Mesele. 1.20-nji a suratda görkezilen mehanizmiň klasyny kesgitlemeli.

1-nji zwenonyň hereket kanuny berlen, ol ýörediji zwenó. Soňky 5-nji zwenó–ahyrky zwenó.

Ahyrky zwenodan başlap II klas Assuryň toparlaryna bölmeli, emma II klas Assuryň toparlaryna bölüp bolanok. Onda dört zwenó, alty sany V klas kinematik jübütler (2, 3, 4, 5-nji zwenolar, A, B, C, D, M, N jübütleri) aýrylanda, Çebyşewiň deňlemesi boýunça aşakdaky görnüşde bolar:

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

Ol III klas Assuryň topary bolar.

1-nji zwenó bilen O kinematik jübüti aýyrsak:

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

I klas mehanizm bolar.

Tutuş kinematik zynjyr III klas mehanizm bolýar, sebäbi zynjyra Assuryň III klas topary girýär.

Şol seredilen kinematik zynjyrd a ýörediji zwenonyň ýerini üýtgedip, 5-nji zwenony ýörediji diýip alsak, zynjyr II klas Assuryň toparyna bölünýär:

Birinji, ikinji zwenolar we O, A, B kinematik jübütler aýrylanda:

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

II klas 1-nji görnüş Assuryň topary bolar.

3-nji, 4-nji zwenolar we M, C, D kinematik jübütler aýrylanda:

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

II klas 2-nji görnüş Assuryň topary bolar.

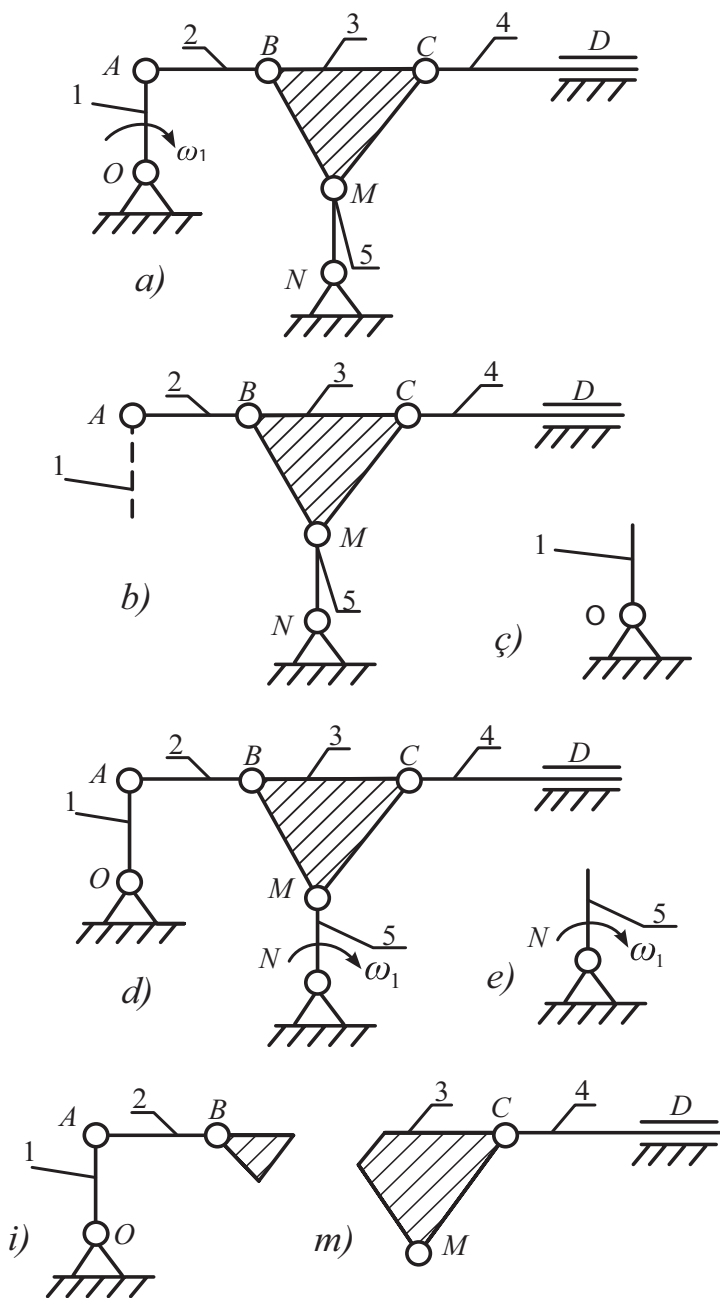
5-nji zwenony N kinematik jübüt bilen aýyrsak:

$$W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1 \quad \text{I klas mehanizm bolar.}$$

Tutuş kinematik zynjyr II klas mehanizm.

Diýmek, mehanizmleriň klaslandyrylyşy şert boýunça.

Assuryň toparlarynyň her görnüşiniň klasynyň kinematiki we kinetostatiki derňewiniň aýratynlygy bar. Derňew usullaryny klasyna görä ulanmaly.



1.20-nji surat

II BÖLÜM

MEHANİZMLERİN KINEMATIKI DERÑEWI

2.1. Kinematika. Umumy düşüñjeler

Mehanizm hereket edende, zwenolaryň ýagdaýlary bir-birine görä üýtgeýär. Ýörediji zwenobelli bir kanun bilen hereket edende, beýleki zwenolar belli bir hereket edýärler. Ýörediji zwenonyň her bir ýagdaýyna görä, beýleki zwenolaryň we nokatlaryň belli bir ýagdaýy, tizlikleri we tizlenmeleri bolýar. Şoňa görä-de, kinematiki derñewde seredilýän meseleler aşakdakylar bolup durýar:

Mehanizmiň zwenolarynyň ýagdaýlaryny we nokatlarynyň hereket ýollaryny kesgitlemek.

Zwenolaryň we nokatlaryň tizliklerini kesgitlemek.

Zwenolaryň we nokatlaryň tizlenmelerini kesgitlemek.

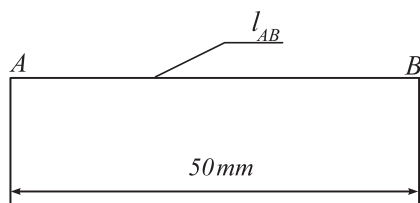
Mehanizmiň hereketi wagta görä gaýtalanýar, şol sebäpli onuň bir döwrüni derñemek ýeterlik bolup durýar. Şol döwür ýörediji zwenonyň bir doly aýlawyna deň bolýar. Ýokarda agzalan meseleleri birnäçe usul bilen çözüp bolýar. Şol usullar: grafiki usul, grafo-analitiki usul we analitiki usul. Talyplar üçin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

2.2. Masştablar

Çyzgylary çyzylanda zwenolaryň uzynlygyny, tizliklerini, tizlenmelerini we güýçlerini wektor boýunça görkezmeli. Olary masştabda çyzyp görkezmeli. Hakyky berlen ululygyň çyzgyda alynýan ululyga bölünmegine **masştab** diýilýär. Ol μ – *mýu* harpy bilen belgilenýär.

Meselem: Berlen AB zwenonyň uzynlygy $l_{AB}=0,1m$ zwenony çyzgyda alsak, $AB=50\text{ mm}$.

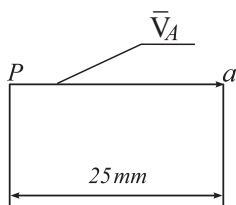
$$\text{Onda} \quad \mu_l = \frac{l_{AB}m}{AB\text{ mm}} = \frac{0,1m}{50mm} = 0,002 \frac{m}{mm}.$$



2.1-nji a surat

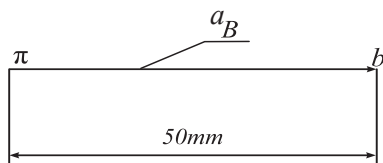
Ýa-da berlen A nokadyň tizligi $V_A = 10 \text{ m/s}$ bolsa, ony wektor boýunça $[Pa] = 25 \text{ mm}$ diýip alsak,

onda
$$\mu_v = \frac{V_A \text{ m/s}}{[Pa] \text{ mm}} = \frac{10 \text{ m/s}}{25 \text{ mm}} = 0,4 \frac{\text{m/s}}{\text{mm}}.$$



2.1-nji b surat

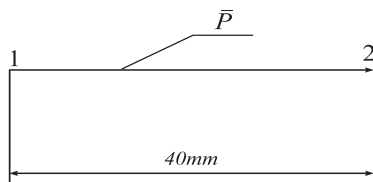
Ýa-da berlen B nokadyň tizlenmesi $a_B = 100 \text{ m/s}^2$ bolsa, ony wektor boýunça $[\pi b] = 50 \text{ mm}$ diýip alsak,



2.1-nji ç surat

onda
$$\mu_a = \frac{a_B \text{ m/s}^2}{[\pi b] \text{ mm}} = \frac{100 \text{ m/s}^2}{50 \text{ mm}} = 2 \frac{\text{m/s}^2}{\text{mm}}.$$

Ýa-da berlen güýç $P = 1000 \text{ N}$ bolsa, ony $[1-2] = 40 \text{ mm}$ wektor diýip alsak,



2.1-nji d surat

$$\text{onda} \quad \mu_p = \frac{P N}{[1 - 2]mm} = \frac{1000 N}{40mm} = 25 \frac{N}{mm}.$$

Hasaby aňsatlaşdyrmak üçin, masştablaryň bitin san almak ýagdaýyny görmeli ýa-da aňsat drob boýunça almalı.

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

2.3. Mehanizmiň 12 ýagdaýyny gurmak we nokatlaryň traýektoriyasyny kesgitlemek

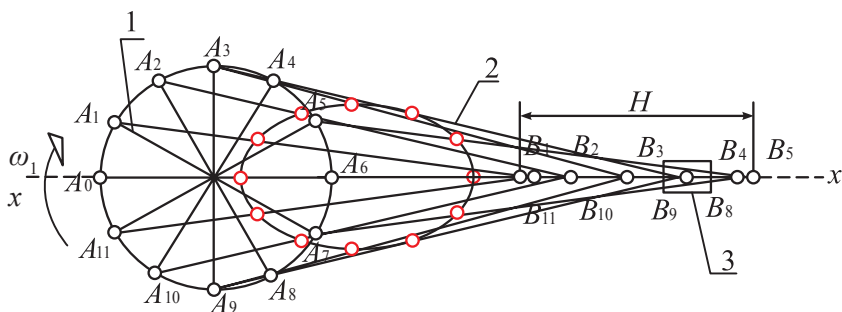
Goý, tirsekli-polzunly mehanizmiň ýörediji zwenosynyň burç tizligi $\omega_1 = \text{const}$ (rad/s) we zwenolarynyň uzynlyklary $l_{OA} = 0,1m$; $l_{AB} = 0,45m$; ikinji zwenonyň agyrylyk merkezi $l_{AS2} = l_{AB}/3 = 0,15m$ berlen bolsun. Mehanizmiň 12 ýagdaýyny gurmaly we zwenolaryň nokatlarynyň traýektoriyalaryny kesgitlemeli.

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 belläp, A_2 we A_{10} nokatlary taparys. Sirkulyň iňnesini A_3 nokatda goýup, töweregiň üstünde iki nokady belläp, A_1 we A_5 nokatlary taparys. Soňra A_6 -dan A_4 we A_8 belläris we soňra A_9 -dan A_7 we A_{11} nokatlary belläris. OA – radiusy $25mm$ -den töwerek geçirip, onda masştaby hasaplaýarys:

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

Indi AB zwenonyň uzynlygyny kesgitlemeli.

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



2.2-nji surat

Her A nokatdan şol uzynlyk boýunça $x-x$ okuň üstünde 12 nokat bellesek, olar B_0, B_1, \dots, B_{11} nokatlar bolýar. A_0 nokatdan B_0 nokada göni çyzyk geçirsek, A_1 nokady B_1 bilen, A_2 nokady B_2 bilen, ... A_{11} nokady B_{11} bilen birikdirip, ikinji zwenonyň 12 ýagdaýyny kesgitleäris.

Üçünji zwenon – polzun $x-x$ ok boýunça süýşme hereket edýär.

S_1, S_2, S_3 – zwenolaryň agyrlýk merkezleri. S_1 nokat O nokat bilen bir ýerde, olar hereketsiz. S_2 nokadyň traýektorýasyny kesgitlemeli. Onuň üçin:

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

Her ýagdaý üçin A nokatdan ikinji zwenonyň üstünde $AS_2=37,5\text{mm}$ boýunça S_2 nokady belläp, ol nokatlaryň üstünden endigan çyzyk geçirsek, S_2 nokadyň hereket ýoly tapylýar.

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

$$B_0-B_6=H; \quad H=OB_6-OB_0;$$

$$OB_6=AB+OA;$$

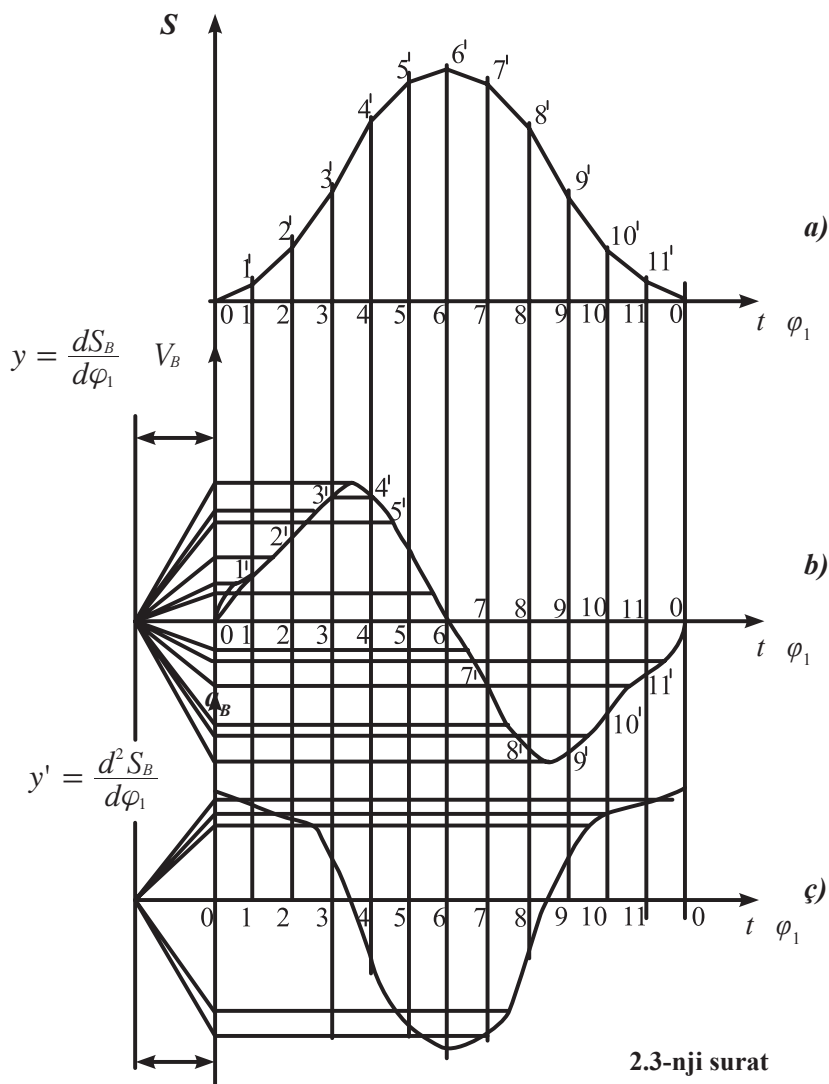
$$OB_0=AB-OA;$$

$$H=AB+OA-AB+OA=2OA.$$

Üçünji zwenonyň hereket ýolunyň uzynlygy töweregiň diametrine deň.

2.4. Kinematiki diagrammalar

B nokadyň geçýän ýoluny birinji zwenonyň aýlanma burçy φ_1 funksiýasynda gurmaly. Onuň üçin iki ok alyp, «ox» okda φ_1 burçy belläp, «oy» okda B nokadyň hereketini belleýäris. «ox» okda L uzynlykda aralyk alyp ($L=120, 180, 240 \text{ mm}$), deň 12 bölege bölýäris— 0, 1, 2, ..., 11, 0 nokatlar.



Biz A nokadyň traýektoriyasyny – töweregi A_0 nokatdan üzüp, göni çyzyga geçireris. $0-A_0, 1-A_1, \dots 11-A_{11}$ deň.

«oy» okda B nokadyň geçen ýoluny belläris.

1-nji nokatdan y oka parallel B_0B_1 aralygy belläp, $1'$ nokady taparys.

2-nji nokatdan B_0B_2 aralygy belläp, $2'$ nokady taparys.

11-nji nokatdan B_0B_{11} belläp, $11'$ nokady taparys. Soňra alnan ştrihli nokatlary birleşdirip, B nokadyň diagrammasyny $S_B=f(\varphi_1)$ gurarys.

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

Öňki diagrammadan diňe masşaby üýtgeşik bolar (2.3-nji sur.):

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

2.5. Grafiki differensirlemek

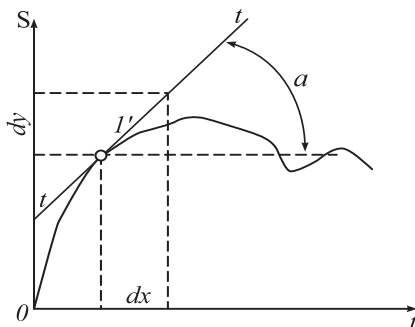
Tizligi tapmak üçin geçilen ýoly wagta bölmeli:

$$V = \frac{s}{t}.$$

Differensial görnüşde:

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

Geçilýän ýol wagta görä diagramma görnüşinde berlende, grafiki differensirlemek usuly boýunça islendik nokatda tizligini kesgitlep bolýar (2.4-nji sur.).



2.4-nji surat

2.4-nji suratda wagta görä süýşmek diagrammasy $S=f(t)$ berlen. Birinji nokadyň 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.

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

Birinji nokatdan diagramma galtaşýan çyzyk geçirilende:

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \alpha,$$

bu ýerde α – galtaşýan çyzyk bilen absissa okunyň aralygyndaky burç.

Onda:

$$V = \frac{\mu_s}{\mu_t} \operatorname{tg} \alpha.$$

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

Grafiki differensirlemegiň birnäçe usuly bar, olaryň ikisine seredýäris: galtaşýan çyzyk we horda usullary.

Galtaşýan çyzyk usuly

Süýşmek diagrammasynyň I' nokadyna galtaşýan çyzyk geçirip, α_1 burçuny belleýäris (2.5-nji surat).

Tizlik diagrammasynyň ordinata okunyň çep tarapynda absissa okunda H_1 aralykdan P_1 nokady belläp, galtaşýan çyzygy şol P_1 nokada öz-özüne parallel çyzyk geçirip, ordinata okunda I diýip belleýäris. Şol nokatdan absissa okuna parallel çyzygy $I-I'$ bilen kesişýän nokadyny I' diýip belleýäris. $I-I'$ aralygy mm -de ölçäp, tizlik masştabyna köpeltsek, birinji nokadyň tizliginiň bahasyny taparys.

Horda usuly

2.6-njy suratdan görnüşi ýaly, süýşmek diagrammasyny 12 aralyga bölüp (aralyklar deň bolmanam bilýär), şol aralyklary göni çyzyklar bilen birleşdirýäris. Deňölçeşsiz hereketiň her aralygyny deňölçeqli hemişelik tizlikli herekete öwürýäris.

Her aralykdaky hemişelik tizlik, şol aralykdaky hakyky ortaça tizlige deň. Tizlik diagrammasy guruljak koordinata oklaryň başlangyç O nokadyndan çepesindik H_1 aralygy wagtyň oky boýunça ölçäp, P_1 nokady belläp, süýşmek diagrammasyndaky $0 - I'$, $I' - 2'$, $2' - 3'$, ... $II' - 0$ hordalary, tizlik koordinatasyndaky P_1 nokatdan ordinata okuna öz-özüne parallel geçirip, $P_1 - I$, $P_1 - II$, $P_1 - III$, $P_1 - IV$, $P_1 - V$, ... $P_1 - XI$ çyzyklary alarys. $0 - I$, $0 - II$, $0 - III$, ... $0 - XI$ çyzyklar her aralygyň ortaça tizligine deň bolýar.

$$\begin{aligned} 0 - I &= z_1 \\ 0 - II &= z_2 \\ &\text{-----} \\ 0 - XI &= z_{11} \end{aligned}$$

Ortaça tizlik her aralygyň ortasynda bolmaly diýip I'' , $2''$, $3''$, ... II'' nokatlary belleýäris. Şol nokatlary lekal çyzyk bilen birleşdirip, tizlik diagrammasyny alarys.

Islendik nokatda tizligini kesgitlemek üçin ordinatasyny mm-de ölçäp, şol okuň masştabyna köpeltmeli.

Meselem, ikinji nokat üçin:

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

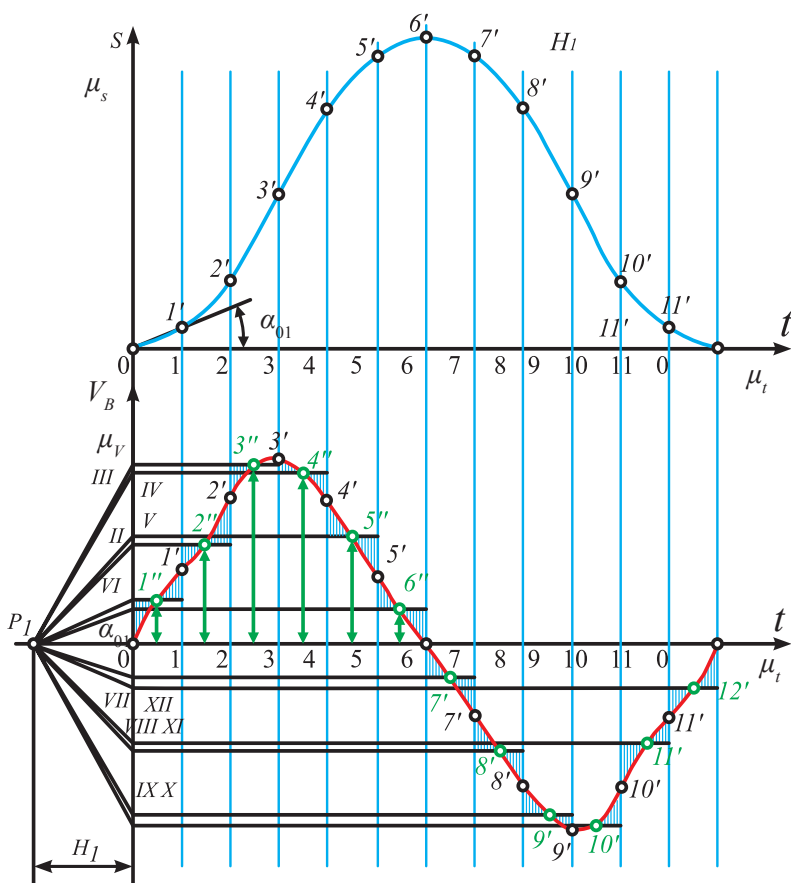
Tizlik masştaby:

$$V_{01\text{ort}} = \frac{\mu_s}{\mu_t} \operatorname{tg} \alpha_{01\text{ort}} = \frac{\mu_s(0 - I)}{\mu_t H_1}$$

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

$$\mu_v = \frac{\mu_s}{\mu_t H_1}; \quad \frac{m/s}{mm}.$$

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



2.6-njy surat

2.6. Grafiki integrirlemek

Tizlik diagrammasynda süýşmek diagrammasyny kesgitlemek üçin grafiki integrirlemek usulyny ulanýarys. Integrirleme differensirlemäniň ters hereketi. Kesgitli integralyň manysy meýdan. $0-1$ aralykda (2.6-njy surat) tizlik diagrammasyndan süýşmegi tapmak üçin $0-1-1'$ meýdany tapmaly. Meseläni aňsatlaşdyrmak üçin $0-1$ aralygyň ortasyndan ordinata geçirip, diagramma bilen kesişýän ýerini $1''$ diýip belläp, absissa okuna parallel çyzyk bilen ordinata oky

bilen kesişýän ýerini I diýip belläp, P_1 nokat bilen birleşdirýäris. Süşmek diagrammasy guruljak koordinat oklaryň baş O nokadyndan P_1-I çyzyga parallel çyzygyň $I-I'$ çyzyk bilen kesişýän nokadyny I' diýip belleýäris.

Şu usul boýunça hemme $1', 2', 3', \dots, 11'$ nokatlary kesgitläp lekal boýunça birleşdirsek, süşmek diagrammasy bolýar.

Integrirleme horda usuly boýunça differensirlemäge ters hereket bolýar.

Süşmek masştaby:

$$\mu_s = \mu_v \cdot \mu_l \cdot H_l.$$

2.7. Mehanizmiň tizlik we tizlenme planlaryny gurmak usuly. Grafo-analitiki usul

Tizlikleriň we tizlenmeleriň planlary wektor deňlemeler boýunça gurulýar. Wektor deňlemeler her Assuryň toparlarynyň aýratynlygy üçin, olaryň ýörediji we başga zwenolara goşulyşy boýunça düzülýär. Ýönekeý mehanizme seredýäris.

Berlen:

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

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

3. Agyrlyk merkezleri zwenolaryň aralarynda:

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

4. Ýörediji zwenonyň burç tizligi $\omega_1 = const$.

Mehanizmiň plany $\mu_l = \frac{m}{mm}$ masştabda gurlan. Planlaryň gurluşy mehanizmiň gurluşyna görä başlanýar. Ilki ýörediji zwenonyň plany, soňra birinji Assuryň toparynyň plany we ş.m.

Mehanizmiň tizliklerini kesgitlemek

A nokat O nokadyň daşyndan doly aýlanýar, tizligi:

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

Ugry boýunça radiusyna perpendikulýar, $\overline{V_A} \perp \overline{OA}$.

μ_v – hasaplaýjy masştabyny saýlap alýarys, $\mu_v \frac{m/s}{mm}$.

V_A – tizligiň wektoryny hasaplaýarys.

$$[Pa] = V_A.$$

Köplenç $[Pa]$ mm saýlap alyp, hasaplaýjy masştaby kesgitleýärler. Meselem, $[Pa] = 100 \text{ mm}$, onda

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

Islendik bir nokatdan P – planyň polýusyna \overline{OA} perpendikulyar çyzyk geçirip, ω_1 aýlanma ugruna tarap $[Pa]$ aralygy belleýäris.

Soňra 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 zwenno bilen süýşýär. Otnositel hereketde B nokat A nokadyň daşynda aýlanýar:

$$\begin{aligned} \overline{V_B}^{abs} &= \overline{V_B}^{goç} + \overline{V_B}^{otn}; \\ 1) \quad \overline{V_B}^{abs} &= \overline{V_{BC}} \perp \overline{BC}; \\ \overline{V_B}^{goç} &= \overline{V_A} \perp \overline{OA}; \\ \overline{V_B}^{otn} &= \overline{V_{BA}} \perp \overline{AB}. \end{aligned} \tag{1}$$

Şu wektorlary (1) deňlemede ornuna goýsak:

$$\begin{aligned} \overline{V_{BC}} &= \overline{V_A} + \overline{V_{BA}} \\ \perp BC &\perp OA \perp AB \end{aligned} \tag{1'}$$

Bu deňlemäniň aşagyndaky çyzyklar nämäniň belli bolanlygyny aňladýar. Mysal üçin, 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.

$\mu_V \frac{m/s}{mm}$ masştab boýunça $[Pa]$ aralygy bellänimizden soňra, a nokatdan $\vec{V}_{BA} \perp \overline{AB}$ wektory geçirip, P nokatdan $\vec{V}_{BC} \perp \overline{BC}$ geçirsek, iki wektoryň kesişýän nokadyny b diýip belleýäris. Tizlikleriň bahalaryny kesgitleýäris:

$$V_{BA} = M_V \cdot (ab) = m/s;$$

$$V_{BC} = M_V \cdot (bc) = m/s;$$

ab we bc aralyklary tizligiň planyndan millimetrde ölçäp, deňlemelere goýýarys.

Zwenolaryň burç tizliklerini kesgitleýäris:

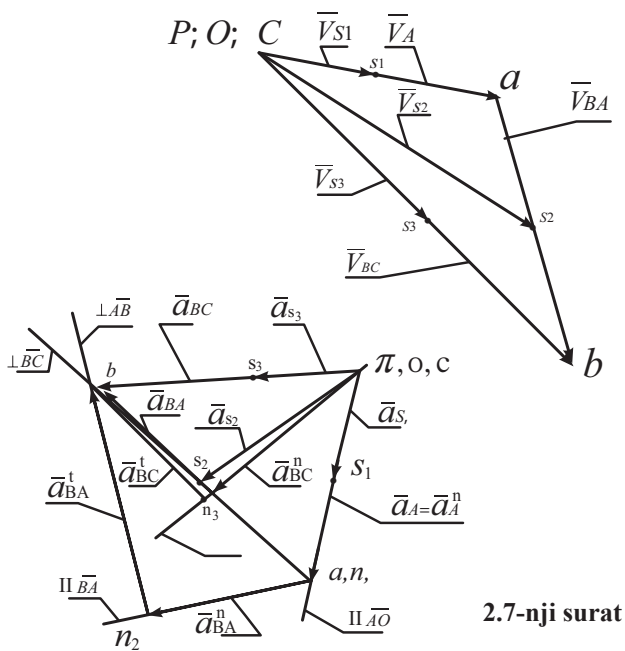
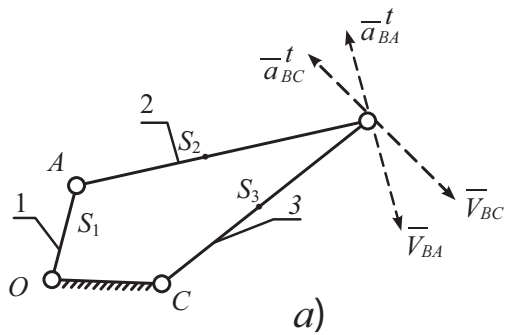
$$\omega_2 = \frac{V_{BA}}{l_{AB}} = rad/s;$$

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

Burç tizlikleriniň aýlanma ugruny tapmak üçin \vec{V}_{BA} wektory mehanizmiň planynyň B nokadyna geçirip, B nokadyň A nokada görä aýlanmasyna seretmeli, ω_2 aýlanma ugry sagat diliniň ugry boýunça.

\vec{V}_{BC} wektory mehanizmiň planynyň B nokadyna geçirip, B nokadyň C nokada görä aýlanmasyna seretsek, ω_3 aýlanma ugry sagat diliniň ugruna bolar.

S_1, S_2, S_3 – zwenolaryň agyrylyk merkezleri. Olaryň tizliklerini meňzeşlik teoremasyndan tapmaly. Teorema boýunça proporsiýalar düzýäris:



$$\begin{aligned} \frac{AS_2}{as_2} &= \frac{AB}{ab}; & as_2 &= \frac{AS_2 \cdot ab}{AB} = \frac{1}{2}ab, mm; \\ \frac{BS_3}{BC} &= \frac{bs_3}{bc}; & bs_3 &= \frac{BS_3 \cdot bc}{BC} = \frac{1}{2}bc, mm; \\ \frac{AS_1}{AO} &= \frac{as_1}{ao}; & as_1 &= \frac{AS_1 \cdot ao}{AO} = \frac{1}{2}ao, mm. \end{aligned}$$

s_1, s_2 we s_3 noktalary tizligiň planynda ýerleşdirip, P nokat bilen birleşdirip, agram merkezleriň tizliklerini hasaplaýarys:

$$V_{s1} = \mu_v (P_{s1}) \text{ m/s};$$

$$V_{s2} = \mu_v (P_{s2}) \text{ m/s};$$

$$V_{s3} = \mu_v (P_{s3}) \text{ m/s}.$$

O, C noktalaryň hereketsiz bolanlygy sebäpli, olar P nokat bilen bir ýerde bolýar.

Tizlenmeleri kesgitlemek

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

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

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

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

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

bu ýerde $\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt}$ – burç tizlenmesi. $\omega_1 = \text{const}$ bolanlygy 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:

$$\bar{a}_B^{abs} = \bar{a}_B^{\text{göç}} + \bar{a}_B^{otn} \quad (2.1)$$

bu ýerde \bar{a}_B^{abs} – B nokadyň absolýut tizlenmesi. Şol hereketde B nokat C nokadyň daşynda aýlanýar. Ony normal we galtaşma diýip bölýäris:

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

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

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

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

bu ýerde $\varepsilon_3 = \frac{d\omega_3}{dt}$ – üçünji zwenonyň burç tizlenmesi, ony indi tapmaly. Ugry boýunça $\overline{a}_{BC}^t \perp \overline{BC}$.

$a_B^{\text{göç}}$ – B nokadyň göçürme tizlenmesi. Şol hereketde ikinji zwenon süýşýär, şol sebäpli hemme nokatlaryň tizlikleri we tizlenmeleri deň:

$$\overline{a}_B^{\text{göç}} = \overline{a}_A = \overline{a}_A^n$$

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

$$\overline{a}_B^{\text{otn}} = \overline{a}_{BA} = \overline{a}_{BA}^n + \overline{a}_{BA}^t;$$

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

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

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

bu ýerde $\varepsilon_2 = \frac{d\omega_2}{dt}$ – ikinji zwenonyň burç tizlenmesi, ony indi tapmaly. Ugry boýunça $\overline{a}_{BA}^t \perp \overline{BA}$.

Hemme tapylanlar (2.1) deňlemede ýerinde goýup ýazylanda, (2.2) deňleme gelip çykar:

$$\underline{\overline{a}_{BC}^n} + \underline{\overline{a}_{BC}^t} = \underline{\overline{a}_A^n} + \underline{\overline{a}_{BA}^n} + \underline{\overline{a}_{BA}^t} \quad (2.2)$$

$$\parallel BC \perp B\mathcal{C} \parallel AO \parallel BA \perp AB.$$

Bu deňlemede normal tizlenmeler bahasy we ugry boýunça belli, şonuň üçin olaryň aşagynda iki çyzyk. Galtaşma tizlenmeleriniň diňe ugry belli, şonuň üçin aşagy bir çyzykly.

Deňdiriň sag tarapyndan başlaýarys, islendik bir nokatdan π (tizlenme planynyň polýusy) mehanizmiň planynyň AO zwenosyna parallel çyzyk geçirip (A -dan O tarap) (πa), mm aralygy belleýäris. Onda tizlenme planynyň masştaby bolar:

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

$a_A = a_A^n$ bolany sebäpli a we n_1 bir nokada düşýär.

n_1 nokatdan mehanizmiň planynyň AB çyzygyna parallel çyzyk geçirip (B -den A tarap), şol çyzykda ($n_1 n_2$) aralygy belleýäris.

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

n_2 nokatdan \overline{AB} wektora perpendikulýar çyzyk geçiriris.

Deňlemäniň çep tarapyna geçýäris. π nokatdan 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 $\perp \overline{BC}$ perpendikulýar çyzyk geçirýäris. Iki perpendikulýaryň ($\perp \overline{AB}$ we $\perp \overline{BC}$) kesişýän nokadyny b diýip belleýäris.

Tizlenmeleriniň 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. Ikinji zwenonyň burç tizlenmesi:

$$\epsilon_2 = \frac{a_{BA}^t}{l_{AB}} \frac{1}{s^2}.$$

Aýlanma ugruny kesgitlemek üçin \bar{a}_{BA}^t tizlenmäni mehanizmiň planynyň B nokadyna geçirip, A nokadyň daşynda aýlawyna seredeniňde, sagat diliniň ugruna garşy bolýar – ϵ_2 . Onda ikinji zweno sagat ugruna haýallap aýlanýar.

Üçünji zwenonyň burç tizlenmesi:

$$\epsilon_3 = \frac{a_{BC}^t}{l_{BC}} \frac{1}{s^2}.$$

Aýlanma ugruny kesgitlemek üçin \bar{a}_{BC}^t tizlenmäni mehanizmiň planynyň B nokadyna geçirip, C nokadyň daşynda aýlawyna seredeniňde, sagat diliniň ugruna garşy bolýar. Üçünji zweno hem sagat diliniň ugruna haýallap aýlanýar.

S_1, S_2, S_3 nokatlaryň tizlenmelerini tapmak üçin meňzeşlik teoremasyny ulanyp, proporsiyalar düzýäris:

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

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

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

s_1, s_2, s_3 – nokatlary 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 üçin, olaryň tizlikleri we tizlenmeleri nola deň, olar π – başlangyç nokat bilen gabat gelýär.

2.8. Meňzeşlik teoremasy

2.8-nji suratda görkezilen zwenonyň C nokadynyň tizligini kesgitlemeli, A we B nokatlaryň tizlikleri berlen. Wektor deňlemelerini ýazýarys:

$$\overline{V_C} = \overline{V_A} + \overline{V_{CA}};$$

$$\overline{V_C} = \overline{V_B} + \overline{V_{CB}}.$$

Wektor $\overline{V_{CA}} \perp \overline{AC}$, wektor $\overline{V_{CB}} \perp \overline{BC}$. Tizligiň planynda $pab, ab \perp \overline{AB}$. Deňlemeler boýunça $\overline{V_A}$ wektoryň ujundan $\overline{V_{CA}} \perp \overline{AC}$ geçirmeli, $\overline{V_B}$ wektoryň ujundan $\overline{V_{CB}} \perp \overline{BC}$ geçirmeli, şol çyzyklaryň kesişýän nokadyny c diýip belläp, P nokat bilen birleşdirmeli.

$$V_C = \mu_v(Pc) = m/s;$$

$$V_{CA} = \mu_v(ac) = m/s;$$

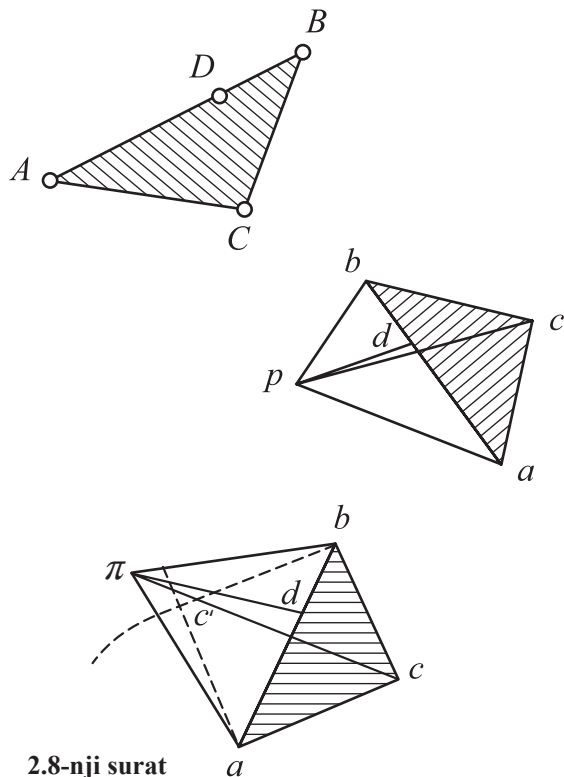
$$V_{CB} = \mu_v(bc) = m/s.$$

Üçburçluklar $\Delta abc \propto \Delta ABC$ meňzeş, sebäbi taraplar bir-birine perpendikulýar. Δabc üçburçluk ΔABC görä 90° öwrülen. Onda tizlikler üçin: zwenolaryň nokatlarynyň otnositel tizlikleriniň planda döreden üçburçlugy, mehanizmiň planyndaky üçburçluga meňzeş bolar. Meňzeşlikden proporsiýa ýazylýar:

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

ýa-da

$$\frac{ab}{l_{AB}} = \frac{ac}{l_{AC}} = \frac{bc}{l_{BC}}.$$



2.8-nji surat

Eger-de iki nokadyň tizligi belli bolsa, şu proporsiýalardan islendik nokadyň tizligini kesgitlep bolýar.

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, tizligini taparys:

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

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

Tizlenme planynyň meňzeşligi

Nokatlaryň otnositel tizlenmelerini aşakdaky formulalardan hasaplap bolýar:

$$\begin{aligned} a_{BA} &= l_{AB} \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}; \\ a_{CA} &= l_{AC} \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}; \\ a_{CB} &= l_{BC} \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \end{aligned}$$

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 Δabc üçburçluk, mehanizmiň planyndaky ΔABC üçburçluga meňzeş. Başgaça aýdylanda: nokatlaryň otnositel tizlenmeleri tizlenmäniň planynda emele getiren figurasy mehanizmiň planyndaky figura meňzeş.

Tizlenmäniň planyndaky meňzeş figurany gurmak tizligiň planyna görä çylşyrymly. Tizligiň planynda figura mehanizmiň planyna görä 90° -a öwürülen. Tizlenmäniň planynda gurmak üçin $[ac]$ we $[bc]$ aralyklary hasaplap, sirkul bilen belläp, kesişen nokatlaryny tapmaly. Gurlanda göz önüne tutmaly: mehanizmiň planynda sagat ugry boýunça geçirilende yzygiderligi A , B , C bolanda, tizlenmäniň planyny sagat ugry boýunça geçirip, a , b , c yzygiderligi bolmaly (2.8-nji surat).

Mesele. Urup oýýan stanogyň kinematiki derňewi (2.9-njy surat).

Berlen:

1. Stanogyň bir ýagdaýdaky çyzgysy $\mu_l \frac{m}{mm}$ masştabda gurlan.
2. Zwenolaryň uzynlyklary, $l_{OA}, l_{BC}, l_{OB}, l_{CD}, a, b, y, y_P, l_{CS_4} = l_{CD} / 2m$.
3. Ýörediji zwenonyň burç tizligi $\omega_1 = \text{const}$.

Ç ö z ü l i ş i :

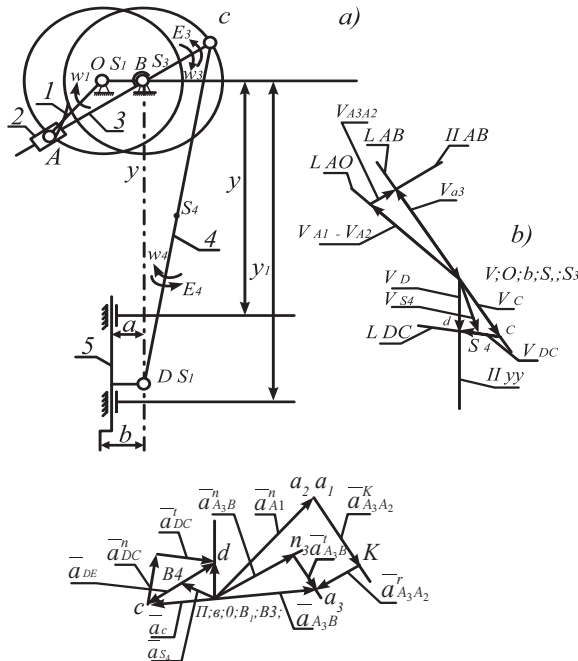
Birinji zwenon aýlanýar. A nokatda üç ugur gabat gelýär. A_1 – birinji zwenon degişli, O nokadyň daşynda doly aýlanýar. A_2 nokat ikinji zwenon degişli, üçünji zwenonyň üstünde süýşýär. A_3 nokat üçünji zwenon degişli, B nokadyň daşynda doly aýlanyp, çylşyrymly hereket edýär. A_1 nokadyň tizligi $V_A = \omega_1 \cdot l_{OA}$ 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.



2.9-njy surat

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

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

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

$\overline{V}_{A_3}^{otn}$ – otnositel hereketde A_3 nokat A_2 nokada görä süýşýär. Ugyr boýunça AB zweno parallel. $\overline{V}_{A_3A_2} \parallel \overline{AB}$.

$$\begin{aligned} \overline{V}_{A_3B} &= \overline{V}_{A_2} + \overline{V}_{A_3A_2} \\ \perp AB \quad \perp OA &\parallel AB \end{aligned}$$

Bu deňleme boýunça tizligiň planyny gurýarys. Islendik P nokatdan OA perpendikulýar çyzyk geçirip, $[Pa_1]$ aralygy belleýäris. Meselem: $[Pa_1] = 50 \text{ mm}$ diýip alýarys, onda tizlik planynyň masştaby:

$$\mu_v = \frac{V_{A_1}}{[Pa_1]} \frac{m/s}{mm}.$$

a_2 ýa-da a_1 nokatdan (2.9-njy b surat) AB parallel, P nokatdan AB perpendikulýar çyzyk geçirip, kesişýän nokadyny a_3 diýip belleýäris. Wektor üçburçlukdan 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 teoremasyny ulanyp, proporsiýa düzýäris:

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

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 zweno çylşyrymly hereket edýänligi sebäpli:

$$\begin{aligned} \overline{V}_D &= \overline{V}_C + \overline{V}_{CD} \\ \parallel yy \quad \perp BC \quad \perp DC, \end{aligned}$$

bu ýerde $\overline{V}_D^{abs} - D$ nokadyň absolýut tizligi. Şol hereketde D nokat $y-y$ ok boýunça süýşýär.

$\overline{V}_D^{goc} = \overline{V}_C - D$ nokadyň göçürme tizligi. Bu hereketde dördünji zweno süýşýär, şonuň üçin hemme nokatlaryň tizlikleri deň.

$\overline{V}_D^{otn} = \overline{V}_{DC} - D$ nokadyň otnositel tizligi. Otnositel hereketde D nokat C nokadyň daşynda aýlanýar, onuň ugry \overline{DC} perpendikulýar.

Tizlik planynyň gurluşyny dowam edýäris. c nokatdan \overline{DC} perpendikulýar we P nokatdan yy parallel çyzyk geçirip, kesişen nokadyny d diýip belleýäris.

Tizlikleriň bahalary:

$$V_D = \mu_v(Pd) \text{ m/s};$$

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

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

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

s_4 nokady tizlik planynda belläp, başlangyç nokat P bilen birleşdirip tizligini kesgitleýäris.

$$V_{s4} = \mu_v(P_{s4}) \frac{m}{s}.$$

Burç tizligi:

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

ω_3 burç tizliginiň aýlaw ugruny V_C wektory mehanizmiň C nokadyna geçirip, C nokadyň B nokada görä aýlawyna seredip taparys.

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

\overline{V}_{DC} wektory mehanizmiň D nokadyna geçirip, D -den C görä aýlawyna seredeniňde, ω_4 aýlaw ugry tapylýar.

Tizlenme planyny gurýarys

A_1 nokat O nokadyň daşynda aýlanýanlygy sebäpli, onuň tizlenmesini ikä bölýäris:

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

Normal tizlenme $a_{A_1}^n = \omega_1^2 \cdot l_{OA} \frac{m}{s^2}$, ugry boýunça OA parallel, A nokatdan O nokada tarap. Galtaşma tizlenme $a_{A_1}' = \varepsilon_1 l_{OA} m/s^2$, ugry boýunça OA perpendikulýar.

$\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt}$ – birinji zwenonyň burç tizlenmesi, $\omega_1 = \text{const}$, hemişelik bolany sebäpli $\varepsilon_1 = 0$ -a deň. Onda $a_{A_1}' = 0$.

A_2 nokat A_1 bilen bilelikde aýlanýar:

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

A_3 nokat çylşyrymly hereket edýär:

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

$\bar{a}_{A_3}^{abs}$ – absolýut hereketde A_3 nokat B nokadyň daşynda aýlanýar:

$$\bar{a}_{A_3}^{abs} = \bar{a}_{A_3B} = \bar{a}_{A_3B}^n + \bar{a}_{A_3B}^t.$$

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

$a_{A_3B}^n = \omega_3^2 \cdot l_{AB} m/s^2$, ugry boýunça AB perpendikulýar.

ε_3 – üçünji zwenonyň burç tizlenmesi, ony soňra tapmaly.

$a_{A_3}^{göç}$ – göçürme hereketde A_1, A_2, A_3 nokatlar bilelikde aýlanýar.

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

$\bar{a}_{A_3}^{otn}$ – otnositel hereketde A_3 nokadyň hereketi üçünji zwenonyň üstünde A_2 -ä görä süýşýär, oňa relýatiw tizlenme $a_{A_3A_2}^r$ diýilýär, ony tapmaly:

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

Göçürme hereket aýlanma we otnositel hereket süýşmek bolanda kariolis tizlenme emele gelýär:

$$a_{A_3A_2}^k = 2\omega_3 \cdot V_{A_3A_2} m/s^2$$

Ugruny kesgitlemek üçin $\bar{V}_{A_3A_2}$ – wektory ω burç tizligiň ugruna 90° -a öwürmeli.

Hemme tizlenmeleri ýerbe-ýer goýup, wektor deňlemäni ýazýarys:

$$\underline{\underline{a}}_{A_{3B}}^n + \underline{\underline{a}}_{A_{3B}}^t = \underline{\underline{a}}_{A_1}^n + \underline{\underline{a}}_{A_3A_2}^k + \underline{\underline{a}}_{A_3A_2}^r$$

$$\| AB \perp AB \text{ ı } \| OA \perp AB \| AB.$$

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

$$\mu_a = \frac{a_{A_1}^n}{[\pi a]} = \frac{m/s^2}{mm}.$$

π nokatdan OA parallel çyzyk geçirip, $[\pi a_1] = 50 \text{ mm}$ ölçäp alyp, a_1 nokatdan \overline{AB} perpendikulýar çyzyk geçirip, $a_1 k = \frac{a_{A_3A_2}^k}{\mu_a} mm$ aralygy belläp, k nokady tapýarys. k nokatdan \overline{AB} parallel çyzyk geçirýäris.

Deňlemäniň çep tarapyna geçýäris. π nokatdan \overline{AB} parallel çyzyk geçirip, üstünde

$$[\pi n_3] = \frac{a_{A_{3B}}^t}{\mu_a}; mm$$

aralykdan n_3 nokady belläp, n_3 nokatdan \overline{AB} perpendikulýar çyzygy geçirip, öňki k nokatdan geçirilen \overline{AB} perpendikulýar çyzyk bilen kesişen nokadyny a_3 diýip belleýäris. a_3 nokady π nokat bilen birleşdirýäris. Alnan wektorlardan tizlenmeleriň bahalaryny taparys:

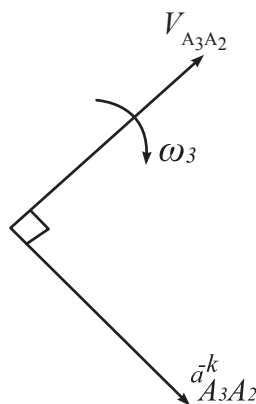
$$a_{A_{3B}}^t = \mu_a(n_3 a_3); \frac{m}{s^2};$$

$$a_{A_{3B}} = \mu_a(\pi a_3); \frac{m}{s^2};$$

$$a_{A_3A_2}^r = \mu_a(ka_3); \frac{m}{s^2}.$$

$[\pi a_3]$ 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 bolar:

$$V_c = \mu_a (\pi c); m/s^2.$$

D nokat çylşyrymly hereket edýär. Onuň deňlemesi:

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

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

$$\overline{a}_D^{abs} = \overline{a}_D.$$

$\overline{a}_D^{göç}$ – göçürme hereketde D nokat dördünji zwenno bilen süýşýär, dördünji zwenonyň hemme nokatlarynyň tizlikleri we tizlenmeleri deň.

$$\overline{a}_D^{göç} = \overline{a}_c.$$

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

$$\overline{a}_D^{otn} = \overline{a}_{DC} = \overline{a}_{DC}^n + \overline{a}_{DC}^t,$$

$a_{DC}^n = \omega_4^2 \cdot l_{DC}; \frac{m}{s^2}$, ugry boýunça $\parallel \overline{DC}$, D nokatdan C nokada tarap.

$a_{DC}^t = \varepsilon_4 \cdot l_{DC}; \frac{m}{s^2}$, ugry boýunça $\perp \overline{DC}$.

Wektor deňlemesi bolýar:

$$\overline{a}_D = \overline{a}_C + \overline{a}_{DC}^n + \overline{a}_{DC}^t$$

$$\parallel yy \uparrow \quad \parallel DC \perp DC.$$

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

$$[cn_4] = \frac{a_{DC}^n}{\mu_a}$$

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

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

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

Onda tizlenmeleriniň bahalary:

$$a_D = \mu_a(\pi d); \frac{m}{s^2};$$

$$a_{DC} = \mu_a(dc); \frac{m}{s^2};$$

$$a'_{DC} = \mu_a(n_4 d); \frac{m}{s^2};$$

$$a_{s4} = \mu_a(\pi s_4); \frac{m}{s^2};$$

Burç tizlenmeleri:

Üçünji zweno üçin: $\epsilon_3 = \frac{a'_{A_3B}}{l_{AB}}; \frac{1}{s^2}.$

Ugruny kesgitlemek üçin $\overline{a'}_{A_3B}$ wektory mehanizmiň A nokadyna geçirip, B nokada görä aýlawyna seredeniňde, $\epsilon_3 \curvearrowright$ sagat ugruna garşy bolýar, onda üçünji zweno sagat ugruna haýallap aýlanýar.

Dördünji zweno üçin $\epsilon_4 = \frac{a'_{DC}}{l_{DC}} \frac{1}{s^2}.$

Ugruny kesgitlemek üçin $\overline{a'}_{DC}$ wektory mehanizmiň D nokadyna geçirip, C nokada görä aýlawyna seredeniňde, $\epsilon_4 \curvearrowright$ sagat diline garşy bolýar, onda dördünji zweno sagadyň ugruna haýallap aýlanýar.

2.9. Analitiki usul boýunça mehanizmiň ýagdaýlaryny, tizliklerini we tizlenmelerini kesgitlemek

$S=f(t)$; $V=f(t)$ we $a=f(t)$ funksiýalary 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 bolsa-da, ony köplenç ulanýarlar.

Ýönekeý mehanizme seredeliň.

Analitiki derňewi geçirmek üçin hereket ýolunyň S , tizliginiň V we tizlenmesiniň a mehanizmiň ýagdaýyna we zwenolaryň uzynlygyna degişlilikini kesgitlemeli.

bolanda: $\frac{1}{2}\left(\frac{r}{l}\sin\varphi\right)^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{5}\right)^2\sin^2\varphi = 0,02\sin^2\varphi \sin\varphi < 1$

kiçi bolany üçin, ikinji birinjiden 2% kiçi bolup çykýar. Beýlekileri birinjiden has kiçi bolany sebäpli, olary ulanmaňda-da bolýar.

Gysgalan deňleme şeýle bolýar:

$$S = r(1 - \cos\varphi) + \frac{1}{2}\frac{r^2}{l^2}\sin^2\varphi.$$

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

$$S = r(1 - \cos\varphi) + \frac{1}{2}\lambda^2\sin^2\varphi \quad (2.6)$$

ýa-da
$$S = r(1 - \cos\varphi + \frac{1}{2}\lambda\sin^2\varphi). \quad (2.7)$$

Tizligi hemişelik bolanda $\varphi = \omega t$,

$$S = r\left(1 - \cos\omega t + \frac{1}{2}\lambda\sin^2\omega t\right) \quad (2.8)$$

Tizlik deňlemesi:

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

ýa-da

$$V = \omega r\left(\sin\omega t + \frac{1}{2}\lambda\sin^2\omega t\right). \quad (2.9)$$

Tizlenmäniň deňlemesi:

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

Kulisaly mehanizm

Goý, mehanizmiň φ – burçy, tirseginiň radiusynyň r mm, aýlanma oklarynyň aralygynyň a mm uzynlyklary berlen bolsun (2.11-nji surat). A nokatdan OC çyzyga perpendikulýar düşürip tapýarys:

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{r\sin\varphi}{a + r\cos\varphi}.$$

Şu deňlemäni differensirläp, üçünji zwenonyň burç tizligini kesgitleýäris:

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

ýa-da

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

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

Onda

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

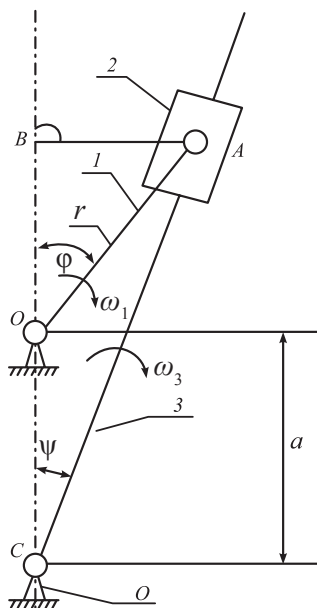
Haçanda kulisa iň çetki ýagdaýynda duran bolsa, burç tizligi ω_3 nola deň bolar:

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

bu ýerden

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

Bu $r < a$ ýagdaýda bolup bilýär. Şu ýagdaýda kulisa yrgyldaýar, şonuň üçin bu mehanizme yrgyldaýan kulisaly mehanizm diýilýär.



2.11-nji surat

Kulisa sagadyň ugry boýunça aýlanýar diýip alnanda, ortaça tizlik koeffisiýenti bolýar:

$$c = \frac{180^\circ - \varphi}{\varphi},$$

bu ýerden

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

c koeffisiýentiň bahasy berlip, 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 ýagdaýynda:

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

Kulisaly mehanizm iki esse tizligi peseldýän mehanizm bolýar. Başgaça aýdylanda, ýörediji zwenno 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.

$\omega_1 = \text{const}$ diýip alyp, burç tizlenmesini tapýarys:

$$\varepsilon_3 = \frac{dw_3}{dt} = \frac{r\omega_1 [-\{a^2 + r^2 + 2ar \cos \varphi\} a \omega_1 \sin \varphi + (a \cos \varphi + r) 2ar \omega_1 \sin \varphi]}{(a^2 + r^2 + 2ar \cos \varphi)^2}$$

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 $\varphi = 180^\circ$ -a 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 kulisaly mehanizm üçin:

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

Aýlanýan kulisaly mehanizm üçin:

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

Aýlanýan kulisaly mehanizmiň hereket häsiýetini deňölçeşsiz hereketiň koeffisiýenti δ boýunça anyklap bolýar:

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

$\omega_{3art} = \omega_1$ diýip alarys. Deňölçeşsiz hereketiň koeffisiýenti $\frac{r}{a}$ gatnaşyga bagly bolýar.

III BÖLÜM

TEKIZLIKDE HEREKET EDÝÄN PES JÜBÜTLI MEHANIZMLERINŇ TASLAMASY

3.1. Umumy düşünjeler

Bu gaty çylşyrymly mesele, mehanizmleriň taslamasy birnäçe şertler boýunça geçirilýär. IV klas ýokary kinematik jübütler ulanylanda taslama geçirmek aňsat, sebäbi ol jübütleriň görnüşleri köp. V klas pes kinematik jübütler iki sany: birinjisi süýşme hereket, ikinjisi aýlanma hereket edýär. Bu bölümde birnäçe ýönekeý meseleleriň çözülişine serederis:

1. Zwenolaryň berlen ýagdaýlaryna görä taslamasyny geçirmek.
2. Ahyrky zwenonyň ortaça tizliginiň üýtgeýän koeffisiýentine görä taslamasyny geçirmek.

Ryçagly mehanizmleriň taslamasy çylşyrymly şertler boýunça çözülýär, meselem, ahyrky zwenonyň hereket kanuny boýunça, gaty çylşyrymly mesele, umumy görnüşde çözülmelik mesele. Taslamany kinematik zynjyry saýlap almakdan başlap, meseläniň talabyna laýyklykda zwenolaryň uzynlyklaryny almaly.

3.2. Dört zwenoly şarnirli mehanizmiň häsiýetleri

3.1-nji a suratda şarnirli dört zwenoly mehanizm görkezilen. Zwenolaryň uzynlyklaryny a , b , c we d diýip belleýäris. Doly aýlanýan zwenolar tirsek (kriwoşip) diýilýär. Doly aýlanmaýan zwenolar koromyslo diýilýär. Hereketsiz zwenolar goşulmaýan zwenolar şatun diýilýär. a zwenonyň tirsek bolup bilýän ýagdaýyny anyklamaly. Bir ýagdaýda a zwenolar b zwenolar bilen goşulyp bir çyzyga öwürülmeli, ikinji ýagdaýda eplenip bir çyzyga öwürülmeli. Şol ýagdaýlar 3.1-nji b we 3.1-nji c suratlarda görkezilen. Başgaça aýdanyňda, üçburçluklar emele gelmeli (çyzgyda görkezilen). Üçburçluklaryň häsiýetinden:

$$a + b \leq c + d, \quad (3.1)$$

$$b - a > d - c, \quad (3.2)$$

(3.2) deňsizlik başgaça ýazylanda:

$$a + d \leq b + c. \quad (3.2a)$$

(3.1) we (3.2a) deňsizlikler ýerine ýetirilende, a zwenolar doly aýlanyp bilýär, ýagny tirsek bolup bilýär.

Ýokary kesgitlenişe eýe boljak bolsa, onda zwenolaryň ölçegleri aşakdaky deňsizligi kanagatlandyrmaly:

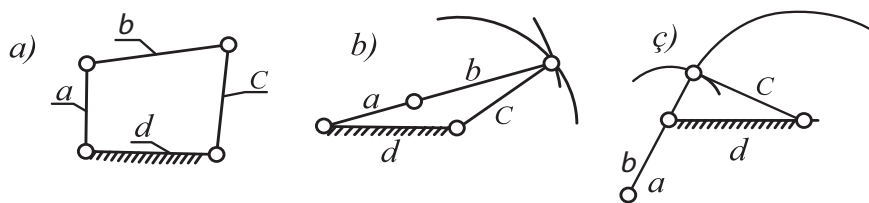
$$a < b < c < d, \quad (3.3)$$

ýagny a zwenolar has gysga, d zwenolar has uzyn we ş.m. bolmaly. Onda has aýdyň görünýär, (3.2a) deňsizlik (3.1) deňsizligiň üstüni ýapýar, ýagny (3.2a) deňsizligi kanagatlandyrsa, onda (3.3) şertde (3.1) deňsizlik kanagatlanmaly bolýar.

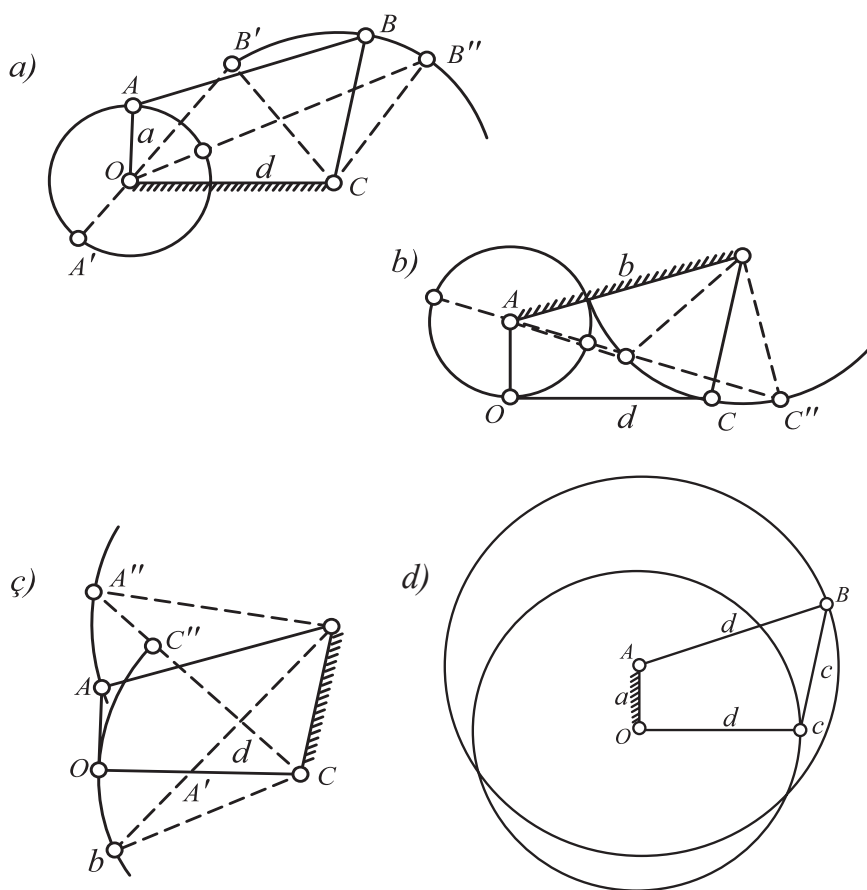
Eger-de iň uzyn we iň gysga zwenolaryň jemi beýleki iki zwenolaryň jeminden kiçi (ýa-da deň) bolsa, (3.2a) deňsizlik (3.3) şertde, tirsek şerti bolýar ýa-da iň kiçi zwenolar tirsek bolup bilýär.

Has uzyn zwenonyň ýerleşdirilen ýerinde – ol daýanç bolup biler (d zwenolar), a zwenonyň (c zwenonyň) garşysynda ýerleşdirip bolar we ol şatun (b zwenolar) bolup biler.

3.1-nji suratda görkezilen mehanizmde a zwenolar – tirsek, c zwenolar bolsa – koromyslo bolýar, oňa tirsek-koromysloly mehanizm diýilýär.



3.1-nji surat



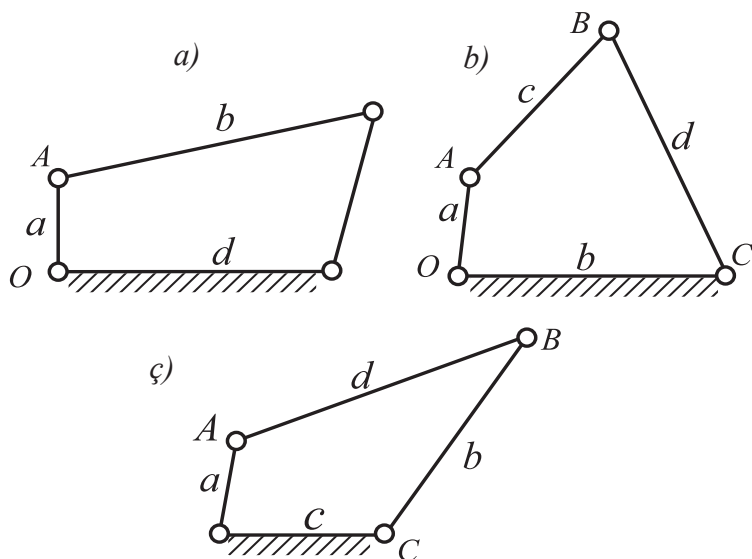
3.2-nji surat

Eger tirsek-koromysloly mehanizmiň zwenolaryny gezekli-gezegine hereketsiz (daýanç) etsek (3.2-nji *a surat*), haýsy mehanizmleri alyp boljagyna seredeliň. 3.2-nji *b suratda* *b* zweno hereketsiz bolanda:

- a* zweno – tirsek;
- c* zweno – koromyslo;
- d* zweno – şatun.

c zweno hereketsiz bolanda (3.2-nji *ç surat*) *b* we *d* zwenolar tirsek bolup bilenok, sebäbi olar (şert boýunça) has kiçi bolup bilenok. *a* zweno tirsek bolup bilenok, sebäbi hereketsiz zwenoguşulanok. Netijede, biz goşa koromysloly mehanizmi alarys, sebäbi *b* we *d* zwenolar koromyslo, *a* zwenobolsa – şatun bolýar. *a* zwenohereketsiz bolanda (3.2-nji *d surat*) *b* we *d* zwenolaryň ikisi hem tirsek bolýar. Oňa iki tirsekli mehanizm diýilýär.

Diýmek, kinematik zynjyryň zwenolarynyň haýsydyr biriniň daýanç bolşuna görä, dört dürli mehanizm alyp bolýar: iki sany tirsek – koromysloly (3.2-nji *a, b surat*); bir mehanizm goşa koromysloly (3.2-nji *ç surat*) we bir sany iki tirsekli mehanizm (3.2-nji *d surat*).



3.3-nji surat

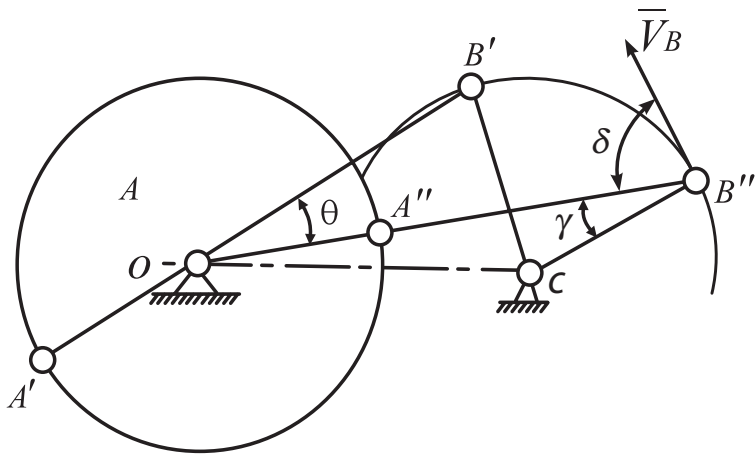
Bu mehanizmleriň hersinden zwenolarynyň ýerlerini üýtgetmek arkaly üç sany täze mehanizmi döredip bolýar (3.3-nji surat). Çyzgyda a zwenonyň garşysynda yzygiderli b , c , d – zwenolar ýerleşdirilip, üç sany täze mehanizmler görkezilen. Şeýlelikde, dört zwenodan hereketsiz zweno we zwenolaryň özara ýerleşişlerine görä 12 dürli mehanizmi döredip bolýar.

3.3. Ahyrky zwenonyň berlen hereketi boýunça mehanizmleriň taslamasy

Ahyrky zwenonyň berlen iki çetki ýagdaýlarynyň aralygynda hereket etmeli mehanizmleriň taslamasy talap edilýär. Bu meseleleri tirsek-koromysloly, tirsek-polzunly we kulisli mehanizmler üçin işläris.

Goý, tirsek-koromysloly mehanizmi, koromyslosynyň berlen iki çetki CB' we CB'' ýagdaýlarynyň arasynda hereket edende taslamasyny geçirmeklik talap edilsin (3.4-nji surat). Islendik bir O nokady tirsegiň aýlanma oky diýip alyp, B' we B'' nokatlary O nokat bilen birleşdirýäris. Alnan OB'' kesim a tirsek bilen b şatunyň uzynlyklarynyň jemine deň (3.1-nji b sur.ser.).

$$a + b = \text{OB}''$$



3.4-nji surat

O bilen B' nokatlary birikdirip, OB' kesimi alarys we ol şatun bilen tirsegiň uzynlyklarynyň tapawudyna deň bolar:

$$b - a = OB'.$$

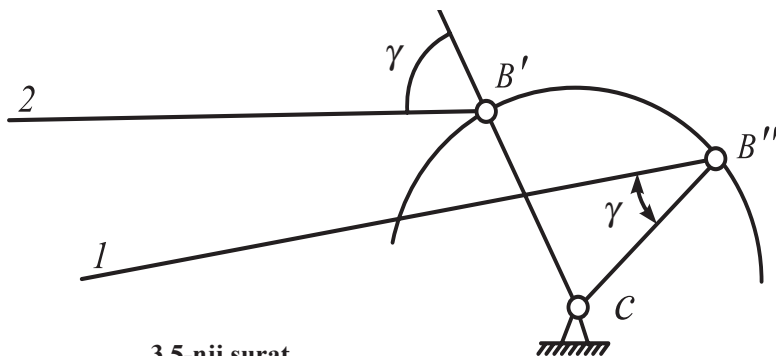
Şu iki deňlemeden tirsegiň we şatunyň uzynlyklaryny tapmak aňsat.

Tirsegiň aýlanma nokady bolan O nokady erkin saýlanyp alnypdy, diýmek, meseläniň köp çözgüdi bar.

Ýöne dinamikasy göz önüne tutulanda şatun bilen B nokadyň tizliginiň wektorynyň arasyndaky δ burçy käbir 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 burçlarynda mehanizm işläp bilenok, doňýar. Şatun bilen koromyslonyň arasyndaky burça γ hereket geçiriji burç diýilýär. Bu burç käbir γ_{\min} -dan kiçi bolmaly (3.4-nji surat). Basyş we hereket geçiriji burçlaryň baglanyşygy:

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

Koromyslosynyň iki çetki ýagdaýy we hereket geçiriji burçy γ_{\min} berlen tirsek-koromysloly mehanizmiň taslamasyny geçireliň (3.5-nji surat). Hereket geçiriji burç mehanizmiň ýagdaýyna görä üýtgeýär. Mehanizmiň bir çetki ýagdaýynda hereket geçiriji burçuň iň kiçi sany γ_{\min} bolýar.



3.5-nji surat

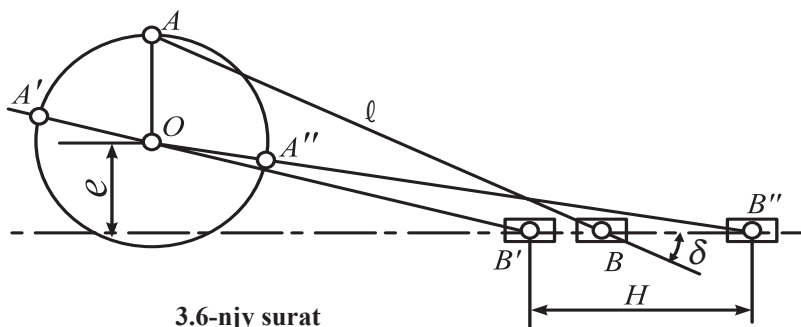
Goý, iň kiçi hereket geçiriji burç γ_{\min} mehanizmiň sag çetki ýagdaýynda bolsun. Onda O nokady birinji çyzygyň islendik ýerinde (ýa-da ondan ýokarda) almak bolýar. Eger-de hereket geçiriji burç çep çetki ýagdaýynda berilse, onda O nokady ikinji çyzygyň islendik

ýerinde (ýa-da ondan aşakda) almak bolýar. Tirsegiň aýlanma okuny (O nokady) iki çyzyklaryň arasynda islendik nokady alanyňda, hereket geçiriji burç γ_{\min} -den uly bolýar. O nokat saýlanyp alnandan soňra, tirsek bilen şatunyň ululyklary öňki meseledäki ýaly tapylýar.

Tirsek-polzunly mehanizmiň taslamasy. 3.6-njy suratda polzunyň iki çetki ýagdaýy we hereket aralygy H berlen. Islendik bir O nokady tirsegiň aýlanma 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.



Bu meseläniň hem çözgüdi köp, sebäbi O nokady erkin saýlap aldyk.

Tirsek-polzunly mehanizmde basyş burçy şatun bilen polzunyň tizliginiň ugrunyň arasynda. Şol burç mehanizmiň ýagdaýyna görä üýtgeýär. Tirsek wertikal ýagdaýynda bolanda, basyş burçy iň uly ýagdaýda bolýar. Şonuň üçin taslama edilýän tirsek-polzunly mehanizmiň ölçegleri aşakdaky deňsizligi kanagatlandyrmaly:

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

Önümçilikde köplenç polzunyň (B nokadyň) hereket ýolunyň çyzygy tirsegiň aýlanma okundan geçýän ($e=0$) mehanizmleri ulanýarlar. Şol mehanizmlerde polzunyň hereket ýoly tirsegiň ikeldilen radiusyna deň:

$$H = 2r.$$

Mehanizmiň ululyklaryny kiçeltmek üçin şatunyň uzynlygyny

kiçeltmeli bolýar, ýöne basyş burçy ulalýar.

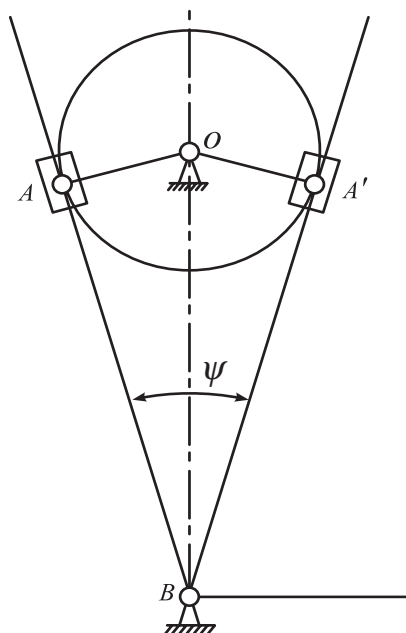
$$\frac{r}{l} \leq \sin \delta_{\max}.$$

Önümçilikde ulanylýan mehanizmlerde tirsegiň radiusynyň şatunyň uzynlygyna gatnaşygyny aşakdaky ýaly alýarlar:

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

3.4. Kulisaly mehanizmiň taslamasy

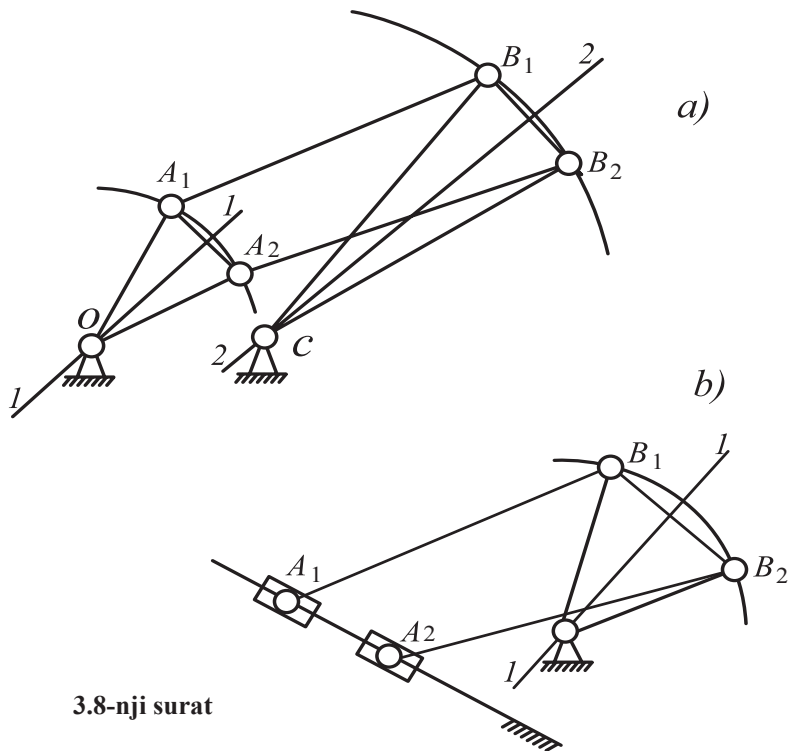
Kulisanyň iki çetki ýagdaýy we olaryň arasyndaky burç ψ berlen. Kulisaly mehanizmlerde tirsegiň A nokadynyň hereket ýoly töwerek (3.7-nji surat), çetki ýagdaýda kulisalar şol töwerege galtaşýar. Suratdan görnüşi ýaly, ψ burç berlende, tirsegiň radiusyny we kulisanyň uzynlygyny tapmak aňsat. Ululyklary kesgitlenilende, konstruktiw häsiýetleri göz önünde tutulmaly: $\frac{r}{l_{OB}} = \sin \frac{\psi}{2}$.



3.7-nji surat

3.5. Şatunyň berlen ýagdaýlaryna görä taslama geçirmek

Dört zwenoly şarnirli mehanizmiň şatunynyň iki ýagdaýy A_1B_1 we A_2B_2 berlen (3.8-nji surat). Şol mehanizmiň taslamasyny geçirmek üçin iki töwerek geçirmeli,

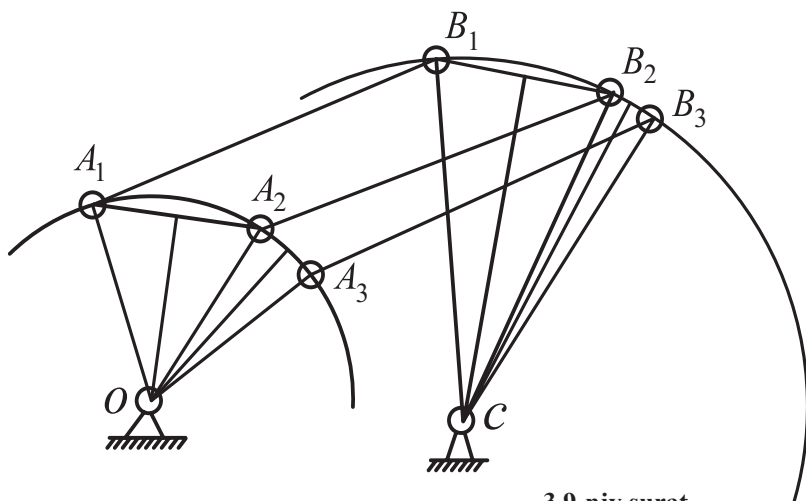


3.8-nji surat

sebäbi A we B nokatlaryň hereket ýollary töweregiň dugasy boýunça. Şol nokatlardan töwerekleri geçirip, dört zwenoly şarnirli mehanizmiň taslamasyny geçirmek gaty aňsat. Şol töwerekleriň radiuslary, gözlenýän zwenolaryň uzynlyklary bolýar. Iki nokatdan birtopar töwerekler geçirip bolýar. Şol töwerekleriň merkezleri $l - l$ we $2 - 2$ çyzyklaryň üstünde bolýar. Agzalan çyzyklar A_1A_2 we B_1B_2 çyzyklaryň ortasyndan geçirilen. Bu meseläniň hem köp çözgüdi bolýar. Şarnirleriň merkezlerini O we C nokatlary $l - l$ we $2 - 2$ çyzyklaryň islendik nokadyny alyp bolýar (3.8-nji a surat).

Eger A nokadyň hereket ýoly töwerek däl-de, göni çyzyk bolmaly bolsa, onda ol tirsek-polzunly mehanizm bolýar (3.8-nji b surat).

Eger-de şatunyň üç ýagdaýy $A_1 B_1$; $A_2 B_2$; $A_3 B_3$ (3.9-njy surat) berlende, üç nokatlardan A_1 ; A_2 ; A_3 we B_1 ; B_2 ; B_3 töwerekler geçirmeli. Şol töwerekleriň merkezlerini tapmak üçin $A_1 A_2$ we $A_2 A_3$ aralyklaryň ortasyndan hem-de $B_1 B_2$ we $B_2 B_3$ aralyklaryň ortasyndan şol çyzyklara perpendikulýar çyzyklar geçirip, kesişen nokatlary O we C töwerekleriň merkezleri bolýar. Töwerekleriň radiuslary gözlenýän zwenolaryň uzynlyklary bolýar. Bu meseläniň bir çözüdi bar.



3.9-njy surat

3.6. Ortaça tizligiň üýtgeýiş koeffisiýenti. Berlen ortaça tizligiň üýtgeýiş koeffisiýenti boýunça taslama

3.4-nji suratda egri tirsek deňölçegli tizlik bilen aýlananda koromyslonyň çepden saga (öňe hereket) aýlanýanlygy aýdyň görünýär, soňra sagdan çep (yzyna hereket) aýlanýar. Şol iki hereket deň däl. Hakykatda çepden saga geçen wagty yzyna gaýdan wagtyna deň däl. Öňe hereket edende, tirsek OA' ýagdaýdan OA'' ýagdaýa geçýär, $180^\circ - \theta$ burça aýlanýar. Yzyna hereket edende, tirsek OA'' ýagdaýdan OA' ýagdaýa geçende, onuň burçy $180 + \theta$ bolar.

Tirsek deňölçeqli aýlananda, koromyslonyň öňe we yza hereketi şol burçlaryň gatnaşygyna ters proporsiyada bolýar.

Ahyrky zwenonyň öňe we yza hereket edendäki ortaça tizlikleriniň gatnaşygyna ahyrky zwenonyň ortaça tizliginiň üýtgeýiş koeffisiýenti diýilýär. Ol aşakdaky ýaly:

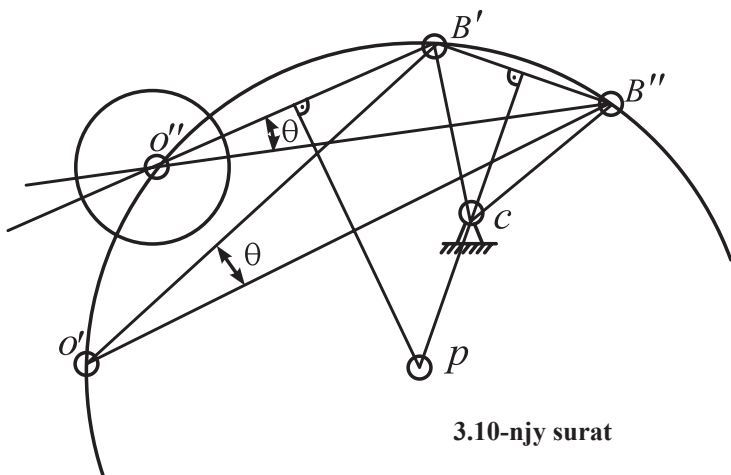
$$K = \frac{180 + \theta}{180 - \theta}, \quad (3.4)$$

bu ýerde θ – iki çetki ýagdaýda şatunlaryň arasyndaky burç.

Önümçilikde ortaça tizligiň üýtgeýiş koeffisiýenti boýunça taslama geçirmeli bolýar. Meselem: metal ýonuýy (stogalnyý) stanokda metal ýonulanda, kesiji (rezes) guralyň tizligi deňölçeglä golaý ýa-da kiçi bolmaly, kesiji (rezes) gural yza gaýdanda çalt hereket etmeli. Şonuň ýaly mehanizmleriň taslamasy geçirilende, ortaça tizligiň üýtgeýiş koeffisiýentini hökman hasaba almaly.

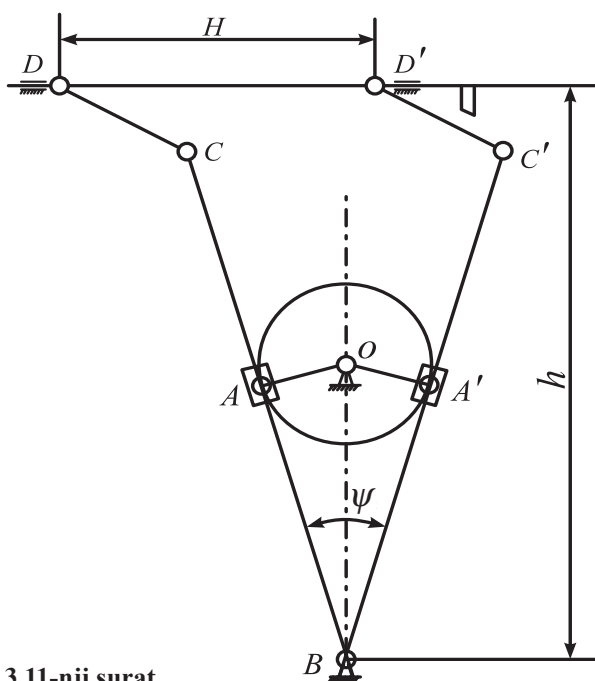
Tirsek-koromysloly mehanizmiň ahyrky zwenosynyň ortaça tizliginiň üýtgeýiş koeffisiýenti boýunça taslamasyny geçirýäris. Koromyslonyň iki iň çetki CB' we CB'' ýagdaýlary berlen. Şol iki çetki ýagdaýlaryň aralygynda koromyslo berlen, ortaça tizligiň üýtgeýiş koeffisiýenti K boýunça hereket etmeli. (3.4) deňlemäni başgaça ýazýarys:

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



3.10-njy surat

Koromyslalaryň B' we B'' nokatlaryndan $B'1$ we $B''2$ çyzyklary geçirýäris (3.10-njy surat). Şol iki çyzyklaryň arasyndaky burç θ deň bolmaly. $B'1$ we $B''2$ çyzyklaryň kesişen nokady O tirsegiň aýlanma merkezi bolýar. Bu meseläniň çözüdü köp. Beýleki çözügütlerini kesgitlemek üçin B' we B'' nokatlardan töwerek geçirmeli. Şol töweregiň merkezi P nokat. Töweregiň üstünde islendik nokady alsak, şol nokat tirsegiň aýlanma merkezi bolýar, sebäbi B' we B'' nokatlardan şol saýlanan nokada geçirilen çyzyklaryň arasyndaky burç θ deň bolýar (3.10-njy surat). O nokady saýlap alanynda, basyş burçuny we başga konstruktiv aýratynlyklary göz önüne tutmaly. Zwenolaryň ululyklary ön seredilen meseleleriňki ýaly kesgitlenýär.



3.11-nji surat

Mesele. Kese ýonujy stanogyň taslamasy (3.11-nji sur.).

Berlen: ýonujy guralyň hereket ýoly $H = 500 \text{ mm}$, ortaça tizliginiň üýtgeýiş koeffisiýenti $K = 1,8$. Tirsegiň we kulisanyň aýlanma oklarynyň aralygy $l_{OB} = 250 \text{ mm}$.

Ç ö z ü l i ş i :

Koromyslonyň çetki ýagdaýynyň aralyk burçy bolar:

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

Zwenolaryň ululyklaryny kesgitleýäris:

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

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

3.11-nji suratdan:

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

Tirsegiň radiusy deň:

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

Ýonuýy guralyň süýşme çyzygy bilen koromyslonyň aýlanma okunyň aralygy h we şatunyň uzynlygy l_{DC} konstruktiw aýratynlygy boýunça $h > l_{BC}$ diýip almaly.

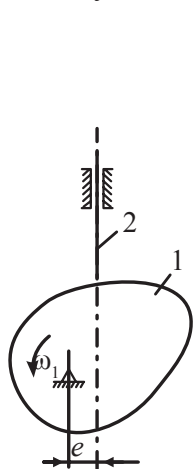
IV BÖLÜM

KULAÇOKLY MECHANIZM

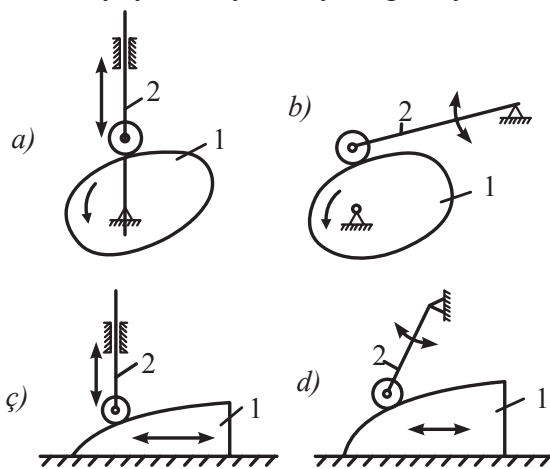
4.1. Kulaçokly mehanizmleriň görnüşleri

Maşyngurluşygynda köp ýaýranlaryň biri-de kulaçokly mehanizmlerdir. Ýönekeý kulaçokly mehanizm aýlanma hereketiniň esasynda üýtgeýän egri elementden – kulaçok (1) diýilýän ýörediji zwenodan we süýşme hereketiniň esasynda iteriji 2 – eýeriji zwenodan durýar (4.1-nji surat). Kulaçok we iteriji IV klas ýokary kinematik jübüti emele getirýär. Belli bolşy ýaly, V klas pes kinematik jübütler tekiz mehanizmlerde bary-ýogy iki görnüşde – aýlanma we süýşme, emma ýokary kinematik jübütler – ummasyz köp. Ýokary kinematik

jübüt bolanlygy sebäpli, kulaçogyň gerekli profilini saýlap alyp, iteriji zwenonyň islendik hereket kanunyny aňsat ýerine ýetirip bolýar.



4.1-nji surat



4.2-nji surat

Önümçilikde ýörediji zwenonyň arakesmesiz hereketinde eýeriji zwenonyň säginmeli hereketi ýygy-ýygdan gerek bolup durýar, muny kulaçokly mehanizmleriň üsti bilen amala aşyrmak bolýar. Bu bolsa kulaçogyň profiliniň degişli ýerinde onuň aýlanma merkezine görä töweregiň dugasy boýunça ýerine ýetirilýär.

Kulaçokly mehanizmler awtomat-stanoklarda örän giňden ulanylýar.

Kulaçokly mehanizmiň kulaçogynyň we iterijisiniň hereketleriniň dürlüligi boýunça aşakdaky esasy görnüşlerde ýasalýar (4.2-nji surat):

a) mehanizmler, kulaçogyň aýlanmasyny iterijiniň süýşmesine öwürýär;

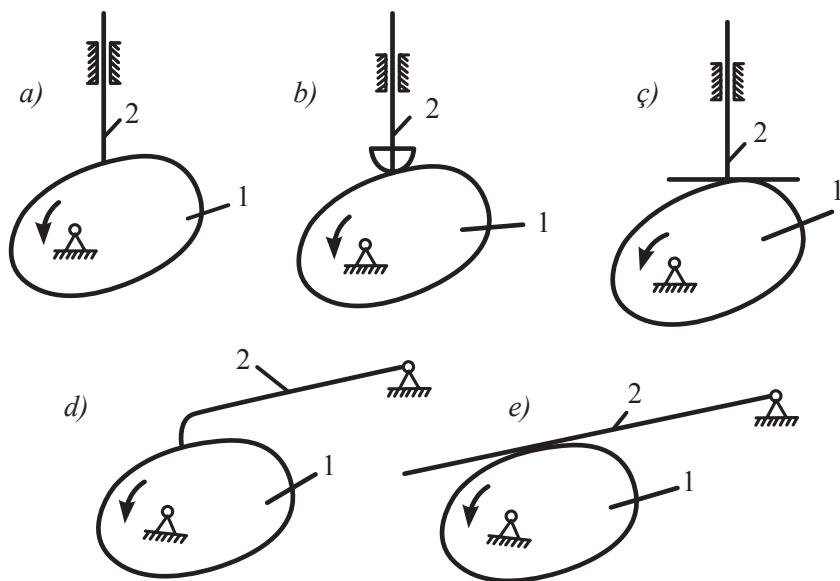
b) mehanizmler, kulaçogyň aýlanmasyny iterijiniň aýlanmasyna öwürýär;

ç) mehanizmler, kulaçogyň süýşmesini iterijiniň süýşmesine öwürýär;

d) mehanizmler, kulaçogyň süýşmesini iterijiniň aýlanma hereketine öwürýär.

Kulaçokly mehanizmleriň birinji iki görnüşi önümçilikde has köp ulanylýar. Kulaçokly mehanizmleriň birinji görnüşi, eger iterijiniň hereket çyzygy kulaçogyň aýlanma okunyň üstünden

geçse, onda ol merkezi (4.2-nji a sur.), eger iterijiniň hereket çyzygy kulaçogyň aýlanma okunyň üstünden geçmese, onda ol merkezi däl ýa-da garyşyk bolup bilýär, ondan käbir e ululyga süýşmesine, ekssentrisitet diýilýär (4.1-nji sur.).



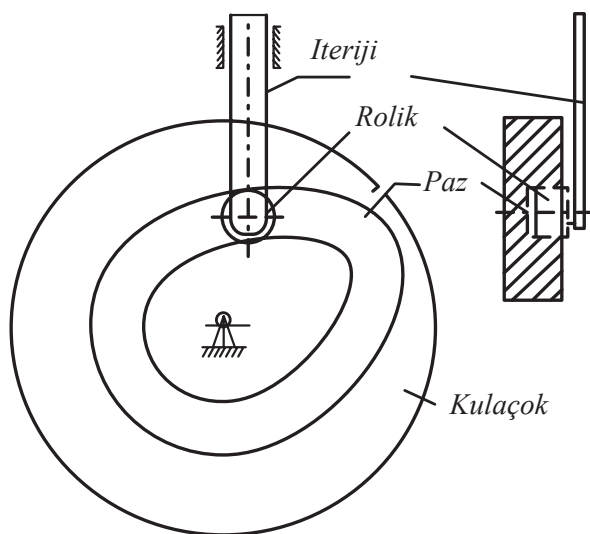
4.3-nji surat

Kulaçokly mehanizmleriň iterijileri kulaçoga galtaşma elementlerine baglylykda, aşakdaky görnüşlerde bolýar:

1. Ýiti uçly iteriji (4.3-nji a, d sur.), onuň uýy örän kiçi radius bilen ýasalan. Bu iterijileriň kemçiligi-olaryň iýilmä durnuklylygy pes, degişlilikde olar diňe ýuwaş ýörişli, geçirýän güýji ujypsyz bolan kulaçokly mehanizmlerde ulanylyp bilner.

2. Sferiki kömelek şekilli iteriji (4.3-nji b sur.), profili sfera boýunça çyzylan.

3. Ýasy (tarelkaly) iteriji (4.3-nji ç, e surat), profili tekiz bolýar. Bu iterijiniň artykmaçlygy – güýjüň ugruny ýerlikli «ugrukdyrýar». Ýöne, ýasy iterijili kulaçogyň hemme profilleri hökman güberçek bolmalydyr.



4.4-nji surat

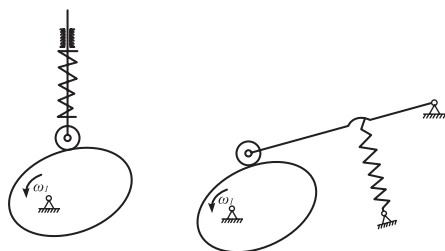
4. Silindr rolikli iteriji (4.2-nji sur.). Bu kulaçokly mehanizmleriň artykmaçlygy – öňki agzalanlaryň hemmesi bilen deňeşdirilende iýilmä durnukly bolýar, profiliň ýokary kinematik jübütiň typma sürtülmesi, aýlanma sürtülmesi bilen çalşylýar, ýöne rolik iterijili kulaçokly mehanizmiň daşky ölçegi ulalýar.

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

Kulaçok bilen iterijiniň ýokary kinematik jübütiniň utgaşmasy käte kinematiki (geometriki), käte-de güýç sarp edilýän ýerlerde ulanylýar.

Mysal üçin, pazalaýyn utgaşmaly kulaçokly mehanizmde kinematiki hyzmat edip biler, 4.4-nji suratda görkezilen shema. Kulaçogyň pazasynda, iki deňdaşlykdaky (ekwidistantly) üst çyzylan we oňa iterijiniň roligi girýär, öz erkine mümkinçilik bermez ýaly ýerleşdirilýär.

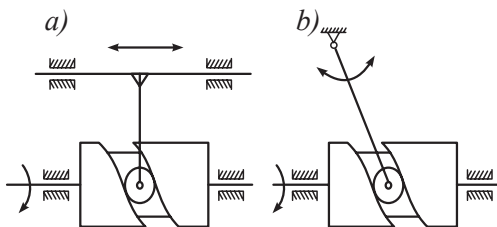
Güýç utgaşmasy aglaba ýagdaýda (4.5-nji surat) pružin arkaly amala aşyrylýar (ýokardaky suratlarda pružinler görkezilmedi).



4.5-nji surat

Käte utgaşma güýjüni döretmek üçin pnevmatiki ýa-da gidrawliki gurluşlar ulanylýar. Kāwagt haýal hereketli kulaçokly mehanizmlerde güýç utgaşmasy ýüküň kömegi bilen amala aşyrylýar. Ýöne bu hili utgaşmalarda mehanizmiň gabarasy ep-esli ulalýar we olar örän seýrek ulanylýar. Kulaçokly mehanizmde utgaşdyrmanyň zerurlygy konstruksiýany çylşyrymlaşdyrýar, bu bolsa öz gezeginde mehanizmiň ýetmezçiligidir. Kulaçogyň başga bir ýetmezçiligi profili ýasamagynyň ondan has hem ýokary takyklykdaky talap edilýän ýagdaýydyr.

Seredilip geçilen ýasy kulaçokly mehanizmlerden başga, tehnikada giňişlikde hereket edýän kulaçokly mehanizmler hem ulanylýar. Bu mehanizmleriň birnäçe görnüşiniň shemalary 4.6-njy *a*, *b* suratda görkezilen. Suratda hereketiň öwrülmesi anyk görkezilen.



4.6-njy surat

4.2. Kulaçokly mehanizmleriň ýagdaýyny kesgitlemek

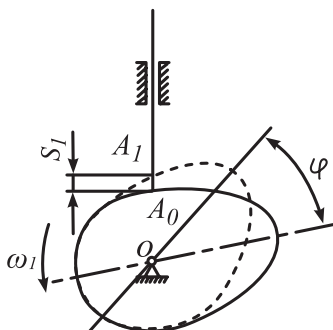
Kulaçokly mehanizmleriň derňewiniň meseleleri iterijiniň ýagdaýynyň kulaçogyň ýagdaýyna we iterijiniň tizligine hem tizlenmesine baglylykda kesgitlenmegine getirýär.

Ýagdaýyny has ýönekeý merkezi ýiti iterijili kulaçokly mehanizmden kesgitläp başlarys.

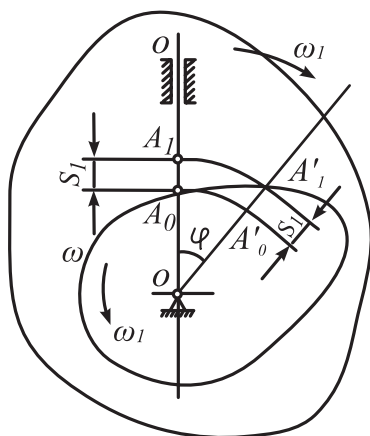
Ýiti iterijili merkezi kulaçokly mehanizm

Goý, kulaçokly mehanizm berlen bolsun (4.7-nji surat). Berlen φ burçda kulaçok öwrülende iterijiniň ýagdaýyny kesgitlemeli.

Kulaçoga baglylykda iterijiniň ýagdaýyny kesgitlemegi ýönekeý usul bilen geçirmek mümkin, ýagny berlen φ burçda kulaçogy öwürüp (kulaçogyň bu ýagdaýy suratda punktir bilen görkezilen), kulaçogyň profili bilen iterijiniň hereketiniň kesişme çyzygynyň nokadyny (A_1 nokadyny) taparys, çünki seredilýän ýagdaý iterijiniň uýy. $s_1 = A_0A_1$ ululyk berlen φ burçda kulaçogyň öwürülen ýagdaýyndaky iterijiniň süýşmesi bolar.



4.7-nji surat



4.8-nji surat

Ýöne, şeýle gurmak kyn we takyk däl, şonuň bilen birlikde-de, kulaçogyň çylşyrymly profilini gurmak talap edilýär.

Eger derňew hereketiň tutuş sikli üçin, ýagny kulaçogyň doly aýlawy üçin geçirilse, bu usul hem onuň aýratyn çylşyrymlylygydyr. Bu ýagdaýda kulaçogyň profiliniň tutuş hatary gelip çykar.

Eger-de hereketiň öwürme usulyny ulansak, mesele has ýeňilleşer. Bu usul aşakdakylardan ybarat.

Belläp geçişimiz ýaly, hemme kulaçokly mehanizmlerde direg bilen bilelikde aýlanma hereketi ω_1 aýlaw tizligi bilen iteriji O okunyň töwereginden aýlanýar (4.8-nji surat). Zwenolaryň oňnositel hereketleri mundan üýtgemeyär. Emma kulaçok koordinatanyň

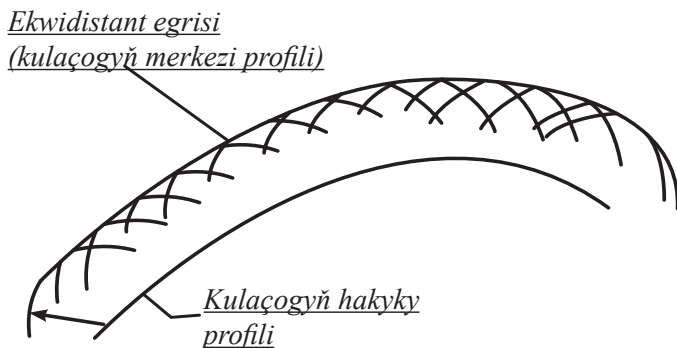
hereketsiz okuna görä hereketsiz durar, iteriji bolsa daýanjy bilen bilelikde kulaçogyň okunyň töwereginden burç tizliginiň aýlanma ugrunyň garşysyna, kulaçogyň burç tizliginiň absolýut ululygyna deň aýlanar. Şonuň üçin berlen φ burç boýunça kulaçogyň öwrülmegi bilen birlikde, edil şol burç bilen iteriji (daýanjy bilen bilelikde) hem öwrüler, ýöne garşy tarapa. Iterijiniň hereket çyzygy bu $0-I$ ýagdaýy eýelände, ýagny iterijiniň gözlenýän otnositel ýagdaýy gelip çykar. $0-I$ çyzyk bilen kulaçogyň profiliniň kesişme nokady A_1 iterijiniň ujunyň gözlenýän otnositel ýagdaýy bolar.

Iterijiniň ujunyň hakyky gözlenýän ýagdaýyny kesgitlemek üçin iterijiniň hakyky hereket çyzygynda OA_1 radiusyny bellik etmek ýeterlik. Alnan A_1 nokat iterijiniň ujunyň hakyky gözlenýän ýagdaýy bolar. $s_1 = A_0A_1$ kesim iterijiniň gözlenýän süýşmesi bolar. Bu süýşmäni iterijiniň otnositel ýagdaýynyň $0-I$ çyzygy boýunça ölçemek bolar, onuň üçin bu çyzykda OA_0 radiusly bellik etmeli (A'_0 nokat). $A'_0A'_1$ kesim bolsa iterijiniň gözlenýän süýşmesi $s_1 = A'_0A'_1$ bolar.

Gurlan ýagdaýlarda daýanjyň ýagdaýy görkezilmeýär. Diňe iterijiniň hereket çyzygynyň otnositel ýagdaýyny getirmek zerur.

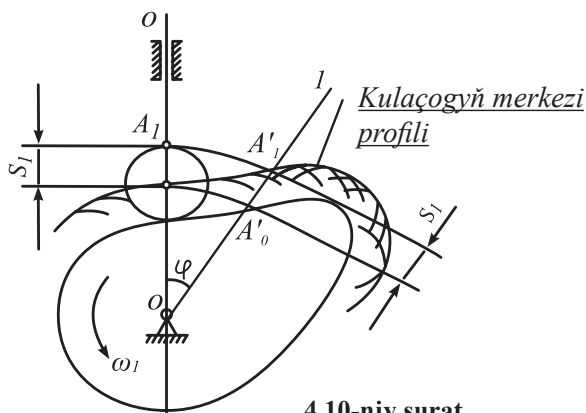
Iterijisi tigrçekli, merkezi kulaçokly mehanizm

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



4.9-njy surat

Roligiň aýlanma merkezi (A nokat) hemişe kulaçogyň hakyky profilinden roligiň radiusyna r_0 deň aralykda alynýar, çünki ol kulaçoga görä, r_0 ululykda onuň profilinden deň daşlyk, ýagny **kulaçogyň merkezi profili** diýlip atlandyrylýan **ekwidistant egrilik** boýunça süýşýär. Yzygiderlikde, iterijisi rolikli kulaçokly mehanizmi kinematiki derňemek üçin, haçanda kulaçok merkezi profili boýunça ýerine ýetirilýän bolsa, onda ýiti iterijili kulaçokly mehanizm bilen hem çalyşmak bolar.



4.10-njy surat

Merkezi profili (ekwidistant egrisi) aşakdaky ýaly gurulýar. Roligiň r_0 radiusy bilen duganyň tutuş hataryny geçiriris. Merkezleri kulaçogyň hakyky profilinde ýatar. Daşyna aýlanan dugalar merkezi profili bolar (4.9-njy surat).

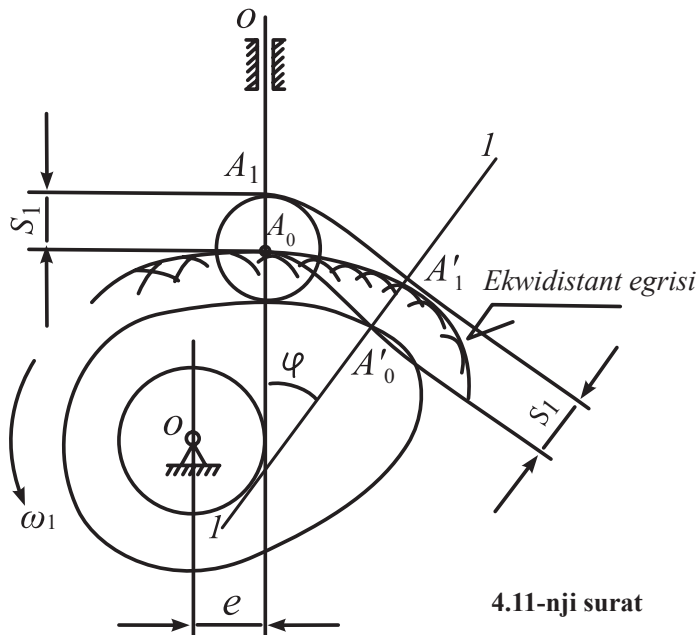
Bu görnüşde, kulaçogyň berlen öwrülme φ burçy boýunça rolikli iterijiniň ýagdaýyny we süýşmesini kesgitlemek meselesini çözmeklik, öňki meselelere aňsatlyk bilen getirilýär.

Iterijiniň ýagdaýyny we kulaçogyň φ burçda öwrülmesinde onuň süýşmesiniň kesgitlenişi 4.10-njy suratdan düşnükli.

Iterijisi tigirçekli merkezi däl kulaçokly mehanizm

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

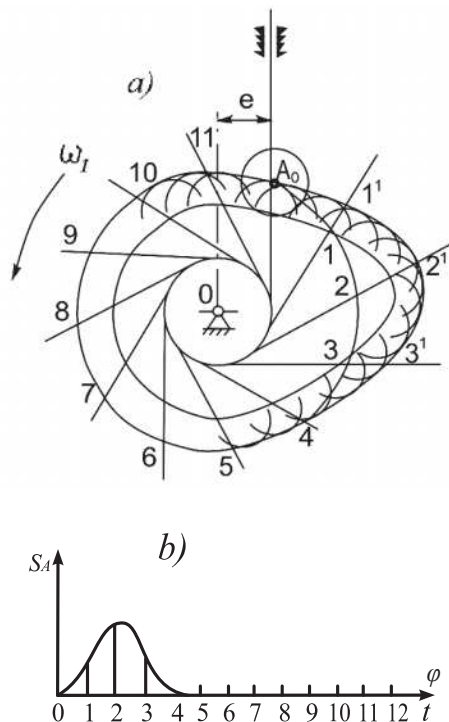
φ burçda kulaçogyň öwrülmesinde iterijiniň ýagdaýyny kesgitlemek üçin öwürme usulyny ulanarys, çünki kulaçok hereketsiz galar, iteriji bolsa daýanjy bilen bilelikde kulaçogyň aýlanma okuna görä, berlen φ burçda, garşy tarapa öwrüler. Çünki iterijiniň hereket çyzygy kulaçogyň aýlanma okundan O hemişelik aralykda e (ekssentrisitet) alynýar we öwrülmede O okdan bu aralykda saklanýar, ýagny e radiusyň töweregine galtaşmaly bolýar we $I-I$ ýagdaý emele geler. Kulaçogyň merkezi profili bilen $I-I$ çyzygyň kesişme nokady (A'_1 nokat) rolighiň merkeziniň gözlenýän otnositel ýagdaýy bolar. Rolighiň merkeziniň hakyky ýagdaýyny kesgitlemek üçin, OA'_1 radiusyny iterijiniň hakyky hereket çyzygynda bellik etmeli. Alnan A_1 nokat iterijiniň merkeziniň hakyky gözlenýän ýagdaýy bolar.



Bu süýşmäni $I-I$ çyzyk boýunça ölçemek bolar, munuň üçin rolighiň okunyň başlangyç ýagdaýyny (A_0) OA_0 radius boýunça $I-I$ çyzyga göçürmek gerek (A'_0 nokadyny alarys). Şeýle hem $A'_0A'_1$ kesim iterijiniň gözlenýän süýşmesi bolar:

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

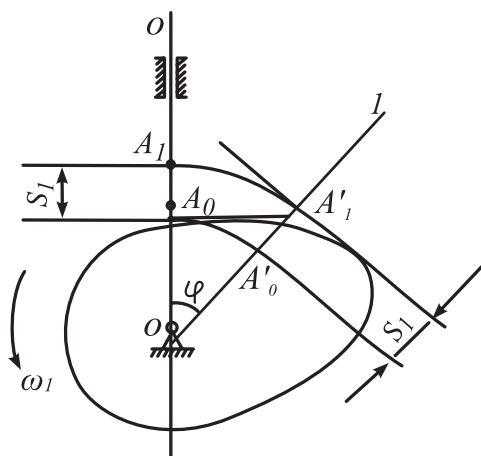
Kulaçogyň doly aýlawy üçin iterijiniň otnositel ýagdaýynyň we onuň süýşmesiniň (ýogyn çyzykly görkezilen $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$, ... kesimlere deňişlilikdäki süýşmesiniň) kesgitlenilişi 4.12-nji *a* suratda görkezilen. Bu maglumat boýunça iterijiniň s_A süýşmesiniň kulaçogyň öwrülme φ burçuna (ýa-da t wagta) baglylygy 4.12-nji *b* suratda gurlan.



4.12-nji surat

Ýasy iterijili kulaçokly mehanizm

Kulaçogyň berlen φ burçdaky öwrülmesinde ýasy iterijiniň ýagdaýyny kesgitlemek üçin öwürme usulyny ulanarys, ýagny kulaçogy hereketsiz galdyrarys, iterijini bolsa (daýanjy bilen bilelikde) φ burçda kulaçogyň aýlanma ugruna garşylyklaýyn ugur boýunça öwreris. Iterijiniň hereket çyzygyny $0-I$ ýagdaýdan alarys.



4.13-nji surat

Iterijiniň çanagynyň ýagdaýyny kesgitlemek üçin kulaçogyň profiline şeýle ýagdaýda galtaşma geçirmek gerek, ýagny ol $0-I$ çyzyga perpendikulýar bolmaly (adaty çanak iterijiniň hereket ugruna perpendikulýar. Eger çanak bilen iterijiniň hereket ugrunyň arasyndaky burç gönüden tapawutlansa, onda gurulýan galtaşmany $0-I$ çyzyga şol burça baglylykda geçirmek gerek).

Geçirilen galtaşma iterijiniň çanagynyň gözlenýän otnositel ýagdaýy bolar. Iterijiniň hakyky ýagdaýyny kesgitlemek üçin OA'_1 radiusy boýunça (A'_1 nokat $0-I$ göni bilen galtaşmanyň kesişme nokady bolar) iterijiniň hereketiniň hakyky ugrunda bellik etmeli (A_1 nokat). A_0A_1 kesim iterijiniň gözlenýän süýşmesi bolar. Bu süýşmegi $0-I$ göni boýunça kesgitlemek bolar, munuň üçin OA_0 radiusy boýunça bu gönüde bellik etmek gerek (A'_0 nokat). $A'_0A'_1$ kesim hem gözlenýän süýşme bolar:

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

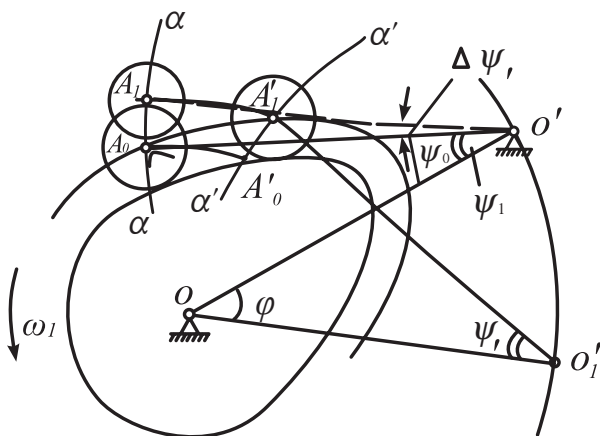
Rolikli, yrgyldaýan iterijili kulaçokly mehanizm

Bu mehanizmde kulaçogyň profilinden we roligiň diametrinden başga-da, kulaçogyň we iterijiniň aýlanma oklarynyň arasy OO' we iterijiniň uzynlygy $O'A$ belli bolýar.

Roligiň merkezi (A nokat) absolýut hereketde merkezi O' nokatda

bolan $O'A$ radiusly $\alpha\alpha$ töweregiň dugasy boýunça süýşýär. Kulaçoga görä roligiň merkezi profiliniň merkezine görä süýşýär.

Berlen φ burçda kulaçogyň öwrülmesinde iterijiniň ýagdaýyny we süýşmesini kesgitlemek üçin, hereketiň öwürme usulyny ulanarys, ýagny kulaçogy hereketsiz hasap edip, iterijini $O'A$ daýanjy bilen bilelikde (daýanjyň ýagdaýy OO' merkezi çyzygynyň ýagdaýy boýunça kesgitlenilýär) φ burça kulaçogyň aýlanma okuna O görä oňa garşylyklaýyn ugur boýunça öwreris.



4.14-nji surat

Şeýle öwrülmede iterijiniň aýlanma oky, merkezi O nokatda OO' radiusly töweregiň dugasy boýunça süýşmeli bolar we merkezi çyzyk täze OO'_1 ýagdaýy eýelär, çünki φ burçda O' merkezli çyzygyň hakyky ýagdaýyny düzýär. Soňra O'_1 nokatdan, ýagny iterijiniň aýlanma okunyň gözlenýän otnositel ýagdaýy bolýan, iterijiniň uzynlygyna deň bolan $O'A$ radius boýunça merkezi profilde bellik ederis. Alnan A'_1 nokat roligiň merkeziniň gözlenýän 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:

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

Roliginiň merkeziniň hakyky gözlenýän ýagdaýy A_1 kesgitlemek aňsat, eger-de OA'_1 radiusy boýunça onuň hakyky hereket ýolunda – $\alpha\alpha$ duga da bellik etmeli (A_1 nokat). A_1 nokat bilen O' göni çyzygy birleşdirsek, iterijiniň gözlenýän hakyky ýagdaýyny alarys.

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

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

Bu süýşmäni $\alpha'\alpha'$ duga boýunça OA_0 radiusda, A (A'_0) nokadyň başlangyç ýagdaýyna geçirip, ölçäp bolar (4.14-nji sur.):

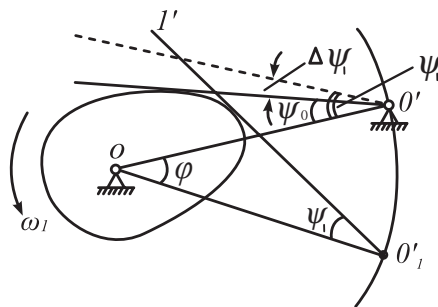
$$\overline{A'_0A_1} = \overline{A_0A_1}.$$

Ýasy yrgyldaýan iterijili kulaçokly mehanizm

Bu kulaçokly mehanizmde, kulaçogyň profilinden başga-da, kulaçok bilen iterijiniň aýlanma oklarynyň arasyndaky aralyk OO' berlen.

Kulaçogyň berlen φ burçda öwrülmesinde iterijiniň süýşmesini we ýagdaýyny kesgitlemek üçin öwürme usulyny ulanarys, ýagny kulaçok hereketsiz galar, iteriji daýanjy bilen bilelikde φ burça kulaçogyň aýlanma O okuna görä garşy ugur boýunça öwürüler. Şeýle öwürülmede iterijiniň aýlanma oky OO' radiusly merkezi O nokatly töweregiň dugasy boýunça süýşmeli bolar we merkezi çyzyk OO'_1 ýagdaýdan gelip çykar, ýagny berlen φ burçda merkezi OO' çyzygyň hakyky ýagdaýyny düzer. Soňra O'_1 nokatdan iterijiniň aýlanma okunyň gözlenýän otnositel ýagdaýy bolar, kulaçogyň profili bilen galtaşma geçireris (O'_1-I' göni). Bu galtaşma iterijiniň gözlenýän otnositel ýagdaýy bolar.

Iterijiniň bir ýagdaýdan başga ýagdaýa süýşmesi (öwürülme burçy) iteriji bilen merkezi çyzygyň arasyndaky ψ_1 we ψ_0 burçlaryň tapawudyna, ýagny $\Delta\psi_1 = \psi_1 - \psi_0$ ýagdaýa baglylykda kesgitlenýär.



4.15-nji surat

İterijiniň hakyky gözlenýän ýagdaýyny kesgitlemek üçin O' nokatdan merkezi OO' çyzyga ψ_1 burç astynda göni çyzyk geçirmek ýeterlikdir (bu göni çyzyk suratda punktir bilen görkezilen).

4.3. İterijiniň tizligini we tizlenmesini kesgitlemek

Kulaçokly mehanizmiň iterijisiniň tizligini we tizlenmesini dürli usullar bilen kesgitlep bolýar:

1. Kinematik diagramma usuly. Bu usul iterijiniň süýşme diagrammasyndan $s=f(t)$ ýa-da $\psi=f(t)$ grafiki differensirleme usulynda iterijiniň tizliginiň diagrammasy $v=f(t)$ ýa-da $\omega_2=f(t)$ alnyp, soňra alnan tizligiň diagrammasyny ýene bir gezek grafiki differensirläp, iterijiniň tizlenmesiniň diagrammasynyň $a=f(t)$ ýa-da $\varepsilon=f(t)$ alynmagy bilen jemlenýär. Bu usul öň seredilip geçilen usul (2.5 bölüme seret).

2. Kulaçokly mehanizmleriň ýokary kinematik jübütlerini pes jübütlere çalyşmak we yzygiderlikde çalşylan mehanizm üçin tizliginiň we tizlenmesiniň planlaryny gurmak usuly.

3. Tizligiň we tizlenmäniň planlaryny gönüden-göni kulaçokly mehanizmiň hakyky shemasy boýunça gurmak usuly.

Bu usulda ýiti iterijili kulaçokly mehanizme serederis (4.16-njy a surat).

Tizligiň we tizlenmäniň planlaryny gurmak üçin wektor deňlemelerini düzmek gerek.

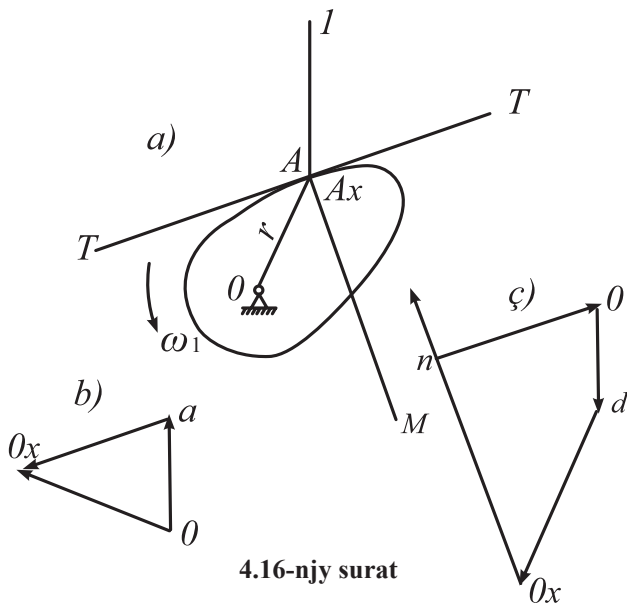
İterijiniň ujunyň süýşmesi – A nokada kulaçogyň profiliniň A_x nokady bilen bilelikde göçürme hereketiniň (iterijiniň A nokady bilen

kulaçoğyň A_x nokady gabatlaşýar) we kulaçoğyň profiliniň otnositel hereketleriniň jemi hökmünde seretmek bolar.

Değişlilikde, bu iterijiniň ujundaky tizlik bolar:

$$\underline{\bar{v}}_A = \underline{\bar{v}}_{Ax} + \underline{\bar{v}}_{AAx}. \quad (a)$$

Bu deňlemede bir wektor (\underline{v}_{Ax}) ululygy we ugry boýunça belli, beýleki ikisiniňki bolsa diňe ugry boýunça belli.



4.16-njy surat

Kulaçoğyň A_x nokadynyň tizligi $\underline{v}_{Ax} = \omega_1 \cdot r_{OA_x}$ -e deň we ugry radiusyna perpendikulýar: $\underline{v}_{Ax} \perp r_{OA_x}$;

Otnositel tizligi $\underline{\bar{v}}_{AAx}$ kulaçoğyň profile A nokatda galtaşma boýunça ugrukdyrylan, $\underline{\bar{v}}_{AAx} \parallel \overline{TT}$;

Iterijiniň tizligi $\underline{\bar{v}}_A$ $A-I$ çyzyga parallel ugrukdyrylan.

Tizligiň planynyň masştabyny μ_v girizeris we \underline{v}_A tizligiň wektoryny görkezýän $[pa_x]$ kesimiň uzynlygyny kesgitläris:

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

Bu kesimi tizligiň planynyň polýusy – p nokat bilen birleşdirip alarys (4.16-njy b surat). (a) wektor deňlemesine değişlilikde, bu

kesimiň soňundan (a_x nokatdan) $\bar{v}_{AA_x}(II \overline{TT})$ wektora parallel çyzyk geçireris, soňra bolsa başlangyçdan (p nokatdan) $\bar{v}_A(II \overline{A-1})$ wektoryň ugruna parallel geçireris. Bu ugurlaryň kesişmesinde (a nokatda) masştabda \bar{v}_{AA_x} we \bar{v}_A wektorlary aňladylýan $[a_x a]$ $[pa]$ kesimlerini ululyklary kesgitlenilýär. Bu tizlikleriň ululyklary:

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

Tizlenmäniň planyny gurmaga başlaýarys.

Iterijiniň tizlenmesi:

$$\bar{a}_A = \bar{a}_{A_x} + \bar{a}_{AA_x}. \quad (b)$$

Şeýlelikde, otnositel hereketi egri çyzykly (kulaçogyň profili boýunça) bolýar, göçürmede bolsa – aýlanma, onda \bar{a}_{AA_x} tizlenme üç tizlenmeden: koriolis, normal we galtaşma tizlenmelerden durýar:

$$\bar{a}_{AA_x} = \bar{a}_{AA_x}^k + \bar{a}_{AA_x}^n + \bar{a}_{AA_x}^\tau.$$

\bar{a}_{AA_x} ululygy (b) deňlemde goýup alarys, onda:

$$\bar{a}_A = \bar{a}_{A_x} + \bar{a}_{AA_x}^k + \bar{a}_{AA_x}^n + \bar{a}_{AA_x}^\tau. \quad (ç)$$

Bu deňlemde üç wektor ($\bar{a}_{A_x}, \bar{a}_{AA_x}^k, \bar{a}_{AA_x}^n$) ululygy we ugry boýunça belli, (\bar{a}_A we $\bar{a}_{AA_x}^\tau$) ikisiniňki bolsa – diňe ugurlary boýunça belli:

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

koriolis tizlenmesi $\bar{a}_{AA_x}^k$ ululygy boýunça:

$$a_{AA_x}^k = 2\omega_1 \cdot v_{AA_x}.$$

Onuň ugruny kesgitlemek üçin \bar{v}_{AA_x} otnositel tizligiň wektoryny ω_1 ugry boýunça 90° -a öwürmeli, ýagny koriolisiň tizlenmesi TT galtaşmadan perpendikulýar ýokaryk ugrukdyrylan;

normal tizlenme $\bar{a}_{AA_x}^n$ ululygy boýunça $\bar{a}_{AA_x}^n = \frac{v_{AA_x}^2}{\rho}$, bu ýerde $\rho - A_x$ nokatda profiliň egrilik radiusy (egrilik radiusy belli bolmaly).

$\bar{a}_{AA_x}^n$ tizlenme egrilik radiusy boýunça A_x nokatdan M egrilik merkezi-ne tarap ugrukdyrylan;

galtaşma tizlenme $\bar{a}_{AA_x}^\tau$ TT galtaşma parallel ugrukdyrylan;

iterijiniň tizlenmesi \bar{a}_A , iterijiniň hereket çyzygynyň boýuna $A-I$ ugrukdyrylan.

Tizlenmäniň planyna masştab μ_a girizeris we tizlenmäniň planynyň wektorlaryna degişlilikde şekillendirilen kesimleriň ululyklaryny kesgitleýis:

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

π nokady (tizlenmäniň planynyň polýusy) erkin ýerden saýlap alarys (4.16-njy ç surat) we ondan (φ) wektor deňlemä degişlilikde $\overline{a}_{A_x}, \overline{a}_{AA_x}^k, \overline{a}_{AA_x}^n$ wektorlary şekillendirýän $[\pi a_x], [a_x k]$ we $[kn]$ kesimleri yzygiderlikde ýokarda görkezilen ugurlarda birleşdirip çykarys.

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

Bu tizlenmeleriň ululyklaryny şu formulalar boýunça hasaplarys:

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

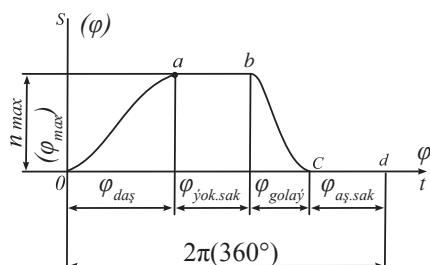
Biz ýiti iterijili kulaçokly mehanizme seredip geçdik. Eger iterijisi rolikli bolsa, onda ilki bilen kulaçogyň merkezi profilini (ekwidistant egriligi) gurmak gerek, galanlary öňki seredilip geçilenlere meňzeş.

4.4. Iterijiniň hereket kanunyny saýlamak

Kulaçokly mehanizmiň derňewi öňki seredilip geçilen meseleleri göz önünde tutýar, ýagny iterijiniň berlen hereket kanuny boýunça kulaçogyň profili gurulýar. Bu meselä başgaça kulaçogy profilirmek diýilýär.

Iterijiniň $s=f(t)$ häsiýetli hereket kanuny, ýagny iterijiniň wagta baglylykda süýşmeginiň grafiki diagrammanyň şekili 4.17-nji suratda getirilen. Bu egrilik kulaçogyň deňölçegli aýlanmagy bilen bir wagtda kulaçogyň öwrülme burçundan $s=f(\varphi)$ iterijiniň süýşmegine baglylykda bolar.

Iterijiniň hereketi, kulaçogyň bir aýlawyna baglylykda, umumy ýagdaýda dört faza emele getirýär.



4.17-nji surat

1. Iterijiniň daşlaşma (ýokary galma) fazasy, bu aralykda iteriji h_{\max} gerim (bat almak) ululykda galdyrylar (ýa-da eger iteriji aýlanýan bolsa, ψ_{\max} gerim burçda aýlanar). Bu faza kulaçogyň $\varphi_{\text{daşl.}}$ burça $t_{\text{daşl.}}$ aýlanma wagty üçin bolup geçýär.

2. Iterijiniň ýokarda saklanma fazasy, bu aralykda iteriji ýokarky ýagdaýda saklanýar. Bu faza kulaçogyň $\varphi_{\text{ýok.sak.}}$ burçda $t_{\text{ýok.sak.}}$ aýlanma wagty üçin bolup geçýär.

3. Iterijiniň golaýlaşma fazasy, bu aralykda iteriji başlangyç ýagdaýyna gaýdyp gelýär. Bu faza kulaçogyň $\varphi_{\text{golaý.}}$ burçda $t_{\text{golaý.}}$ aýlanma wagty üçin bolup geçýär.

4. Aşakda saklanma fazasy, bu aralykda iteriji aşaky ýagdaýda saklanýar. Bu faza kulaçogyň $\varphi_{\text{aş.sak.}}$ burçda $t_{\text{aş.sak.}}$ aýlanma wagty üçin bolup geçýär.

Şeýlelikde, hemme fazalar kulaçogyň bir aýlawynda bolup geçýär, onda hemme fazalaryň burçlarynyň jemi 360° -a deň (ýa-da 2π radian):

$$\varphi_{\text{daşl.}} + \varphi_{\text{ýok.sak.}} + \varphi_{\text{golaý.}} + \varphi_{\text{aş.sak.}} = 2\pi (360^\circ) \quad (4.1)$$

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

$$t_{\text{daşl.}} + t_{\text{ýok.sak.}} + t_{\text{golaý.}} + t_{\text{aş.sak.}} = T \quad (4.2)$$

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

Daşlaşma we gaýdyp gelme fazalarda iterijiniň hereket kanuny, ýagny $s=f(t)$ diagrammada oa we bc egrileriň häsiýetleri, şonuň ýaly-da köp ýagdaýlarda kulaçokly mehanizmiň ýerine ýetirýän

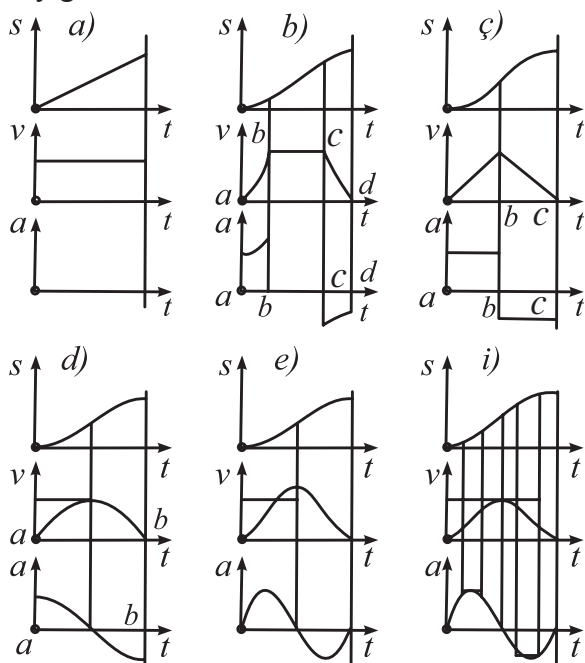
operasiýalaryna bagly. Bu ýagdaýda iterijiniň hereket kanuny doly berlen bolýar.

Emma köplenç kulaçokly mehanizmden diňe iterijiniň kesgitli wagt üçin ýörişini h_{\max} (ýa-da ψ_{\max}) ululykda amala aşyrylmagy talap edilýär. Iteriji zveno haýsy kanun bilen hereket edende-de, tapawudy ýok. Bu ýagdaýda iterijiniň hereket kanunyny (oa we bc egrileriniň häsiýetlerini) konstruktor özbaşdak saýlap biler.

Iterijiniň hereket kanuny saýlananda, onuň tizlenmesiniň birsydyrgynsyz (ýiti) üýtgäp aýlanmagyny dowam etdirýär, çünki tizlenmäniň beýle üýtgemesi, degişlilikde güýjüň (güýç $P = ma$ deň) birden ösmegine getirýär, munuň netijesinde kulaçokly mehanizm işlände urgy bolup geçýär.

Iterijiniň birnäçe hereket kanunynda tizlenmäniň nähili üýtgeýşine seredeliň:

4.18-nji suratda iterijiniň süýşmesiniň dürli kanunlarynyň (bir ugurda) diagrammalary we olara degişlilikdäki tizligiň we tizlenmäniň diagrammalary getirilen.



4.18-nji surat

4.18-nji *a* suratda iterijiniň deňölçegli süýşmesindäki (hemişelik tizlikde) diagrammalar görkezilen. Iterijiniň süýşmesiniň beýle kanunynda onuň hereketiniň başyndaky we ahyryndaky ýerde tizlenmäniň pursatlaýyn (mgnowen) (degişlilikde, güýjüň hem) ösmegi tükeniksizlige çenli bolýar. Şeýle pursatdaky tizlenmäniň (we güýjüň) tükeniksizlige çenli nazary üýtgemesine gaty urgý diýilýär. Elbetde, kulaçogyň we iterijiniň materiallarynyň maýyşgaklygynyň netijesinde önümçilikde tizlenmäniň we güýjüň tükeniksizlige çenli ösmegi bolup geçmeýär, ýöne olar ýeterlik ululykda galýar. Şonuň üçin iterijiniň deňölçegli hereketi bilen kulaçokly mehanizmi diňe kulaçogyň aýlanmasynyň uly bolmadyk tizliginde we kiçi massaly iterijide ulanmaga rugsat edilýär.

4.18-nji *b* suratda töweregiň dugasynyň hereketiniň başynda we ahyrynda göni, töwerek boýunça ýerine ýetirilen iterijiniň süýşmesiniň diagrammasy getirilen. Bu ýerde tizlik diňe hereket wagtynyň ortaky böleginde hemişelik. Bu tizligiň artmagy we onuň kemelmegi sähelçe wagtda däl-de, kem-kemden (*ab* we *cd* ýerdäki egri boýunça) bolup geçýär. Emma iterijiniň şeýle kanunda süýşmesinde dört ýagdaýda (*a*, *b*, *c* we *d* nokatlar) tizlenmäniň örän çalt üýtgeýän ýeri ahyrky ululykda bolar. Tizlenmäniň pursatlaýyn üýtgemegine we degişlilikde onuň dinamiki güýjüniň ahyrky ululygynda ösmegine ýumşak urgý diýilýär. Elbetde, ýumşak urguda gaty urgudan dinamiki basyşy ep-esli az. Şonuň üçin ýumşak urguly kulaçokly mehanizmleri kulaçogyň aýlawy 2000 aýl/min-a çenli ulanmak mümkin.

4.18-nji *ç* suratda iterijiniň deň tizlenýän hereketi üçin tizligiň we tizlenmäniň üýtgeýiş diagrammalary getirilen. Hereketiň beýle kanunynda diagrammanyň birinji böleginde (*ab* ýeri) tizlik (položitel tizlenme) deňölçegli ösýär, diagrammanyň ikinji böleginde bolsa (*bc* ýeri) (otrisatel tizlenme) deňölçegli kemelýär. Tizlenmäniň diagrammasyndan görnüşi ýaly, şu ýerde hem geçenki ýagdaýdaky ýaly *a*, *b* we *c* nokatlarda ýumşak urgyny görmek bolýar.

4.18-nji *d* suratda, ýagny iterijiniň hereketiniň tizlenmesi kosinusoidal kanun boýunça üýtgeýän diagrammalary getirilen. Bu kanunda tizlik we tizlenme iterijiniň hereket edýän wagtynda endigan üýtgeýär, emma hereketiň başynda we ahyrynda (*a* we *b* nokatda) tizlenmäniň ahyrky ululykda bolýan ýeri, ýagny ýumşak urguly.

4.18-nji *e* suratda iterijiniň hereketiniň tizlenmesiniň sinusoidal kanun boýunça üýtgeýän diagrammalary görkezilen. Bu ýagdaýda tizlik we tizlenme endigan üýtgeýär we öz üýtgemesini nol ululykda başlaýar we soňlaýar. Şonuň üçin bu ýerde tizlenmäniň hiç hili çalt ösmesi ýok we kulaçokly mehanizm urgusyz işleýär. Tizlenmäniň sinusoidal kanunda üýtgemesi iterijiniň hereketiniň has endiganlygyny üpjün edýär we çalt ýöreyän kulaçokly mehanizmler üçin ulanmak bolýar. Bu kanunyň ýetmezçiligi, ýagny iterijiniň tizligi başlangyç hereketde örän haýal ösýär, onuň (ýokary) galmasy hereketiň başynda gijigýär.

4.18-nji *i* suratda tizlenmäniň grafigi iki sany deňtaraply trapesiýa boýunça ýerine ýetirilen iterijiniň hereketiniň diagrammasy görkezilen. Bu ýagdaýda iterijiniň tekiz deň tizlenýän hereketi bolup geçýär. Munuň üçin iterijiniň başlangyç hereketi (edil sinusoidal kanundaky ýaly) juda yza çekilmeýär, trapesiýanyň granynyň ýapgytlyk proeksiýasy t okda trapesiýanyň esasyndan $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{5}$ uly bolmadyk ýagdaýy alynýar. Ýagny tizlenmäniň egrisi çalt artyp bilmez we ol nolda başlar we gutarar, onda hereketiň şeýle kanunynda urgy bolmaz. Tizlenmesi trapeseidal kanunly üýtgeýän kulaçokly mehanizmler kulaçogyň ýokary aýlaw ýygylarynda doly ulanylýar.

Iterijiniň hereket kanunyny egrisi süýşme $s=f(t)$ boýunça subut etmek örän kyn, çünki bu egriler (4.18-nji *b*, *ç*, *d*, *e*, *i* sur.) daşyndan az tapawutlanýarlar. Diňe tizlenmelerini egrileri iterijiniň hereketiniň, hususan-da urgularyň we ş. m. doly endiganlygyny berýär. Şonuň üçin hereket kanunlary saýlananda, adatyça onuň tizlenmesiniň üýtgame diagrammasy berilýär. Süýşme $s=f(t)$ diagrammasy kulaçogyň profilini gurmak üçin, tizlenmäniň $a=f(t)$ diagrammasyndan iki gezek integrirlemek usulynda almak zerur.

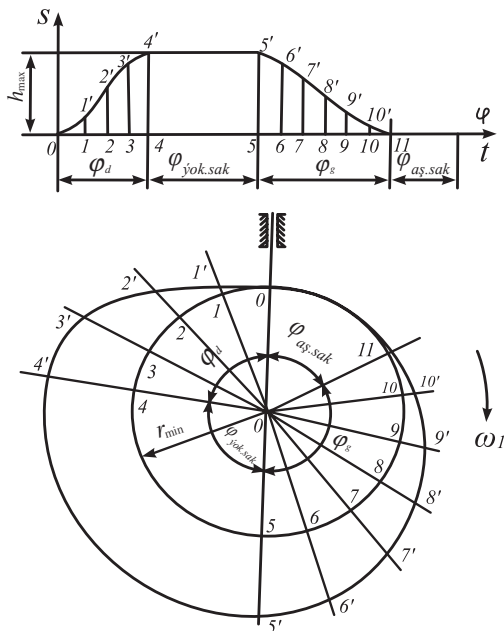
4.5. Kulaçoklaryň şekillerini gurmak

Kulaçogyň şekilini gurmak (profilirlemek), kulaçokly mehanizmi tersine derňemek, çünki berlen hereket kanuny boýunça iterijiniň hereketini üpjün etmegi üçin kulaçogyň şekilini gurmagy talap etmek meselesi bolup durýar.

Kulaçoklaryň şekillerini gurmagy (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 (4.19-njy surat).



4.19-njy surat

Kulaçogyň şekilini gurmagyň tertibi:

1. $s=f(\varphi)$ diagrammada $\varphi_{\text{daş}}$ daşlaşma we $\varphi_{\text{golaý}}$ golaýlaşma burçlaryny birnäçe sany deň bölege bölýäris (biziňkide φ_d burç dört bölege bölünen, φ_g burç bolsa – alty bölege).

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

2. Dürli φ burçlara baglylykda iterijiniň süýşmesini aňladýan $s=f(\varphi)$ diagrammasy boýunça grafiki (ýa-da analitiki) taparys:

$$s_1 = \mu_s [1-1], s_2 = \mu_s [2-2], s_3 = \mu_s [3-3] \text{ we ş.m.}$$

bu ýerde μ_s – süýşmek masştaby.

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

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

φ burçlaryň belliklerine degişlilikde $s=f(\varphi)$ diagrammada, iterijiniň hakyky hereket çyzygyndan başlap, kulaçogyň aýlanma ugruna garşylyklaýyn tarapa, ähli φ_i burçlaryny ($\varphi_{\text{daş}}, \varphi_{\text{ýok.sak.}}, \varphi_{\text{golaý.}}, \varphi_{\text{aşak.sak.}}$ we aralaryny) ölçäp goýarys we kulaçogyň aýlanma okunyň üstünden $O-1, O-2, O-3$ we ş.m. şöhleler geçireris, ýagny degişlilikde kulaçogyň berlen φ_i burçlara öwrülmegine görä, iterijiniň hereket çyzyklarynyň ýagdaýy bolýar.

Bu şöhleleriň boýuna r_{\min} radiusly töwerekden $1-1', 2-2', 3-3', \dots$ kesimleri (bu kesimler ýogyn çyzyklarda görkezilen) ölçäp goýarys. Olar öňki hasaplanan s_1, s_2, s_3, \dots süýşmelere deň. Alnan $1', 2', 3'$ we ş.m. nokatlary endigan egrilik bilen birleşdirip, kulaçogyň profilini alarys. Kulaçogyň profiliniň $0-4, 0-5$ şöhleleriniň (olaryň arasyndaky burç $\varphi_{\text{ýok.sak.}}$ deň) we $0-11, 0-0$ şöhleleriniň arasynda (olaryň arasyndaky burç $\varphi_{\text{aşak.sak.}}$ deň) O merkezden töweregiň dugasy hemişelik radiusly çyzylýar.

Rolik iterijili merkezi kulaçokly mehanizm

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

Beýle kulaçokda şekil gurmak usuly, roligiň aýlanma merkeziniň süýşmesine görä kulaçogyň hereketi boýunça merkezleşdiriji şekilini gurup başlamak bilen jemlenýär, soňra bolsa kulaçogyň hakyky şekili bolýan içki meňzeş aralykly (ekwidistantly) egrilik gurulýar. Kulaçogyň merkezleşdiriji şekili edil öňki seredilen kulaçogyň hakyky şekiliniň gurluşy ýaly gurulýar. Ýeke-täk aýratynlygy iterijiniň süýşmesiniň hasaby $r'_{\min} = r_{\min} + r_o$ töweregiň radiusyndan

lary (ekwidistanty) gurnagyn zerurlygy ýok, ýagny kulaçogyn şekiliniň bu çäklerinde duga hemişelik radiusly töwerekde çyzylýar.

Süýşme hereketli ýasy iterijili kulaçokly mehanizm

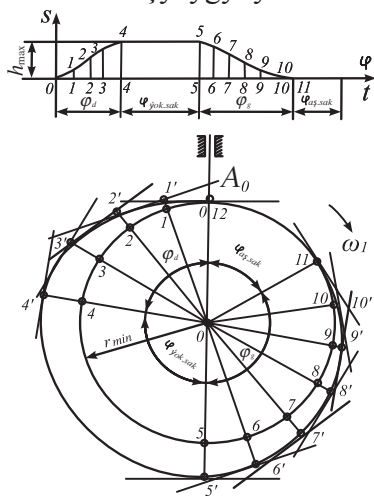
Bu kulaçokly mehanizm üçin berlen: iterijiniň hereket kanuny $s=f(\varphi)$, kulaçogyn minimal radiusy r_{\min} we iterijiniň aýlanma ugru.

Kulaçogyn şekiliniň gurluşy şeýle yzygiderlikde geçirilýär (4.22-nji surat):

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

3. Merkezi O nokatda (kulaçogyn aýlanma okunda) r_{\min} radiusly töwerek geçireris we bu nokadyň üstünden $O-O$ iterijiniň hereket ugruny geçireris. Bu göniniň töwerek bilen kesişme nokadynyň (A nokadynyň) üstünden perpendikulýar geçireris. Bu perpendikulýar iterijiniň tekizliginiň (ýasasynyň) başlangyç ýagdaýy bolar.

Ugru, kulaçogyn aýlanma ugrunyň tersine, $O-O$ çyzykdan berlen diagrammasyndan φ_i ($\varphi_{\text{daş}}$, $\varphi_{\text{ýok.sak.}}$, $\varphi_{\text{golaý'}}$, $\varphi_{\text{aşak.sak.}}$ we hemmesiniň aralarynyň) burçlaryny deňişlilikde ölçäp goýarys. Deňişlilikde kulaçogyn dürli burçlara öwrülmesine görä O nokadyň üstünden $0-1$, $0-2$, $0-3$ we ş. m. şöhleleri geçireris, kulaçogyn öwrülme burçlaryna baglylykda, iterijiniň hereket çyzygynyň oňnositel ýagdaýy bolar.



4.22-nji surat

4. r_{\min} radiusly töwerekden bu şöhleleriň boýuna, öň hasaplanan ($1-1'$, $2-2'$, $3-3'$, ... kesimler) iterijiniň süýşmesine baglylykda ölçäp goýarys. Alnan $1'$, $2'$, $3'$ we ş. m. nokatlaryň üstünden degişli şöhlelere perpendikulýar geçireris. Bu perpendikulýarlar iterijiniň tekizliginiň otnositel ýagdaýy bolar (iterijiniň tekizligi (ýasysy) adatça iterijiniň hereket ugruna perpendikulýar).

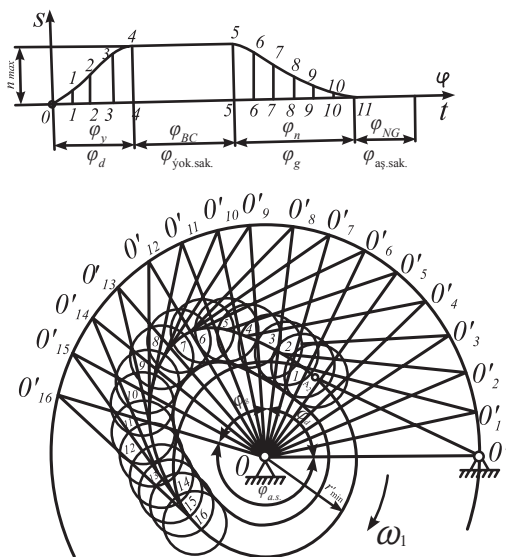
5. Iterijiniň tekizliginiň (ýasysynyň) otnositel ýagdaýynyň daşyna aýlanmasyny gurarys. Bu kulaçogyň şekili bolar.

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 OO' , iterijiniň uzynlygy $O'A$, kulaçogyň aýlanma ugry (4.23-nji surat).

Kulaçogyň şekiliniň gurluşy şeýle yzygiderlikde geçirilýär:

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



4.23-nji surat

$\varphi_{\text{yok.sak}}$ we $\varphi_{\text{aşak.sak}}$ saklanma burçlaryny bölmek gerek däl, ýagny kulaçogyň şekiliniň bu burçlarynyň çäginde hemişelik radiusly töweregiň dugasynda çyzylýar.

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

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

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

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

4. Merkezi O nokatda OO' radiusly töwerek geçireris we OO' göni çyzykdan kulaçogyň aýlanmasyna garşylyklaýyn ugurda, hemme φ_i ($\varphi_{\text{daş}}, \varphi_{\text{yok.sak}}, \varphi_{\text{golaý}}, \varphi_{\text{aşak.sak}}$ we aralykdaky) burçlary alyp goýarys. Bu burçlaryň esasynda O nokatdan şöhleleri geçireris. Bu şöhleler bilen OO' radiusly töwerekleriň kesişme nokatlary (O'_1, O'_2, O'_3, \dots), iterijiniň aýlanma okunyň otnositel ýagdaýy bolar, $OO'_1, OO'_2, OO'_3, \dots$ şöhleleriň özleri bolsa merkezi çyzygyň otnositel ýagdaýy bolýar.

5. Iterijiniň 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 burçlaryň esasynda $O'O_1, OO'_2, OO'_3, \dots$ merkezi çyzyklaryň otnositel ýagdaýyna degişlilikde O'_1, O'_2, O'_3, \dots nokatlardan şöhleleri geçireris we iterijiniň uzynlygyna $O'A$ radiusda bellikler ederis.

Roligiň merkeziniň otnositel ýagdaýy bolýan $1', 2', 3', \dots$ nokatlary alarys. $O'_1 1', O'_2 2', O'_3 3', \dots$ göni çyzyklar iterijiniň deňişlilikdäki otnositel ýagdaýlary bolýar. $1', 2', 3', \dots$ nokatlary birleşdirip, endigan egrini, ýagny kulaçogyň merkezi şekilini alarys.

Kulaçogyň merkezi şekiliniň $1', 2', 3', \dots$ nokatlarynyň ýagdaýyny başgaça-da kesgitlep bolar. Iterijiniň süýşme $\psi_1', \psi_2', \psi_3', \dots$ burçlarynyň ýerine merkezi çyzyklardan hasaplanan (we alnyp goýlan), iterijiniň roliginiň merkeziniň göni süýşmesini s_p onuň başlangyç ýagdaýyndan:

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

$$s_2 = O'A \psi_2$$

(bu formulada ψ_i burçlaryny radianda hasaplamaly) hasaplananlardan kesgitlemek bolar.

Bu ýollary r'_{\min} radiusly töwerekden $O'A$ radiusly O'_1, O'_2, O'_3, \dots merkezlerden getirilen töweregiň dugasy boýunça ölçäp goýup, kulaçogyň merkezi şekiliniň nokatlaryny alarys. s_1, s_2, s_3, \dots dugalar ($1-1', 2-2', 3-3', \dots$ dugalar) suratda ýogyn çyzyklarda görkezilen.

6. Kulaçogyň hakyky şekilini gurarys. Munuň üçin merkezi şekiliň içinde roligiň r_0 radiusly, merkezi kulaçogyň merkezi şekilinde ýerleşen dugalaryň hataryna geçireris. Bu dugalaryň üstünden aýlanyp egriligi (ekwidistant egriligini) geçireris, bu kulaçogyň hakyky şekili bolar.

Yrgyldaýan ýasy iterijili kulaçokly mehanizm

Berlen: iterijiniň hereket kanuny $\psi=f(\varphi)$, kulaçogyň minimal radiusy r_{\min} , kulaçogyň we iterijiniň aýlanma oklarynyň arasyndaky uzaklyk OO' we iterijiniň aýlaw ugry (4.24-nji surat).

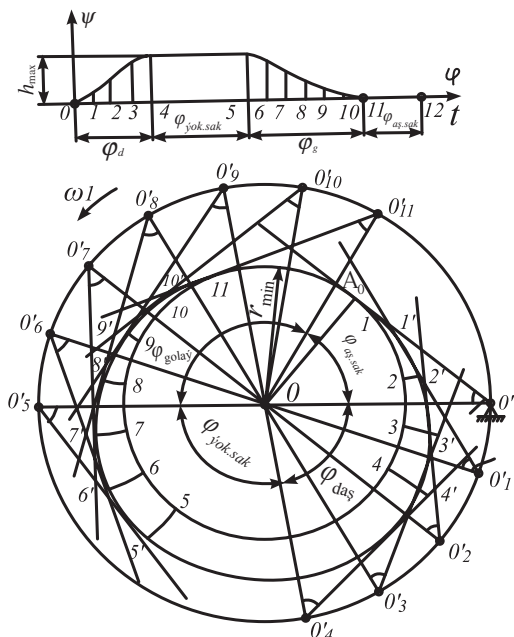
Kulaçogyň şekili şeýle yzygiderlikde gurulýar:

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

3. Kulaçogyň O we iterijiniň O' aýlanma oklarynyň ýagdaýlaryny belleýäris. Merkezi O nokatda (kulaçogyň aýlanma okunda) r_{\min} radiusly töwerek geçireris, O' nokatdan bolsa (iterijiniň aýlanma okundan) bu töwerek bilen galtaşma $O'A_0$ geçireris. Bu galtaşma iterijiniň başlangyç (aşaky) ýagdaýy bolar. Iterijiniň başlangyç

ýagdaýy $O'A_0$ bilen merkezi OO' çyzygyň ýagdaýynyň arasyndaky ψ_0 burçy çyzydan ölçäris.

4. O merkezden OO' radiusly töwerek geçireris we OO' göni çyzykdan kulaçogyň aýlanmasyna garşylyklaýyn ugra, hemme φ_i ($\varphi_{\text{daş}}, \varphi_{\text{yok.sak}}, \varphi_{\text{golaý}}, \varphi_{\text{aşak.sak}}$ we aralykdaky) burçlary ölçäp goýarys we bu burçlara O nokatdan şöhleler geçireris.



4.24-nji surat

Bu şöhleler bilen OO' radiusly töwerekleriň kesişme nokatlary (O'_1, O'_2, O'_3, \dots) iterijiniň aýlanma okunyň otnositel ýagdaýy bolar, şöhleleriň özleri bolsa merkezi çyzyklaryň otnositel ýagdaýy bolar.

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

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

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

.....

we bu burçlaryň astynda merkezi çyzyklaryň ýagdaýlaryna görä $OO'_1, OO'_2, OO'_3, \dots$ degişlilikde O'_1, O'_2, O'_3, \dots nokatlardan şöhleleri geçireris $O'_1I', O'_22', O'_33', \dots$. Bu şöhleler iterijiniň otnositel ýagdaýy

bolýar. Şöhlelere galtaşdyryp daşyna aýlanyp çyksak, kulaçogyň hakyky şekilini alarys.

Iterijiniň otnositel ýagdaýyny başgaça-da kesgitlemek mümkin. Ýagny merkezi çyzykdan hasaplanan (we alnyp goýlan) iterijiniň süýşme burçuny ψ_i kesgitlep, iterijiniň A_0 nokadynyň (ýa-da haýsy hem bolsa başga nokadynyň) göni süýşmesini s_i -ni tapmak bolýar, onuň başlangyç ýagdaýyndan hasaplasak:

$$\begin{aligned}s_1 &= O'A_0 + \psi_1; \\ s_2 &= O'A_0 + \psi_2\end{aligned}$$

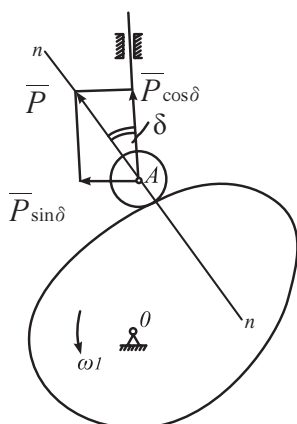
($O'A_0$ kesimi çyzgydan ölçemeli).

Bu süýşmäni r_{\min} radiusly töwerekden $O'A_0$ radiusly O'_1, O'_2, O'_3, \dots merkezlerden getirilen töweregiň dugasy boýunça ölçäp goýup, $1', 2', 3', \dots$ nokatlary alarys. Bu nokatlaryň üstünden we olara degişlilikde iterijiniň aýlanma oklarynyň O'_1, O'_2, O'_3, \dots otnositel ýagdaýlaryna göni çyzyklary geçireris we iterijiniň otnositel ýagdaýyny alarys. s_1, s_2, s_3, \dots dugalar ($\overline{1-1'}, \overline{2-2'}, \overline{3-3'}, \dots$ dugalar) çyzgyda ýogyn çyzyklar bilen getirilen.

4.6. Basyş burçuna baglylykda kulaçogyň şekiliniň iň kiçi radiusyny kesgitlemek

Kulaçokly mehanizmiň şekili kesgitlenende kulaçogyň iň kiçi (minimal) radiusy r_{\min} berlen diýip hasaplapdyk. Iterijiniň berlen bir we şonuň ýaly hereket kanunlary bilen, dürli minimal radiusly köp kulaçoklary gurmak mümkin.

Bu kulaçoklardan haýsysyny saýlarys? Elbetde, konstruktiv düşüňjelerden hemişe, mümkin boldugyça, kiçi ölçegli kulaçogy saýlarys. Emma kulaçogyň ölçeginiň (r_{\min} ölçegi) kiçelmegi bilen, aşakda görşümüz ýaly, sürtülme güýjüniň bialaç ulalmagy bolup geçýär, has kiçi ölçegli kulaçokda bolsa iterijiniň ýelmeşmesi we döwülmesi ýüze çykyar.



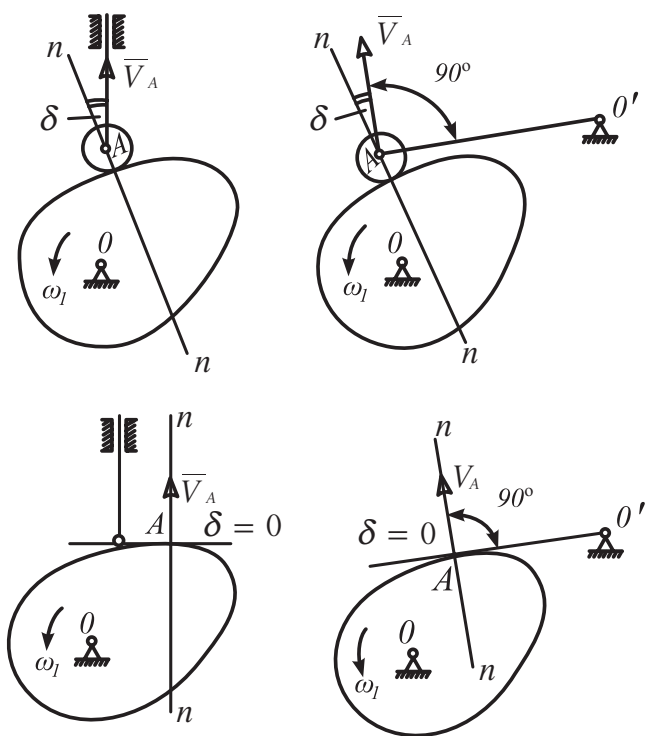
4.25-nji surat

4.25-nji suratda kulaçogyn iterijä P güýjün basyşsynyň ugry görkezilen. P güýç iteriji bilen kulaçogyn şekiliniň galtaşma nokadynda normal boýunça ugrukdyrylan (eger kulaçok bilen iterijiniň arasyndaky sürtülmäni hasaba almasak). Kulaçogyn şekili bilen iterijiniň galtaşma nokadynda, iterijiniň hereketiniň (tizliginiň) ugry bilen umumy n - n normalyň arasyndaky δ burça basyş burçy diýilýär. P güýji iki düzüji güýje paýlap, iterijiniň hereket çyzygynyň boýuna ugrukdyrylan $P' = P \cos \delta$ we iterijiniň hereket çyzygyna perpendikulýar ugrukdyrylan $P'' = P \sin \delta$ güýçleri alarys. P' güýç peýdaly güýç bolar, peýdaly garşylygy ýeňmäge ugrukdyrylan, P'' güýç bolsa, zyýanly güýç bolar, ýagny iterijiniň gyşarmagyna getirýär, iterijiniň ugrukdyryjysynda sürtülme güýjüni döredýär. Eger bu güýç örän beýik bolsa, onda iterijide ýelmeşme we döwürme ýüze çykar. Şeýlelikde, basyş burçy δ näçe kiçi boldugyça, P'' güýji kiçeltmäge şonça-da amatly.

Emma beýleki tarapdan, basyş burçunyň kiçelmegi bilen kulaçogyn ölçeginiň ulalyşsyny mundan soňra göreris. Şonuň üçin basyş burçy has kiçi bolmaly däl.

Bu ýagdaý göz önüne tutulyp, üstün çykmaz ýaly iş ýüzünde basyş burçunyň maksimal ululygy δ_{\max} goýulýar, çünki garşylykly ýagdaýda, ýokarda görkezilişi ýaly, uly sürtülme güýji döreýär, iterijiniň ýelmeşmegi we döwürmegi mümkin:

$$\delta \leq \delta_{\max} \quad (4.3)$$



4.26-njy surat

Iş ýüzünde basyş burçunyň δ_{\max} ululygyny:

Süýşme hereketli iterijiler üçin $\delta_{\max} = 30^\circ$;

Aýlanýan iterijiler üçin $\delta_{\max} = 45^\circ$ kabul edilýär.

Kulaçokly mehanizmler üçin basyş burçlarynyň kesgitlenilişiniň dürli görnüşleri 4.26-njy suratda görkezilen. Görnüşi ýaly, bu gözýetim bilen has amatly ýasy iterijili kulaçokly mehanizm bolar, ýagny onuň basyş burçy nola deň.

Berlen maksimal basyş burçy δ_{\max} boýunça kulaçogýň ölçeginiň nähili kesgitlenişine seredeliň. Öňi bilen, eger iterijiniň hereket kanuny we kulaçogýň aýlanma okunyň ýagdaýy belli bolsa, basyş burçunyň δ nähili goýluşyna serederis. Kulaçokly mehanizm üçin (4.27-nji a surat) tizligiň planyny gurýarys. Guruluş wektor deňleme boýunça erkin masştabda geçiriler:

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

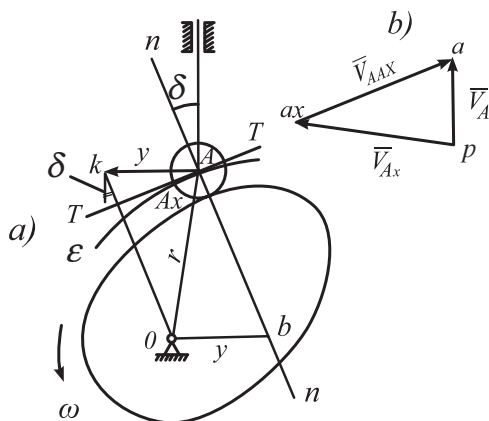
bu ýerde

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

\bar{v}_{A_x} – kulaçogyň merkezi şekiliniň A_x nokadynyň tizligi, berlen ýagdaýda A nokat bilen gabatlaşýar, bu tizlik r radiusa perpendikulýar ugrukdyrylan;

\bar{v}_{AA_x} – A nokadyň A_x nokada görä tizligi; ol ekwidistant profile galtaşma boýunça (ýa-da n - n normala perpendikulýar) ugrukdyrylan;

Değişlilikde wektor deňleme boýunça alnan masşabda $\bar{v}_A (\perp \overline{OA})$ wektory ölçäp geçireris (4.27-nji *b* surat). Wektoryň aýak ujudan $\bar{v}_{AA_x} (\perp \overline{nn})$ wektoryň ugruny geçireris, baş ujudan bolsa – \bar{v}_A wektory geçireris. Bu ugurlaryň kesişme nokady (a nokat) \bar{v}_{AA_x} we \bar{v}_A wektorlaryň ululyklaryny kesgitleýär.



4.27-nji surat

Kulaçogyň aýlanma O okundan (4.27-nji *a* sur.) iterijiniň hereket ugruna perpendikulýar, tä normal bilen kesişýänçä çyzyk geçirmeli (b nokat).

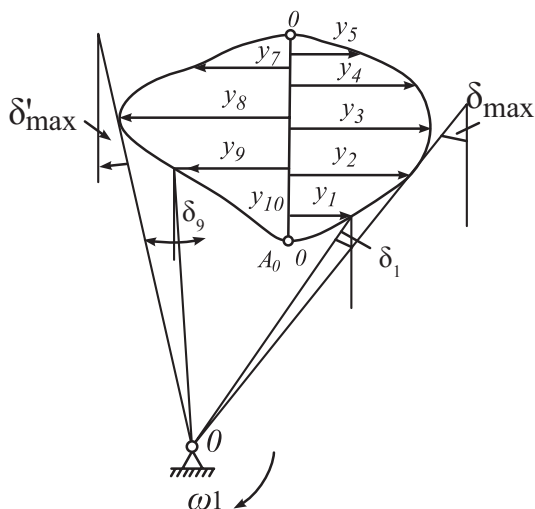
$$\frac{y}{r} = \frac{v_A}{v_{Ax}} = \frac{\frac{ds_A}{dt}}{r \omega} = \frac{ds_A}{r \omega dt} = \frac{ds_A}{r d\varphi},$$

bu ýerden

$$y = \frac{ds_A}{d\varphi} \quad (4.4)$$

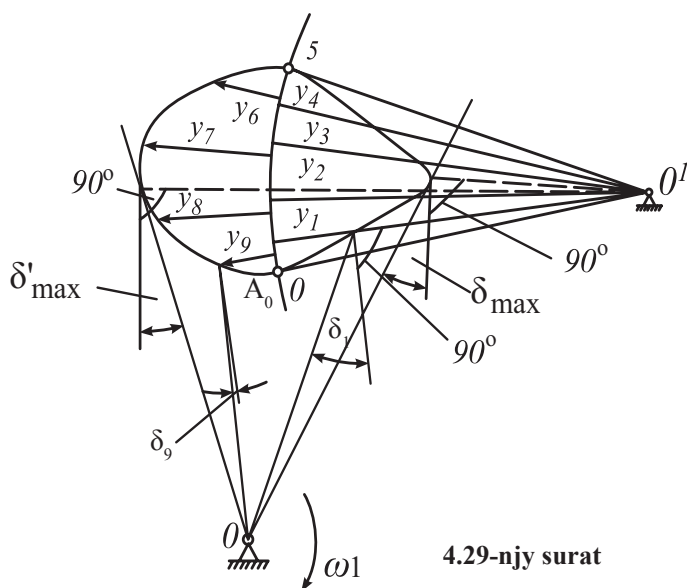
Eger y kesimi üýtgetmän, A nokatdan iterijiniň hereket ugruna perpendikulýar ugurda (çepde) goýsak, onuň soňy (k nokat) bilen kulaçogyň aýlanma oky O nokada göni çyzyk birleşdirer, onda iterijiniň hereket ugry bilen bu çyzygyň arasyndaky burç, çyzgydan görnüşi ýaly, basyş burçuna δ deň bolar.

Şeýlelikde, basyş burçuny kesgitlemek üçin kulaçogyň profilini bilmek hökman däl. Iterijiniň berlen hereket kanuny boýunça (4.4) formula bilen y kesimiň ululygyny hasaplamak ýeterlik, berlen ýagdaýyndan bu kesimi roligiň aýlanma okuna A , iterijiniň tizligine perpendikulýar ugra, ululygyny üýtgetmän geçirip we kesimiň aýak uýy bilen kulaçogyň aýlanma okuny birleşdirmek ýeterlikdir. Bu çyzyk bilen iterijiniň tizliginiň ugrunyň arasyndaky burç basyş burçy bolar. Belläp geçmeli, ýagny y kesimi, iterijiniň A nokadynyň tizliginiň wektory nirä ugrukdyrylan bolsa, ony kulaçogyň aýlanma ugruna 90° öwürüp, emele gelen ugruň üstünde y kesimi goýulýar. Biziň ýagdaýymyzda iterijiniň ýokaryk hereketinde y kesimi çepde ölçäp goýmak gerek, iterijiniň aşak hereketinde bolsa, saga goýarys.



4.28-nji surat

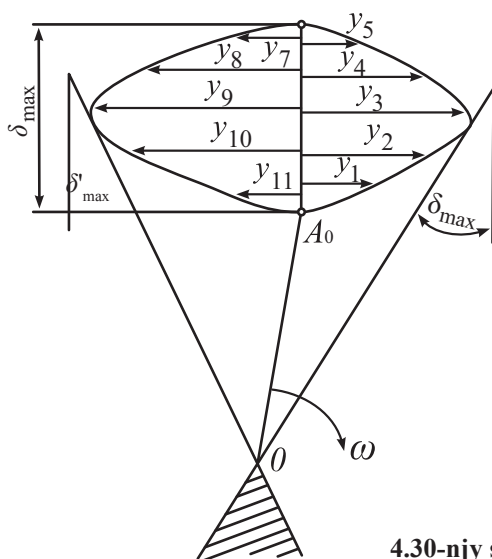
y ululygy, munuň (4.4) formuladan alnyşy ýaly, iterijiniň hereketiniň tizligine-de proporsional (kulaçogyň deňölçegli aýlanmasynda) we üýtgeýän ululykda bolýar.



4.29-njy surat

4.28, 4.29-njy suratlarda süýşme (4.28-nji surat) we aýlanýan (4.29-njy surat) iterijili kulaçokly mehanizmler üçin iterijiniň dürli ýagdaýlarynda basyş burçunyň kesgitlenişi görkezilen. Iterijiniň A nokadynyň hereket ýolundan sagda iterijiniň görtermegindäki y ululygyny üýtgetmän belläris, iterijiniň düşürilmegindäkini bolsa çepde (aýlanýan iterijiler üçin y kesimler iterijiniň boýuna, ýagny A nokadyň tizligine perpendikulýar) ölçäp bellemeli. Göterilmede δ_{\max} we düşürilmede δ'_{\max} basyş burçunyň maksimal ululygy, kulaçogyň aýlanma okundan O , y kesimleriň uçlary birleşdirilip emele getirilen egrilige galtaşma geçirilip kesgitlenýär. Şeýlelikde, eger iterijiniň we kulaçogyň aýlanma okunyň hereket kanuny berlen bolsa, onda her ýagdaý üçin basyş burçlaryny we maksimal basyş burçlaryny δ_{\max} we δ'_{\max} aňsat kesgitlemek bolýar.

Meseläni yzlygyna-da goýmak bolýar: iterijiniň hereket kanuny we maksimal basyş burçlary δ_{\max} we δ'_{\max} berlen; kulaçogyň aýlanma okunyň ýagdaýyny we kulaçogyň minimal radiusyny kesgitlemegi talap edilýär. Munuň üçin berlen hereket kanuny boýunça y ululygynyň hemme ýagdaýy üçin gurnamaly, bu kesimler edil ýokarda (4.30-njy surat) görkezilişi ýaly alnyp goýulýar we olaryň uçlary endigan egrilen bilen birleşdirilip çykylýar.



Soňra roligiň merkeziniň tizliginiň ugry bilen bu egrilige δ_{\max} we δ'_{\max} burçlaryň astynda galtaşma geçireris. Kulaçogyň aýlanma okuny galtaşma bilen ştrihlenen meýdançanyň arasynda islendik ýerde ýerleşdirmek bolýandygy aýdyň görünýär; garşydaş ýagdaýda basyş burçlarynyň ikisi δ_{\max} we δ'_{\max} (iterijiniň görterilmeginde we düşürilmeginde) ýa-da olardan birisi ygtyýarly bolar. Elbetde, kulaçogyň iň kiçi ölçegi alynmaly bolsa, onda onuň aýlanma okuny galtaşmalaryň kesişme O nokadynda almaly bolar. OA_0 kesim kulaçogyň merkezi şekiliniň minimal radiusyny görkezýär.

Kulaçoğyň şekilini gurmaga degişli mysallara serederis.

4.1-nji mysal

Süýşme hereketli rolik iterijili, merkezi däl kulaçokly mehanizmiň kulaçoğyynyň şekilini gurmaly.

Berlen:

a) Iterijiniñ tizlenmesiniñ üytgeme kanuny 4.31-nji a suratda şekillendirilen grafikden kesgitlenyär;

b) Faza burçlary $\varphi_{\text{das}}=80^\circ$, $\varphi_{\text{yok.sak.}}=45^\circ$, $\varphi_{\text{golaý.}}=60^\circ$, $\varphi_{\text{asak.sak.}}=175^\circ$;

ç) İterijiniň ýörişi (ýöriş aralygy) $h_{\max} = 30 \text{ mm}$;

d) Kulaçoğyn iň kiçi radiusy $r_{\min}=30\text{ mm}$, roligiň radiusy $r_0=20\text{ mm}$,
ekssentrisitet $e=10\text{ mm}$;

e) Kulaçogyn aýlanma ugry sagat diliniň ugruna.

Ç ö z ü l i ş i :

Meseläniň çözülişi şeýle yzygiderlikde geçirilýär:

Iterijiniň $a=f(t)$ diagrammasyndan grafiki integrirleme usulynda tizligiň diagrammasyny $v=f(t)$ gurarys (4.31-nji b surat).

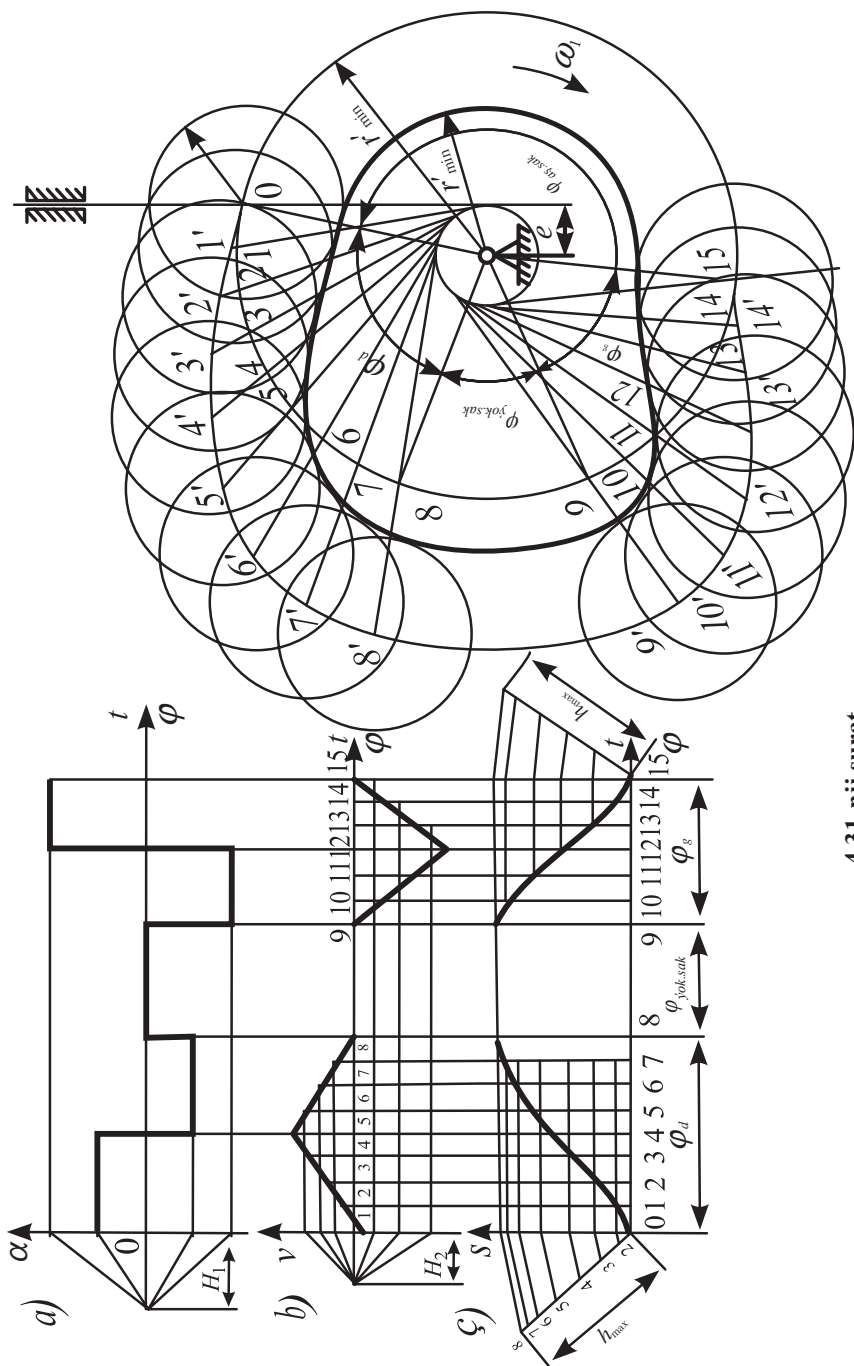
Iterijiniň $v=f(t)$ diagrammasyndan grafiki integrirleme usulynda süýşme diagrammasyny $s=f(t)$ gurarys (4.31-nji ç surat). Integrirlemede $\varphi_{\text{daş}} = 80^\circ$ burçy sekiz bölege, $\varphi_{\text{golaý}} = 60^\circ$ burçuny bolsa alty bölege bölýäris.

Integrirleme usuly erkin masştabda geçirilýär. Şonuň üçin $s=f(t)$ diagrammada alnan iň ýokary ordinata iterijiniň berlendäki ýörişine $h_{\text{max}} = 30 \text{ mm}$ degişli däl. Iterijiniň hakyky süýşmesi kesgitlenende, kulaçogyň her ýagdaýy üçin iterijiniň hakyky ýörişini h_{max} süýşme diagrammasynyň deňşililikde proporsional ordinatalaryny bölmek gerek. Munuň üçin $s=f(t)$ diagrammanyň koordinata başlangyjyndan erkin burçuň astyndan göni çyzyk geçireris we onda iterijiniň hakyky süýşmesini $h_{\text{max}} = 30 \text{ mm}$ ölçäp goýarys. Soňra ondan adaty usulda parallel göni çyzyklary proporsionallykda $s=f(t)$ diagrammanyň ordinatasyna geçirşdireris. $0-1'$, $0-2'$, $0-3'$,... kesimler (4.31-nji ç sur.) her ýagdaý üçin hakyky süýşme bolýar.

9...15 ýagdaýlary üçin gurluşy meňzeş ýagdaýda diagrammanyň sag tarapynda geçirilýär.

3. Kulaçogyň aýlanma oky – merkezi erkin O nokatda (4.31-nji d surat) $r'_{\text{min}} = r_{\text{min}} + r_o = 30 + 20 = 50 \text{ mm}$ radiusly we $e = 10 \text{ mm}$ töwerek geçireris. Soňundan bolsa, iterijiniň hereket çyzygy bolýan dik galtaşma geçireris. Bu galtaşma bilen r'_{min} radiusly töweregiň kesişme nokady (A_0 nokat) roligiň aýlanma okunyň başlangyç (aşaky) ýagdaýy bolar.

A_0 nokat bilen kulaçogyň aýlanma O okuny göni çyzyk bilen birleşdireris we bu göni çyzykdan kulaçogyň aýlanma ugruna garşylyklaýyn tarapa $\varphi_{\text{daş}}$, $\varphi_{\text{ýok.sak.}}$, $\varphi_{\text{golaý}}$, $\varphi_{\text{aşak.sak.}}$ burçlarda $0-8$, $0-9$, $0-15$ şöhleleri ölçäp goýarys (berlen diagramma seret). Soňra r'_{min} radiusly töwerek boýunça $\overline{A_0-8}$ dugany, deňşililikde iterijiniň daşlaşma fazasyny sekiz bölege, $9-15$ dugany, deňşililikde iterijiniň ýakynlaşma fazasyny alty bölege (10° -dan) böleris.



4.31-nji surat

Bölünen $1, 2, 3, \dots$ nokatlardan e radiusly töwerege galtaşma geçireris. r'_{\min} radiusly töwerekden bu galtaşmanyň boýuna $1-1', 2-2', 3-3', \dots$ kesimleri ölçäp goýarys, ýagny olar $s=f(t)$ diagramma boýunça ölçenen hakyky süýşmesine $0-1', 0-2', 0-3', \dots$ deň. $A_0, 1', 2', 3', \dots, 9', 10', 11', \dots$ endigan egri bilen birleşdirip, kulaçogyň merkezi şekilini alarys. $8'$ bilen $9', 15'$ bilen A_0 galtaşmalaryň arasynda kulaçogyň merkezi şekili hemişelik radiusly töweregiň dugasy boýunça çyzylýar.

4. r_0 radiusly merkezi kulaçogyň merkezi şekilinde ýerleşýän roligiň töwerekleriniň (ýa-da töweregiň dugasynyň) hataryny geçireris. Merkezi şekiliň içinde bu töwereklere endigan egri çyzyk aýlalyň. Bu emele gelen şekil kulaçogyň hakyky şekili bolar.

4.2-nji mysal.

Süýşme hereketli rolik iterijili kulaçokly mehanizmiň minimal ölçegini indiki berlenler boýunça taslamaly:

a) Iterijiniň tizlenmesiniň üýtgeме kanuny $a=f(t)$ 4.32-nji a suratda görkezilen diagrammada kesgitlenýär;

b) Faza burçlary $\varphi_{\text{daş}}=60^\circ, \varphi_{\text{ýok.sak.}}=45^\circ, \varphi_{\text{golaý.}}=45^\circ, \varphi_{\text{aşak.sak.}}=210^\circ$;

ç) Iterijiniň ýörişi (ýöriş aralygy) $h_{\max}=25 \text{ mm}$;

d) Iterijiniň göterilmede we düşürilmede birlikde basyşyň maksimal burçy $\delta_{\max}=30^\circ$;

e) Iterijiniň roliginiň radiusy $r_0=15 \text{ mm}$;

f) Kulaçogyň aýlanma ugry sagat diliniň ugruna.

Ç ö z ü l i ş i:

Meseläniň çözülişi şeýle yzygiderlikde geçirilýär.

1. Grafiki integrirleme usulynda (erkin masşabda) $a=f(t)$ diagrammadan iterijiniň tizliginiň $v=f(t)$ diagrammasyny alarys (4.32-nji b surat). Bu diagramma bir wagtyň özünde

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

diagrammasy-da bolar.

Grafiki integrirleme usulynda $v=f(t)$ ýa-da $y=f(\varphi)$ diagrammadan iterijiniň süýşme diagrammasyny $s=f(t)$ alarys (4.32-nji φ surat).

Iň soňky diagrammany guranymyzdan soňra masşablary hasaplarys. Süýşme masşaby:

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

bu ýerde $[h_{\max}] = 18,5 \text{ mm}$ – $s = f(\varphi)$ diagrammanyň maksimal ordinatasy, (çyzgy boýunça ölçenen).

Kulaçogyň öwrülme φ burçlarynyň masşaby

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

(Bu masşab aslynda $a = f(t)$ diagramma gurlanda başda saýlanan – 180° üçin φ ok boýunça 120 mm uzynlykda kesim saýlanan);

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

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

bu ýerde $H_2 = 15 \text{ mm}$ – polýus aralygy, ikinji integrirlemede kabul edilen.

Iterijiniň ýoluna bellik ediris, munuň üçin $s_i = [s_i] \cdot \mu_s$ (bu ýerde $[s_i] - s = f(\varphi)$ diagrammanyň ordinatasyna degişlilikde ululygy (mm), çyzgy boýunça ölçenen) formula boýunça her ýagdaý üçin iterijiniň süýşmesiniň ululygyny hasaplaýs.

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

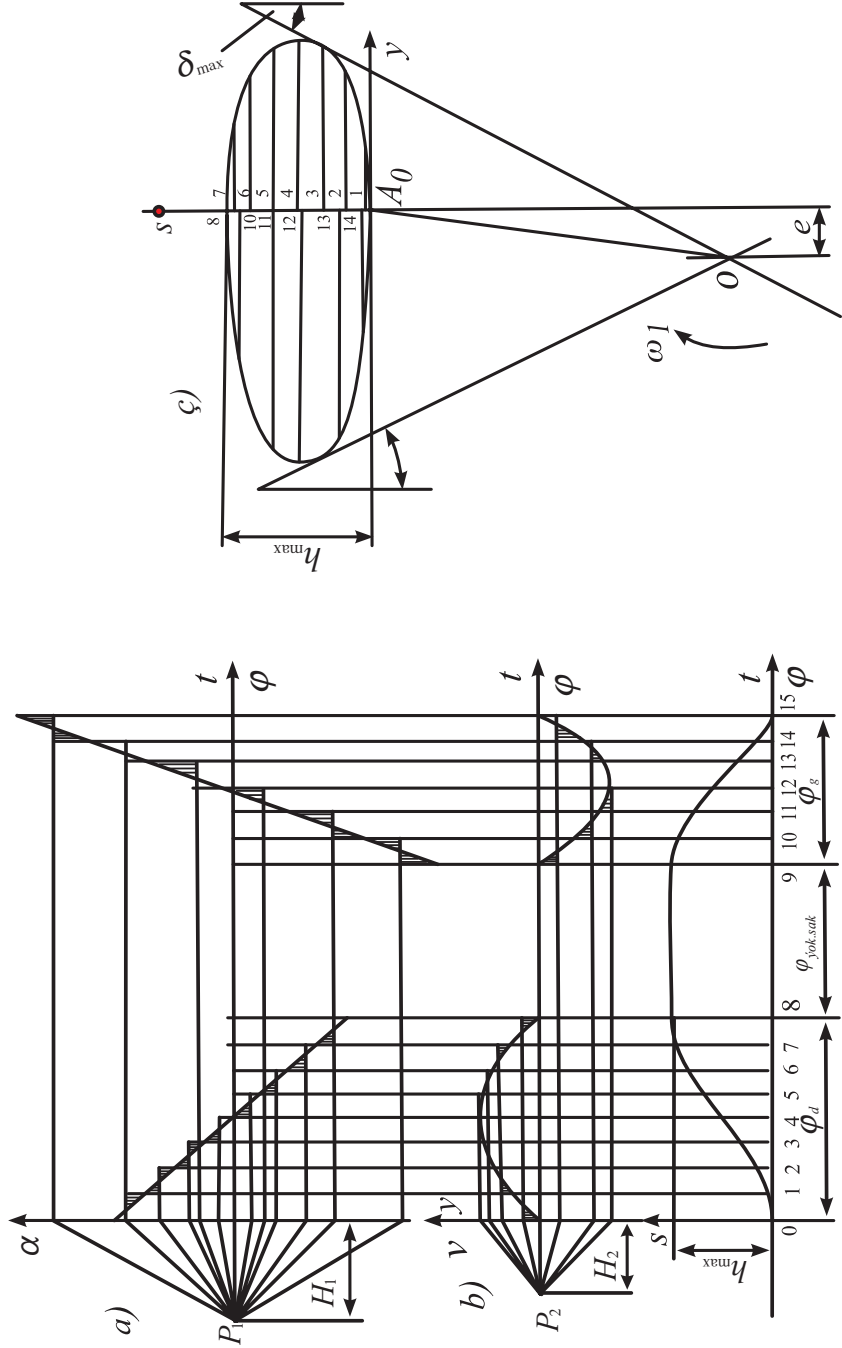
s we y ululyklar, görkezilen formula boýunça hasaplanan, 4.1-nji tablisada getirilen.

y kesimleriniň uçlaryny endigan utgaşdyrylan egri boýunça birleşdirmeli. Iterijiniň hereket ugry bilen bu egrilige $\delta_{\max} = 30^\circ$ burç astynda galtaşma geçireris. Galtaşmalaryň kesişme (O nokady) nokady, kulaçogyň iň kiçi ölçeginde iterijiniň aýlanma okunyň ýagdaýyny kesgitleýär. OA_0 kesim kulaçogyň merkezi şekiliniň iň kiçi radius-wektory r'_{\min} bolar. Bu kesimi çyzgydan ölçäris:

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

Yzygiderlikde, kulaçogyň iň kiçi radiusy:

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



4.32-nji surat

Şeýle hem çyzgy boýunça ekssentrisiteti ölçäris:

$$e=10 \text{ mm.}$$

Bu ululyklary kesgitlänimizden soňra kulaçogyň şekilini gurmaga başlamak bolar. Gurluşy 4.33-nji suratda görkezilen.

4.1-nji tablisa

Ýagdaýy	Ululyklar		Ýagdaýy	Ululyklar	
	$s, \text{ mm}$	$y, \text{ mm}$		$s, \text{ mm}$	$y, \text{ mm}$
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

4.3-nji mysal

Rolikli aýlanýan iterijili kulaçokly mehanizm üçin kulaçogyň in kiçi ölçeği indiki berlenler boýunça taslanýar:

- Iterijiniň tizlenmesiniň üýtgeме kanuny $\varepsilon_2=f(t)$ 4.34-nji suratda görkezilen diagrammada kesgitlenýär;
- Faza burçlary $\varphi_{\text{daş}}=80^\circ$, $\varphi_{\text{ýok.sak}}=0^\circ$, $\varphi_{\text{golaý.}}=80^\circ$, $\varphi_{\text{aşak.sak.}}=200^\circ$;
- Iterijiniň hereket geriminiň burçy $\psi_{\text{max}}=15^\circ$;
- Iterijiniň uzynlygy $O'A=100 \text{ mm}$;
- Iterijiniň roliginiň radiusy $r_0=17 \text{ mm}$;
- In uly basyş burçy $\delta_{\text{max}}=30^\circ$.

Ç ö z ü l i ş i:

Gurluşy şeýle yzygiderlikde geçirilýär:

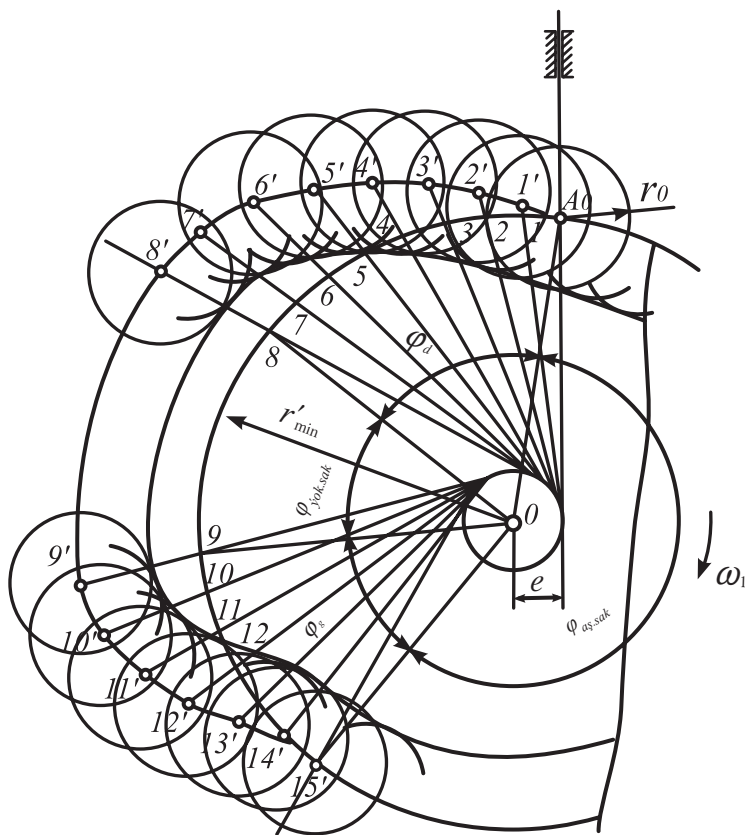
1. Grafiki integrirleme usulynda (erkin masştabda) iterijiniň aýlanma tizlenmesiniň diagrammasyndan: $\varepsilon_2=f(t)$ burç tizliginiň

diagrammasyny alarys: $\omega_2=f(t)$ (4.34-nji b surat). Bu diagramma bir wagtyň özünde iterijiniň roliginiň merkeziniň göni tizliginiň diagrammasy $v_A=f(t)$ (çünki roligiň merkeziniň tizligi ω_2 proporsional) ýa-da

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

diagrammasy bolýar.

2. Tizligiň diagrammasyndan grafiki integrirleme usulynda iterijiniň burç süýşme diagrammasyny $\psi=f(t)$ alarys (4.34-nji ç surat). Bu diagramma bir wagtyň özünde roligiň merkeziniň göni süýşme diagrammasy $s_A=f(t)$ ýa-da $s_A=f(\varphi)$ bolýar.



4.33-nji surat

Iň soňky diagramma alnandan soňra masştablary hasaplaýarys:
Burç süýşmesiniň masşaby (grad):

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

bu ýerde $[\psi_{\max}] = 20 \text{ mm}$ – diagrammanyň maksimal ordinatasy (çyzgydan ölçenen).

Iterijiniň burç süýşmesiniň masşaby (rad):

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

Iterijiniň roliginiň merkeziniň göni süýşmesiniň masşaby:

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

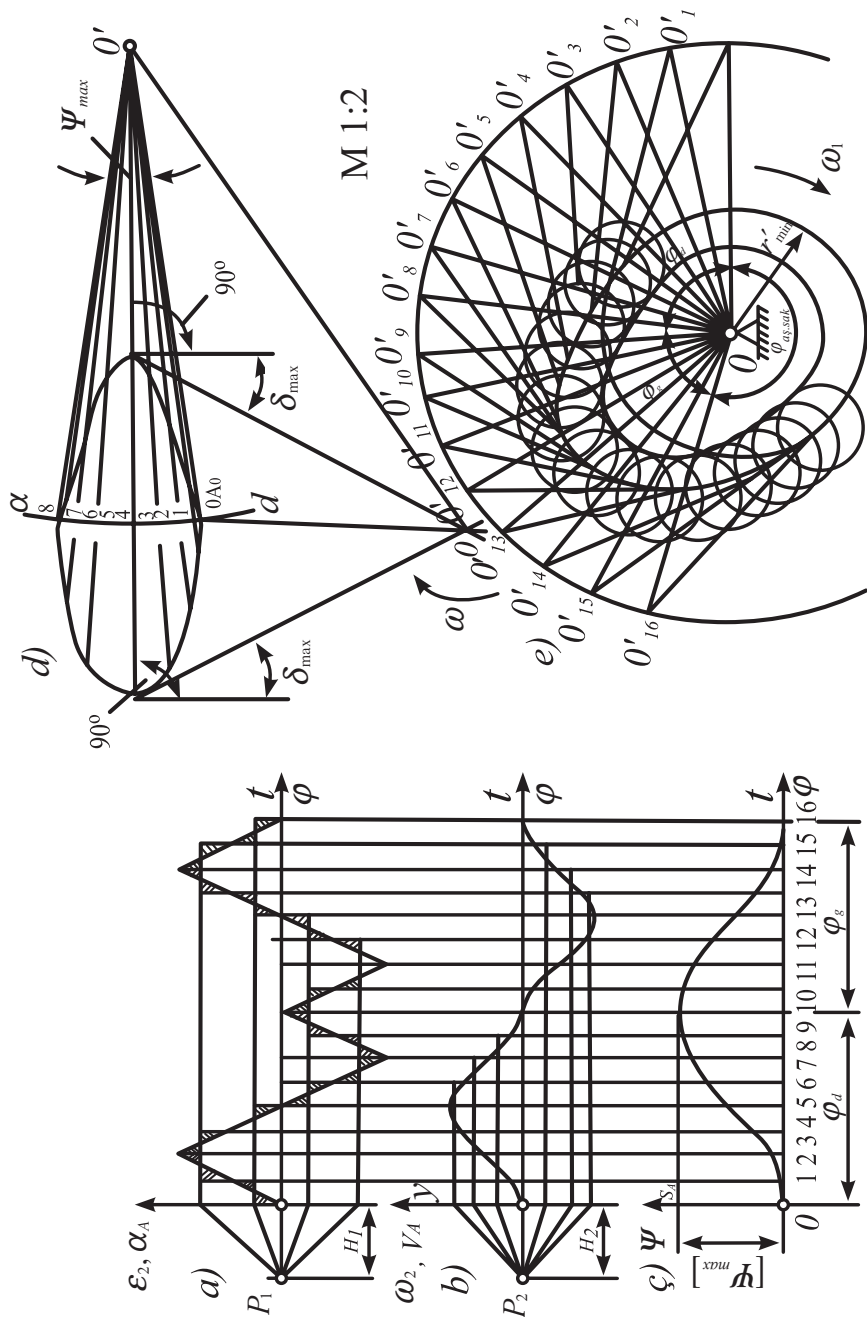
Kulaçogyň burç öwrülmesiniň masşaby:

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

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

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

$$\mu_y = \frac{\mu_s}{\mu_{\varphi H_2}} = \frac{1,3}{0,035 \cdot 15} = 2,5 \frac{\text{mm}}{\text{mm}},$$



bu ýerde $H_2 = 15 \text{ mm}$ – polýus aralygy, ikinji gezek integrirlemede kabul edilen.

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

ψ_i we y_i ululyklar her ýagdaý üçin görkezilen formula boýunça hasaplanan we 4.2-nji tablisada getirilen. Bu tablisada hem aşakdaky formula boýunça hasaplanan roligiň merkeziniň göni süýşmesiniň ululygy berlen:

$$s_i = \psi_i \cdot O'A \quad ýa-da \quad s_i = \mu_s [\psi_i].$$

y kesimleriň uçlary endigan egri bilen birleşdirilýär. Bu egriniň iki tarapyndan hem roligiň merkeziniň tizliginiň ugruna δ_{\max} burç astynda galtaşma geçireris, ýagny ol y ululygyň iň ýokarky (tizligiň ugry iterijä perpendikulýar) ýagdaýynda kabul edilýär. Belläp geçmeli, näme üçin gurluşyň takyklygy onçakly däl: haçanda galtaşma egrilige galtaşanda, galtaşma iterijiniň merkeziniň tizliginiň ugruna perpendikulýar bolmaly. Emma bu ýagdaýy tapmak kyn. Ol y -iň maksimal ululygynyň kabul edilýän ýagdaýyna örän ýakyn, şonuň üçin ygtyýar berilýän ýalňyşlyk ujypsyz.

4.2-nji tablisa

Ýagdaýy	Ululyklar			Ýagdaýy	Ululyklar		
	ψ°	s_A , <i>mm</i>	y , <i>mm</i>		ψ°	s_A , <i>mm</i>	y , <i>mm</i>
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	13,0	-35,0
4	7,5	13,0	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				

Galtaşmanyň kesişme nokady (O nokat) iň kiçi ölçegli kulaçogynyň aýlanma okunyň ýagdaýy bolar.

OA_0 we OO' kesimleri ölçäris, ýagny deňişlilikde merkezi şekiliň iň kiçi radius-wektory r'_{\min} we kulaçok bilen iterijiniň aýlanma oklarynyň arasyndaky uzaklyk bolar:

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

Kulaçogynyň hakyky şekiliniň iň kiçi radius-wektory:

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

Ölçeşleri kesgitlenenden soňra kulaçogynyň şekilini gurarys. Gurluşy 4.34-nji e suratda görkezilen.

V BÖLÜM

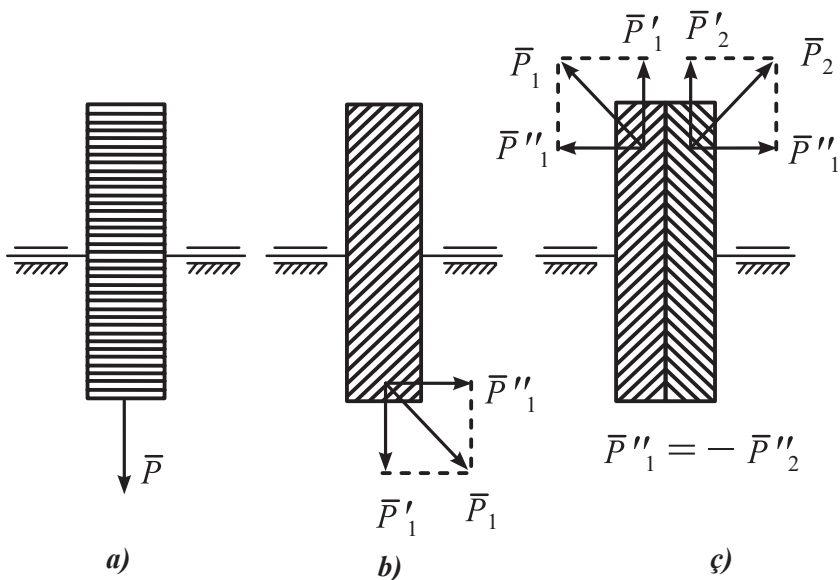
DIŞLI ILIŞMEGIŇ NAZARYÝETI

5.1. Umumy düşüňjeler

Hereket geçirijileriň arasynda dişli geçirijiler geçirijilik sanynyň hemişeligi bilen tapawutlanýar. Friksion we çekili geçirijilerde zwenolaryň arasynda tytmak hereketi bolýar, zynjyrly geçirijide zwenolarynyň sany köp bolansoň, aralary geçirijilik sanyna täsir edýär. Dişli geçirijiler mehanizmleriň we maşynlaryň köpüsinde ulanylýar. Olaryň ululyklary birnäçe millimetrden birnäçe metre çenli bolup bilýär. Aýlaw ýygýlyklary bir aýlaw/minutdan birnäçe mün aýlaw/minuta çenli bolup bilýär. Geçirijilik sany birnäçeden birnäçe münä çenli bolup bilýär.

Parallel oklaryň arasynda silindr şekilli dişli tigrirler boýunça hereket geçirilýär.

Olaryň dişleri silindriň göwrümüne parallel, gyýa we toýnuk şekilli (şewron) bolup bilýär (5.1-nji surat).



5.1-nji surat

\bar{P} – ýörediji güýç, bu dişli tigrileriň daýançlarynda ýönekeý podşipnik goýulýar, oňa radial podşipnik diýilýär (5.1-nji a surat).

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

\bar{P}''_1 – dişli tigrini okuň ugruna süýşürýän güýç. Gyýa dişli tigrileriň daýançlarynda radial-ok ugra (upor) podşipnikler goýulýar. Konus rolikli podşipnikler (5.1-nji b surat).

Toýnuk şekilli dişli tigrilerde $\bar{P}''_1 = -\bar{P}''_2$ güýçler deň. Tigrini süýşürjek güýçler deň we özara garşy bolansoň, täsirleri nola deň bolar. Daýançlarynda ýönekeý tigrilenme podşipnikler goýulýar (5.1-nji ç surat).

Eger tigrileriň ikisi bir tarapa aýlansa, onda geçirijilik gatnaşygyňň alamaty goşmak (+) diýip alynýar (5.2-nji a surat).

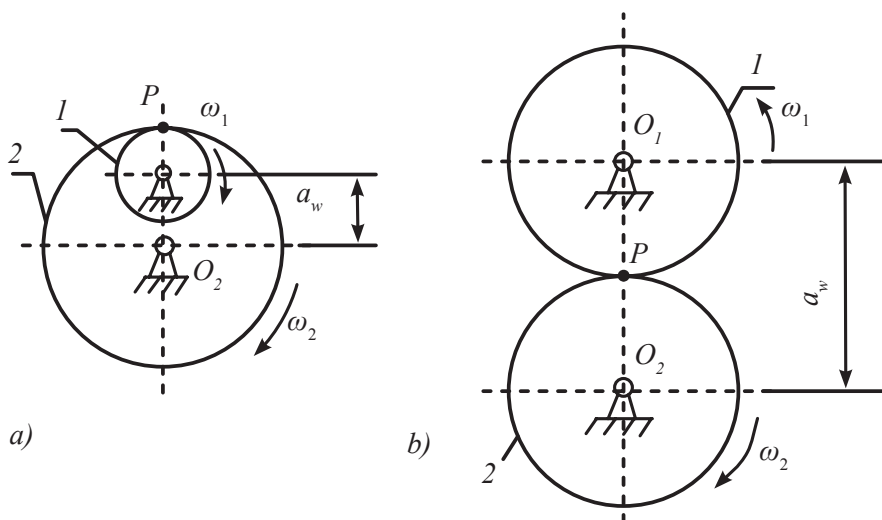
$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad i_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Geçirijilik gatnaşygy goşmak alamatly bolanda, tigriler içki ilişmede bolýar.

Zwenolar bir-biriniň garşysyna aýlansa, geçirijilik gatnaşygy aýyrmak alamatly (-) diýip alynýar.

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

Geçirijilik gatnaşygy aýyrmak alamatly bolanda tigrirler daşky ilişmede bolýar. Geçirijilik gatnaşygyny kesgitlemek üçin aýlaw ýygýlyklaryny bir-birine bölmeli.

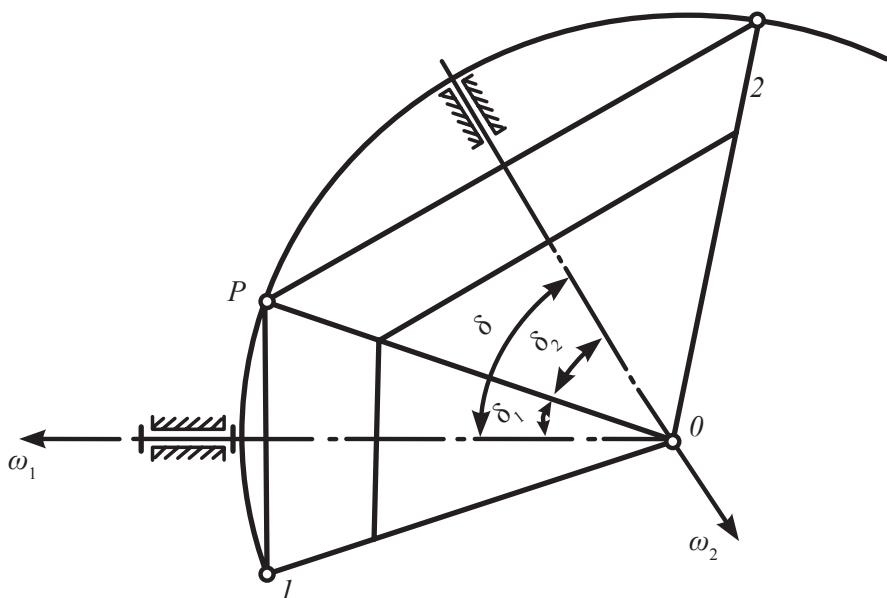


5.2-nji surat

Eger bir tigrin radiusy tükeniksiz bolsa, onda oňa reýkaly geçiriji diýilýär.

Aýlaw hereketini göni herekete geçirmek üçin reýkaly geçirijini ulanýarlar.

Reýkaly geçirijiniň geçirijilik sany tükeniksizlige deň $i_{12} = \infty$ ýa-da $i_{21} = 0$, sebäbi $\omega_2 = 0$.



5.3-nji surat

Näme üçin dişli tigirleriň dişleri gyýa we toýnak şekilli edýärler? Göni dişli tigirleri ýasamak aňsat. Göni dişli tigirlerde iki diş birlikde ilişip bilenok, sebäbi dişler döwrlüp bilýär. Şonuň üçin uly tizlik bilen işlände, göni dişli tigirler seslenýär.

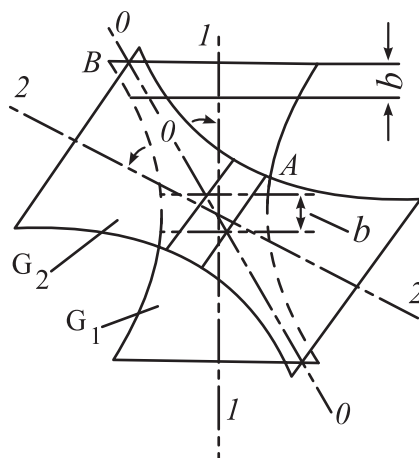
Iki tigr bir ululykda bolanda, gyýa dişli tigirlerde galtaşma ýoly uly bolup bilýär.

Gyýa dişli tigirlerde üç diş birden galtaşýar, şonuň üçin olar işlände, sessiz işleýär.

Kesişýän oklaryň arasynda aýlanma hereket geçirijiler konus şekilinde bolýar.

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

Alamatlar hasaba alnanok, sebäbi aýlaw hereketi kesişýän tekizliklerde geçirilýär. Hereketiň ugry şertli peýkamlaryň kömegi bilen aňladylýar. Tigirleriň oklary islendik burçda kesişip bilýärler, ýöne köplenç burçlar 90°-da ýerine ýetirilýär.



5.4-nji surat

Atanaklaýyn ýatan (çapraz duran) oklaryň arasynda aýlanma hereket giperboloid görnüşli dişli tigirler boýunça geçirilýär (5.4-nji surat).

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

Alamatlar hasaba alnanok, sebäbi nokatlaryň hereket ýoly kesişýän tekizliklerde.

Giperboloid geçirijileriň görnüşleri:

1. Burumly geçiriji

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{k},$$

bu ýerde z_2 – ikinji zwenonyň dişiniň sany;

k – burumyň wintiniň giriş sany.

Birinji zwenon – burum hemişe ýörediji, yzlygyna hereket geçirilenok.

2. Giperboloidli geçiriji (5.6-njy surat):

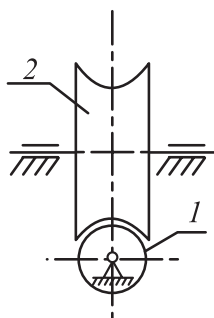
$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad i_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1};$$

Iki dişli tigril işlýär.

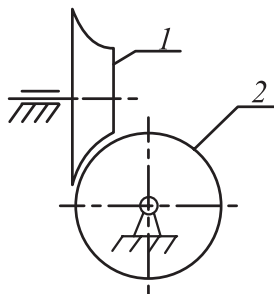
3. Wintli geçiriji (5.7-nji surat).

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

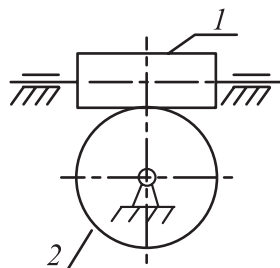
İki burum ilişyär.



5.5-nji surat



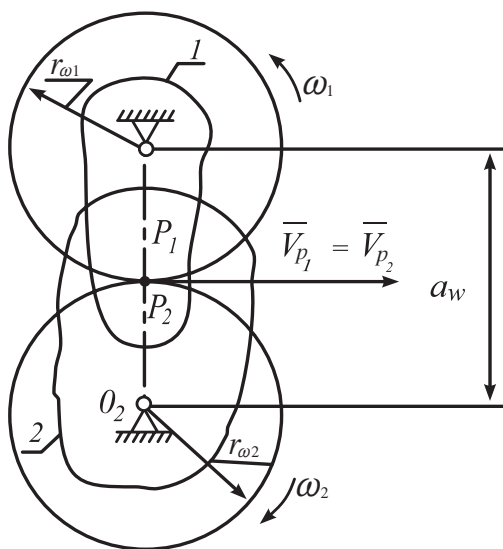
5.6-njy surat



5.7-nji surat

5.2. Başlangyç töwerekler

Aýlanma hereketi iki zwenonyň arasynda geçirilýär (5.8-nji surat).



5.8-nji surat

Geçirijilik gatnaşygy: $i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$.

Iki okuň arasynda diňe bir nokatda tizlikler deň: $V_{P_1} = V_{P_2}$.

bu ýerde P_1 – birinji zwenoda deňişli nokat;

P_2 – ikinji zwenoda deňişli nokat;

P – nokada polýus diýilýär.

$$V_{P_1} = \omega_1 \cdot O_1 P_1 \text{ m/s}; \quad V_{P_2} = \omega_2 \cdot O_2 P_2 \text{ m/s};$$

$$V_{P_1} = V_{P_2} = \omega_1 \cdot O_1 P_1 = \omega_2 \cdot O_2 P_2$$

ýa-da
$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2 P_2}{O_1 P_1} = i_{12}.$$

Geçirijilik gatnaşygynyň hemişelik bolmagy üçin $i_{12} = const$;

$$\frac{O_2 P_2}{O_1 P_1} = const; \quad \frac{O_2 P_2}{O_1 P_1} - \text{hemişelik bolmaly. Onda iki zwenoda tö-}$$

werek bolmaly, radiuslary

$$r_{b1} = O_1 P_1; \quad r_{b2} = O_2 P_2$$

$i_{12} = \omega_1 / \omega_2 = r_{b2} / r_{b1}$ geçirijilik gatnaşygynyň hemişelik bolmagy üçin töwerekler bir-biriniň üstünden typman aýlanmaly.

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

5.3. Ilişmäniň esasy teoreması (Willisiň teoreması)

Geçirijilik gatnaşygynyň hemişelik bolmagy üçin, dişleriň işleme nokadyndan geçirilen normal çyzyk boýunça, iki ok aralygynyň gatnaşygy burç tizlikleriniň gatnaşygyna ters proporsiyada bolmagy gerek we ýeterlik şertdir.

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2 P}{O_1 P} = const.$$

Aýlanma hereketi iki zwenonyň (1 we 2) arasynda geçýär. A nokat zwenolaryň ilişme nokady. Şol nokatda iki nokat bar, biri A_1 – birinji zwenno degişli, beýlekisi A_2 – ikinji zwenno degişli (5.9-njy surat).

Olaryň tizliklerini kesgitleýäris:

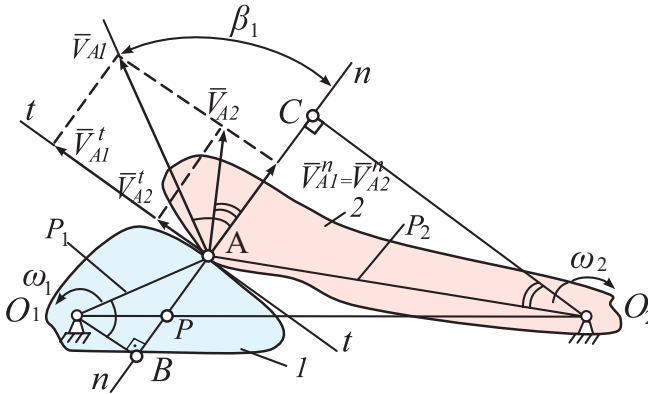
$$V_{A_1} = \omega_1 O_1 A, \frac{m}{s}; \quad V_{A_2} = \omega_2 O_2 A, \frac{m}{s};$$

$$\vec{V}_{A_1} \perp \overline{O_1 A}, \quad \vec{V}_{A_2} \perp \overline{O_2 A}.$$

Wektorlary geçirip, normala we galtaşýana bölýäris.

$$V_{A_1}^n = V_{A_1} \cos \beta_1 = \omega_1 \rho_1 \cos \beta_1; \quad V_{A_2}^n = V_{A_2} \cos \beta_2 = \omega_2 \rho_2 \cos \beta_2;$$

$$V_{A_1}^t = V_{A_1} \sin \beta_1 = \omega_1 \rho_1 \sin \beta_1; \quad V_{A_2}^t = V_{A_2} \sin \beta_2 = \omega_2 \rho_2 \sin \beta_2;$$



5.9-njy surat

β_1 we β_2 – normal bilen wektorlaryň arasyndaky burçlar.

$V_{A_1}^n = V_{A_2}^n$ deň bolmaly, sebäbi hereket normal boýunça.

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

2) $V_{A_1}^n < V_{A_2}^n$ bolsa, onda ikinji zwenno çaltrak ugrap zwenolaryň arasy açylar, indiki iki diş urlup duşuşýarlar, onuň ýaly işleýän dişler uzak işlemez. Normal tizlikler deň bolmaly:

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

$$\omega_1 \rho_1 \cos \beta_1 = \omega_2 \rho_2 \cos \beta_2$$

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 n -n çyzyga perpendikulýar çyzyklar geçirip, B we C nokatlary belleýäris. Burçlar $\angle AO_1 B = \beta_1$; $\angle AO_2 C = \beta_2$; (burçlaryň taraplary bir-birine perpendikulýar). Üçburçluklar meňzeş $\Delta O_1 P B \sim \Delta O_2 P C$. Meňzeşlikden proporsiýa düzýäris:

$$\frac{O_2 P}{O_1 P} = \frac{O_2 C}{O_1 B} = \frac{P C}{P B},$$

$$O_1 B = \rho_1 \cos \beta_1; \quad O_2 C = \rho_2 \cos \beta_2;$$

onda

$$\frac{O_2 P}{O_1 P} = \frac{p_2 \cos \beta_2}{p_1 \cos \beta_1},$$

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2 P}{O_1 P} = \text{const.}$$

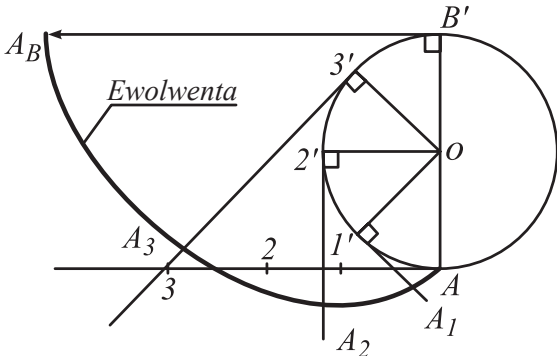
Esasy ilişmek teoremasynyň manysy, dişleriň egriligi şonuň ýaly çyzyk bilen geçirilmeli, ilişýän nokatda geçirilen normal töwerekleriň radiuslarynyň arasyndaky gatnaşyklaryny aýlaw tizlikleriniň gatnaşyklaryna ters proporsiýada bölmeli. Esasy ilişmek teoremasyna gabat gelýän çyzyklaryň birnäçesi bar, iň ýönekeýi töweregiň ewolwentasy. Dişleriň egriligi ewolwenta boýunça ýasalýar.

5.4. Ewolwenta deňlemesi we häsiýetleri

Göni çyzyk töweregiň üstünde typman aýlananda, ewolwenta emele gelýär.

Radiusy r_e , AB çyzygy dördüji töwerege esasy töwerek diýilýär. AB çyzygy deň dörde bölýäris (5.10-njy surat).

AB çyzyk töwregiň üstünde typman aýlananda, 1-nji nokat I'



5.10-njy surat

A nokat $- A'$ geçýär, $l-A = l'-A = l'-A_1$;

2-nji nokat – 2' geçýär, $2-A = 2'-A_1 = 2'-A_2$;

3-nji nokat – 3' geçýär, $3-A = 3'-A_1 = 3'-A_3$;

B nokat $-B'$ geçýär, $B-A = B'-A_3 = B'-A_B$.

$A_1; A_2; A_3; A_B$ – nokatlary lekal boýunça birleşdirsek, ewolwenta emele geler.

$I'; 2'; 3'; B'$ – radiuslardan töwerege galtaşýan çyzyklar geçirme-
li, olaryň üstünde nokatlar bellemeli.

Esasy töwerege galtaşýan çyzyk ewolwentanyň radiusyny kesgitleýär ýa-da töwerege galtaşýan çyzyk ewolwenta normal bolýar.

Ewolwentyň deňlemelerini kesgitleýäris (5.11-nji surat).

$$\overline{AB} = BK;$$

$$\overline{AB} = r_e(\alpha + \theta);$$

$$BK = r_e \operatorname{tg} \alpha;$$

$$r_e(\alpha + \theta) = r_e \operatorname{tg} \alpha;$$

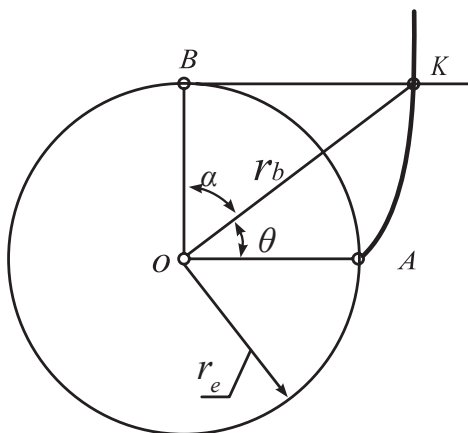
$$\operatorname{tg} \alpha = \alpha + \theta.$$

1) $\theta = \text{tg} \alpha - \alpha = \text{inv } \alpha;$

Bu ýerde ($\operatorname{tg}\alpha - \alpha$) aňlatma $\operatorname{inv} \alpha$ bilen aňladylýar we inwalýuta α diýlip okalýar. Oňa α -nyň inwalýutaly funksiýasy diýilýär. Onuň üçin ýörite tablisa düzülen. Eger $\theta = \operatorname{inv} \alpha$, onda $\alpha = \operatorname{arc inv} \theta$.

$$r_b = \frac{r_e}{\cos \alpha}.$$

K nokadyň koordinatalaryny kesgitledik.



5.11-nji surat

5.5. Ewolwentalý ilişmek

Dişleriň egriligi ewolwenta şekilli bolanda, geçirijilik gatnaşygynyň hemişelik boljaklygyny kesgitleliň (5.12-nji surat).

$n-n$ – birinji tigrin esasy töwereğine galtaşýan bolsa, onda birinji ewolwenta E_1 normal bolar.

$n-n$ – ikinji tigrin esasy töwereğine galtaşýan bolsa, onda ikinji ewolwenta E_2 normal bolar.

$n-n$ – ewolwentalaryň ikisine-de normal.

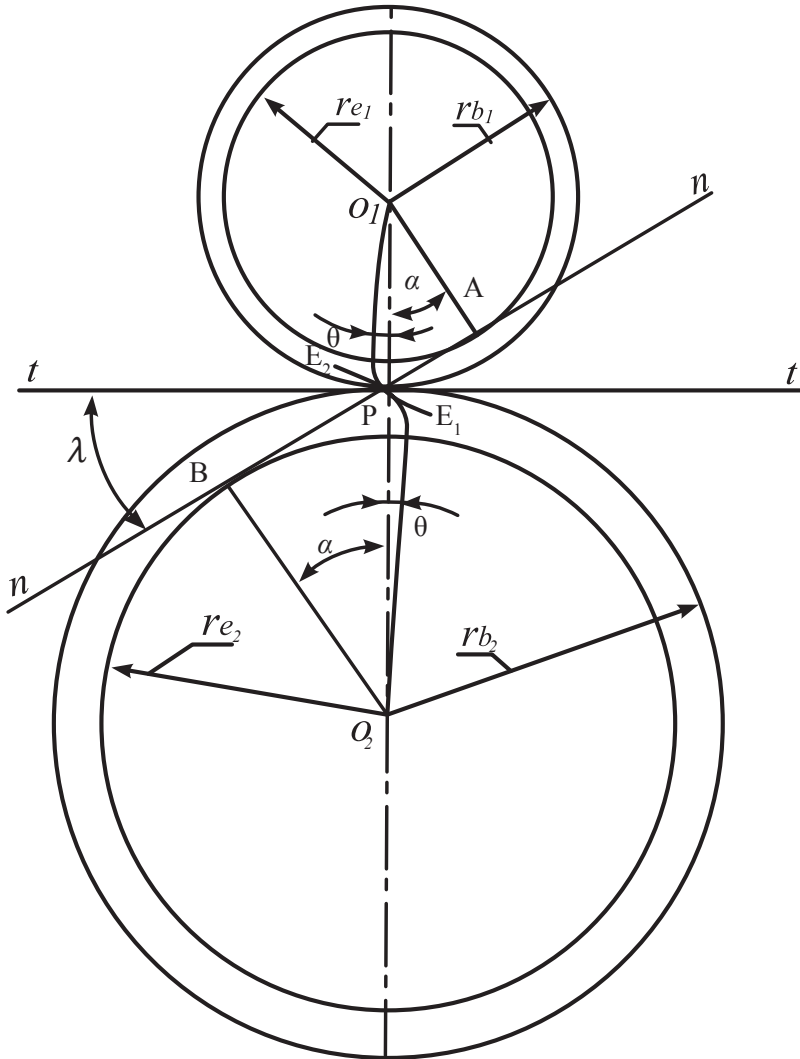
$n-n$ normal P nokatdan geçýär. P nokatda başlangyç töwerekler bir-birine degşip, tyzman aýlanýarlar.

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{b2}}{r_{b1}} = \operatorname{const}$$

Geçirijilik gatnaşygynyň hemişelikligi belli.

Tigirler aýlananda $n-n$ normal öz ýerini üýtgedenok, onda geçirijilik gatnaşygy elmydama hemişelik. Dişler AB aralykda bir-birine diňe $n-n$ normal boýunça ilişýär. AB aralyga nazary ilişme çyzygy diýilýär.

$$a_w = r_{b1} + r_{b2}$$



5.12-nji surat

5.6. Standart dişli tigrileriň ululyklary

5.13-nji suratdan t – dişleriň ädimi;

S_1 – dişin galyňlygy;

S_2 – iki dişin aralygy;

h – dişin beýikligi;

h_a – dişin başjagazynyň beýikligi;

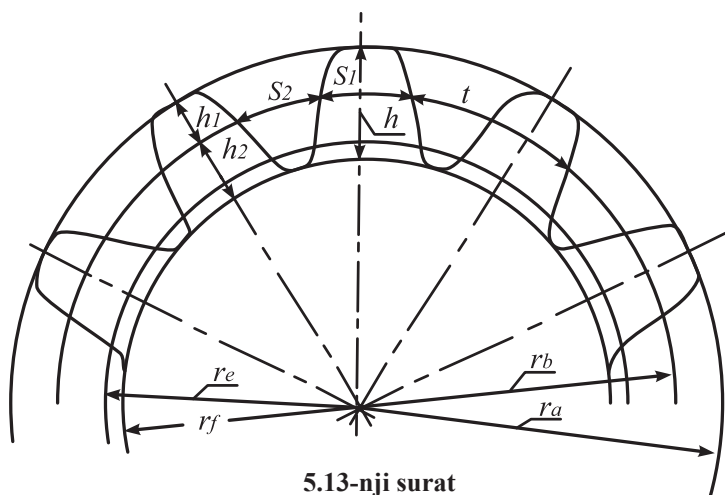
h_f – dişin aýajygynyň beýikligi;

r_a – dişleriň depesinden geçýän töweregiň radiusy;

r_b – başlangyç töweregiň radiusy;

r_e – esasy töweregiň radiusy;

r_f – dişleriň düýbünden geçýän töweregiň radiusy.



5.13-nji surat

Başlangyç töweregiň uzynlygy, $S=2\pi r_b=zt$

z – diş sany.

$$2r_b = \frac{zt}{\pi}.$$

$\frac{t}{\pi}$ – ulanmaga amatsyz, şonuň üçin ony m diýip belleýäris.

m – ilşmäniň moduly, m – standart ölçegler boýunça alynýar.

Dişin beýikligi $h = 2,25m$ standart boýunça, $h_a = m$; $h_f = 1,25m$.

Dişleriň depesinden geçýän töweregiň radiusy:

$$r_a = r_b + h_a = \frac{mz}{2} + 1m = \frac{mz + 2m}{2} = \frac{m(z+2)}{2};$$

$$r_a = \frac{m(z+2)}{2}.$$

Esasy töweregiň radiusy: $r_e = r \cos \alpha_\omega$; $r_e = \frac{mz}{2} \cos \alpha_\omega$

Dişleriň düýbünden geçýän töweregiň radiusy:

$$r_f = r_b - 1,25m = \frac{mz - 2,5m}{2}; \quad r_f = \frac{m(z - 2,5)}{2}.$$

Iki tigrin oklarynyň aralygy:

$$a_\omega = r_{b1} + r_{b2} = \frac{mz_1}{2} + \frac{mz_2}{2};$$

$$a_\omega = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}.$$

Standart dişli tigrirlerden başga gysgaldylan dişli tigrirler hem ýasalýar.

$$h=1,8m; \quad h_a=0,8m; \quad h_f=1m; \quad m - modul.$$

$$r_b = \frac{mz}{2}; \quad r_e = \frac{mz}{2} \cos \alpha_\omega;$$

$$a_\omega = \frac{m(z_1 + z_2)}{2};$$

$$r_a = \frac{m(z+1,6)}{2}; \quad r_f = \frac{m(z-2)}{2}.$$

5.7. Ewolwent dişli tigrirli işmāniň taslamasy

Işmāniň taslamasyny geçirmek üçin berilmeli ululyklar: m – işleme moduly (mm), z_1 , z_2 – tigrirleriň dişleriniň sany.

Deňlemeleri ulanyp, dişli tigrirleriň ululyklaryny kesgitlemeli (5.14-ñji surat).

$$r_{b1} = \frac{mz_1}{2}; \quad r_{b2} = \frac{mz_2}{2};$$

$$r_{e1} = \frac{mz_1}{2} \cos \alpha_\omega; \quad r_{e2} = \frac{mz_2}{2} \cos \alpha_\omega.$$

$$a_\omega = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}; \quad r_{a1} = \frac{m(z_1 + 2)}{2}; \quad r_{a2} = \frac{m(z_2 + 2)}{2};$$

$$r_{f1} = \frac{m(z_1 - 2,5)}{2}; \quad r_{f2} = \frac{m(z_2 - 2,5)}{2};$$

$$h = 2,25m; \quad h_a = 1m; \quad h_f = 1,25m; \quad t = \pi m;$$

$$S_1 = S_2 = \frac{\pi m}{2}$$

Masştab boyunca dişli tigrilerin ululyklaryny kesgitlemeli.
Dişin beýikligi 40–50 mm-den kiçi bolmaly däl.

$$\mu_l = \frac{h}{50} \frac{mm}{mm}, \quad A_\omega = \frac{a_\omega}{\mu_l} mm.$$

Dik çyzyk geçirip, a_ω aralygy A_ω ululygy boyunca belleýäris:
 $a_\omega = O_1 O_2$, O_1 – nokatdan birinji tigrin başlangyç töweregini geçirýäris.

$$\frac{r_{b1}}{\mu_l} = R_{b1}, mm,$$

O_2 – nokatdan ikinji tigrin başlangyç töweregini geçirýäris.

Başlangyç töwerekleriň galtaşýan ýerini P diýip belleýäris. Şol nokat IV klas kinematik jübüt. P nokatda iki başlangyç töwerekler umumy galtaşýan çyzyk $t-t$ geçirýäris, ol wertikal çyzyga perpendikulýar. Umumy galtaşýan çyzyga ilişmek burçy α_ω boyunca $n-n$ çyzygy geçirýäris. $n-n$ iki tigrileriň dişlerine umumy normal çyzyk bolýar. Standart dişli tigriler üçin ilişmek burçy $\alpha_\omega = 20^\circ - a$ deň. Normal $n-n$ çyzyga O_1 we O_2 nokatlardan perpendikulýar çyzyk geçirip, $n-n$ bilen kesişýän nokatlaryny A we B diýip belgileýäris. $O_1 A$ we $O_2 B$ radiuslar bilen esasy töwerekleri geçirýäris. AP aralygy deň bölüp, ýagny, A nokatdan P nokada tarap deň aralyklara bölüp, birnäçe nokatlary belleýäris (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). 1–2; 2–3;8–9; aralyklar bir-birine deň bolmaly (çyzgyda 1–2=7 mm) (5.14-nji sur.).

A nokat 1, 2, ..., 9 nokatlary birinji tigrin 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 tigrin dişiniñ ewolwentasyny E_1 gurýarys. Dişi doly gurmak üçin, onuñ galyňlygyny kesgitleýäris. Başlangyç töwerek boýunça dişiň galyňlygy S_1 bilen iki dişiň aralygy S_2 -ä deň bolmaly:

$$S_1 = S_2 = \frac{\pi m}{2}.$$

Dişiň galyňlygynyň ýarysyny kesgitläp, alarys: $\frac{1}{2}S_1 = \frac{\pi m}{4}$,

P nokatdan başlangyç töweregiň üstünde şol aralygy belläp, O_1 nokat bilen birleşdirip, birinji tigrin dişiniň ýarysyny gurarys. Ikinji ýarysyny simmetriýa kanuny boýunça gurýarys. Dişleriň düýbünden

geçýän töweregi $r_{f1} = \frac{m(z_1 - 2, 5)}{2}$; R_{f1} mm-de we dişleriň depesinden

geçýän töweregi $r_a = \frac{m(z + 2)}{2}$; R_a , mm-de geçirsek, dişiň ýarys-

nyň çyzgysyny göreris. Dişiň ortasyny bölýän çyzykdan r_e , r_b , r_a we r_f radiuslar bilen geçirilen töwereklerde dişiň beýleki ýarysyny belläp, dört nokatdan lekal bilen dişiň beýleki tarapyny gurýarys. Birinji tigrin ýene iki dişini simmetriýa boýunça gurarys. Ikinji tigrin dişlerini gurmak üçin BP aralygy deň aralyklara bölüp, 10, 11, 12, 13, 14, 15 nokatlary normal $n-n$ çyzygyň üstünde belleýäris. B – nokatdan çep tarapa 16, 17, 18, 19, 20 nokatlary belleýäris. ($9-10=7$ mm). Birinji tigirdäki bölünişe deň bolmaly. Normal çyzykda, B nokatdan başlap ikinji tigrin esasy töwereginiň üstüne 9", 10",, 20" nokatlary geçirýäris. Ştrih nokatlary O_2 nokat bilen birleşdirip, esasy töwerege galtaşma çyzyklary geçirip, olaryň üstünde 10" nokatdan 9–10 aralygy belläp, 11" nokatdan 9–11 aralygy belläp we şoňa meňzeş 20" nokatdan 9–20 aralygy belleýäris.

Şol bellenen nokatlary lekal boýunça birleşdirip, ikinji tigrin dişiniñ ewolwentasyny E_2 gurýarys (5.14-nji sur.).

Ikinji tigrin başlangyç töweregi boýunça dişiň galyňlygy birinji tigrin başlangyç töweregi boýunça dişiň galyňlygyna deň, sebäbi başlangyç töwerekler bir-biriniň üstünde typman aýlanýarlar.

$$S_I^1 = S_{II}^1 = \frac{\pi m}{2}$$

bolar we şoňa görä iki dişleriň aralyklary hem deň:

$$S_I^2 = S_{II}^2 = \frac{\pi m}{2}.$$

P nokatdan başlangyç töweregiň üstünde dişin ýarysyny belläp, O_2 nokat bilen birleşdirýäris. Bu dişin simmetriýa oky bolýar.

Dişleriň düýbünden geçýän $r_{f2} = \frac{m(z_2 - 2,5)}{2}$ we dişleriň depesinden geçýän $r_a = \frac{m(z_2 + 2)}{2}$ töwerekleri $R+2$, R_{a2} geçirip, dişin ýarysyny belleýäris. Ikinji ýarysyny simmetriýa boýunça gurýarys. Ikinji tigrinde ýene-de iki diş simmetriýa boýunça gurmaly. Birinji dişli tigr sagat ugruna garşy tarapa aýlananda, ikinji tigr sagat ugruna aýlanýar. Birinji tigrin ilki ilişmä girýän nokady «a» dişleriň depesinden geçýän töwerek bilen normal $n - n$ kesişýän nokady.

Ilişmekden çykýan b nokat ikinji tigrin dişleriniň depesinden geçýän töweregiň normal $n-n$ bilen kesişme nokady.

ab – hakyky ilişmek çyzygy. Şol çyzygyň a nokadynda iki dişler ilişmä girip, b nokadynda ilişmeden çykýarlar.

AB – nazary ilişmek çyzygy diýilýär.

Dişleriň ilişmä giren we ilişmeden çykan ýagdaýlary ştrih çyzyk bilen görkezilen. Dişler ilişmä giren we çykan ýagdaýlarynda birinji tigrin dişiniň başlangyç töweregi bilen kesişýän nokatlaryny c_1 we d_1 diýip belleýäris.

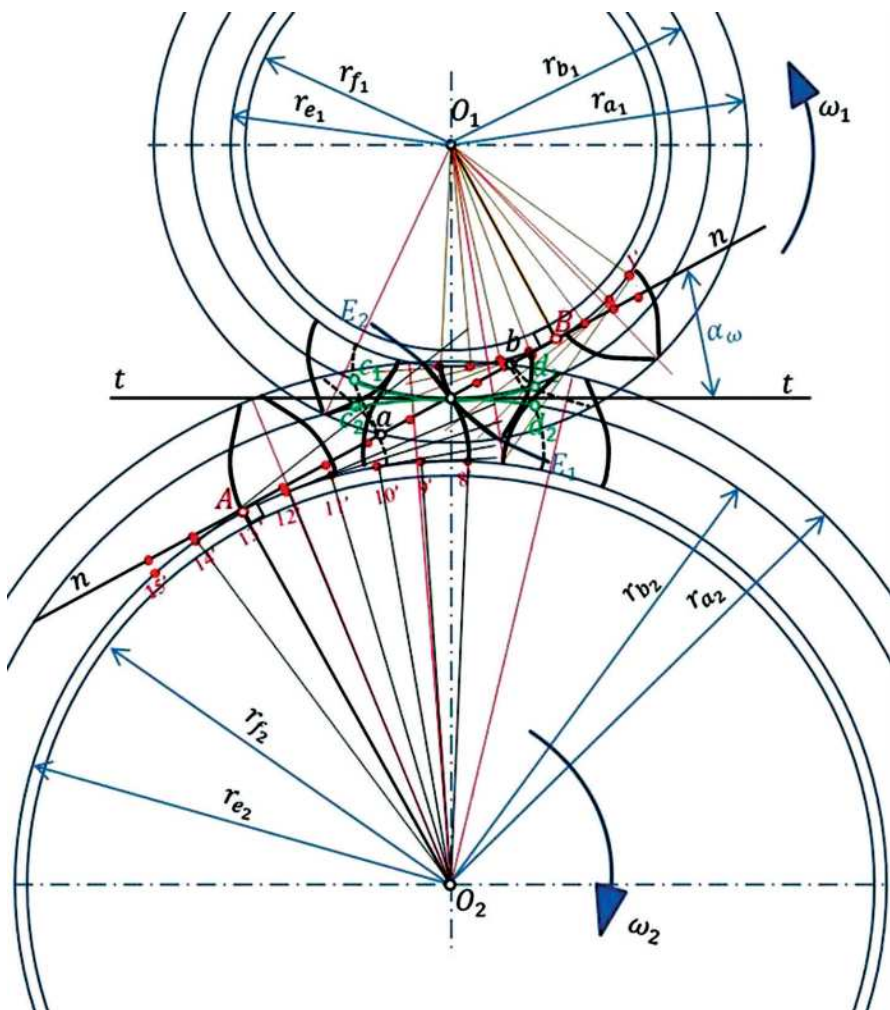
$\overline{c_1 d_1}$ – duga, birinji tigrin dişiniň başlangyç töwerek boýunça iki dişin ilişmeginde geçýän ýoly.

$\overline{c_2 d_2}$ – duga, ikinji tigrin dişiniň başlangyç töwerek boýunça dişler ilişende geçýän ýoly.

Şol ýollar deň bolmaly, sebäbi başlangyç töwerekler typman aýlanýarlar. $\overline{c_1 d_1} = \overline{c_2 d_2}$ oňa ilişme dugasy diýilýär.

Ilişme dugasy ilişme ädiminden uly bolmaly.

$$\overline{c_1 d_1} > \overline{c_2 d_2} \text{ ýa-da } \overline{c_1 d_1} > \pi m.$$



5.14-nji surat

Eger $\overline{c_1 d_1} < t$ ilişme ädiminden kiçi bolan ýagdaýynda, iki dişler ilişmä girip çykanda, yzyndaky dişler ilişmä girip ýetişenok, olar urgy bilen düşüşýarlar. Urgy bilen işleýän dişler uzak işläp bilenok.

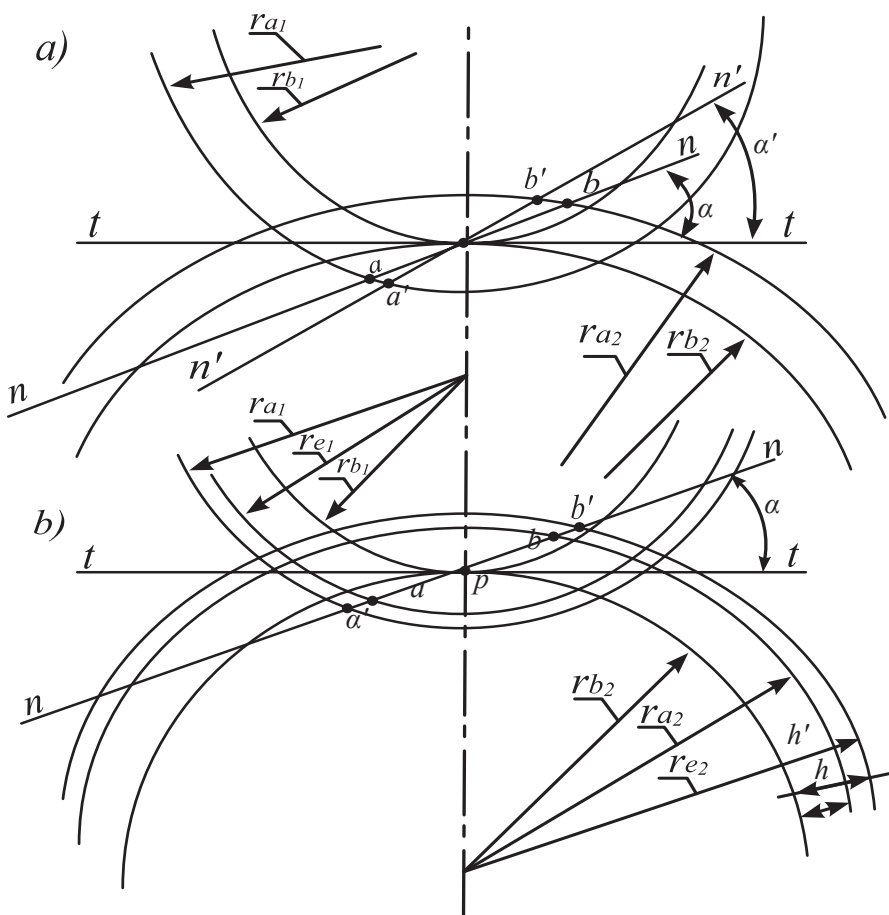
Eger-de $\overline{c_1 d_1} = t$ bolanda, iki dişler ilişmeden çykjak bolan ýagdaýynda yzyndaky iki dişler ilişmä girjek bolup düşüşýarlar. Mehanizmiň iş pursadynda yrgyldy ýüze çykanda, mehanizm uzak işläp bilenok.

İlişme dugasynyň ilişme ädimine gatnaşygyna örtme koeffisi- ýenti diýilýär:

$$\varepsilon = \frac{\overline{c_1 d_1}}{t}$$

Örtme koeffisiýenti $1,1 < \varepsilon < 1,8$ aralykda bolmaly. Örtme koef- fisiýenti $\varepsilon=1,1$ -e deň bolanda, iki dişler ilişmede bolan ýagdaýynda, beýleki iki dişleriň $0,1$ uzynlygy ilişmede bolmaly.

Her tigirden doly iki diş ilişmede bolup bilenok, olar gaňrylyp döwürmegi mümkin.



5.15-nji surat

Örtme koeffisiýenti mehanizmiň birsydyrgyn işleýşini görkezýär:

$$\varepsilon = \frac{ab}{t \cos \alpha};$$

bu ýerde ab – hakyky ilişme çyzygy;
 t – ilişme ädimi;
 α – ilişme burçy.

Ilişme burçy üýtgände ilişme çyzygynyň uzynlygy üýtgeýär (başga ululyklary üýtgedemik ýagdaýynda). 5.15-nji a suratda hakyky ilişme burçuna görä görkezilen. Çyzgydan görünýär, ilişme burçy ulaldygyça, ilişme çyzygy kiçelýär, şonuň bilen birlikde örtme koeffisiýenti hem kiçelýär. Örtme koeffisiýenti dişiň beýikligine-de bagly (başga ululyklarynyň üýtgedemik ýagdaýynda). 5.15-nji b suratdan görnüşi ýaly: dişiň depesiniň beýikligi h' ulalanda $h' > h$ bolanda $a'b' > ab$ bolýar.

5.8. Dişler ýasalanda düýbünden ýa-da depesinden ýonulma hadysasy

Daşky ilişmede dişler diňe güberçek taraplary bilen galtaşýarlar. Ýöne güberçek taraplary bilen dişler nazary ilişmek çyzygynyň AB aralygynda galtaşyp bilýärler. AB çyzygyň daşynda ewolwentalar – biri güberçek, biri oý taraplary bilen galtaşýarlar. 5.16-njy a suratda 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 galtaşýan nokat AB çyzygyň içinde bolsa, onda egrilik merkezleri galtaşan nokadyň iki tarapynda bolýarlar, şol sebäpli ewolwentalar güberçek taraplary bilen galtaşýarlar. Diýmek, dişli ilişmede dişleriň hakyky ilişmek çyzygy ab nazary ilişmek çyzygynyň AB içinde bolmaly. Başgaça aýdylanda, dişleriň depesinden geçýän töwerek nazary ilişme çyzygynyň içinde normal $n-n$ çyzyk bilen kesişmeli. Kiçi dişli tigriň ululyklary kiçelende, ab çyzyk AB çyzygyň daşyna çykyp bilýär (5.16-njy b surat). Kiçi tigriň radiuslary kiçelip, a nokat A nokadyň sag tarapyndan (5.16-njy b surat) daşyna çykanda, stanokda dişleri

kesilen şol tigrin dişleri düýbünden ýonulýar (5.17-nji surat). Diş gowşap, çalt döwülýär. Şol sebäpli diş ýasalanda düýbünden ýonulmaz ýaly bolmaly.

Tigrin in kiçi ululygy a we A nokatlar gabat gelende, dişleriň düýpleri ýonulmaz (5.16-njy b surat) $\triangle O_2 PA$ üçburçlukdan:

$$\begin{aligned} O_2 A^2 &= O_2 P^2 + PA^2 - 2 O_2 P \cdot PA \cdot \cos(90^\circ + \alpha), \\ O_2 A &= r_{b2} + m; \quad O_2 P = r_{b2}; \quad PA = r_{b1} \sin \alpha \text{ hasaba alyp,} \\ r_{b2} + m &= \sqrt{r_{b2}^2 + r_{b1}^2 \sin^2 \alpha + 2 r_{b1} r_{b2} \sin^2 \alpha} \end{aligned}$$

ýa-da:

$$r_{b2} + m = r_{b2} \sqrt{1 + \left(\frac{r_{b1}}{r_{b2}}\right)^2 \sin^2 \alpha + 2 \left(\frac{r_{b1}}{r_{b2}}\right) \sin^2 \alpha},$$

$\frac{r_{b1}}{r_{b2}} = -i_{12}$ – geçirijilik gatnaşygy, daşky ilişmek üçin aýyrmak almatly.

$$r_{b2} + m = r_{b2} \sqrt{1 + i_{12}(i_{12} - 2) \sin^2 \alpha},$$

Nýutonyň binom hataryna paýlananda bolýar:

$$\sqrt{1 + i_{12}(i_{12} - 2) \sin^2 \alpha} = 1 + \frac{1}{2} i_{12}(i_{12} - 2) \sin^2 \alpha - \frac{1}{8} [i_{12}(i_{12} - 2) \sin^2 \alpha]^2 + \dots$$

$|i| < 1$ sebäpli hatar çalt azalýar, onda:

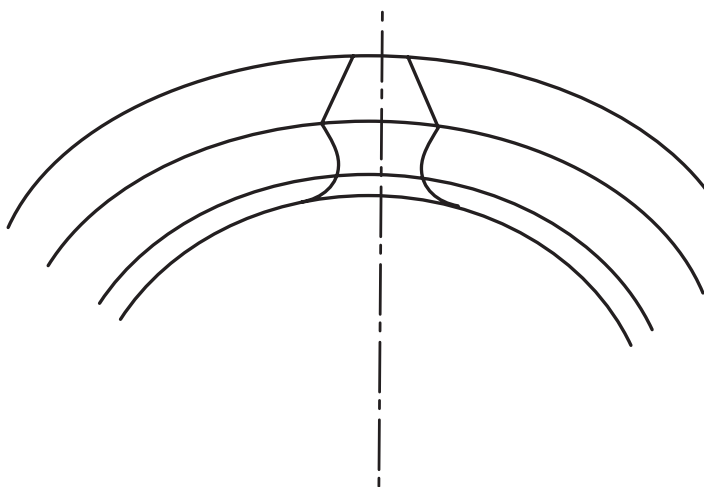
$$r_{b2} + m = r_2 + \frac{1}{2} r_{b2} i_{12} (i_{12} - 2) \sin^2 \alpha$$

ýa-da:

$$m = \frac{1}{2} r_{b2} i_{12} (i_{12} - 2) \sin^2 \alpha$$

Moduly, diş sany we radiusy boýunça tapylanda:

$$m = \frac{2 r_{b1}}{z_1}.$$



5.17-nji surat

z_1 – görä çözülenide:

$$z_1 = \frac{4r_{b1}}{r_{b2}i_{12}(i_{12} - 2)\sin^2\alpha},$$

ýöne

$$-i_{12} = \frac{r_{b1}}{r_{b2}},$$

onda

$$z_1 = z_{\min} = \frac{4}{(2 - i_{12})\sin^2\alpha}.$$

Standart dişli tigrleriň ilişme burçy $\alpha_w = 20^\circ$. Kiçi tigr reýka guraly bilen ýasalanda iň az diş sany $z_{\min} = 17$, şonda a we A nokatlar gabat gelýär. Eger-de iki ilişmä giren tigrler deň ululykda bolan ýagdaýynda $z_{\min} = 12$ diýip alyp bolýar.

Ilişme burçy $\alpha' = 15^\circ$ bolanda, dişli tigrleriň ululyklary esli ulalýar. Şol sebäpli 1948-nji ýylda $\alpha' = 15^\circ$ -dan $\alpha_w = 20^\circ$ -a geçirildi.

Dişleriň ýonulmagyna dişleriň beýikligi hem täsir edýär (5.15-nji b surat).

Käbir ýagdaýda diş sanyny azaltmak üçin gysgaldylan dişli tigrleri hem ulanýarlar.

Standart dişleriň beýikligi $h = 2,25 \cdot m$, başjagazynyň beýikligi $h_a = 1 \cdot m$, aýajygynyň beýikligi $h_f = 1,25 \cdot m$, gysgaldylan dişin beýikligi $h' = 1,8 \cdot m$, başjagazynyň beýikligi $h'_a = 0,8 \cdot m$, aýajygynyň beýikligi $h'_f = m$ bolar.

5.9. Dişli tigrileri korrigirlemek

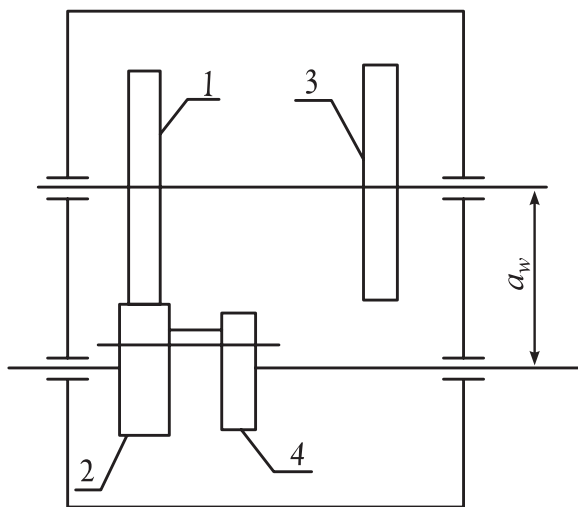
Standart dişli tigrileri käbir konstruksiýalarda ulanyp bolanok, sebäbi olaryň parametrleri birtopar çäklendirme döredýär (meselem, diş sanyny saýlap alanyňda). Diş sany näçe az bolanda, konstruksiýanyň ululygy kiçelýär, mehanizm kompakt bolýar, bahasy arzan bolýar. Ýöne diş sanyny belli bir derejä çenli azaldyp bolýar ($z_{\min}=17$), ondan hem azaltsaň, dişler ýasalanda düýbünden ýonulýar. Eger-de diş sanyny hökman azaltmaly bolan ýagdaýynda, dişli tigriň başga ululyklaryny üýtgetmeli bolýar, onda dişli tigriler standart ululykda bolanok, olara düzedilen (ýa-da korrigirlenen) dişli tigriler diýilýär.

Käbir parallel okly mehanizmlerde standart parametrli dişli tigrileri ulanyp bolanok.

5.1-nji mysal. 5.18-nji suratda reduktoryň shemasy görkezilen. Dişleri $z_1=40$; $z_2=20$; $z_3=42$; $z_4=19$. Hemme tigrileriň moduly deň bolmaly.

Standart dişli tigriler ulanylanda, oklarynyň aralygy deň bolanok:

$$a_{w12} = \frac{m}{2}(z_1 + z_2) \neq a_{w34} = \frac{m}{2}(z_3 + z_4).$$

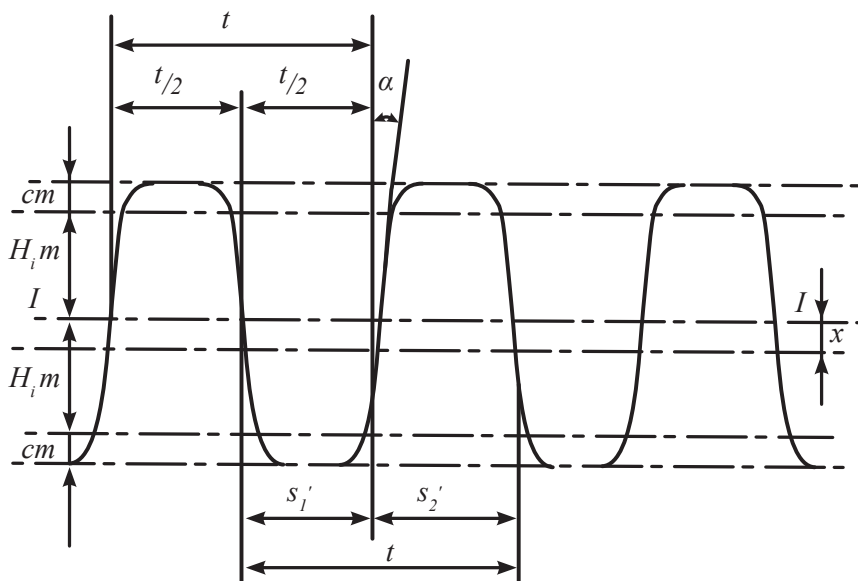


5.18-nji surat

Şol agzalan reduktorda standart parametrli dişli tigrileri ulanyp bolanok. Şonuň ýaly ýagdaý köp döreýär. Başga meselelerde örtme koeffisiýenti kiçi bolany sebäpli ýa-da typma koeffisiýenti uly bolany sebäpli dişli tigrileriň käbir ululyklaryny üýtgetmeli bolýar, başgaça aýdylanda, dişli ilişmäni düzetmeli bolýar. Gowulandyrmak üçin dişli ilişmäniň düzedilmegine korigirleme diýilýär.

Düzedilme (korigirleme) aşadakylyr ýaly bolup bilýär:

1. Ilişme burçuny üýtgetmek;
2. Dişleriň beýikligini üýtgetmek;
3. Ikisini bilelikde üýtgetmek;
4. Dişler ýasalanda diş kesýän guraly (reýkany) süýşürmek.



5.19-njy surat

1. Ilişme burçuny (5.15-nji a surat) üýtgedip, hakyky ilişme çyzygyny ab üýtgedip, örtme koeffisiýentini üýtgedip bolýar. Ilişme burçy kiçelende, örtme koeffisiýenti ulalýar.

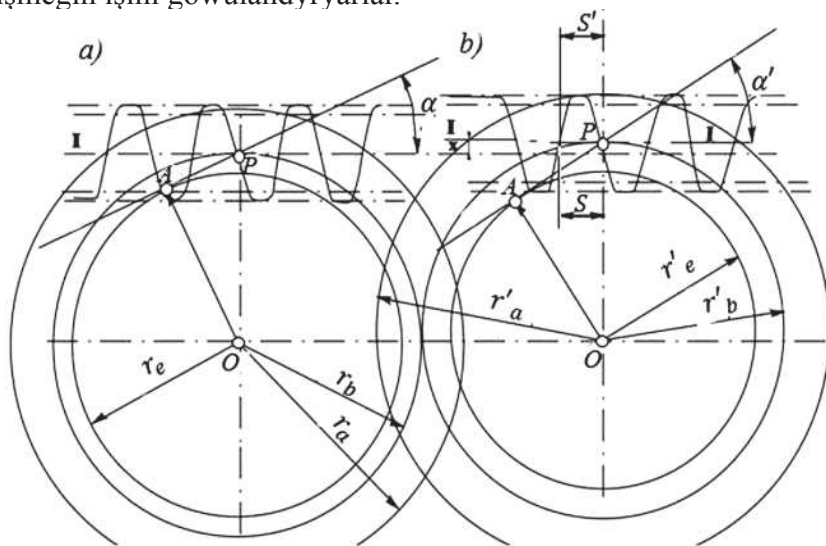
Dişiň beýikligini kiçeldip (5.15-nji b surat), hakyky ilişmek çyzygyny ab ulaldyp, örtme koeffisiýentini ulaldyp bolýar.

$h'=1,8 \cdot m$; $h'_a=0,8 \cdot m$; $h'_f=1 \cdot m$ – beýikligi kiçelende,
 $h=1,25 \cdot m$; $h_a=1 \cdot m$; $h_f=1,25 \cdot m$ – standart beýiklik.

Bu usuly ulanmak üçin diş kesýän guraly täzeden ýasamaly bolýar, şol sebäpli bu usul köp ulanylanok.

2. Standart diş kesýän gural bilen iş edilende dişleriň başjagazyň beýikligini kiçeldeňde, aýajygynyň beýikligi ulalýar, dişniň umumy beýikligi üýtgänok. Bu usula dördünji usulda serederis.

3. Ilişme burçuny we dişniň beýikligini bilelikde üýtgedip, dişli ilişmegiň işini gowulandyryrlar.



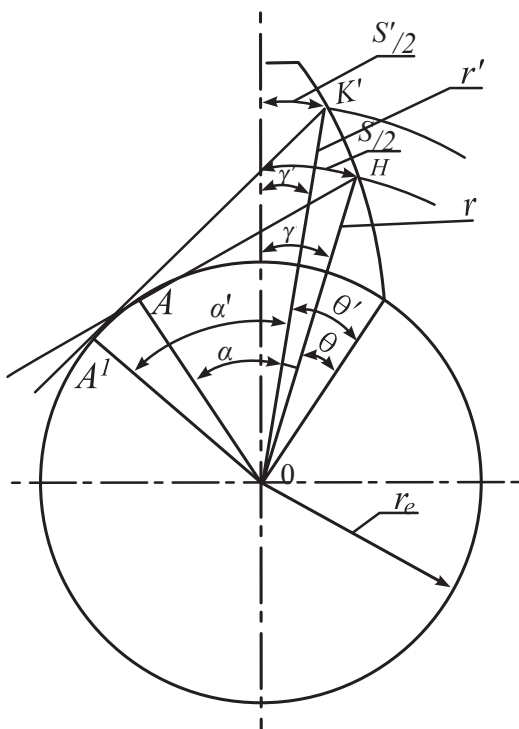
5.20-nji surat

5.10. Diş kesýän guraly süýşürüp düzetmek usuly

5.20-nji suratda standart instrumental gural görkezilen. Şol gural bilen dişler kesilýär. Islendik keseligine ilişme ädimi $t = \pi \cdot m - e$ deň. Şol sebäpli diş kesilende, obkatka usuly bilen, taýynjyň (zagatowkanyň) $D = m \cdot z$ diametrinden instrumental guralyň islendik çyzygyny aýlap bolýar. Guralyň islendik keseligine ädimi deň bolany sebäpli $D = m \cdot z$ diametrli töwerekde ilişme ädimi we diş sany her bir ýagdaýda-da deň bolýar. Dişleriň galyňlygy we iki dişniň aralygy deň bolmaz.

Dişleriň depesinden we düýbünden geçýän töwerekleriň radiuslary standart ölçeglere deň gelmez. Dişleriň galyňlygy S_1 we iki dişniň aralygy S_2 diňe ortadaky $I-I$ çyzykda deň. Oňa modul çyzygy diýilýär.

Standart ölçegli dişli tigrin dişleri kesilende başlangyç töwerekden $D=m \cdot z$ guralyň modul çyzygy $I-I$ aýlanýar, şol sebäpli başlangyç töwerek boýunça dişleriň galyňlygy S_1 -e we iki dişin aralygy S_2 -ä deň bolýar. Taýynjyň başlangyç töwereginde başga bir çyzyk aýlananda $S_1 \neq S_2$ deň bolmaýar, dişli tigr üçin $D=m \cdot z$ töwerek başlangyç bolmasa, olara düzedilen dişli tigrler diýilýär. $D=m \cdot z$ diametrli töwerege bölüji töwerek diýilýär. Standart we düzedilen dişli tigrler ýasalanda reýkanyň ýerleşşi görkezilen (5.20-nji surat).



5.21-nji surat

Çyzgyda guralyň x aralyga süýşmesi görkezilen. x – absolýut süýşmesi diýilýär:

$$x = \xi \cdot m$$

ýa-da

$$\xi = \frac{x}{m},$$

bu ýerde ξ – otnositel süýşmesi.

Süýşmek iki tarapa edilýär. Töwregiň merkezinden daşyna süýşürilende (+), merkezine süýşürilende (-). Diş kesýän guralyň, instrumental guralyň üýtgemesi we guralyň süýşeni bilen esasy töwerek üýtgänok, onda dişleriň ewolwentalary hem üýtgänok. $D = m \cdot z$ töwerek boýunça instrumental gural süýşende dişiň galyňlygy S'_1 tapylýar (5.20-nji b surat).

$$S'_1 = S_1 + 2x \operatorname{tg} \alpha,$$

ýa-da

$$S'_1 = \frac{\pi m}{2} + 2\xi \operatorname{tg} \alpha,$$

$$S'_1 = m \left(\frac{\pi}{2} + 2\xi \operatorname{tg} \alpha \right).$$

Iki düzedilen dişli tigriler ilişmä girende, şol tigrileriň dişleri her hili süýşme bilen kesilip bilinýär.

Iki tigrileriň süýşmeleri deň bolmadyk ýagdaýynda, $D_1 = m \cdot z_1$ we $D_2 = m \cdot z_2$ diametrli töwerekler başlangyç töwerek bolup bilenok.

Başlangyç töwerekler typman aýlanmaly, olaryň diňe ädimleri deň bolmaly däl-de, birinji tigriniň dişiniň galyňlygy ikinji tigriniň iki dişiniň arasyna deň bolmaly. Süýşmeler deň bolmadyk ýagdaýynda şol şertler ýerine ýetirilenok. Umuman alanyňda, başlangyç töwerekler $D = m \cdot z$ töwereklerden tapawutlanýar. Diametri $D = m \cdot z$ bolan töwerege bölüji töwerek diýilýär. Şol töwerek tigriler ýasalýan wagty başlangyç töwerek bolýar. Dişler ýasalýan wagty, şol töwregiň üstünden diş kesýän guralyň başlangyç çyzygy typman aýlanýar.

Eger-de tigrileriň dişleri deň süýşme bilen kesilen bolsa, düzedilen ilişmede bölüji we başlangyç töwerekler gabat geler we ($\xi_1 = -\xi_2$) bolar.

Umuman alanyňda, süýşmeler deň bolmadyk, başlangyç we bölüji töwerekler gabat gelmedik ýagdaýlarynda iki tigrileriň oklarynyň aralygy a'_w , standart dişli tigrileriň oklarynyň aralygy a_w -dan tapawutlanýar. Oklaryň aralygynyň üýtgeýänligi bilen hereket geçirijilik gatnaşygy üýtgänok.

Bu ýagdaýda diňe ilişme burçy α' üýtgeýär. Oňa montaj ilişme burçy diýilýär. Dişler standart instrumental gural bilen kesilende-de, montaj ilişme burçy standart ilişme burçundan tapawutlanýar.

Korrigirlenen dişli ilişmegiň ululyklary we ewolwentaly dişliň ýarysy çyzgyda görkezilen (5.21-nji surat).

$$\gamma' + \theta' = \gamma + \theta$$

Burçy radianda hasaplananda:

$$\gamma' = \frac{S'}{2r'}; \quad \gamma = \frac{S}{2r};$$

$$\theta' = \operatorname{inv} \alpha'; \quad \theta = \operatorname{inv} \alpha.$$

Onda:
$$\frac{S'}{2r'} + \operatorname{inv} \alpha' = \frac{S}{2r} + \operatorname{inv} \alpha$$

ýa-da:
$$S' = r' \frac{S}{r} + 2r' (\operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha').$$

Bölüji töwerek boýunça dişliň galyňlygy:

$$S = m \left(\frac{\pi}{2} + 2\xi \operatorname{tg} \alpha \right),$$

bu ýerde $r = \frac{mz}{2}$ – bölüji töweregiň radiusy;

$r' = \frac{m'z}{2}$ – başlangyç töweregiň radiusy,

m – standart moduly,

m' – başlangyç töwerek boýunça moduly.

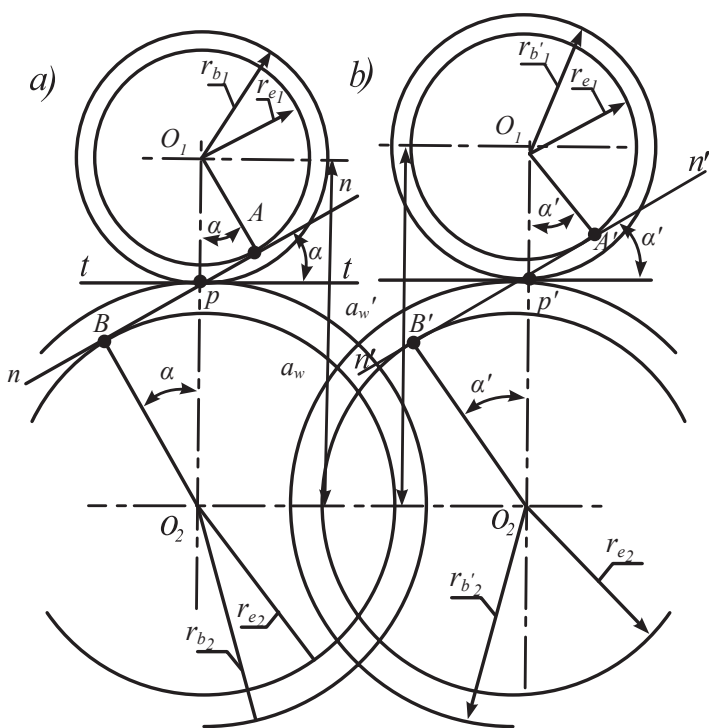
$$S' = m' \left[\frac{\pi}{2} + 2\xi \operatorname{tg} \alpha + z (\operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha') \right]$$

Iki düzedilen dişli tigirler ilişmä girende, olaryň dişleriniň galyňlygy başlangyç töwerekler boýunça tapylýar:

$$S'_1 = m' \left[\frac{\pi}{2} + 2\xi_1 \operatorname{tg} \alpha + z_1 (\operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha') \right]$$

$$S'_2 = m' \left[\frac{\pi}{2} + 2\xi_2 \operatorname{tg} \alpha + z_2 (\operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha') \right]$$

Iki tigriň başlangyç töwerekleri boýunça ädimi t' , onda şol töwerekler boýunça moduly m' deň bolmaly, sebäbi başlangyç töwerekler typman aýlanýarlar.



5.22-nji surat

Bölüji töwerekler boýunça ilişme burçlary deň, olar standart ilişme burçuna deň $\alpha=20^\circ$. Başlangyç töwerekler boýunça ilişme burçy α' deň. Şol burç montaj ilişme burçuna deň. Başlangyç töwerekler boýunça iki dişiň galyňlygynyň jemi şol töwerekler boýunça ädimine deň:

$$S'_1 + S'_2 = t' = \pi m'.$$

Onda

$$S'_1 + S'_2 = m' [\pi + 2(\xi_1 + \xi_2) \operatorname{tg} \alpha + (z_1 + z_2)(\operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha')] = \pi m'$$

ýa-da

$$2(\xi_1 + \xi_2) \operatorname{tg} \alpha + (z_1 + z_2)(\operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha') = 0,$$

ýa-da

$$\operatorname{inv} \alpha' = \frac{2(\xi_1 + \xi_2) \operatorname{tg} \alpha}{z_1 + z_2} + \operatorname{inv} \alpha.$$

Şu deňlemde z_1, z_2 we ξ_1, ξ_2 berlen, montaj ilişme burçuny tapyp bolýar. Montaj ilişmegi tapylandan soňra, düzedilen ilişmegiň galan ululyklaryny tapmak aňsat.

Düzedilen tigrin başlangıç töwereginiň radiusy:

$$r'_b = \frac{r_e}{\cos \alpha'}.$$

Esasy töwergiň radiusy üýtgänok:

$$r_e = r_b \cos \alpha = \frac{mz}{2} \cos \alpha.$$

Onda
$$r'_{b1} = \frac{mz_1}{2} \frac{\cos \alpha'}{\cos \alpha}; \quad r'_{b2} = \frac{mz_2}{2} \frac{\cos \alpha'}{\cos \alpha}.$$

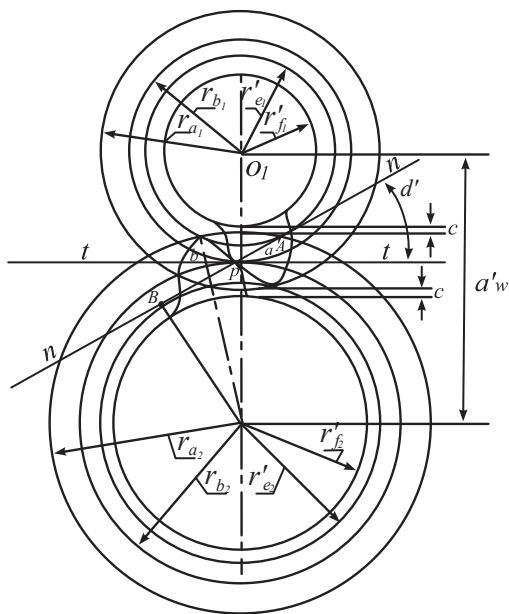
Düzedilen ilişmegin oklarynyň aralygy:

$$a'_w = r'_{b1} + r'_{b2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} \frac{\cos \alpha'}{\cos \alpha}.$$

Başlangıç töwerekler boýunça ädimi t':

$$\frac{t'}{t} = \frac{r'}{r}$$

ýa-da
$$t' = \frac{r't}{r} = t \frac{\cos \alpha'}{\cos \alpha} = \pi m \frac{\cos \alpha'}{\cos \alpha}.$$



5.23-nji surat

Dişleriň düýbünden geçýän töwereginiň radiusy düzedilen tigrilerde üýtgeýär (5.23-nji b surat).

$x = \xi \cdot m$ ölçege, onda

$$r'_f = r_f + x = \frac{m(z - 2,5)}{2} + \xi \cdot m$$

ýa-da
$$r'_f = \frac{m(z - 2,5 + 2\xi)}{2}.$$

Dişleriň depesinden geçýän töweregiň radiusy hem ξ süýşmege görä üýtgeýär. Ýöne umumy ýagdaýda oklaryň aralygynyň üýtgeýşi süýşmeleriň jemine deň dälidiği sebäpli

$$a'_w - a_w \neq m(\xi_1 + \xi_2)$$

dişleriň beýikligi standart dişleriň beýikliginden biraz tapawutlanýar.

Düzedilen dişli tigrin dişleriniň depesinden geçýän töweregiň radiusyny iki dişin aralyk radial ysyny (zazoryny) hasaba alyp tapýarlar:

$$r_{a1} = a'_w - r_{f2} - c,$$

$$r_{a2} = a'_w - r_{f1} - c,$$

bu ýerde a'_w – dişli tigrileriň oklarynyň aralygy;

r_{f1} we r_{f2} – birinji we ikinji dişli tigrileriň dişleriniň düýbünden geçýän töwerekleriniň radiuslary;

$c = 0,25 \cdot m$ – radial ys.

5.11. Diş sany $z < 17$ bolan ýagdaýynda instrumental guralyň (reýkanyň) süýşmegi

Standart ululykly dişli tigr ýasalanda (kesilende), diş sany $z_{\min} < 17$ bolan ýagdaýynda, dişler düýbünden ýonulýar, sebäbi hakyky ilişme çyzygy nazary ilişme çyzygynyň daşyna çykýar (5.24-nji surat).

Çyzygyda 1-nji ýagdaýy instrumental reýka süýşürilmän, çyzylan $z_{\min} < 17$ bolan ýagdaýy üçin. Instrumental reýkanyň dişleriniň depesinden geçýän çyzyk normal çyzyk bilen a nokatda kesişýär. Şol nokat hakyky ilişme çyzygynyň çetki nokady, ol nazary ilişme AB çyzygynyň daşyna çep tarapdan çykýar. Şol sebäpli tigrin dişleri düýbünden ýonulýar.

Diş ýasalanda düýbünden ýonulmazlygy üçin, hakyky ilişme çyzygy ab nazary ilişme çyzygyndan (AB) daşyna çykamaz ýaly, diş kesýän guraly taýynjyň (zagatowkanyň) okundan ýokary süýşürmeli. a we A nokatlar gabat gelende, iň az süýşmek x bolýar. Guralyň süýşürilen ýagdaýy (2) ştrih çyzyklar bilen görkezilen.

Guraly süýşürilip ýasalan dişiň düýbi ýonulanok, diş doly, berk ýasalan, ony çyzgyda görmek bolýar. 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 bölüji diýilýär.

Dişiň depesinden we düýbünden geçýän töwerekleriň radiuslary üýtgeýär.

Diş ýonylman ýasalan ýagdaýy üçin guralyň süýşmegini kesgitleýäris.

Çyzgyda görünýär, guralyň absolýut süýşmegi (x) deň:

$$x = \chi_i m - c.$$

Standart gural üçin $\chi_i = 1$, onda

$$\xi = 1 - \frac{z}{2} \sin 2a, \quad (5.1)$$

$$\text{onda} \quad x = m \left(1 - \frac{z}{2} \sin^2 a \right), \quad (5.2)$$

$$\text{ýöne} \quad c = AP \sin a = r_b \sin^2 a = \frac{mz}{2} \sin^2 a \quad (5.3)$$

guralyň otnositel süýşmegi:

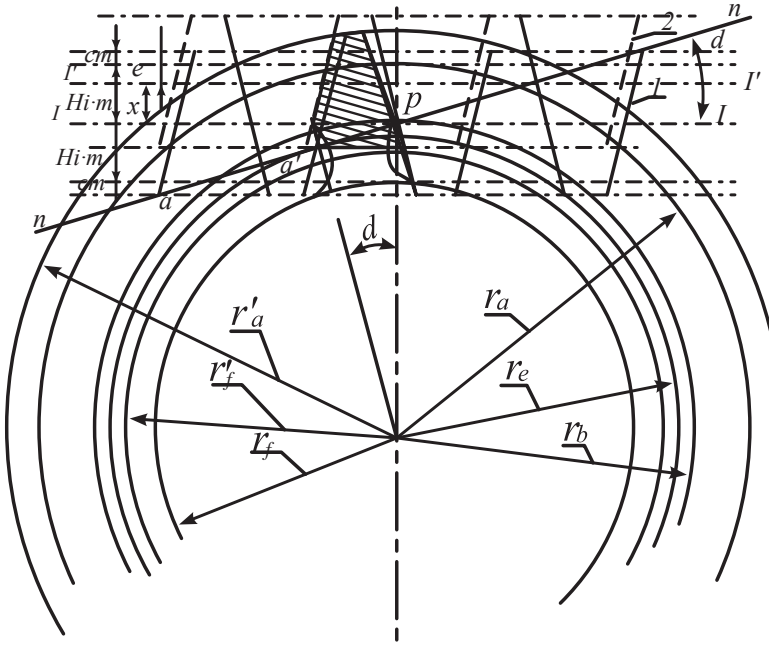
$$\xi = \frac{x}{m},$$

onda

$$x = m - c. \quad (5.2')$$

Standart gural üçin $\alpha=20^\circ$, onda

$$\xi = 1 - \frac{Z}{17}. \quad (5.1a)$$



5.24-nji surat

Eger $z > 17$ bolsa, onda deňleme aýyrmak alamatyny berýär. Diýmek, guraly iki tarapa-da süýşürüp bolýar. Ýöne köplenç $z > 17$ bolanda guraly süýşürenoklar.

5.12. Diş kesýän guralyň süýşmegini saýlap almak

Süýşmek koeffisiýentleriniň bahalaryna görä, dişli içlişmeler indikilere bölünýärler:

1. *Normal içlişmek ýa-da standart içlişmek.* Bu içlişmekde $\xi_1 + \xi_2 = 0$, ýöne $\xi_1 = \xi_2 = 0$, içlişmä girýän iki tigr süýşmesiz ýasalan.

2. *Deňölçegli içlişmek.* Bu içlişmede $\xi_1 + \xi_2 = 0$, ýöne $\xi_1 = -\xi_2$, diş kesýän gural birinji kiçi tigirde aýlanma okundan daşyna süýşürilen

$+\xi_1$, ikinji uly tigrde aýlanma okuna $-\xi_2$ tarap süýşürilen, bahalary boýunça ikisi deň.

Deňölçegli süýşürilen işlemede başlangyç we bölüji töwerekler gabat gelýär, işleme burçy $\alpha=20^\circ$ we oklaryň aralygy a_w üýtgänok. Dişleriň depesinden we düýbünden geçýän töwerekler üýtgeýär, bölüji töwerek boýunça dişleriň galyňlygy we iki dişiň aralygy üýtgeýär.

3. *Goşmak (položitel) işlemede bolup bilýän ýagdaýlar:*

a) $\xi_1 > 0$; $\xi_2 = 0$,

b) $\xi_1 > 0$; $\xi_2 > 0$,

ç) $\xi_1 > 0$; $\xi_2 < 0$, ýöne $|\xi_1| > |\xi_2|$

Goşmak işleminiň hemme görnüşlerinde işleme burçy α' we oklarynyň aralygy a_w standart ululyklardan uly bolýar.

$$\alpha' > \alpha; \quad a'_w > a_w$$

4. *Aýyrmak (otrisatel) işlemek.* Bu işlemede $\xi_1 + \xi_2 < 0$, süýşme koeffisiýentleriň jemi aýyrmak alamatda (-). Bu işlemede oklaryň aralygy a'_w we montaj işleme burçy α' standart işleminiňkiden kiçi bolýar:

$$\alpha' < \alpha; \quad a'_w < a_w.$$

Süýşmek koeffisiýenti ξ_1 we ξ_2 dişli işleminiň hil görkezmelerine, örtme koeffisiýentine we dişleriniň düýbünden ýonulyşyna uly täsiri bar. Şol sebäpli süýşme koeffisiýentleriniň dogry saýlanyp alnyşy wajyp mesele bolýar. Süýşme koeffisiýentleriniň saýlanyp alnyşynyň birnäçe usullary bar.

Biz iki usulyny ulanýarys:

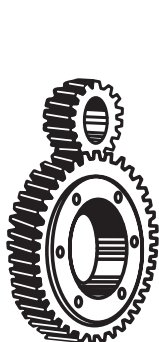
1. Düzetmek W.N.Kudrýawsew usuly boýunça;

2. RGMK (Reduktor gurluşygynyň merkezi konstruktorçylyk býurosy) usuly.

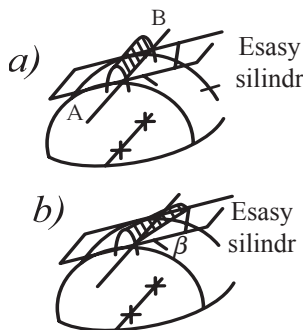
1-nji usul boýunça süýşmek koeffisiýentleri ξ_1 we ξ_2 dişleriň galtaşma (kontakt) berkligi esasynda saýlanýar. Ýörite tablisada dişleriň sany boýunça süýşmek koeffisiýentleri tapylan. Şu usulda başga-da goşundylar göz önünde tutulan: dişleriň düýbünden ýonulyşy, örtme koeffisiýentiniň ýeterlik derejesi, iki dişleriň udel typmasynyň deňligi we ş.m. Şu usul boýunça dişli işleminiň taslamasy geçirilende agzalan häsiýetlerini barlamak hökman däl. Taslama geçirip önümçilige hödürläýmeli, esasanam ýapyk dişli hereket geçiriji mehanizmler üçin. Şol mehanizmlerde in wajyby galtaşma berkligi.

RGMK usuly boýunça süýşmek koeffisiýentleri dişleriň udel typma koeffisiýentleriniň deňligi esasynda saýlanyp alnan. Tigrileriň dişleriniň sanyna görä ýörite tablisalarda süýşme koeffisiýentleri ξ_2 we $\xi_i = \xi_1 + \xi_2$ we montaj işleme burçlary berlen.

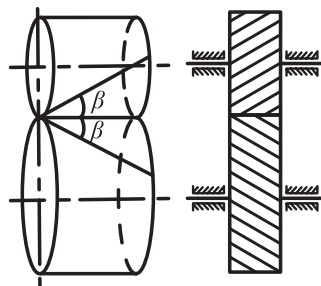
Montaj işleme burçuny hasaplamak zerur bolmaýar. Tablisada deňölçeqli $\xi_1 = -\xi_2$ we deňölçegsiz süýşmeli işlmeler üçin maglumatlar berlen.



5.25-nji surat



5.26-njy surat



5.27-nji surat

Daşky işlemde kiçi tigriň diş sany $z_{\min} < 17$ bolanda, dişleri ýasalan wagtynda düýbünden ýonulýar, şol sebäpli diş kesýän guraly süýşürüp düzetmeli bolýar. Içki işlemde iç tarapynda dişleri bolan tigriň ýasalan wagtynda diş sany $z_{\min} < 85$ bolanda, dişleriň depesinden ýonulyp uçlanýar.

5.13. Gyýa dişli silindrik tigrirler

Öň seredilen dişli tigrirleriň dişleri silindriň okuna parallel, dişleriň galtaşýan çyzyklary şol oka parallel bolany sebäpli, olara göni dişli tigrir diýilýär. Şol dişli tigrirleriň dişleriniň bütin uzynlygy bir wagtda işlmä girip çykýar. Aýlanma okuna perpendikulýar tekizliklerde işlmäniň suraty geometriýa ýa-da wagta görä deň. Şol sebäpli dişli tigrirler ýasalanda goýberilen ýalňyşlyklar (ädiminiň deň dälgi, ewolwentanyň ýalňyşlygy we ş.m.) olaryň işini ýaramazlaşdyryp biler (sesini ulaldyp, iş möhletini peseldip we ş.m.). Ondan başga-da

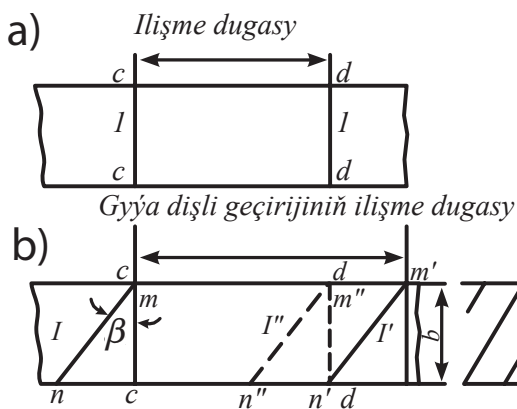
göni dişli ilişməniň örtme koeffisiýenti pes (ikiden kiçi) bolanlygy sebäpli birsydyrgyn işleýşi ýaramazlaşýar.

Şol agzalan kemçilikleriň täsirini azaltmak üçin gyýa dişli silindr tigrileri ulanýarlar (5.26-njy surat).

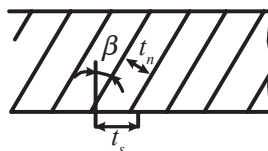
Dişleriň gapdal üstleriniň emele gelşi görkezilen (5.27-nji surat).

Silindriň okuna parallel tekizligiň AB çyzygy, silindriň üstünde typman aýlananda göni dişniň gapdal üstüni emele getirýär. AB çyzygyň hemme nokatlary ewolwenta boýunça hereket edip, dişniň silindriki ewolwentaly üstüni emele getirýär. Gyýa dişleriň gapdal üstüni emele getirýän çyzyk cd silindriň okuna parallel däl, şol ok bilen aralyk burçy β . cd çyzygy emele getirýän ewolwentasy silindrik däl, dişniň üstü wintli çyzykly ewolwenta bolýar.

Gyýa dişniň gapdal üstüniň başlangyç silindr bilen kesişýän ýeri wintli çyzyk bolýar. Şol çyzygyň silindriň okuna ýapgytlyk burçy β gyýa dişli hereket geçirijiniň gapdal görnüşü görkezilen (Başlangyç silindrler we dişleriň yzy görkezilen) (5.28-nji surat). Wint çyzyklarynyň bir-birine girişi iki tigrirde dürli. Biri sag tarapdan, beýlekisi çepden girýär. Wint çyzygynyň tigrirleriň okuna ýapgytlygy iki tigrirde-de deň bolmaly.



5.28-nji surat



5.29-njy surat

Gyýa dişli hereket geçirijiniň ilişmek suraty göni dişliniňki ýaly kesesinden seredeniňde deň. Ýöne göni dişlide dişleriň hemme nokatlary birwagtda ilişmä girse, gyýa dişli ilişmekde dişleriň

nokatlary dişliň uzynlygy boýunça yzygiderli ilişmä girýär (5.29-njy surat). Göni dişli we gyýa dişli tigrileriň başlangyç silindrleriniň yzy görkezilen. Kese-kesigine görä ilişme dugasynyň başlangyç $c-c$ we soňky $d-d$ çyzyklary görkezilen. I we I' dişleriň ilişmä giren we çykan ýagdaýy görkezilen. Kese-kesigine gyýa dişli tigriniň ilişme dugasyna deň bolanda-da, gyýa dişli tigriniň ilişmek dugasy, umuman alanyňda, göni dişli tigriniň ilişmek dugasyndan uzyn. Hakykatda alanyňda, ýokary kesilende gyýa dişler ilişmä m nokatda girip, m'' nokatda çykýar. Ýöne aşaky kesikde diş ilişmä girmändir. Ol n' nokatda ilişmä girer, diş I' ýagdaýda doly ilişmekden çykýar. Gyýa dişli tigriniň ilişmek dugasy $m'' m'$ ölçegi göni dişli tigriniň ilişmek dugasyndan uly.

$$m'' m' = b \operatorname{tg} \beta,$$

bu ýerde b – silindriň ini.

Gyýa dişli tigriniň örtme koeffisiýenti hem göni dişliniňkiden uly bolýar:

$$\varepsilon_k = \varepsilon_g + \frac{b \operatorname{tg} \beta}{t_s}, \quad (5.4)$$

bu ýerde ε_g – göni dişli ilişmegiň örtme koeffisiýenti.

t_s – silindriň kese-kesigi boýunça ädimi.

Şu deňleme-den, tigriniň inini b we dişliň ýapgytlyk burçynyň β ulaldyp, örtme koeffisiýentini ulaldyp bolýanlygy görünýär.

Käbir dişli hereket geçirijileriň örtme koeffisiýenti $8 \div 10$ -a çenli bolup bilýär.

Dişleri gyýa bolan tigrilerde ädimine we modulyna kese-kesiginden we normal kesiginden seretmeli (5.30-njy surat). Çyzgydan ädimleriň başlangyjy:

$$t_s = \frac{t_n}{\cos \beta}. \quad (5.5)$$

Şoňa görä kese we normal kesiklerde modullaryň başlangyjy:

$$m_s = \frac{m_n}{\cos \beta}. \quad (5.6)$$

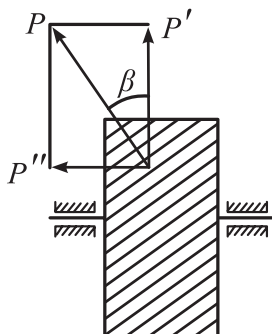
Normal modul m_n (dişli tigrileriň ýasalysyna bagly) standart modul diýip alynýar. Şonuň üçin diş kesýän guralyň standart ululyklaryna görä, normal kesiginde ululyklary standart bolýar.

Gyýa dişli tigrin başlangyç töwereginiň diametri kese-kesigine m_s moduly boýunça kesgitlenýär:

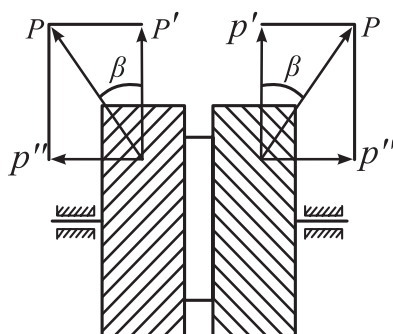
$$D = m_s \cdot z \quad (5.7)$$

ýa-da

$$D = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot z. \quad (5.7a)$$



5.30-njy surat



5.31-njy surat

Dişleriň beýikligi h normal we kese-kesiklerde deň bolany sebäpli dişleriň depesinden we düýbünden geçýän töwerekleriň diametrleri aşakdaky ýaly bolýar:

$$D_a = D + 2h' = m_s z + 2m_n \quad (5.8)$$

$$D_f = D - 2h'' = m_s z - 2,5m_n \quad (5.9)$$

Gyýa dişli tigrlerde iş pursadynda ok boýunça süýşürýän ok ugru güýç emele gelýär. Ýapgytlyk burçy β ulaldygyça, düşýän güýç ulalýar. Şol güýji kabul eder ýaly wallaryň daýançlarynda daýanç, radial-daýanç konus tigrçekli podşipnikler goýulýar (5.30-njy surat). Şol kemçiligiň garşysyna iki tarapy garşylyklaýyn gyýa dişli tigrleri ulanylýarlar. Oňa şewron dişli tigr diýilýär (5.31-njy surat). Şewron tigrlerde ok ugruna täsir edýän güýçler bir-birini deňagrama getirýär. Ýöne iki taraply gyýa şewron dişli tigrleri ýasamak gaty çylşyrymly we gymmat.

5.2-nji mysal. Düzedilen dişli hereket geçirijiniň taslamasyny düzmeli (5.32-njy surat).

Berlen: $z_1 = 14$, $z_2 = 47$, $m = 8 \text{ mm}$, $\alpha = 20^\circ$.

1. Bölüji töwerekleriň radiusy deňölçeqli süýşmede başlangyç töwerekler bilen gabat gelýär:

$$r'_{b1} = r_1 = \frac{mz_1}{2} = \frac{8 \cdot 14}{2} = 56 \text{ mm},$$

$$r'_{b2} = r_2 = \frac{mz_2}{2} = \frac{8 \cdot 47}{2} = 188 \text{ mm}.$$

2. Tigirleriň oklarynyň aralygyny kesgitleýäris:

$$a_w = r'_{b1} + r'_{b2} = 56 + 188 = 244 \text{ mm}.$$

3. Esasy töwerekleriň radiuslary:

$$r_{e1} = r'_{b1} \cos \alpha = 56 \cos 20^\circ = 52,6 \text{ mm},$$

$$r_{e2} = r'_{b2} \cos \alpha = 188 \cos 20^\circ = 176,7 \text{ mm}.$$

4. RGMK usulyňyň tablisasyndan:

$\begin{array}{c} z_2 \\ z_2 \end{array}$	40	50
14	0,395	0,427

Interpolýasiýany ulanyp, $z_2 = 47$ -ä deň bolanda:

$$\xi_1 = -\xi_2 = 0,395 + \frac{(0,427 - 0,395)}{50 - 40} = 0,418,$$

$$\xi_1 = 0,418; \quad \xi_2 = -0,418.$$

5. Dişleriň düýbünden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{f1} = r_1 + m(\xi_1 - 1,25) = 56 + 8(0,418 - 1,25) = 49,35 \text{ mm},$$

$$r_{f2} = r_2 + m(\xi_2 - 1,25) = 188 + 8(-0,418 - 1,25) = 174,65 \text{ mm}.$$

6. Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

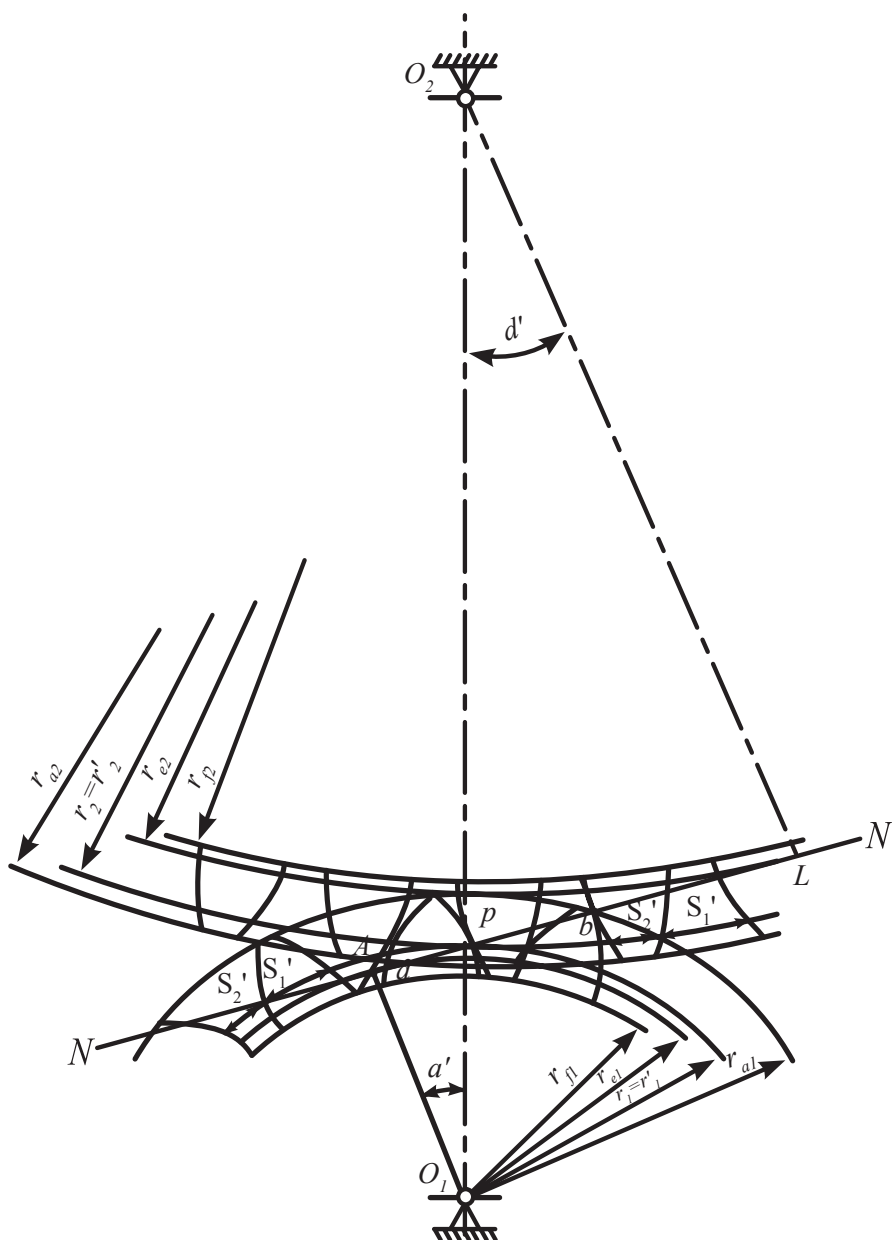
$$r_{a1} = r_1 + m(\xi_1 + 1) = 56 + 8(0,418 + 1) = 67,35 \text{ mm},$$

$$r_{a2} = r_2 + m(\xi_2 + 1) = 188 + 8(-0,418 + 1) = 192,65 \text{ mm}.$$

7. Bölüji töwerek boýunça ädimi:

$$t = \pi m = 3,14 \cdot 8 = 25,12 \text{ mm}.$$

8. Bölüji töwerek boýunça dişleriň galyňlygy:



5.32-nji surat

$$S'_1 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_1 \operatorname{tg} \alpha\right) = 8\left(\frac{3,14}{2} + 2 \cdot 0,418 \operatorname{tg} 20^\circ\right) = 15 \text{ mm},$$

$$S'_2 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_2 \operatorname{tg} \alpha\right) = 8\left(\frac{3,14}{2} - 2 \cdot 0,418 \operatorname{tg} 20^\circ\right) = 10,12 \text{ mm}.$$

9. Dişli tigrilerin hemme ululyklary kesgitlenenden soňra, öň düşündirilişi ýaly, dişli iňişmäniň şekilini gurýarys (5.32-nji surat).

10. Örtme koeffisiýenti:

$$\varepsilon = \frac{ab}{\pi \cdot \cos \alpha} = \frac{35}{3,14 \cdot \cos 20^\circ} = 1,49$$

$ab = 35 \text{ mm}$ çyzgydan alnan.

5.3-nji mysal. Daşky iňişmeli dişli hereket geçirijiniň taslamasyny düzmeli.

Berlen: $z_1=9$, $i_{12}=1,2$, $m=12 \text{ mm}$, $\alpha=20^\circ$ (5.33-nji surat).

Ç ö z ü l i ş i :

1. Iki dişli tigrin 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. Bölüji töwerekleriň radiuslary:

$$r_1 = \frac{mz_1}{2} = \frac{12 \cdot 9}{2} = 54 \text{ mm},$$

$$r_2 = \frac{mz_2}{2} = \frac{12 \cdot 11}{2} = 66 \text{ mm}.$$

3. Esasy töwerekleriň radiuslary:

$$r_{e1} = r_1 \cos \alpha = 54 \cos 20^\circ = 50,75 \text{ mm},$$

$$r_{e2} = r_2 \cos \alpha = 66 \cos 20^\circ = 62 \text{ mm}.$$

4. Dişleriň sany 17-den az bolsa, diş kesýän guraly süýşürmeli:

$$\xi_1 = \frac{17 - z_1}{17} = \frac{17 - 9}{17} = 0,470,$$

$$\xi_2 = \frac{17 - z_2}{17} = \frac{17 - 11}{17} = 0,352.$$

İlişmek goşmak alamatly, deňölçegsiz süýşürilen $\xi_1 + \xi_2 > 0$.

5. Montaj ilişmek burçy:

$$\text{inv}\alpha' = \frac{2(\xi_1 + \xi_2)}{z_1 + z_2} \text{tg}\alpha + \text{inv}\alpha = \frac{2(0,470 + 0,352) \text{tg}20^\circ}{9 + 11} + \text{inv}20^\circ = 0,0448248.$$

Tablisadan $\alpha' = 28^\circ 21'$.

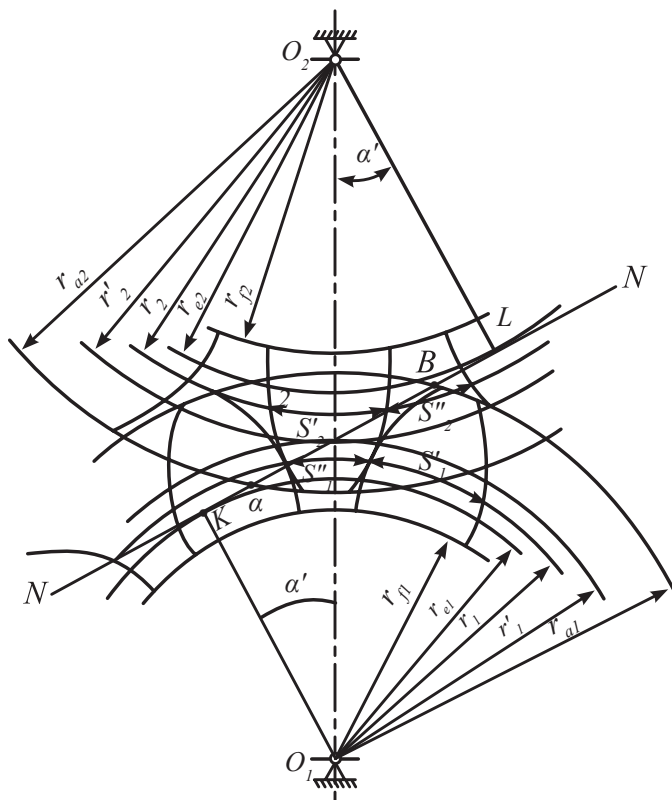
6. Başlangyç töwerekleriň radiuslary:

$$r_{b1} = r_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} = 54 \frac{\cos 20^\circ}{\cos 28^\circ 21'} = 57,65 \text{ mm},$$

$$r_{b2} = r_2 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} = 66 \frac{\cos 20^\circ}{\cos 28^\circ 21'} = 70,5 \text{ mm}.$$

7. Oklarynyň aralygy:

$$a'_w = r'_{b1} + r'_{b2} = 57,65 + 70,5 = 128,55 \text{ mm}.$$



5.33-nji surat

Dişlerin düybünden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{f1} = r_1 + m(\xi_1 - 1,25) = 54 + 12(0,47 - 1,25) = 44,64 \text{ mm},$$

$$r_{f2} = r_2 + m(\xi_2 - 1,25) = 66 + 12(0,352 - 1,25) = 55,22 \text{ mm}.$$

Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{a1} = a'_w - r_{f2} - c = 128,15 - 55,22 - 0,2512 = 69,9 \text{ mm},$$

$$r_{a2} = a'_w - r_{f1} - c = 128,15 - 44,64 - 0,2512 = 80,5 \text{ mm}.$$

Bölüji töwerek boýunça ädimi:

$$t = \pi m = 3,14 \cdot 12 = 37,7 \text{ mm}.$$

11. Bölüji töwerek boýunça dişleriň galyňlygy:

$$S'_1 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_1 \operatorname{tg} \alpha\right) = 12\left(\frac{3,14}{2} + 2 \cdot 0,47 \operatorname{tg} 20^\circ\right) = 22,95 \text{ mm},$$

$$S'_2 = m\left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_2 \operatorname{tg} \alpha\right) = 8\left(\frac{3,14}{2} + 2 \cdot 0,352 \operatorname{tg} 20^\circ\right) = 21,95 \text{ mm}.$$

12. Bölüji töwerek boýunça iki dişiň aralygy:

$$S''_1 = t - S'_1 = 37,7 - 22,95 = 14,75 \text{ mm},$$

$$S''_2 = t - S'_2 = 37,7 - 21,95 = 15,75 \text{ mm}.$$

13. Dişli işläniniň şekilini gurýarys (5.33-nji surat).

14. Başlangyç töweregi boýunça ädimi:

$$t' = t \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} = 37,7 \frac{\cos 20^\circ}{\cos 28^\circ 21'} = 40,25 \text{ mm}$$

15. Örtme koeffisiýenti:

$$\varepsilon = \frac{ab}{t' \cos \alpha'} = \frac{38,5}{40,25 \cdot \cos 28^\circ 21'} = 1,1.$$

ab – hakyky işleme çyzygynyň çyzgysyndan alnan, $ab = 38,5 \text{ mm}$.

5.4-nji mysal. Dişli hereket geçirijiniň taslamasyny düzmeli: oklaryň aralygy üýtgemeli däl $a_w = 120 \text{ mm}$, moduly $m = 6 \text{ mm}$, geçirijilik gatnaşygy $i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = 2$ (5.34-nji surat).

Ç ö z ü l i ş i :

1. Ok aralygynyň formulasyndaky dişleriň sanyny kesgitläris:

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

ýa-da
$$z_1 + z_2 = \frac{2a_\omega}{m} = \frac{2 \cdot 120}{m} = 40.$$

Başga tarapdan:

$$\frac{z_2}{z_1} = 2.$$

Iki deňlemeleri bilelikde işläp:

$$z_1 = 13\frac{1}{3}; \quad z_2 = 26\frac{2}{3}.$$

Diş sany bitin bolmaly, onda kabul edýäris:

$$z_1 = 13; \quad z_2 = 26.$$

Dişleriň jemi: $z_1 + z_2 = 39$, öňki 40 standart ilişmekden az, şol sebäpli düzetmeli bolýar, oklaryň aralygy üýtgemeli däl.

Diýmek, düzedilen ilişmede oklaryň aralygy $a'_w = 120 \text{ mm}$.

1. Standart ilişmäniň oklarynyň aralygy bolýar:

$$a_\omega = \frac{m}{2}(z_1 + z_2) = \frac{6}{2}(13 + 26) = 117 \text{ mm}.$$

2. Montaj ilişme burçy:

$$\cos \alpha' = \frac{a_\omega \cos \alpha}{a_\omega} = \frac{117 \cdot \cos 20^\circ}{120} = 0,9161.$$

$$\alpha' = 23^\circ 28'.$$

3. Otnositel süýşmek koeffisiýentleri:

$$\xi_1 + \xi_2 = \frac{(\operatorname{inv} \alpha' - \operatorname{inv} \alpha)(z_1 + z_2)}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{(0,0251 + 0,0149)(13 + 26)}{2 \operatorname{tg} 20^\circ} = 0,546$$

$$\operatorname{inv} \alpha' = \operatorname{inv} 23^\circ 38' = 0,0251$$

$\operatorname{inv} \alpha = \operatorname{inv} 20^\circ = 0,0149$, bu tablisadan alnan.

I usul:

$$\xi_1 = \frac{17 - z_1}{17} = \frac{17 - 13}{17} = 0,235,$$

onda
$$\xi_2 = (\xi_1 + \xi_2) - \xi_1 = 0,546 - 0,235 = 0,311.$$

II usul:
$$\xi_1 = \xi_2 = \frac{\xi_1 + \xi_2}{2} = \frac{0,546}{2} = 0,273.$$

Dişli ilişmənin ululyklaryny II usul boyunca hasaplaýarys.

4. Bölüji töwerekleriň radiuslary:

$$r_1 = \frac{mz_1}{2} = \frac{6 \cdot 13}{2} = 39 \text{ mm},$$

$$r_2 = \frac{mz_2}{2} = \frac{6 \cdot 26}{2} = 78 \text{ mm}.$$

5. Esasy töwerekleriň radiuslary:

$$r_{e1} = r_1 \cos \alpha = 39 \cos 20^\circ = 36,7 \text{ mm},$$

$$r_{e2} = r_2 \cos \alpha = 78 \cos 20^\circ = 73,4 \text{ mm}.$$

6. Başlangyç töwerekleriň radiuslary:

$$a'_w = r'_{b1} + r'_{b2} = 120 \text{ mm},$$

$$\frac{r'_{b2}}{r'_{b1}} = i_{12} = 2.$$

Onda $r'_{b1} = 40 \text{ mm}$; $r'_{b2} = 80 \text{ mm}$.

Dişleriň düýbünden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{f1} = r_1 + m(\zeta_1 - 1,25) = 39 + 6(0,273 - 1,25) = 33,14 \text{ mm},$$

$$r_{f2} = r_2 + m(\zeta_2 - 1,25) = 78 + 6(0,273 - 1,25) = 72,14 \text{ mm}.$$

Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{a1} = a'_w - r_{f2} - c = 120 - 72,14 - 0,25 \cdot 6 = 46,36 \text{ mm},$$

$$r_{a2} = a'_w - r_{f1} - c = 120 - 44,64 - 0,25 \cdot 6 = 85,36 \text{ mm}.$$

Bölüji töwerek boyunca ädimi:

$$t = \pi m = 3,14 \cdot 6 = 18,84 \text{ mm}.$$

Bölüji töwerek boyunca dişleriň galyňlygy deň, sebäbi deňölçegli süýşmek:

$$\zeta_1 = \zeta_2 = 0,273.$$

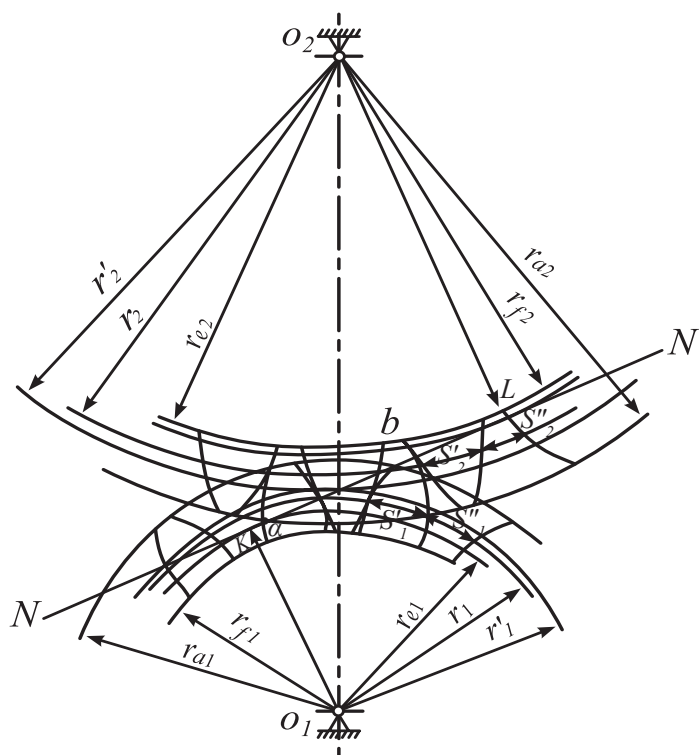
$$S'_1 = S'_2 = m \left(\frac{\pi}{2} + 2\xi \operatorname{tg} \alpha \right) = 6(0,5\pi + 2 \cdot 0,273 \operatorname{tg} 20^\circ) = 10,6 \text{ mm}.$$

Bölüji töwerek boyunca iki dişin aralygy:

$$S''_1 = S''_2 = t - S'_1 = t - S'_2 = 18,84 - 10,6 = 8,24 \text{ mm}.$$

Dişli ilişməniň şekilini gurýarys (5.34-nji surat).

5.5-nji mysal. Dişli hereket geçirijiniň $z_1 = 10$, $z_2 = 12$, $m = 10 \text{ mm}$, $\alpha = 20^\circ$ berlenler boyunca taslamasyny düzmeli (5.35-nji surat).



5.34-nji surat

Ç ö z ü l i ş i :

1. RGMK usuly boýunça korririrleýäris. Ýyllyk taslamany ýerine ýetirmek üçin gollanmanyň tablisasyndan: Birinji tigrň süýşmek koeffisiýenti:

$$\xi_1 = 0,558,$$

$$\xi_j = \xi_1 + \xi_2 = 1,083.$$

Ilişme burçy: $\alpha' = 29^\circ 30' 19''$.

Ikinji tigrň süýşmek koeffisiýenti:

$$\xi_2 = \xi_j - \xi_1 = 1,083 - 0,558 = 0,525.$$

2. Bölüji töwerekleriň radiuslary:

$$r_1 = \frac{mz_1}{2} = \frac{10 \cdot 10}{2} = 50mm,$$

$$r_2 = \frac{mz_2}{2} = \frac{10 \cdot 12}{2} = 60mm.$$

3. Esasy töwerekleriň radiuslary:

$$r_{e1} = \frac{mz_1}{2} \cos \alpha = 50 \cos 20^\circ = 47 \text{ mm},$$

$$r_{e2} = \frac{mz_2}{2} \cos \alpha = 60 \cos 20^\circ = 56,4 \text{ mm},$$

4. Başlangyç töwerekleriň radiuslary:

$$r_{b1} = r_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} = 50 \frac{\cos 20^\circ}{\cos 29^\circ 30' 19''} = 54 \text{ mm},$$

$$r_{b2} = r_2 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} = 60 \frac{\cos 20^\circ}{\cos 29^\circ 30' 19''} = 64,8 \text{ mm}.$$

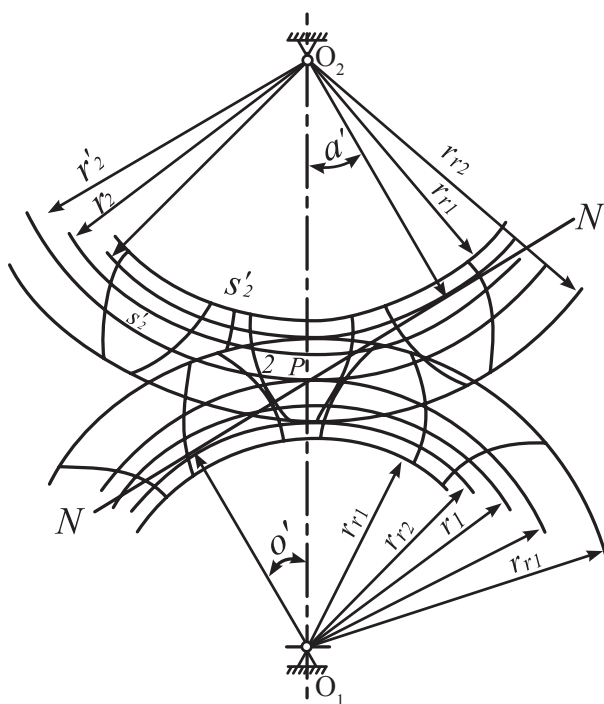
5. Oklaryň alygy:

$$a_w = r'_{b1} + r'_{b2} = 54 + 64,8 = 118,8 \text{ mm}.$$

6. Dişleriň düýbünden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{f1} = r_1 + m(\xi_1 - 1,25) = 50 + 10(0,558 - 1,25) = 43,08 \text{ mm},$$

$$r_{f2} = r_2 + m(\xi_2 - 1,25) = 60 + 10(0,525 - 1,25) = 52,75 \text{ mm}.$$



5.35-nji surat

7. Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary:

$$r_{a1} = a'_w - r_{f2} - c = 118,8 - 52,75 - 0,25 \cdot 10 = 63,5 \text{ mm},$$

$$r_{a2} = a'_w - r_{f1} - c = 118,8 - 43,08 - 0,251 \cdot 10 = 73,22 \text{ mm}.$$

8. Bölüji töwerek boýunça ädimi:

$$t = \pi m = 3,14 \cdot 10 = 31,4 \text{ mm}.$$

9. Bölüji töwerek boýunça dişleriň galyňlygy:

$$S'_1 = m \left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_1 \operatorname{tg} \alpha \right) = 10 \left(\frac{3,14}{2} + 2 \cdot 0,558 \operatorname{tg} 20^\circ \right) = 19,76 \text{ mm},$$

$$S'_2 = m \left(\frac{\pi}{2} + 2\xi_2 \operatorname{tg} \alpha \right) = 10 \left(\frac{3,14}{2} + 2 \cdot 0,525 \operatorname{tg} 20^\circ \right) = 19,52 \text{ mm}.$$

Bölüji töwerek boýunça iki dişiň aralygy:

$$S''_1 = t - S'_1 = 31,4 - 19,76 = 11,64 \text{ mm},$$

$$S''_2 = t - S'_2 = 31,4 - 19,52 = 11,88 \text{ mm}.$$

Dişli ilişmäniň şekilini gurýarys (5.35-nji surat).

5.6-njy mysal. Gyýa dişli hereket geçirijiniň $a_w = 140 \text{ mm}$, geçirijilik gatnaşygy $i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = 1,5$, ilişmek moduly $m = 5 \text{ mm}$, berlenler boýunça taslamasyny düzmeli.

Ç ö z ü l i ş i :

Ilki göni dişli tigrirler üçin işleýäris.

Diş sanlaryny 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 işläp:

$$z_1 = 22,4; \quad z_2 = 33,6.$$

Diş sany bitin bolmalydygy sebäpli $z_1 = 22$; $z_2 = 33$ diýip kabul edýäris.

Diş sanynyň jemi $z_1 + z_2 = 22 + 33 = 55$, hakykatda ($z_1 + z_2 = 56$) standart dişli ilişmäniňkiden azlygy sebäpli göni dişli ilişmäni ýerine ýetirip bolanok. Şol sebäpli gyýa dişli düzedilen ilişmäni alýarys.

2. Gapdal kese-kesiginden moduly:

$$m_s = \frac{2a_w}{z_1 + z_2} = \frac{2 \cdot 140}{22 + 33} = 5,1 \text{ mm}.$$

3. Normal kese-kesiginden standart moduly $m_n=5 \text{ mm}$ diýip alyp, dişleriň gyýalyk burçuny kesgitleýäris:

$$\cos \beta = \frac{m_n}{m_s} = \frac{5}{5,1} = 0,981,$$

$$\beta = 11^\circ 10'.$$

4. Başlangyç silindrleriň diametrleri:

$$D_1 = m_s z_1 = 5,1 \cdot 22 = 112 \text{ mm},$$

$$D_2 = m_s z_2 = 5,1 \cdot 33 = 168 \text{ mm}.$$

Dişleriň depesinden geçýän silindrleriň diametrleri:

$$D_{a1} = D_1 + 2m_n = 112 + 2 \cdot 5 = 122 \text{ mm},$$

$$D_{a2} = D_1 + 2m_n = 168 + 2 \cdot 5 = 178 \text{ mm}.$$

Dişleriň düýbünden geçýän silindrleriň diametrleri:

$$D_{f1} = D_1 - 2,5m_n = 112 - 2,5 \cdot 5 = 99,5 \text{ mm},$$

$$D_{f2} = D_2 - 2,5m_n = 168 - 2,5 \cdot 5 = 155,5 \text{ mm}.$$

5.14. Giňişlikde hereket edýän dişli tigrler.

Konusly dişli tigrler

Kesişýän oklaryň arasynda aýlaw hereketini geçirmek üçin konus dişli tigrlerini ulanýarlar. Olaryň kesişýän burçy 90° bolan hereket geçiriji mehanizmleri köp ulanýarlar, ýöne kesişýän burçy islendik ululykda bolup bilýär (5.36-njy surat). Silindr dişli geçirijilerdäki ýaly, konusly dişli geçirijilerde-de başlangyç konus diýlen düşünjäni ulanýarlar. Başlangyç konuslar biri-birine galtaşyp, typman aýlanyp, geçirijilik gatnaşygynyň hemişeligini saklaýarlar (5.36-njy surat).

Eger-de birinji we ikinji konuslar biri-biriniň üstünde typman aýlanýan bolsa, iki konusa degişli ýörediji (OP) çyzygyň islendik (P) nokadynda tizlikleri deň bolýar:

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 \quad (5.10)$$

$$\text{ýa-da} \quad i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}. \quad (5.11)$$

$$\text{Çyzgydan} \quad r_1 = OP \sin \varphi_1 \quad \text{we} \quad r_2 = OP \sin \varphi_2, \quad (5.12)$$

onda
$$i_{12} = \frac{\sin \varphi_2}{\sin \varphi_1}. \quad (5.13)$$

Seredilen konuslarda φ_1 we φ_2 hemişelik bolanlygy sebäpli, geçirijilik gatnaşygy hem hemişelik bolýar.

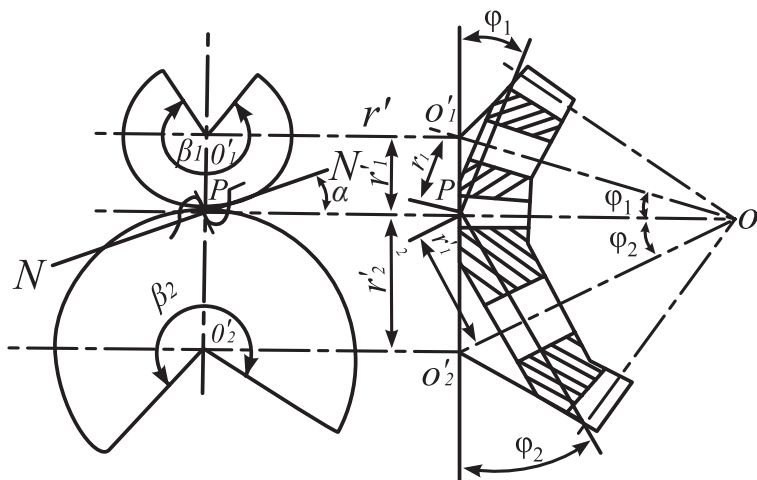
Konusly dişli hereket geçirijileriň köpüsiniň

$$\varphi_1 + \varphi_2 = 90^\circ \quad (5.13a)$$

bolanlygy sebäpli (5.13) deňleme bolýar:

$$i_{12} = \frac{\sin \varphi_2}{\sin \varphi_1} = \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi_1}. \quad (5.13b)$$

OP çyzyk bir tigriň beýleki tigre görä şol pursatdaky aýlanma oky bolýar, sebäbi OP çyzykdaky iki konusa 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 galtaşýan çyzyklarynyň geometriki ýeri) NN tekizlik bolýar (5.36-njy surat). NN tekizlik bilen TT tekizlikleriň arasyndaky burça (α) ilişmek burçy diýilýär. NN tekizlikde şol pursatdaky aýlanma oky (OP) ýerleşýär. TT tekizlik iki başlangyç konuslara umumy galtaşýan tekizlik. Standart konusly dişli tigirlerde ilişmek burçy $\alpha = 20^\circ$.



5.36-njy surat

NN tekizlige galtaşýan oklary başlangyç konuslaryň oklary bilen gabat gelýän bolsa, oňa esasy konus diýilýär. Depesindeki burçlarynyň ýarysy φ_{e1} we φ_{e2} . Çyzgyda punktir çyzyklar bilen görkezilen *NN* tekizlige ilişmek tekizligi diýilýär. Esasy konuslaryň üstünden ilişmek tekizligi (*NN*) tyldyрман аýланда, конус тигирleriniň dışleriniň gapdal üsti emele gelýär. Olaryň ilişmek tekizliginde döredýän çyzyklary esasy konuslary döredýän çyzyklar bilen gabat gelýär. Konus dışli tigrin dışiniň gapdal üstüniň emele gelşini göz önüne getirmek üçin *b* inli list kagyzy esasy konusa dolap, listi açyp başlanynda *ab* gyrasynyň hereket ýoly a_1b_1 geçende, ewolwentaly konusly üsti emele gelýär. *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. Başlangyç konus dışi, beýikligi boýunça, ikä bölýär: I – dışiň düýbi, II – dışiň depesi (5.37-nji surat).

Konusly dışli tigrileriň içki we daşky gapdal üstleri başlangyç konuslara goşmaça konuslar boýunça ýasalýar. Şol konuslary dörediji çyzyklaryň aralyk burçy 90° .

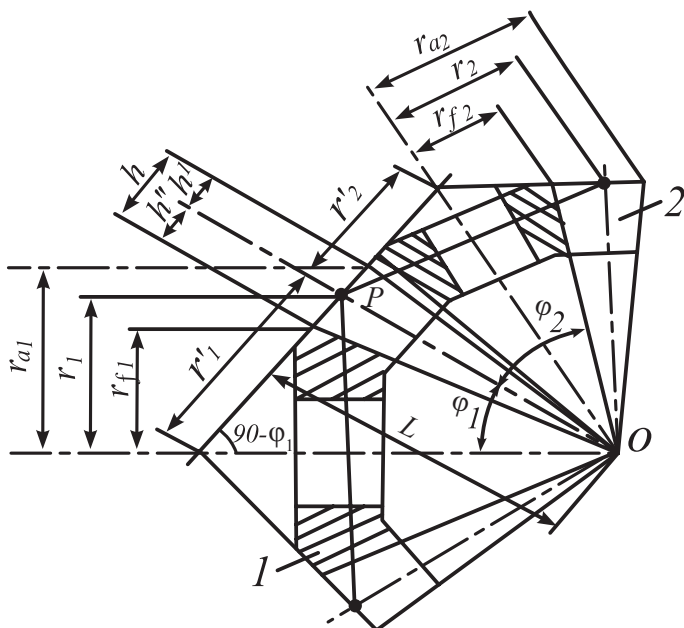
Konusly dışli tigrileriň ädimi we moduly hemişelik däl. Olar başlangyç konuslaryň depesine golaýlaşýança kiçelýär. Başlangyç konuslaryň goşmaça konuslar bilen kesişýän töwerekleriniň radiuslary r_1 we r_2 . Şol töwerekler başlangyç töwerek diýilýär, olar boýunça alnan modul standart hasaplanýar. Standart konusly dışli tigrileriň başlangyç töwerekler boýunça radiuslary r_1 we r_2 , ädimi *t*, dışleriň galyňlygy *S'* we iki dışiň aralygy *S''* silindr dışli tigrileriň deňlemelerine meňzeş:

$$r_1 = \frac{mz_1}{2}; \quad r_2 = \frac{mz_2}{2};$$

$$t = \pi m; \quad S' = S'' = \frac{\pi m}{2}.$$

Dışıň depesiniň beýikligi h_a we düýbünüň beýikligi h_f daşky goşmaça konusy dörediji çyzyk boýunça ölçenilýär.

$$h_a = m; \quad h_f = 1,25 m; \quad h = h_a + h_f = 2,25 m.$$



5.37-nji surat

$$h_a = m; \quad h_f = 1,25 m; \quad h = h_a + h_f = 2,25 m.$$

Dişleriň depesinden we düýbünden geçýän töwerekleriň radiuslary daşky konus boýunça ölçenilýär, olary kesgitleýän deňlemeler silindr dişli tigirleriň deňlemelerinden tapawutlanýar, sebäbi başlangyç töwerekleriň radiuslarynyň we dişleriň beýikliginiň ölçenilýän ugurlary gabat gelenok. Dişleriň depesinden geçýän töwerekleriň radiuslary deň:

$$r_{a1} = r_1 + h'_a \cos \varphi_1 = m \left(\frac{z_1}{2} + \cos \varphi_1 \right); \quad (5.14)$$

$$r_{a2} = r_2 + h'_a \cos \varphi_2 = m \left(\frac{z_2}{2} + \cos \varphi_2 \right).$$

Dişiň düýbünden geçýän töweregiň radiuslary deň:

$$r_{f1} = r_1 - h''_f = m \left(\frac{z_1}{2} - 1,25 \cos \varphi_1 \right); \quad (5.15)$$

$$r_{f2} = r_2 - h''_f = m \left(\frac{z_2}{2} - 1,25 \cos \varphi_2 \right).$$

Konuslaryň aralyk uzynlygy deň:

$$L = \frac{r_1}{\sin \varphi_1} = \frac{r_2}{\sin \varphi_2}. \quad (5.16)$$

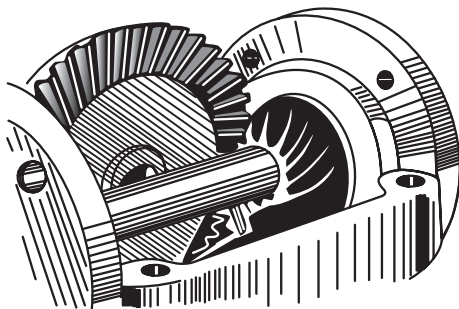
Konusly hereket geçirijiniň ilişmeginiň suratyny doly we dogry görkezmek kyn, sebäbi dişleriň ewolwentalary sferanyň üstünde ýerleşýär. Sferanyň ýazylan şekilini dogry görkezip bolanok. Ilişmegiň suratyny çen boýunça görkezýärler.

Daşky goşmaça konuslarda dişleriň profilleri OP radiusly sferanyň üstündäki dişleriň ewolwentaly profiline golaý. Şol sebäpli ilişmegiň suratyny, eger-de daşky goşmaça konuslaryň gapdal üstüni tekizligiň üstüne ýazsaň, çen boýunça görüp bolýar (5.37-nji surat).

Çyzgynyň sag tarapynda konusly geçiriji tigrileriň oklary boýunça kesilişi görkezilen. Çep tarapynda goşmaça konuslaryň ýazylan şekili gurlan. r'_1 we r'_2 radiusly töwerekler goşmaça konuslary döredýän çyzyklaryň uzynlygyna deň:

$$r'_1 = \frac{r_1}{\cos \varphi_1}; r'_2 = \frac{r_2}{\cos \varphi_2}.$$

Olar başlangyç kömekçi töwerekler bolýar. Şol töwerekler boýunça ädimi t , dişiň galyňlygy S' , iki dişiň aralygy S'' we moduly m , hakyky başlangyç töwerekler boýunça ululyklary deň. Konusyň ýazylan şekilinde, dişiň beýikligi h , dişiň depesiniň beýikligi h_a we dişiň düýbüniň beýikligi hem üýtgänok. 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.



5.38-nji surat

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

$$\beta_1 = \frac{2\pi r_1}{r'_1}; \quad \beta_2 = \frac{2\pi r_2}{r'_2},$$

ýa-da

$$\beta_1 = 2\pi \cos \varphi_1; \quad \beta_2 = 2\pi \cos \varphi_2. \quad (5.18)$$

töwerekler doly çyzylanda, diş sany bolmalysyndan köpeler. Diş sany deň:

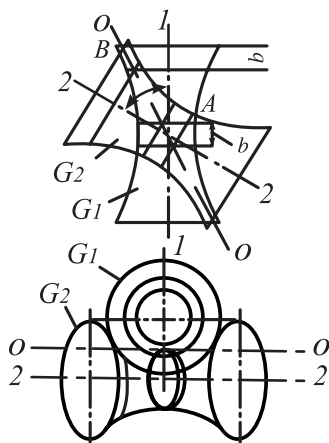
$$z_1 = \frac{2\pi r'_1}{t} = \frac{2\pi' r_1}{t \cos \varphi_1} = \frac{t' z_1}{t \cos \varphi_1} = \frac{z_1}{\cos \varphi_1}; \quad (5.19)$$

$$z'_2 = \frac{z_2}{\cos \varphi_2}$$

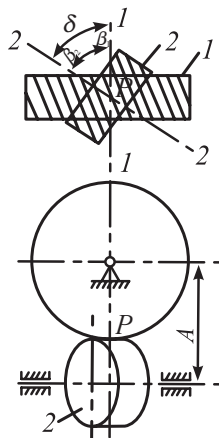
Konusly dişli hereket geçirijiniň ilişmek şekiline seredeniňde, ony silindrli dişli ilişmegiň şekiline çen boýunça çalşyp bolýar. Başlangyç töwerekleriň radiuslary daşky goşmaça konuslary dörediji çyzyklaryň uzynlyklaryna deň diýip almaly. Olaryň modullary we ilişmek burçlary deň bolmaly. Çalşylan silindrli hereket geçirijiniň häsiýet görkezijileri konusly hereket geçirijiniň häsiýet görkezijilerine golaý bolýar. Konusly dişli geçirijileriň dişleri diňe göni däl-de, gyýa hem bolup bilýär (5.38-nji surat).

Giperboloidli hereket geçirijiler

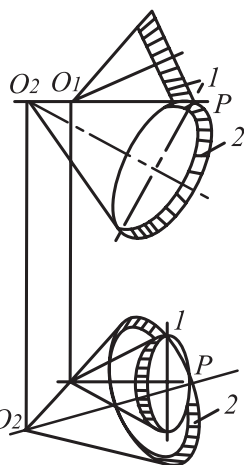
Tigirleriň oklary atanakly geçýän wallaryň arasynda aýlanma hereketini geçirmek üçin giperboloidli dişli tigirleri ulanýarlar. Geçirijilik gatnaşygynyň hemişelik bolmagy üçin: silindr dişli geçirijilerde – konus, giperboloidli dişli geçirijilerde başlangyç üsti giperboloide-de bolýar. Aýlanma hereketi geçirilende başlangyç giperboloidler göni çyzyk boýunça galtaşyp, biri-biriniň üstünden typman hereket edýärler.



5.39-njy surat



5.40-njy surat



5.41-nji surat

Giperboloidleriň galtaşýan göni çyzygy şol pursatda bir giperboloidiň beýlekä görä aýlaw wintli oky bolýar (5.39-njy surat).

Çyzygyda iki tigriň oklary $l-l$ we $2-2$ atanakly geçýän ýerinde giperboloidler G_1 we G_2 görkezilen. Tigriň otnositel hereketinde giperboloidleriň galtaşma $O - O$ çyzygy, şol pursatdaky wintli oky bolýar. Çyzykda giperboloidler şeýle görkezilen: gorizonta proeksiýasynda $l-l$ aýlanma oky O nokada düşýär, beýlekiniňki $2 - 2$ aýlanma oky bilen $O-O$ galtaşma çyzygy gorizonta çyzyk bolýar. Ilişme üçin giperboloidiň belli bir aralygy ulanylýar. Giperboloidiň iň dar ýerinde (A aralykda) ýa-da şol ýerden daşrakda şol aralyklar ýerleşip bilýär (b aralyk) (5.40-njy surat).

Ilişmek A aralykda bolanda, şol ýerini silindre meňzeş diýip alyp bolýar, başlangyç giperboloidleri başlangyç silindrlere çalşyp bolýar. Şonuň ýaly dişli tigirlere wintli diýilýär. Wintli dişli tigirlerde, gyýa dişli silindrligi tigirler ýaly, dişleriň ugry bilen tigirleriň oky β burçuny emele getirýär. Dişleriň ýapgytlyk ugurlary dişleriň otnositel tytmak tizliginiň ugry bilen gabat gelmeli, başgaça aýdylanda, ýapgytlyk ugurlary şol pursatdaky wintli okuň aýlanmasy bilen gabat gelmeli.

Şol sebäpli dişleriň ýapgytlyk burçlary tigirleriň oklaryna görä, şol pursatdaky wintli okuň aýlanma oky bilen tigirleriň ok aralyk

burçlary deň bolmaly. b aralygy çen boýunça konusly diýip alyp bolýar. Başlangyç giperboloidleri başlangyç konuslara çalşyp bolýar. Şonuň ýaly dişli geçirijilere gipoidli diýilýär (5.41-nji surat).

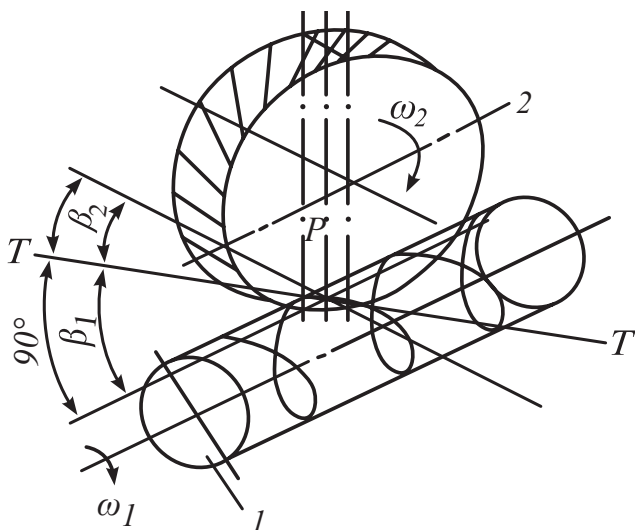
Wintli we gipoidli geçirijileriň geçirijilik gatnaşyklary deň:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}.$$

Wintli we gipoidli geçirijileriň kemçilikleri: güýçler oklary boýunça täsir edýär, oňnositel typtmalary uly bolany sebäpli sürtülmesi uly bolýar.

Burumly dişli geçirijiler

Atanakly oklaryň arasynda aýlanma hereketini geçirmek üçin burumly dişli geçirijileri ulanýarlar. Köplenç oklarynyň arasyndaky burç 90° bolýar.



5.42-nji surat

Belli bir şert bilen, burumly geçirijä wintli diýip seredip bolýar, dişleriniň oklara ýapgytlyk burçlary β_1 we β_2 bir-birinden ep-esli tapawutlanýarlar (5.42-nji surat). Başlangyç silindrleriň we şol töwereklerde dişleriň wint çyzyklarynda ýerleşeni çyzygyda görkezilen.

Birinji silindrde wint çyzygy bilen okunyň aralyk burçy uly. Şol sebäpli wint çyzygy silindriň daşynda birnäçe gezek aýlanýar. Ikinji silindrde β_2 burç has kiçi bolany sebäpli wint çyzygynyň bir bölejigi silindriň üstünde ýerleşýär. Birinji tigriň başlangyç töwereginde wint çyzyk birnäçe gezek aýlanany sebäpli burum diýip atlandyrylýar, ikinji tigre burumly tigr diýilýär. Dişli ilişmege burumly diýip atlandyrylýar. Burum trapezoidal hyrly wint (5.43-nji surat). Burumyň hemme ululyklary modul boýunça kesgitlenýär:

Ädimi: $t = \pi m$.

Dişň başjagazynyň beýikligi: $h_a = 1 m$.

Dişň aýajygynyň beýikligi: $h_f = 1,25 m$.

Başlangyç silindriň radiusy:

$$r = \frac{q \cdot m}{2}; \quad d = q \cdot m. \quad (5.20)$$

$q = 8 \div 13$ aralykda bitin san.

Burumyň içki silindriň radiusy:

$$r_f = \frac{m(q - 2,5)}{2}. \quad (5.21)$$

Daşky silindriň radiusy:

$$r_a = \frac{m(q + 2)}{2}. \quad (5.22)$$

Diametri boýunça okuna perpendikulýar kesiginde, burumly ilişmek ewolwentaly reýkaly ilişmegiňki ýaly. Şol kesige – baş kesik diýilýär (5.43-nji surat). Tigriň başlangyç töweregiň diametri:

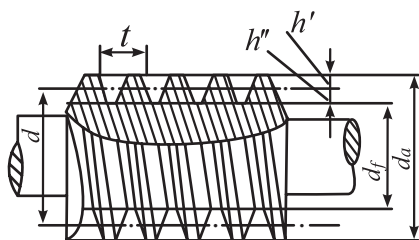
$$D = m z_{\zeta, t}$$

Dişleriň depesinden geçýän töweregiň diametri:

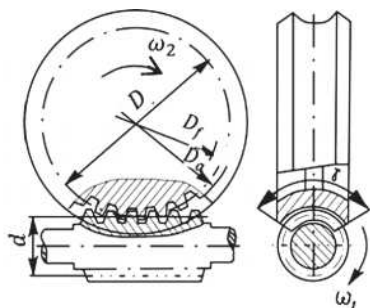
$$D_a = m(z_{\zeta, t} + 2).$$

Dişleriň düýbünden geçýän töweregiň diametri:

$$D_f = m(z_{\zeta, t} - 2,5).$$



5.43-nji surat



5.44-nji surat

Standart normal ululykda ýasalan burumly ilişmekde tigrin diş burumyň dişini duga boýunça gurşaýyş burçy γ (5.44-nji surat). Dişler çyzyk boýunça galtaşýanlygy sebäpli, uly tizliklerde işlände, dişlerde typmak uly bolanda-da burumly geçirijiler özüni gowy duýýar. γ burçy 90° -dan 120° -a çenli hödürlenilýär. Burumlar hyrly wintler ýaly köp girişli bolup bilýär. Köp girişli burumyň ädimi kesgitleýär:

$$t' = k \pi m,$$

bu ýerde k – burumyň hyrynyň giriş sany.

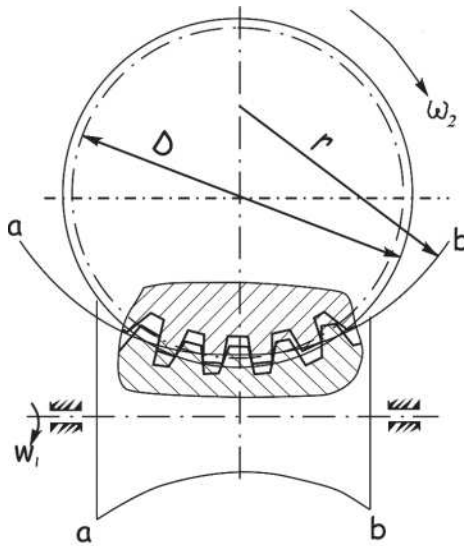
Geçirijilik gatnaşygyny kesgitleýäris. Bir girişli burumyň bir aýlawynda burum tigriniň bir dişiniň burçuna aýlanýar, $\frac{1}{z_{b,t}}$ – aýlaw bölegiçe aýlanýar, onda bir girişli burumyň geçirijilik gatnaşygy bolýar:

$$i_{12} = 1 \div \frac{1}{z_{c,t}} = \frac{z_{c,t}}{1}.$$

Burumyň giriş sany k deň bolanda, burumyň bir aýlawynda tigrin aýlawy $\frac{k}{z_{c,t}}$ deň bolýar. Onda geçirijilik gatnaşygy:

$$i_{12} = \frac{z_{c,t}}{k}.$$

Geçirijilik gatnaşygy tigrin diş sanynyň burumyň giriş sanynyň gatnaşygyna deň bolýar. Giriş sany ($k = 1$) kiçi bolany sebäpli, geçirijilik gatnaşygy uly bolýar. Önümçilikde burumly geçirijileriň geçirijilik gatnaşygyny 100 -e çenli alýarlar. Ýönekeý mehanizm bilen uly geçirijilik gatnaşygyny ýerine ýetirmek üstünlik hasaplanýar. Burumly geçirijini gowulandyrmak üçin dişler silindrlil üstde ýasalanok, olar ab dugany aýlanynda emele gelen üste kesilýär



5.45-nji surat

(5.45-nji surat). Şol üste globoid diýilýär. Burumly ilişmege – globoidal ilişmek diýilýär. Bu ilişmekde tigrin we burumyň arasyndaky boşluk silindrlri burumdakydan kiçi. Şol sebäpli sürtülme peselýär, ýaglanýş şerti gowulanýar, peýdaly täsir koeffisiýenti ýokarlanýar.

Burumly geçirijileriň kemçiligi: tigrinde we burumda oklary boýunça täsir edýän güýçler döreýär we şonuň üçin şu mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýenti kiçi bolýar.

VI BÖLÜM ÇYLŞYRYMLY DIŞLI MEHANIZMLER

6.1. Köp basgançakly dişli mehanizmler

Iki dişli tigrileriň arasynda geçirijilik gatnaşygy bolup bilýär:
Elektrik hereketlendiriji bilen herekete getirilende – $i = 5 \dots 7$;
El bilen herekete getirilende – $i = 7 \dots 10$.
Hereket geçirijilik gatnaşygyny ulaldyp bolanok, sebäbi:

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{z_2}{z_1}; \quad (6.1)$$

n_1 – 1-nji dişli tigrin aýlanma ýygylgy;

n_2 – 2-nji dişli tigrin aýlanma ýygylgy;

ω_1 – 1-nji tigrin burç tizligi;

ω_2 – 2-nji tigrin burç tizligi;

r_1 – 1-nji tigrin radiusy;

r_2 – 2-nji tigrin radiusy;

z_1 – 1-nji dişli tigrin diş sany;

z_2 – 2-nji dişli tigrin diş sany.

Meselem: $i_{12} = \frac{r_2}{r_1} = 10.$

Ikinji tigrin ululygy birinjiden on esse uly bolmaly. Mundan artyk ululyklary ulaltmak bolanok, maşyngurluşykda ulanylanok. Maşyngurluşykda gaty uly geçiriji sany gerek bolanda ($i = 100$ çenli) çylşyrymly dişli mehanizmler ulanylýar.

Eger-de şol mehanizmlerde başlangyç zwenonyň aýlaw ýygylgy ahyrky zwenonyň aýlaw ýygylgyndan uly bolan mehanizme reduktor diýilýär. Eger-de tersine, başlangyç zwenonyň aýlaw ýygylgy ahyrky zwenonyň aýlaw ýygylgyndan az bolsa, bu mehanizme multiplikator diýilýär.

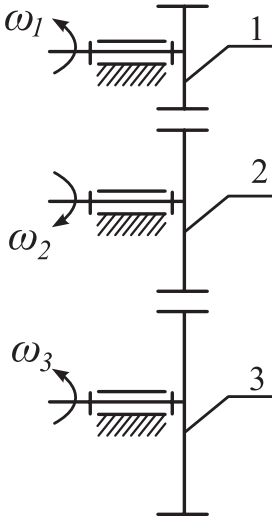
Meseleler:

Tigirler ters tarapa aýlananda deňlemäniň öňünde (-) goýulýar. Iki tigrin hem dişleri daşky tarapynda bolsa, tigirler ters tarapa aýlanýar – oňa daşky ilişmek diýilýär (*6.1-nji surat*). Eger-de bir tigrin dişleri içki tarapynda bolsa, tigirleriň ikisi hem bir tarapa aýlanýar – oňa içki ilişmek diýilýär (*6.2-nji surat*). Hereket geçirijilik gatnaşygy kesgitlenende (-) goýlanok.

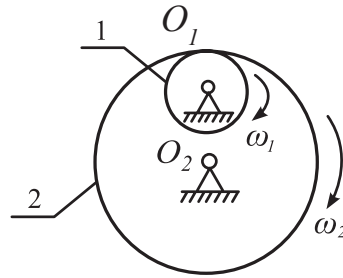
Birinji meselede birinji tigirden üçünji tigre geçirijilik gatnaşygyna ikinji tigrin ululyklary täsir edenok. Ikinji tigrin diňe üçünji tigrin aýlaw ugruna täsir edýär. Şonuň ýaly mehanizmler maşynlarda ulanylýar. Maşyn öňe gidende, maşynyň tizlik üýtgedýän gutusynda hemme wallar bir tarapa aýlanýar. Maşyny yza ýöretmek üçin ikinji tigrin ýaly tigirleri gutuda ilişmede görkezmeli (*6.1-nji surat*).

1-nji mesele.

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{z_2}{z_1} \quad (6.2)$$



6.1-nji surat



6.2-nji surat

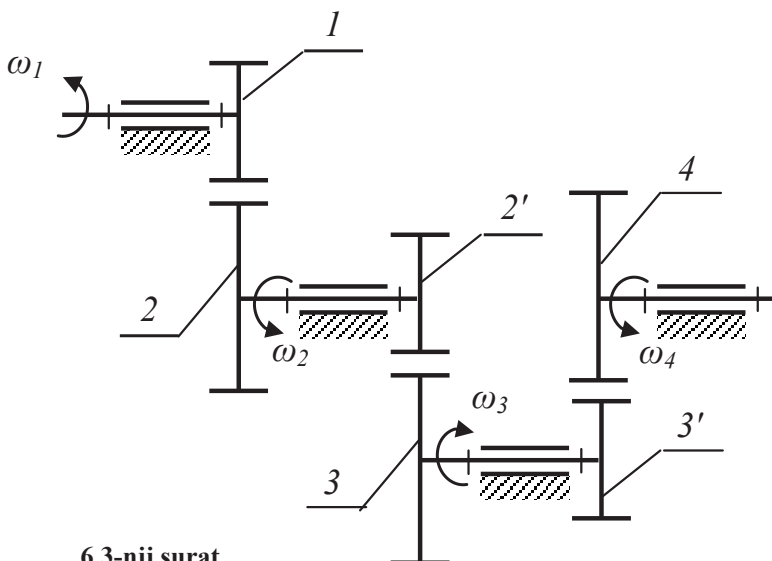
$$i_{23} = -\frac{\omega_2}{\omega_3} = -\frac{z_3}{z_2}. \quad (6.3)$$

$$i_{13} = i_{12} \cdot i_{23} = \left(-\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) \cdot \left(-\frac{\omega_2}{\omega_3}\right) = \frac{\omega_1}{\omega_3}. \quad (6.4)$$

$$i_{13} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \cdot \left(-\frac{z_3}{z_2}\right) = \frac{z_3}{z_1}. \quad (6.5)$$

$$i_{13} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{z_3}{z_1}. \quad (6.1\text{-nji surat üçin}) \quad (6.6)$$

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}. \quad (6.2\text{-nji surat üçin})$$



6.3-nji surat

2-nji mesele

$$i_{12} = \left(-\frac{\omega_1}{\omega_2} \right) = \left(-\frac{z_2}{z_1} \right). \quad (6.7)$$

$$i_{2'3} = \left(-\frac{\omega_2}{\omega_3} \right) = \left(-\frac{z_3}{z_{2'}} \right). \quad (6.8)$$

$$i_{3'4} = \left(-\frac{\omega_3}{\omega_4} \right) = \left(-\frac{z_4}{z_{3'}} \right). \quad (6.9)$$

$$i_{14} = i_{12} \cdot i_{2'3} \cdot i_{3'4} = -\frac{\omega_1}{\omega_4}. \quad (6.10)$$

$$i_{14} = -\frac{z_2 \cdot z_3 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_{2'} \cdot z_{3'}}. \quad (6.11)$$

6.10 we 6.11 deňlemelerde öňündäki (-) dördünji tigrin birinjä görä ters aýlanýanyny görkezýär.

3-nji mesele

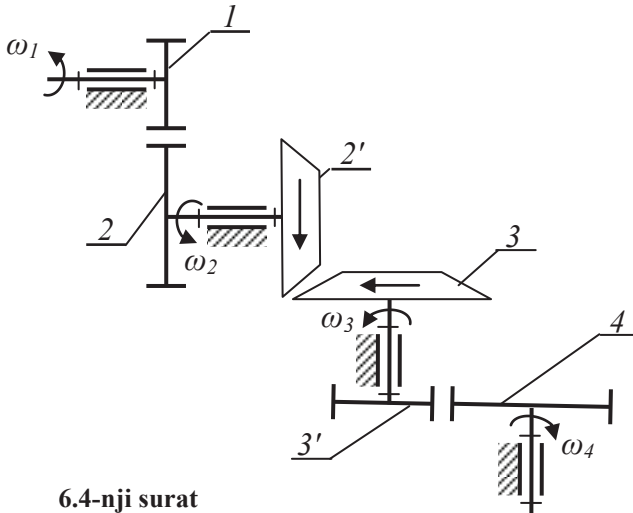
$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1}. \quad (6.12)$$

$$i_{23} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{z_3}{z_{2'}}. \quad (6.13)$$

$$i_{34} = \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{z_4}{z_{3'}}. \quad (6.14)$$

$$i_{14} = \frac{\omega_1 \cdot \omega_2 \cdot \omega_3}{\omega_2 \cdot \omega_3 \cdot \omega_4} = \frac{\omega_1}{\omega_4}. \quad (6.15)$$

$$i_{14} = \frac{z_2 \cdot z_3 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_{2'} \cdot z_{3'}}. \quad (6.16)$$



6.4-nji surat

Ikinji meselede hemme tigrleriň oklary parallel tekizliklerde ýerleşýär, şonuň üçin ol tekizlikde hereket edýän mehanizm, üçünji meselede tigrleriň oklary kesişýän tekizliklerde ýerleşýär, şonuň üçin ol giňişlikde hereket edýän mehanizm. Şol sebäpli bu meselede deňlemeleriň önünde (-) goýman, aýlanma ugurlary peýkam (strelka) bilen görkezilýär. Islendik mehanizmiň geçirijilik gatnaşygyny kesgitlemek üçin deňleme:

Tekizlikde hereket edýän mehanizm üçin

$$i_{1n} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot \dots \cdot i_{(n-1)n} \cdot (-1)^m, \quad (6.17)$$

bu ýerde m – basgançak sany.

Giňişlikde hereket edýän mehanizm üçin

$$i_{1n} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot \dots \cdot i_{(n-1)n}. \quad (6.18)$$

Birinji, ikinji we üçünji meselelerde seredilen mehanizmleriň oklary hereket edenok. Gaty uly (10000 çenli) geçirijilik gatnaşygy gerek bolanda, 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 kesgitleseň:

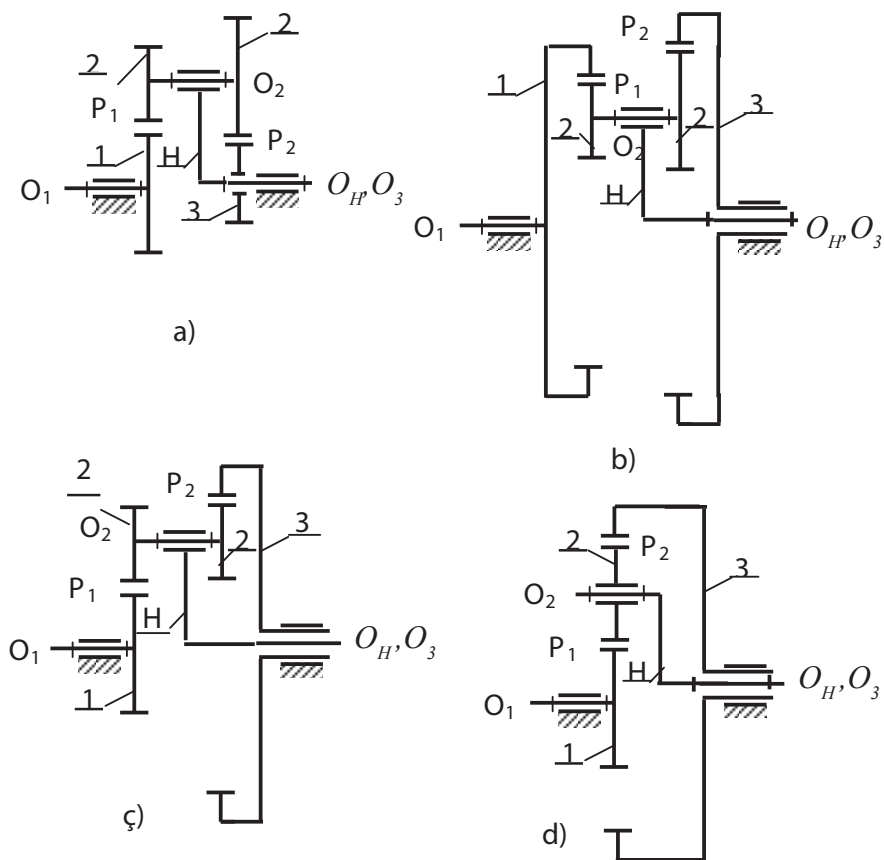
$$W = 3n - 2P_5 - 1P_4 \\ W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 4 - 1 \cdot 2 = 12 - 10 = 2.$$

Differensial mehanizm iki hereketli mehanizm. Çyzgylarda görkezilen dört planetar dişli, iki hereketli mehanizmlere dişli differensial mehanizmler ýa-da dişli differensial diýilýär. Dişli differensiallary bir-birine birleşdirip, islendik çylşyrymly differensial mehanizmi düzüp bolýar.

İň ýönekeý (6.5-nji *d surat*) mehanizme seretsek, şol mehanizmde iki giriş, bir çykyş (meselem, hasaplaýjy, jemleýji mehanizm) ýa-da bir giriş, iki çykyş (awtomobiliň yzky mostunyň differensialy, giriş – kardan waly, çykyş – iki tekerleriň ýarym oklary bir-birine dahylsyz aýlanýar).

Birinji ýagdaýda differensial iki hereketi goşup, bir herekete öwürýär, ikinjide bir hereketi ikä bölýär, differensial – paýlamak sözünden gelip çykyar.

Differensial mehanizmiň tizliklerini we geçirijilik gatnaşygyny kesgitlemek üçin ters aýlaw usulyny ulanýarys: mehanizme, şert boýunça ($-\omega_H$) tizlik berlende, ýörediji zwenodurýar, mehanizmiň oklary hereketsiz, ýönekeý mehanizm ýaly işleýär:



6.5-nji surat

$$\begin{cases} \omega_1^H = \omega_1 - \omega_H \\ \omega_2^H = \omega_2 - \omega_H \\ \omega_3^H = \omega_3 - \omega_H. \end{cases} \quad (6.19)$$

Onda geçirijilik gatnaşyklary kesgitlenýär:

$$\begin{cases} i_{12}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_2 - \omega_H} \\ i_{23}^H = \frac{\omega_2 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} \\ i_{13}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H}. \end{cases} \quad (6.20)$$

Geçirijilik gatnaşygy diňe diş sanyyna bagly:

$$i_{13}^H = -\frac{z_3}{z_1}. \quad (6.21)$$

Planetar reduktorlar

Eger-de dört sany görkezilen differensial mehanizmlerde (6.5-nji surat) üçünji zweny hereketsiz bolanda,

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

bir hereketli mehanizm bolýar. Oňa planetar reduktor diýilýär. Geçirijilik gatnaşyklary aşakdaka deň bolýar:

$$\begin{cases} i_{12}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_2 - \omega_H} \\ i_{23}^H = \frac{\omega_2 - \omega_H}{-\omega_H} = 1 - \frac{\omega_2}{\omega_H} \\ i_{13}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = 1 - \frac{\omega_1}{\omega_H}. \end{cases} \quad (6.22)$$

6.2. Dişli mehanizmleriň grafiki usul boýunça derňewi

Dişli tigriniň aýlaw merkezi hereketsiz bolanda, onuň radiusy ulaldygyça, nokatlarynyň tizlikleri ulalýar (6.6-njy surat).

A we B nokatlaryň tizlikleri deň:

$$V_A = V_B = \omega_1 \cdot r, \text{ m/s.}$$

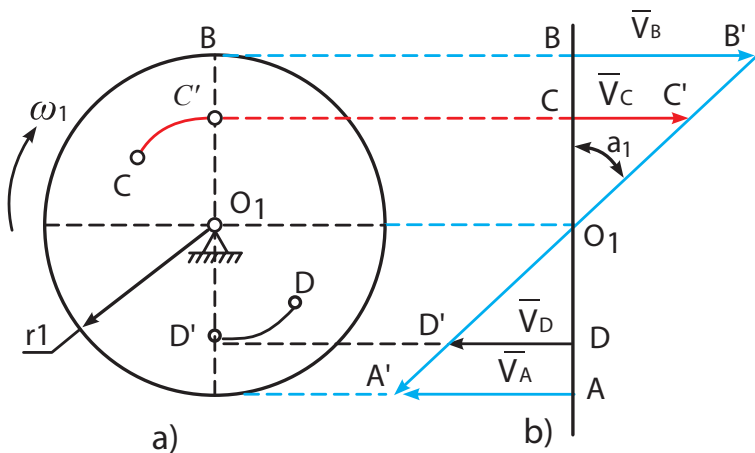
Dişli tigriniň gapdalyndan dik çyzyk geçirip, O_1 , A we B nokatlary çyzykda belläp, şol nokatlaryň tizliklerini islendik masştab boýunça belleýäris:

$$\mu_v = \frac{V_A}{[A - A']}, \frac{\text{m/s}}{\text{mm}}.$$

$[A - A']$ we $[B - B']$ aralyklar tigriniň aýlaw ugry boýunça bellenýär.

$A - A' - O_1$ we $O_1 - B - B'$ iki üçburçluklara *tizligiň suraty* diýilýär.

Dişli tigriniň C we D nokatlarynyň tizliklerini kesgitlemek üçin, şol nokatlary tigriniň $A - B$ çyzgysyna sirkul bilen geçirip, göni çyzyk



6.6-njy surat

bilen tizlikleriň suratyna geçirek, şol nokatlaryň tizlikleri bolýar:

$$V_D = \mu_V (D - D'), \text{ m/s,}$$

$$V_C = \mu_V (C - C'), \text{ m/s.}$$

6.7-nji a suratda ýönekeý dişli ilişmek, masştaby $\mu_l \frac{mm}{mm}$ boýunça iki dişli tigrin ilişmegi görkezilen. Tigriler başlangyç töwerekleri boýunça çyzylan.

$O_1 O_2$ çyzyga parallel $y - y$ oky geçirýäris we onuň üstüne $O_1; O_2; P$ nokatlary belleýäris.

P nokatda $P - P'$ aralygy $y - y$ 90° burç boýunça geçirýäris (6.7-nji b surat). P nokat iki başlangyç töwerekleriň galtaşýan nokady, onuň tizligi deň:

$$V_P = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 = \mu_V (P - P'), \text{ m/s.}$$

Soňra P' nokady O_1 we O_2 nokatlar bilen birleşdirip, şol çyzyklary dowam etdirip, $A - A'$ we $B - B'$ çyzyklar bilen kesişen nokatlaryny A' we B' diýip bellesek, onda:

$$V_A = \mu_V (A - A'), \text{ m/s we } V_B = \mu_V (B - B'), \text{ m/s bolar.}$$

$A - A' - O_1 - P - P' - O_2 - B - B'$ nokatlary birleşdirsek, dişli ilişmegiň suraty bolýar.

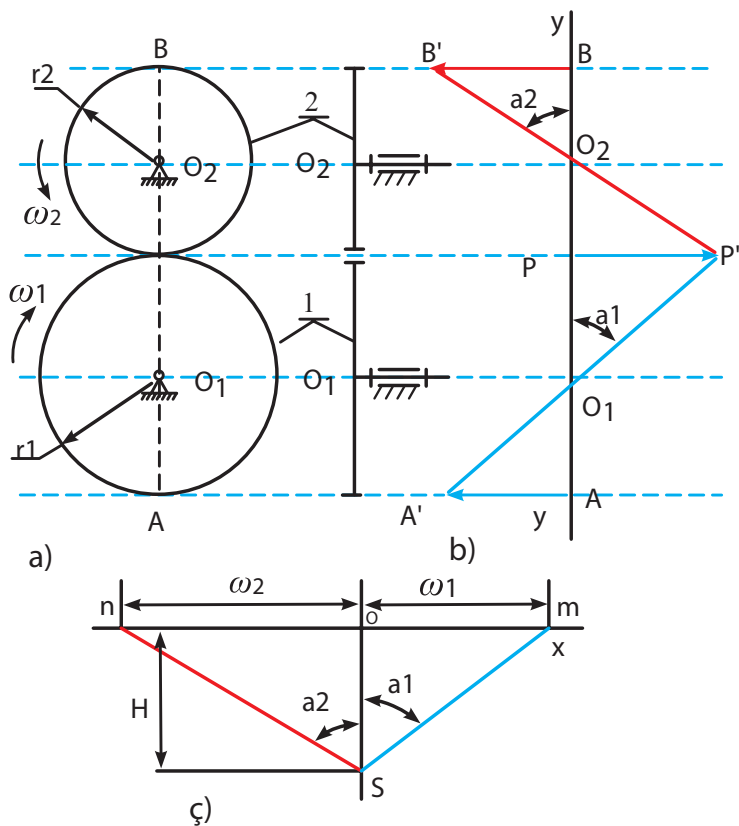
Tigrileriň burç tizliklerini kesgitlesek:

$$\omega_1 = \frac{V_{P1}}{r_1} = \mu_v \frac{(P - P')}{\mu_l r_1} = \frac{\mu_v}{\mu_l} \operatorname{tg} \alpha_1,$$

$$\omega_2 = \frac{V_{P2}}{r_2} = \frac{\mu_v}{\mu_l} \frac{(P - P')}{r_2} = \frac{\mu_v}{\mu_l} \operatorname{tg} \alpha_2.$$

Koordinata oklaryny alyp (6.7-nji ζ surat), ordinata okunyň islendik S nokadyndan α_1 we α_2 burçlar boýunça çyzyklar geçirip abssisa oky bilen kesişen nokatlaryny m we n diýip bellesek, onda:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{om}{os}; \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{on}{os};$$



6.7-nji surat

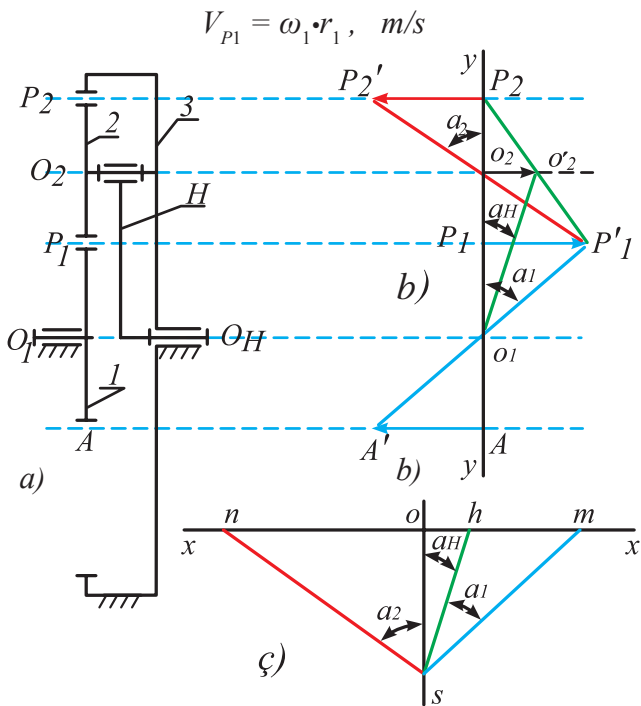
$$\begin{aligned} \omega_1 &= \frac{\mu_v}{\mu_i} \frac{(om)}{os}; & \omega_2 &= \frac{\mu_v}{\mu_l} \frac{(on)}{(os)}; \\ os &= H; & \omega_1 &= \mu_\omega (om); & \mu_\omega &= \frac{\mu_v}{\mu_l H}; \\ & & \omega_2 &= \mu_\omega (on); \end{aligned}$$

m we n nokatlar o nokadyň bir tarapynda bolanda dişli tigrler bir tarapa aýlanýar, şol nokatlar o nokadyň iki tarapynda bolanda, dişli tigrler bir-birine garşy aýlanýar.

$s-o-m-n$ – burç tizlikleriniň suraty diýilýär.

Bir hereketli planetar reduktoryň kinematiki shemasy 6.8-nji *a* suratda görkezilen, masştaby $\mu_l = \frac{mm}{mm}$; 1 – tigr, 2 – planetar tigr, 3 – orbital tigr; *H* – ýörediji zveno.

6.8-nji b suratda mehanizmiň tizlik suratlary görkezilen. $y-y$ oka mehanizmiň hemme nokatlaryny geçirip, P_1 nokadyň tizligini kesgitlemeli:



6.8-nji surat

\bar{V}_{P_1} wektory ($P_1-P'_1$) aralykda belläp, O_1 nokat bilen birleşdirip dowam etsek, A nokadyň tizligini kesgitläýäris. Üçünji tigrir hereketsiz, şonuň üçin P'_1 nokady P_2 nokat bilen birleşdirsek, O_2 nokatdan göni çyzygy P'_1P_2 çyzyk bilen kesişýänçä dowam edip, kesişen nokady O'_2 diýip bellesek:

$$V_{O_2} = \mu_v (O_2 O'_2), \quad m/s;$$

$$\mu_v = \frac{V_{P_1}}{[P_1P_2]} \frac{m/s}{mm}.$$

O'_2 nokady O_1 bilen birleşdirsek, ýörediji zwenonyň tizliginiň suraty bolýar. Eger P'_1 nokady O_2 nokat bilen birleşdirip dowam etsek, ikinji tigrin öz okunyň daşyndan aýlanýan ýagdaýynyň tizliginiň suraty bolýar:

$$V_{P_2} = \mu_v (P_2 P'_2), \quad m/s.$$

6.9-njy suratda iki hereketli differensial reduktor görkezilen.

Mehanizm $\mu_l = \frac{mm}{mm}$; masştabda gurlan.

Öňki planetar reduktordan tapawudy üçünji tigrir hem hereketli, şonuň üçin şu mehanizmiň hereketi ikä deň. Tizliklerini kesgitlemek üçin hökman iki zwenonyň hereket kanunlary berilmeli. Şu meselede ω_l we ω_H berlen.

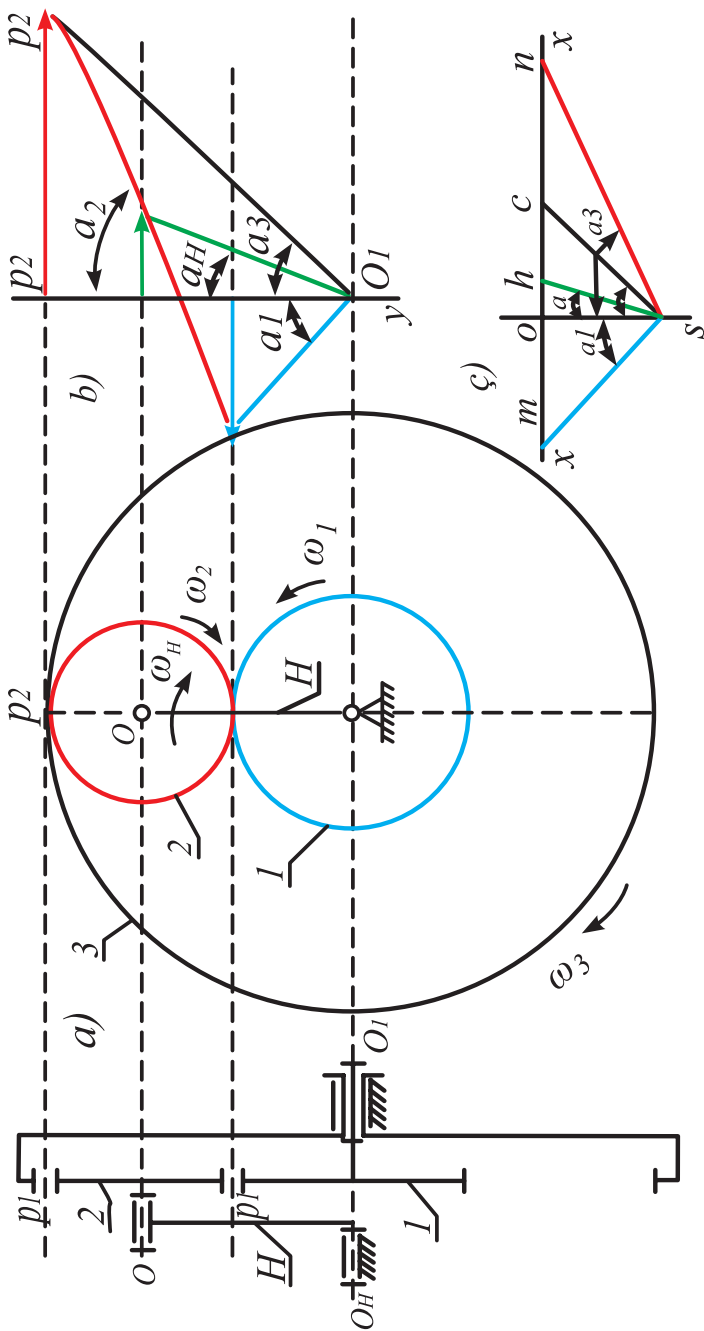
$$V_{P_1} = \omega_l \cdot r_{P_1}, \quad m/s, \quad \bar{V}_{P_1} \perp \overline{OP_1};$$

$$V_{O_2} = \omega_H \cdot r_H, \quad m/s, \quad \bar{V}_{O_2} \perp \overline{O_1O_2}.$$

Şol wektorlary $\mu_v = \frac{V_{P_1}}{[P_1P'_1]} \frac{m/s}{mm}$. $y-y$ oka 90° , iki tarapa $P_1P'_1$ we $O_2O'_2$ diýip belläris.

Iki tarapa bolan zwenolar bir-birine garşy aýlanýarlar. O_1 nokady P'_1 bilen birleşdirsek, birinji tigrin tizlikleriniň suraty $O_1P_1P'_1$ emele geler. P'_1 nokat bilen O'_2 birleşdirip, çyzygy dowam edip P'_2 nokady bellesek, ikinji tigrin tizliginiň suraty bolar. Üçünji tigrir O_1 nokadyň daşynda aýlanýar, P'_2 nokady O_1 nokat bilen birleşdirsek, üçünji tigrin tizliginiň suraty gelip çykar. O_2' nokady O_1 bilen birleşdirsek, ýörediji zwenonyň H tizliginiň suraty gelip çykar.

6.9-njy ç suratda burç tizlikleriň suraty. Islendik bir S nokatdan $x-x$ oka α_1 ; α_2 ; α_3 we α_H boýunça çyzyklar geçirip, nokatlary m , o , h , ζ , n diýip bellesek, burç tizlikleriň çyzgysy bolýar.



6.9-njy surat

6.3. Planetar mehanizmleriň taslamasy

Planetar mehanizmleriň taslamasy geçirilende, esasy şert geçirijilik gatnaşygyny ýerine ýetirmek. Ondan başga-da:

- 1) peýdaly täsir (iş) koeffisiýenti ýokary bolmaly;
- 2) 1-nji, 3-nji we ýörediji (H) zwenonyň aýlanma oklary bir çyzykda bolmaly;
- 3) goňşulyk şerti;
- 4) mehanizmiň ýygnaýş şerti.

6.5-nji suratda görkezilen a, b, c, d mehanizmlerde üçünji zwen o hereketsiz bolsa, bir hereketli mehanizme öwürülýär, olara planetar reduktorlar diýilýär.

1) Peýdaly täsir koeffisiýenti boýunça mehanizmiň saýlap alnyşy: 6.5-nji a, b, c, d suratlarda esasy mehanizmler, olary bir-birine goşup, islendik çylşyrymly mehanizmi düzüp bolýar. Şol mehanizmler bilen islendik geçirijilik gatnaşygyny ýerine ýetirip bolýar, ýöne şol mehanizmler peýdaly täsir koeffisiýenti, massalary we ululyklary boýunça gaty tapawutlanar.

6.5-nji suratda görkezilen mehanizmleriň geçirijilik gatnaşyklary a, b goşmak, c, d aýyrmak alamatlarynda bolýar.

$$i_{13}^{(H)} = \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2'}, \quad \text{ýa-da} \quad i_{1H} = \frac{z_1 z_2' - z_2 z_3}{z_1 \cdot z_2}.$$

Meselem, $z_1 = z_2' = 100$; $z_3 = 101$; $z_2 = 100$ bolýar.

$$i_{13}^{(H)} = \frac{9999}{10000}; \quad i_{1H}^3 = \frac{1}{10000}.$$

Eger birinji tigr ýörediji bolsa, onda mehanizmi herekete getirip bolmaýar; $\eta^H = 0,98$ bolanda, öz-özünü 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 pes kuwwatly ýagdaýlarda ulanylýar.

Geçirijilik gatnaşygy minus bolan $\dot{\varphi}, d$ mehanizmler aşakdaka deňdir:

$$i_{13}^{(H)} = -\frac{z_2 z_3}{z_1 z_2} \quad \text{ýa-da} \quad i_{1H}^{(3)} = -\frac{z_1 z_{2'} + z_2 z_3}{z_1 z_{2'}},$$

bu ýerde $i_{13}^{(H)}$; $i_{1H}^{(3)}$ bir-birinden tapawudy moduly boýunça bire deň, ýöne peýdaly täsir koeffisiýenti, öňkä seredeniňde, has ýokary.

2) Tigirleriň oklarynyň bir çyzykda bolmaly şerti:

$$\text{a) } r_1 + r_2 = r_2' + r_3 \quad r_1 = \frac{m z_1}{2};$$

$$r_2 = \frac{m z_2}{2};$$

$$r_2' = \frac{m z_{2'}}{2};$$

$$r_3 = \frac{m z_3}{2};$$

$$z_1 + z_2 = z_{2'} + z_3,$$

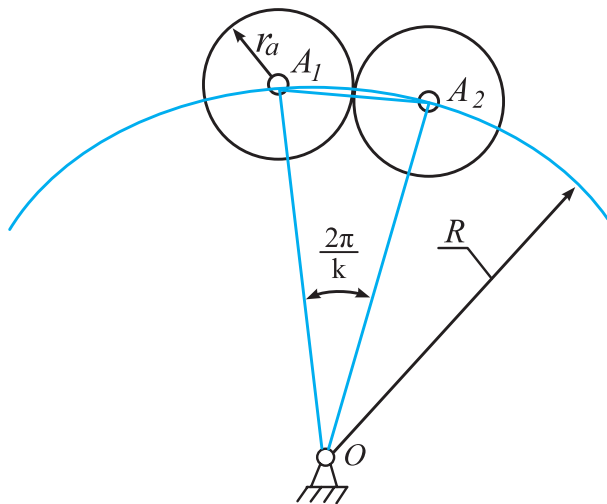
$$\text{b) } z_1 - z_2 = z_3 - z_{2'},$$

$$\text{ç) } z_1 + z_2 = z_3 - z_{2'},$$

$$\text{d) } z_1 + z_2 = z_3 - z_2$$

3) Goňşuçylyk şerti:

Satellit sany K sany bolup bilýär, ýöne olar işläň wagtynda bir-birine degmeli däl.



6.10-njy surat

R – satellitleriň aýlaw merkeziniň ýerleşýän töwereginiň radiusy;
 r_a – satellitleriň radiusy;
 K – satellit sany.

$\triangle OA_1A_2$ -dan;

$$2r_a < 2R \sin \frac{\pi}{k}.$$

$$m(z_2 + 2) < m(z_1 + z_2) \sin \frac{\pi}{k}$$

6.10-njy surat üçin.

$$\text{ýa-da: } \sin \frac{\pi}{k} > \frac{z_2 + 2}{z_1 + z_2}.$$

4) Ýygnaýyş usulynyň şerti:

Planetar mehanizmi ýygnaýlanda birinji goýlan satellit (ikinji tigr) birinji we üçünji tigrleriň ýagdaýlaryny kesgitleýär. Meselem, ikinji tigriň diş sany jübüt, onda çyzgyda görkezilişi ýaly, ikinji tigriň dişleri a we b simmetrik durýar. Birinji tigr bir burç ädimine φ_1 burça aýlanyňda $\varphi_1 = \frac{2\pi}{z_1} z_1$ – birinji tigriň diş sany ikinji tigriň aýlaw merkezi O_2 nokat φ_H burça aýlanýar: $\varphi_H = \varphi_1 \cdot i_{H1}^3$.

Şonda birinji tigriň birinji dişiniň ýerinde ikinji dişi ýerleşýär. Birinji we ikinji tigriň oklary bir çyzygyň üstünde ýatýar. Şol ýagdaýda birinji we üçünji tigriň arasyna ýene bir satellit iki tigr 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 – nazaryýet boýunça goýup boljak satellit sany.

Biz birinji tigr bir diş aýlap, K_s kesgitledik. Eger 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 deňlemä mehanizmiň ýygnaýş şertiniň deňlemesi diýilýär. Ikinji tigrin diş sany täk bolanda deňleme hakyky bolýar.

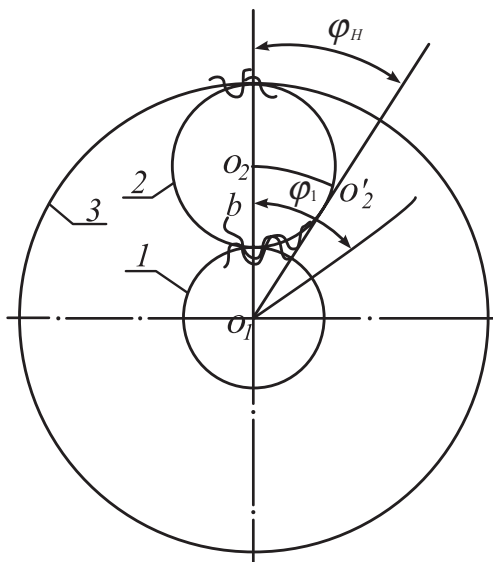
Mesele: Geçiriji gatnaşygy $i_{1H}^{(3)} = 4,5$ bolan planetar mehanizmiň taslamasyny geçirmeli.

2-nji tablisadan $i_{1H}^{(3)} = 4,5$ bolan ýagdaýa ζ – görnüşli mehanizm gelýär; başlangyç zwenony 1-nji zwenon, ahyrky zwenony – H zwenon diýip belleyäris:

$$i_{13}^H = 1 - i_{1H}^{(3)} = 1 - 4,5 = -3,5.$$

Onda
$$i_{13}^H = -\frac{z_3}{z_1} = -3,5.$$

$$z_3 = 3,5z_1$$



6.11-nji surat

Şerti boýunça, oklar bir çyzykda bolmaly.

$$z_1 + z_2 = z_3 - z_2$$

ýa-da
$$2z_2 = z_3 - z_1; \quad z_2 = \frac{z_3 - z_1}{2};$$

$$z_2 = \frac{3,5z_1 - z_1}{2} = \frac{2,5z_1}{2} = 1,25z_1;$$

$$\begin{aligned} z_2 &= 1,25z_1, \\ \frac{z_3}{z_2} &= \frac{3,5z_1}{1,25z_1} = 2,8. \end{aligned}$$

Eger $z_2 = 20$ diýip alsak, onda $z_3 = 2,8 \cdot 20 = 56$. Üçünji tigrin diş sany $z_3 > 60$ bolmaly, şol şert ýerine ýetirilmese, dişler stanokda ýasalanda ujundan kesilýär. Ikinji tigrin diş sany $z_2 > 20$ bolmasa, dişler ýasalanda dişin düýbünden ýonulýar.

Şol şertleri göz önüne tutup $z_2 = 25$ diýip alýarys. Onda

$$\begin{aligned} z_3 &= 2,8 \cdot 25 = 70, \\ z_1 &= \frac{z_3}{3,5} = \frac{70}{3,5} = 20. \end{aligned}$$

Satellit sany bolýar:

$$K < \frac{\pi}{\arcsin \frac{z_2 + 2}{z_1 + z_2}} = \frac{\pi}{\arcsin \frac{25 + 2}{20 + 25}} = \frac{\pi}{\arcsin 0,6} = 4,87.$$

Satellit sany $K=4$ -e deň.

Mehanizmiň ýygnaýş şerti boýunça:

$$K = \frac{z_1 + z_3}{n} = \frac{20 + 70}{n} = \frac{90}{n}.$$

n bitin san bolmaly, onda $n=30$, $K=3$.

Satellit sany $K=3$ diýip alýarys.

6.1-nji tablisa

Planetar mehanizmleriň geçirijilik gatnaşyklaryny kesgitlemek üçin deňlemeler

Geçirijilik gatnaşyklary	a	b	ζ	d
1	2	3	4	5
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	$\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$	$\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$	$-\frac{z_1}{z_3}$	$-\frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$

6.1-nji tablisanyň dowamy

1	2	3	4	5
$i_{1H}^{(3)}$	$1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$	$1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$	$1 + \frac{z_3}{z_1}$	$1 + \frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}$
$i_{H1}^{(3)}$	$\frac{1}{1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}}$	$\frac{1}{1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}}$	$\frac{1}{1 + \frac{z_3}{z_1}}$	$\frac{1}{1 + \frac{z_2 z_3}{z_1 z_{2'}}}$
$i_{3H}^{(1)}$	$1 - \frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$	$1 - \frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$	$1 + \frac{z_1}{z_3}$	$1 + \frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}$
$i_{H3}^{(1)}$	$\frac{1}{1 - \frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}}$	$\frac{1}{1 - \frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}}$	$\frac{1}{1 + \frac{z_1}{z_3}}$	$\frac{1}{1 + \frac{z_1 z_{2'}}{z_2 z_3}}$

6.2-nji tablisa

**Geçirijilik gatnaşyklarynyň ýörediji
zwenö görä bahalary**

Geçirijilik gatnaşyklary		a	b	ζ	d
Ýönekeý mekanizmler	i_{13}^H	-	-	- 1,3 ... -8	-1 ... -14
	i_{31}^H	-	-	0,77...-0,125	-1...-0,071
Planetar mekanizmler	$i_{1H}^{(3)}$	32-den – 1500-e çenli	32-den – 1500-e çenli	2,3 ... 9	2,0 ... 15
	$i_{H1}^{(3)}$	32-den – 1500-e çenli	32-den – 1500-e çenli	0,445...0,111	0,5...0,067
	$i_{3H}^{(1)}$	32-den – 1500-e çenli	32-den – 1500-e çenli	1,77...1,125	20...1,071
	$i_{H3}^{(1)}$	32-den – 1500-e çenli	32-den – 1500-e çenli	0,565...0,888	0,5...0,933

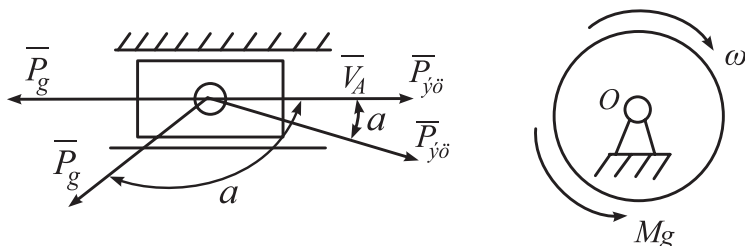
VII BÖLÜM

TEKİZLİKDE HERKET EDÝÄN PES JÜBÜTLI MEHANIZMLERİŇ GÜÝÇ DERŇEWI

7.1. Kinetostatika. Daşky güýçler

Güýç derňewiniň maksady kinematik jübütlerde peýda bolan güýçleri (reaksiýalary) kesgitlemekdir. Derňewde daşyndan täsir edýän güýçleri we mehanizmiň hereket kanunyny belli diýip hasaplamaly.

Güýç derňewiniň uly ähmiýeti bar, sebäbi zwenolaryň we kinematik jübütleriň gatylygyny, sürtülmesini we işläp biljek möhletini kesgitlemek üçin reaksiýa güýçlerini hökman bilmeli. Mehanizmlere daşyndan täsir edýän güýçleri iki uly toparlara bölýäris:



7.1-nji surat

1. Ýörediji güýçler \bar{P}_{yo} ýa-da ýörediji güýjüň momenti M_{yo} .

Ýörediji güýçler peýdaly iş bitirýär. Olaryň ugry tizligiň ugry bilen gabat gelýär ýa-da tizligiň ugry bilen burçy $\alpha < 90^\circ$ kiçi. Ýörediji güýçler tizligi ulaltmanyň ugrunda.

2. Herekete garşy güýçler \bar{P}_g ýa-da olaryň momentleri M_g .

Garşy güýçler zyýanly iş edýärler. Olaryň ugry herekete garşy ýa-da tizligiň ugruna $\alpha > 90^\circ$ -dan uly burçly.

Garşy güýçler ikä bölünýär:

1. Peýdaly garşy güýçler \bar{P}_{pg} ;

2. Zyýanly garşy güýçler \bar{P}_{zg} .

$$\bar{P}_g = \bar{P}_{pg} + \bar{P}_{zg}$$

Diýmek, peýdaly garşy güýçler – tehnologiýa garşy güýçler. Olar maşynyň ýa-da mehanizmiň önünde goýlan işleri bitirýän güýçler.

Zyýanly güýçlere esasy sürtülme güýçleri degişli. Maşynlaryň we mehanizmleriň taslamasy düzülende, zyýanly güýçleriň azalmagyna üns berýärler.

Daşky güýçleriň hasabyna agyrlyk güýçleri hem goşulýar. Agyrlyk güýçleri öz gezeginde ýörediji hem-de garşy bolup bilýärler. Eger-de zwenonyň agyrlyk merkezi ýokarlygyna hereket etse, agyrlyk güýji garşy güýç bolýar, eger-de aşak hereket etse, ýörediji güýç bolýar. Agyrlyk güýçleri hemişelik güýçlerdir.

Daşky güýçler hemişelik we üýtgeýän bolup bilýärler, ol maşyna bagly. Maşynyň käbirinde güýçleriň üýtgeýşi zwenolaryň ýagdaýyna bagly (dwigatelde–gazlaryň porşene täsiri), käbirinde bolsa tizligine bagly (elektrodwigatelde – aýlaw momentine).

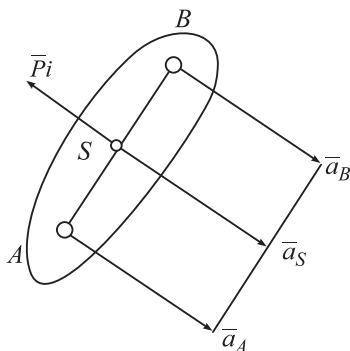
7.2. Inersiýa güýçleri

Mehanizmleriň güýç derňewini D'alambertiň usuly boýunça geçirýärler. Iş pursadynda mehanizmleriň tizlikleri üýtgäp durýar, tizlenmäniň emele gelmegi bilen, inersiýa güýçleri hem ýüze çykýar.

Eger-de, şert boýunça, inersiýa güýçlerini zwenolara 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** diýilýär.

Zwenolaryň hereketine görä inersiýa güýçlerini kesgitleýäris.

1. Öňe bolan hereket (postupatel hereket) (7.2-nji surat).



7.2-nji surat

Öňe bolan hereketde hemme nokatlaryň tizligi we tizlenmesi deň:

$$\vec{a}_A = \vec{a}_B = \vec{a}_S \quad m/s^2;$$

$$\vec{P}_i = -m\vec{a}_A = -m\vec{a}_B = -m\vec{a}_S, (N),$$

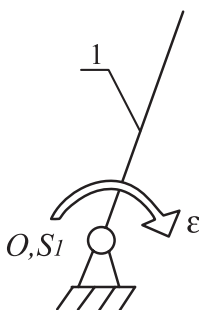
bu ýerde m – zwenonyň massasy (kg).

Aýyrmak alamaty (-) güýjüň tizlenmä garşylygyny görkezýär.

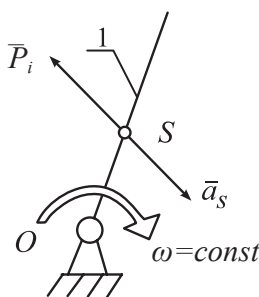
$$M_i = -I_S \cdot \varepsilon, Nm,$$

I_s – agyrylyk merkezinden geçýän oka görä inersiýa momenti ($kg \cdot m^2$),

ε – burç tizlenmesi ($1/s^2$).



7.3-nji surat



7.4-nji surat

2. Zweno aýlanýar, tizligi hemişelik däl (7.3-nji surat).
 $\omega \neq const$, agyrylyk merkezi hereket etmeýär:

$$\vec{P}_i = -m\vec{a}_S$$

$$M_i = -I_S \cdot \varepsilon, Nm \text{ sebäbi } a_S = 0.$$

$$\omega \neq const.$$

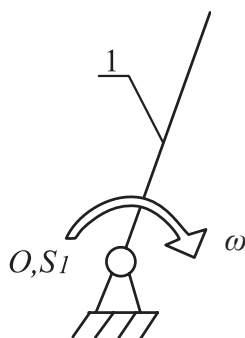
Diýmek, inersiýa güýçleriniň momenti burç tizlenmesine garşy.

3. Zweno aýlanýar, tizligi hemişelik, agyrylyk merkezi hereketde (7.4-nji surat).

$$\vec{P}_i = -m\vec{a}_S, (N) \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 0.$$

$$M_i = -I_S \cdot \varepsilon = 0 \quad N \cdot m \text{ sebäbi}$$

4. Zweno aýlanýar, tizligi hemişelik, agyrylyk merkezi hereketde däl (7.5-nji surat).



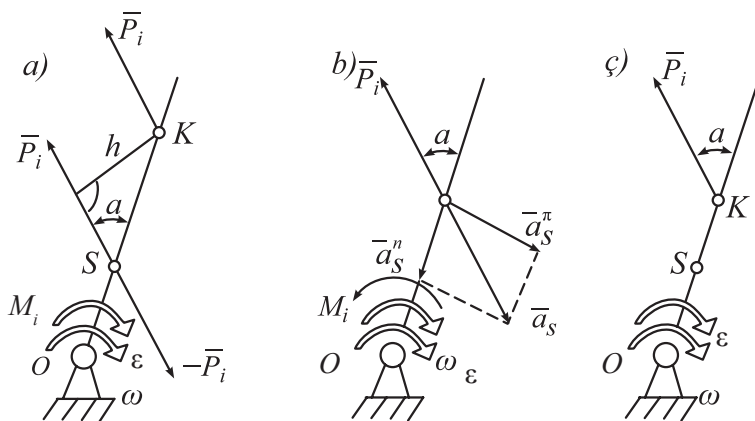
7.5-nji surat

$$\bar{P}_i = -m\bar{a}_S = 0, \quad M_i = -I_S \cdot \varepsilon = 0$$

$$\omega = \text{const.}$$

Zweno doly deňagram ýagdaýynda.

5. Zweno aýlanýar, tizligi hemişelik däl, agyrlýk merkezi hereketde (7.6-njy surat).



7.6-njy surat

$$\bar{P}_i = -m\bar{a}_S \quad (N),$$

$$M_i = -I_S \cdot \varepsilon \quad (Nm).$$

Ikisini bir güýje getirmeli:

$$\bar{a}_s = \bar{a}_s^n + \bar{a}_s^\tau$$

Inersiýa güýçleriniň momentini iki güýje (jübüt güýje) çalyşýarys.

$M_i = P_i \cdot h$; $\bar{P}_i = -P_i$ gysgalýar, k nokatda täsir edýän bir güýç alynýar.

bu ýerde k – yrgyldy nokady.

$$h = \frac{Mi}{Pi} = \frac{I_s \varepsilon}{ma_s};$$

$$\varepsilon = \frac{a_s^\tau}{l_{OS}},$$

onda

$$h = \frac{I_s a_s^\tau}{ml_{OS} a_s^\tau} \sin \alpha.$$

Agyrlyk merkezinden yrgyldy nokada çenli aralygyň ululygyny ýokarky deňlemede ýerinde goýup alarys: $l_{SK} = \frac{h}{\sin \alpha}.$

Netijede:
$$l_{SK} = \frac{I_s}{ml_{OS}} m.$$

Şu deňlemeden çykan netije boýunça $\ell_{SK} = const$ hemişelik, zwenolaryň ýagdaýy täsir etmeýär.

6. Zwenon çylşyrymly (tekiz-parallel) hereket edýär.

Inersiýa güýji we onuň momenti döreýär:

$$\vec{P}_i = -m\vec{a}_s \quad (N),$$

$$\vec{M}_i = -I_s \cdot \varepsilon \quad (Nm).$$

Ikisini bir güýje getirýäris.

Tizlenme plany berlen (7.7-nji b surat).

Çylşyrymly hereketi iki herekete bölýäris:

Göni hereket, A we B nokatlar bilen göni hereketde (7.2-nji surat).

A nokat B daşynda aýlanýar (7.3-nji surat).

Agram merkeziň tizlenmesi iki tizlenmeden durýar: $\vec{a}_s = \vec{a}_s^n + \vec{a}_{sa}^\tau$

onda inersiýa güýji hem ikä bölünýär:

$$\vec{P}_i = -m\vec{a}_s = -m(\vec{a}_A + \vec{a}_{SA}) = -m\vec{a}_A - m\vec{a}_{SA}.$$

Inersiýa güýji göni hereketde A nokat bilen:

$$\vec{P}'_i = -m\vec{a}_A, \quad (N).$$

Inersiýa güýji aýlanma hereketde:

$$\vec{P}''_i = -m\vec{a}_{SA}, \quad (N).$$

Inersiýa güýji $\vec{P}'_i = -m\vec{a}_A$ göni hereketde S nokatdan, agyrylyk merkezinden geçýär. Eger-de $\vec{M}_i = -I_s \cdot \varepsilon \quad (Nm)$ bilen ikisini bir güýje çalyşsak, inersiýa güýji $\vec{P}''_i = -m\vec{a}_{SA}$ aýlanma hereketde k nokatdan geçer.

Ondan $\bar{P}_i = -ma_s$ – tizlenmä parallel geçirsek, inersiýa güýjüniň ugruny alarys:

$$l_{SK} = \frac{I_S}{ml_{AS}},$$

$$P_i = -ma_s.$$

7.3. Statika deňlemeleriniň ulanylyş şerti

Biziň maksadymyz, berlen daşky güýçler we berlen ýörediji zwenonyň hereket kanuny boýunça mehanizmiň güýç derňewini geçirmek, kinematik jübütleriň reaksiýa güýçlerini kesgitlemek. Bu ýerde ýalňyşlyk bar, sebäbi şol güýçleriň täsiri boýunça ýörediji zwenno berlen kanuny ýerine ýetirip bilenok. Ýerine ýetirmek üçin, berlen daşky güýçlere ýörediji zwenony deňagram ýagdaýyna getirýän güýji goşmaly.

Güýç derňewiniň maksady deňagram ýagdaýyna getirýän güýji ýa-da onuň momentini reaksiýalar ýaly kesgitlemek.

Kinematik zynjyrlaryň güýç hasabyny geçirmek üçin, ol statika boýunça kesgitlenýän bolmaly, näbelliniň 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 we näbellisine seredýäris:

1) Aýlanýan V klas (P_5) kinematik jübütlerde reaksiýa güýçleriň ugry (sürtülme güýçler hasaba alynmasa) degişýän meýdançalara normal boýunça.

Şonuň üçin aýlanýan V klas (P_5) kinematik jübütlerde reaksiýalaryň täsir edýän nokady kinematik jübütiň ortasy (7.8-nji a surat).

Aýlanýan kinematik jübütlerde hemme reaksiýalary bir reaksiýa getirsek, täsir edýän nokady belli, bahasy we ugry näbelli bolar.

- 2) V klas (P_5) süýşme (postupatel) hereket edýän kinematik

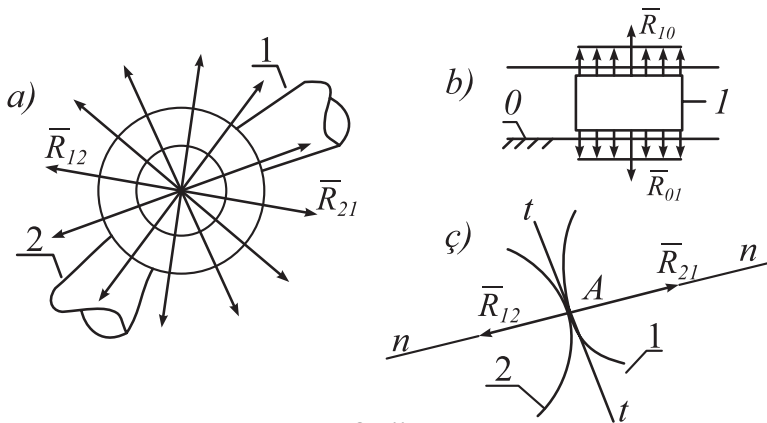
jübütlerde reaksiýalaryň ugry belli, täsir edýän nokady we bahasy näbelli (7.8-nji b surat).

V klas kinematik jübütlerde näbelliniň sany ikä deň, eger-de V klas kinematik jübütleriň sanyny P_5 diýip bellesek, onda kinematik zynjyra girýän V klas kinematik jübütlere degişli näbellileriň sany $2P_5$ bolar.

3) IV klas ýokary kinematik jübütlere seredýäris (7.8-nji ç surat). Iki zweny bir-birine A nokatda degişýär. Şol nokatda galtaşýan çyzyk geçirýäris, $t - t$, oňa 90° çyzyk geçirsek, $n - n$ normal bolýar.

Zwenolaryň reaksiýalarynyň ugry normal boýunça. Täsir edýän nokady A nokat. IV klas kinematik jübütlerde bir näbelli – reaksiýanyň bahasy. Eger kinematik jübütleriň sanyny P_4 diýip bellesek, onda näbelli sany $1P_4$ bolýar.

Tekizlikde hereket edýän n zwenoly kinematik zynjyra 3 sany deňleme düzüp bolýar.



7.8-nji surat

Kinematik zynjyryň statika boýunça kesgitlenýän deňlemesi şeýle bolup çykýar:

$$3n = 2P_5 + 1P_4.$$

Näbellileriň sany deňlemeleriň sanyna deň:

$$3n - 2P_5 - P_4 = 0.$$

Bu deňleme Assuryň toparlary üçin Çebyşewiň deňlemesi, onda Assuryň toparlarynyň güýç derňewini statika deňlemeleri boýunça geçirip bolýar.

7.4. II klas 1-nji görnüş Assuryň toparynyň güýç derňewi

Zwenolaryň massalary we agyrylyk merkezine göre inersiýa momentleri berlen.

Inersiýa we agyrylyk güýçlerini kesgitleýäris:

$$G_2 = m_2 q, \text{ (kgm/s}^2 = \text{N)}; q = 9,81 \text{ m/s}^2;$$

$$G_3 = m_3 q, \text{ (N)};$$

$$P_{i2} = -m_2 a_{s2}, \text{ (N)};$$

$$M_{i2} = -I_{s2} \varepsilon_2, \text{ (N}\cdot\text{m)};$$

$$P_{i3} = -m_3 a_{s3}, \text{ (N)};$$

$$M_{i3} = -I_{s3} \varepsilon_3, \text{ (N}\cdot\text{m)};$$

$$\ell_{s2K2} = I_{s2}/m_2 \ell_{BS2}, \text{ (m)}; \quad \ell_{s3K3} = I_{s3}/m_3 \ell_{BS3}, \text{ (m)}.$$

P_{i2} inersiýa güýjüni we onuň M_{i2} momentini bir P_{i2} güýje öwürýäris, täsiri T_2 nokatda. P_{i3} inersiýa güýjüni we onuň M_{i3} momentini bir P_{i3} güýje öwürýäris, täsir edýän nokady T_3 .

Kinematik jübütlerde reaksiýalary tapmaly.

A nokatda— 1-nji zwenon tarapyndan täsir edýän güýç R_{12} diňe täsir edýän nokady belli. Ugruny we bahasyny tapmaly. R_{12} reaksiýany ikä dargadýarys:

$$\bar{R}_{12} = \bar{R}_{12}^n + \bar{R}_{12}^t.$$

\bar{R}_{12}^n zwenonyň ugry boýunça, \bar{R}_{12}^t zwenonyň ugruna perpendikulyar ugrukdyrýarys (7.9-njy surat).

C nokatda – 4-nji zwenon tarapyndan täsir edýän güýç R_{43} hem ikä bölýäris:

$$\bar{R}_{43} = \bar{R}_{43}^n + \bar{R}_{43}^t.$$

\bar{R}_{43}^n zwenonyň ugry boýunça, \bar{R}_{43}^t zwenonyň ugruna perpendikulyar.

1) 2-nji zwenon aýratyn seredýäris.

Hemme güýçleriň täsiri boýunça 2-nji zwenon deňagram ýagdaýynda işläp, B nokat boýunça hemme güýçleriň momentleriniň jemi nola deň bolmaly. B nokada göre hemme güýçlerden moment alýarys:

$$\Sigma_i^n = {}_1M_B(P_i) = 0$$

\bar{R}_{12}^n -iň ugry B nokadyň üstünden geçýär, sonuň üçin onuň momenti nola deň:

$$-R_{12}^t AB + G_2 h_2 - P_{i2} h_{i2} = 0.$$

Momentniň ugry sagat ugruna bolsa (-) aýyrmak alamatda alýarys, eger-de sagat ugruna garşy bolsa (+) goşmak diýip alýarys. Onda

$$R'_{12} = \frac{G_2 h_2 - P_{i2} h_{i2}}{AB}, \frac{Nmm}{mm} = N.$$

Eger netijesi aýyrmak (-) bolup çyksa, onda \bar{R}'_{12} – reaksiýanyň ugruny garşy tarapa ugrukdyrmaly.

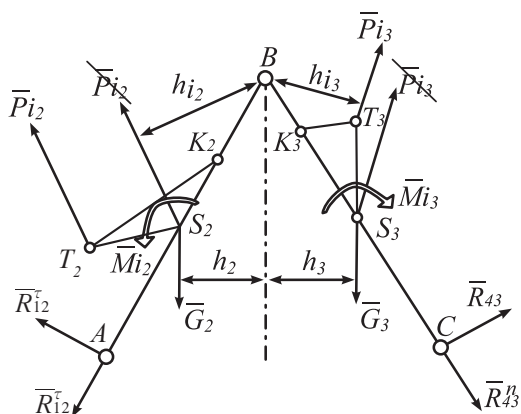
2) 3-nji zweno aýratyn seredeliň.

Hemme güýçleriň momentlerini B nokada görä alýarys:

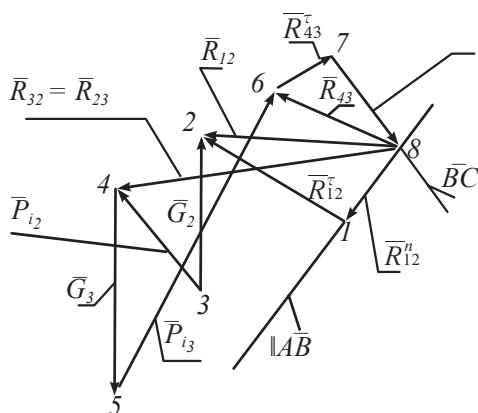
$$\sum_{i=1}^n M_B(P_i) = 0,$$

$$R'_{43} BC + P_{i3} h_{i3} - G_3 h_3 = 0,$$

$$R'_{43} = \frac{-P_{i3} h_{i3} + G_3 h_3}{BC}, (N).$$



7.9-njy surat



7.10-njy surat

Eger netijesi (-) aýyrmak bolsa, onda \bar{R}_{43}^t ugruny garşy tarapa öwürmeli.

3) 2 – 3 zwenolara bilelikde seredýäris we wektor deňlemesini düzýäris.

$$\bar{R}_{12}^n + \bar{R}_{12}' + \bar{G}_{12} + \bar{P}_{12} + \bar{G}_3 + \bar{P}_{i3} + \bar{R}_{43}' + \bar{R}_{43}^n = 0.$$

Iki çetdäkiler näbelli bolmaly. Ilki bir zweni täsir edýän güýçleri, soň beýleki zweni täsir edýän güýçleri ýazmaly (7.10-njy surat).

Şol deňleme boýunça güýçleriň planyny gurmaly. Ilki \bar{R}_{12}^n ugruny $\|\bar{AB}$ geçirýäris. Şol çyzykda bir nokady 1 diýip belleýäris. Şol nokatdan \bar{R}_{12}^t ugruny ($\perp \bar{AB}$) geçirýäris. Islendik uzynlykda 1 – 2 aralygy alyp, masştaby tapmaly.

Meselem: $[1 - 2] = 50 \text{ mm}$ bolsa,

onda
$$\mu_p = \frac{R_{12}'}{[1 - 2]} \cdot \frac{N}{mm}.$$

2-nji nokatdan \bar{G}_2 güýjüň ugruny geçirýäris:

$$[2 - 3] = \frac{G_2}{\mu_p} = \frac{N}{N / mm} = mm.$$

3-nji nokatdan \bar{P}_{i2} güýjüň 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 nokatdan \bar{R} ugruny geçirýäris:

$$[6 - 7] = \frac{R_{43}'}{\mu_p} = mm.$$

7-nji nokatdan \bar{R}_{43}^n ugruny ($\|\bar{BC}$) geçirýäris.

Birinji çyzyk ($\|\bar{AB}$) bilen soňky çyzygyň ($\|\bar{BC}$) kesişýän nokadyny 8 diýip belleýäris:

$$R_{12}^n = \mu_p (8 - 1) \frac{N}{mm} \cdot mm = N;$$

$$R_{12} = \mu_p (8 - 2) N;$$

$$R_{43}^n = \mu_p (7 - 8) N;$$

$$R_{43} = \mu_p(6-8)N;$$

$$R_{23} = -\bar{R}_{32} = \mu_p(8-4)N.$$

B nokatdaky 2-nji zwenodan 3-nji zweni täsir edýän güýji (Nýutonyň ikinji kanunyny) kesgitlemek üçin 4–8 nokatlary birleşdirmeli. Sebäbi zwenolara aýratyn seredeniňde, hemme güýçleriň täsiri boýunça 2 zweni (ýa-da 3) deňagram ýagdaýynda diýipdik, onda her bir zweni täsir edýän güýçleriň jemi nola deň bolmaly, güýçleriň wektorlary başlanan nokatda gutarmaly. 8-nji nokatda ikinji zweni täsir edýän güýçler başlandy, 4-nji nokatda gutardy. 4 bilen 8-*i* birleşdirsek: $R_{32} = \mu_p(4-8)N$ bolar, onda:

$$R_{23} = -R_{32} = \mu_p(4-8)N.$$

II klas 1-nji görnüş Assuryň toparynyň güýç derňewini doly geçirdik (7.10-njy surat).

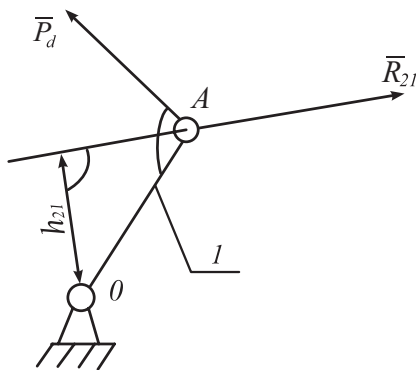
7.5. Ýörediji zwenonyň güýç derňewi

Ýörediji zwenonyň hereket sanyny kesgitlesek:

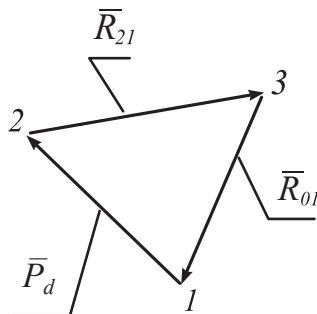
$$W = 3n - 2P_s,$$

$$W = 3 \cdot I - 2 \cdot I = I.$$

Hereket sany bire deň bolanda, statika deňlemeleri ulanyp bolanok, sebäbi R_{21} güýjüň täsiri boýunça zweni deňagram ýagdaýynda däl. Deňagram ýagdaýyna getirmek üçin P_d – deňagrama getirýän güýji ulanýarys (7.11-nji surat).



7.11-nji surat



7.12-nji surat

O nokada görä güýçlerden moment alsak, deňagrama getirýän güýjüň bahasyny taparys:

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n M_0(P_i) &= 0; \\ P_d \cdot OA - R_{21} \cdot h_{21} &= 0; \\ P_d &= \frac{R_{21} h_{21}}{OA}, \frac{Nmm}{mm} = N.\end{aligned}$$

O nokatda duran zwenno tarapyndan täsir edýän reaksiýa güýjüni kesgitlemek üçin wektor deňleme düzýäris:

$$\bar{P}_d + \bar{R}_{21} + \bar{R}_{01} = 0.$$

Wektor deňleme boýunça güýç planyny gurýarys (7.11-nji surat). Ilki deňagram ýagdaýa getirýän güýji islendik uzynlykda geçirýäris, 1–2 aralyk.

Meselem: $[1-2] = 50mm$,

onda
$$\mu_p = \frac{P_d(N)}{[1-2](mm)}.$$

2-nji nokatdan \bar{R}_{21} güýjüň ugruny geçirýäris, 2–3 aralyk:

$$2-3 = \frac{R_{21}}{\mu_p} \frac{N}{N/mm} = mm.$$

3-nji nokady 1 bilen birleşdirsek, \bar{R}_{01} gelip çykýar (7.12-nji surat).

$$R_{01} = \mu_p \cdot (3-1) \frac{N}{mm} \cdot mm = N.$$

7.6. Žukowskiniň teoremasy

90°-a öwrülen tizligiň plany mehanizmiň hemme güýçleriniň täsiri boýunça deňagram ýagdaýynda. Güýçleri mehanizmiň planyndan tizligiň 90°-a öwrülen planyna ugruny üýtgetmän geçirmeli.

Meselem: zwenonyň B nokadynda \bar{F} güýç täsiri esasynda \bar{V}_B tizlik bilen hereket edýär diýeliň (7.13-nji a surat).

Güýç bilen tizligiň arasyndaky burçy α diýip belleýäris.

B nokadyň tizliginiň planyny 90°-a öwürüp guranymyzdan soň, b nokada güýjüň ugruny üýtgetmän geçirýäris (7.13-nji b surat). Güýjüň P polýusa görä momenti:

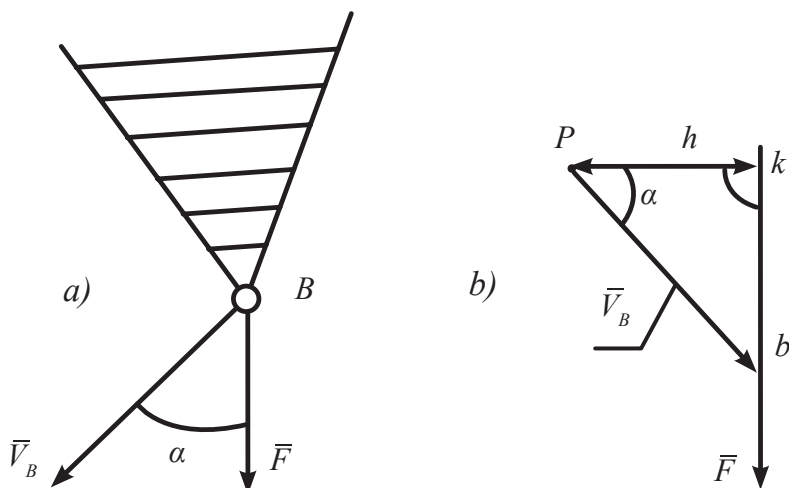
$$M_p(F) = F \cdot h;$$

$$h = [Pb] \cdot \cos \alpha$$

$$M_p(F) = F \cdot [Pb] \cdot \cos \alpha;$$

ýa-da $N = F \cdot V_B \cdot \cos \alpha$ – güýjüň kuwwaty;

onda $M_p(F) = N.$



7.13-nji surat

Hemme maşynlaryň işleýiş usuly boýunça – maşyna täsir edýän güýçleriň kuwwatynyň jemi nola deň:

$$\sum_{i=1}^n N_i = 0,$$

ýa-da

$$\sum_{i=1}^n M_p(F_i) = 0.$$

Maşyna täsir edýän güýçleriň momentleriniň jemi nola deň ýa-da güýçleriň täsiri boýunça 90° -a öwürülen tizligiň plany deňagram ýagdaýynda. Eger-de deňagram ýagdaýynda bolmasa, deňagrama getiriji güýji P_d ýa-da momenti M_d tapyp deňagrama getirmeli.

VIII BÖLÜM SÜRTÜLME

8.1. Sürtülmäniň görnüşleri

Iki zwenno bir-birine görä hereket edende, olaryň galtaşýan meýdanlarynda sürtülme güýji emele gelýär. Şol güýç ugry boýunça otnositel tizlige garşy, herekete garşylyk görkezýär.

Sürtülmäni iki görnüşe bölýärler:

Typma sürtülmesi;

Tigirlenme sürtülmesi.

Typma sürtülmede jisimiň her bir nokatlary yzygiderli beýleki jisimiň nokatlary bilen galtaşýar.

Tigirlenme sürtülmede jisimiň nokatlary bilen beýleki jisimiň nokatlary bir-biriniň yzyndan yzygiderli galtaşýarlar.

Önümçilikde köp ýagdaýda iki sürtülme birden bolup bilýär.

Typma sürtülmede bolýar:

1. Gury sürtülme;
2. Ýarym gury sürtülme;
3. Suwuklyk sürtülme;
4. Ýarym suwuk sürtülme.

1. Gury sürtülmede iki zwenonyň arasynda hiç hili ýaglanma ýok. Ýaglanma diýip ulanýarlar: grafiti, goýy ýaglary, suwuk ýaglary, howany ýa-da başga gazlary.

2. Ýarym gury sürtülmede ýaglanma bar, oňa garamazdan köp meýdanlary galtaşmada bolýarlar.

3. Suwuk sürtülmede ýaglanma zwenolary doly aýyrýar, zwenolar bir-birine galtaşman hereket edýär.

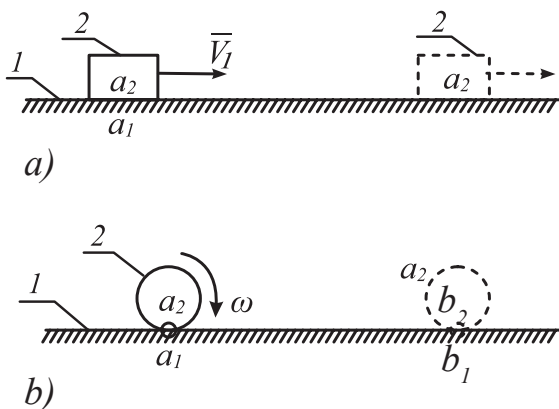
4. Ýarym suwuk sürtülmede zwenolaryň arasynda ýaglanma bar, ýöne käbir meýdançalary bilen zwenolar galtaşýar. Ýaglanma sürtülme güýjüni peseldýär.

8.2. Typma sürtülmäniň esasy kanunlary

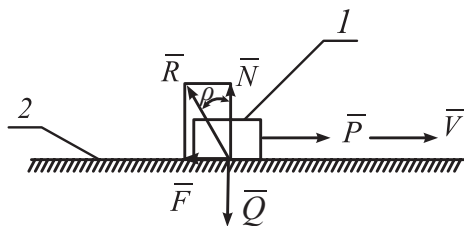
Sürtülme çylşyrymly hadysa, şu wagta çenli doly öwrenilenok, şol sebäpli her ýagdaý üçin doly sürtülme güýçlerini tapmak kyn, ýöne inžener hasaplamalarynda önümçilige gerekli çeni bilen XVIII asyrdan Kulonyň oýlap tapan kanunlaryny ulanýarlar.

8.2-nji suratda görkezilişi ýaly 1-nji zwenon herekete getirýän güýç \vec{P} bilen 2-nji zwenon basylýar. 1-nji zwenon herekete getirýän güýç \vec{P} . Zwenolaryň galtaşýan ýerinde \vec{F} sürtülme güýji emele gelýär, 1-nji zwenonnyň süýşmegine garşylyk görkezýär. Iki zwenolaryň arasynda emele gelýär, normal güýç \vec{N} , şu ýagdaýda $\vec{N} = \vec{Q}$, onda $F = f \cdot N$.

Sürtülme güýji normal güýje proporsional. Proporsional koeffisiýente *sürtülme koeffisiýenti* diýilýär.



8.1-nji surat



8.2-nji surat

Sürtülme koeffisiýenti zwenolaryň materialyna, meýdançalaryň arassa işlenişine we ulanylýan ýaglanma bagly.

Başlangyç hereketdäki sürtülme koeffisiýenti f_0 , hereketiň dowamyndaky sürtülme koeffisiýentinden uly:

$$f_0 > f.$$

bu ýerde f_0 – hereketsiz ýagdaýdaky sürtülme koeffisiýenti.

$$F_0 = f_0 N.$$

Materiallara görä sürtülme koeffisiýentler ýörite kitaplarda berlen, Kulon boýunça sürtülme koeffisiýenti zwenolaryň tizligine, udel basyşyna we wagta bagly däl. Onuň kanunlary şol döwürdäki tizliklere, basyşlara we sürtülme wagtyňa görä dogry. Onuň kanunlary geçiren tejribe synaglary $V=0,3-3 \text{ m/s}$, basyş $< 10 \frac{\text{kg}}{\text{sm}^2}$ ýagdaýy üçin.

Gaty uly tizliklerde we basyşlarda Kulonyň kanunlary dogry çykanok, ýöne biz öz hasaplamalarymyzda Kulonyň kanunlaryny ulanarys.

8.3. Sürtülme burçy

Sürtülme güýji F reaktiw güýçlere girýär. 2-nji jisimiň 1-nji jisime görä P güýji 1-nji jisimiň 2-njä görä süýşürilendäki reaksiýasy (8.2-nji surat).

Eger-de P güýç kiçi bolanda, jisimler hereketsiz – $F = P$ bolýar. P güýç ulalyp $P = F_0 = f_0 N$ ýetende, otnositel hereket başlaýar, şol wagtda $F_0 = P$ bolýar. P güýç ýene-de ulalanda, sürtülme güýji ulalanok, ol $F = f N$ deň bolup durýar. $P > F$ bolan ýagdaýynda hereket tizlenýär.

Reaksiýa N 2-nji zwenodan 1-njä, Q güýjüň täsiri boýunça döreýär. \vec{N} we F güýçleri wektor görnüşde jemläniňde \vec{R} – reaksiýa tapylýar. \vec{R} güýç bilen \vec{N} güýjüň aralygyndaky ρ burç tapylýar.

$$\text{tg } \rho = \frac{F}{N}, \text{ öňki deňlemede: } f = \frac{F}{N},$$

$$\text{onda } \text{tg } \rho = f.$$

Sürtülýän meýdanlar	Sürtülme koeffisiýenti
Polat–poladyň üstünde, aralykda ýag	0,04
Polat–çoýnuň üstünde ýa-da polat–poladyň üstünde, ýagy az bolanda	0,1
Polat–çoýnuň üstünde, gury	0,15...0,18
Polat–poladyň üstünde, gury	0,18
Bürünç–poladyň üstünde, ýagy az bolanda	0,15
Bürünç–poladyň üstünde, gury	0,18
Bürünç–çoýnuň üstünde	0,3
Plastmassa–poladyň üstünde, ýagy köp	0,09...0,10
Rezin–poladyň üstünde	0,6...0,8
Polat–buzuň üstünde	0,014

Şu deňlemeden görüňýär, ρ burç sürtülme koeffisiýentine deň bolup, bu materiallar üçin hemişelik bolýar. Zwenolar 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.

8.4. Ýapgyt tekizligiň sürtülmesi

Jisim ýapgyt tekizlikde hereket edýär. Ýapgytlyk burçy α . *I ýagdaý*. Gorizonta güýjüň \vec{P} täsiri boýunça jisim ýokarlygyna hereket edýär (8.3-nji a surat). Wertikal güýç \vec{Q} garşylyk görkezýär. Ýapgyt tekizlik tarapynda R – reaksiýa täsir edýär:

$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}.$$

\vec{R} Reaksiýa \vec{N} normal we \vec{F} sürtülme wektoryň jemine deň. Ugry boýunça \vec{R} – reaksiýa normal $n - n$ çyzyk bilen ρ – herekete ters

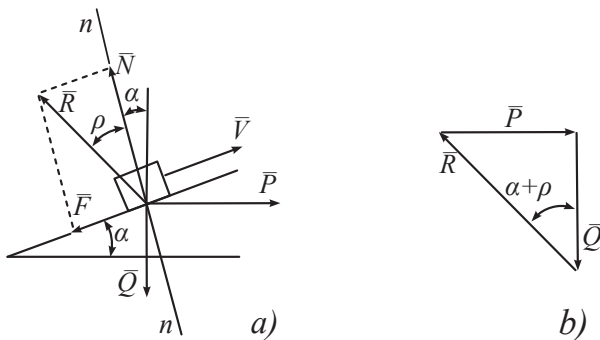
tarapyndan sürtülme burçuny emele getirýär. Deňölçegli hereket edende, hemme güýçleriň jemi nola deň bolýar:

$$\vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} = 0.$$

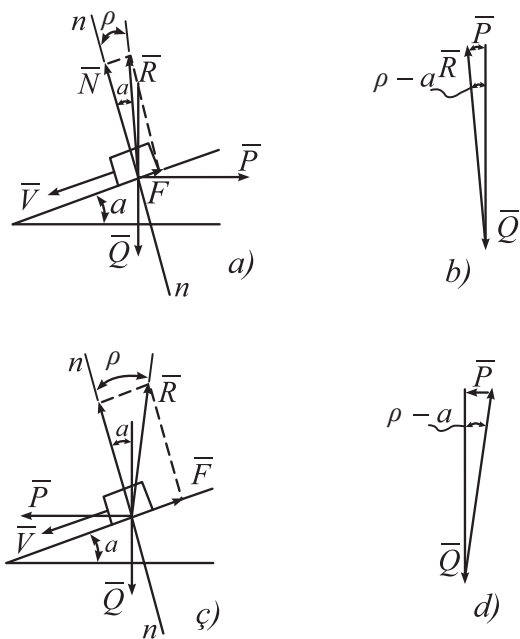
Şu deňleme boýunça güýçleriň plany gurlan (8.3-nji b surat).

Şu üçburçlukdan:

$$P = Q \operatorname{tg}(\alpha + \rho).$$



8.3-nji surat



8.4-nji surat

Şu deňleme boýunça gorizontaly ýapgyt tekizlikde jisimi ýokarlygyna herekete getirýän güýç tapylýar.

II ýagdaý. Jisim ýapgyt tekizlikde aşak hereket edýär. Bu ýerde wertikal güýç \vec{Q} ýörediji, gorizontaly \vec{P} herekete garşy güýç (8.4-nji a surat). Tekizlikden täsir edýän reaksiýa $\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}$, normal N we sürtülme \vec{F} güýçleriň wektor jemine deň.

\vec{R} – reaksiýa herekete ters tarapyndan n -n normal bilen ρ sürtülme burçuny emele getirýär. Jisimiň hereketi deňölçegli bolanda (8.4-nji a surat):

$$\vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} = 0.$$

Üçburçlukdan alarys:

$$P = Q \operatorname{tg}(\alpha - \rho).$$

Şu deňleme $\rho < \alpha$ bolanda, P güýç aýyrmak alamatly bolýar, diýmek, jisim hereket etmek üçin P güýç ters tarapa ýa-da ýörediji bolmaly.

Başga ýagdaýda jisim hereket edip bilenok. Şonuň ýaly ýapgyt tekizlige ($\rho < \alpha$) öz-özünü duruzýan diýilýär (8.4-nji d surat).

Onda:

$$P = Q \operatorname{tg}(\rho + \alpha).$$

III ýagdaý. Jisim ýapgyt tekizlikde ýokarlygyna hereket edýär. Herekete getirýän güýç P ýapgytlyga parallel, Q garşy güýç. Tekizlik tarapyndan täsir edýän reaksiýa

$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{F},$$

\vec{R} – reaksiýa bilen n -n normal çyzygyň arasyndaky burç sürtülme burçy ρ , herekete ters tarapyndan (8.5-nji a surat). Hereket deňölçegli bolanda (8.5-nji b surat):

$$\vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} = 0.$$

Sinuslar teoremasyny ulanyp, güýçleriň planyndan tapýarys:

$$\frac{P}{\sin(\alpha + \rho)} = \frac{Q}{\sin(90 - \rho)}$$

ýa-da

$$P = \frac{Q \sin(\alpha + \rho)}{\cos \rho}.$$

Bu deňleme boýunça ýapgytlyga parallel ýörediji güýç tapylýar.

8.5. Pahna görnüşli zwenonyň süýşmesindäki sürtülme

1-nji jisimiň kese-kesigi trapesiýa, 2-nji zwenoda gorizontaal 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.

$$F = 2Nf$$

N güýji tapmak üçin wertikal oka görä hemme güýçleriň proeksiýasyny alýarys:

$$Q - 2N\sin\gamma = 0$$

ýa-da:

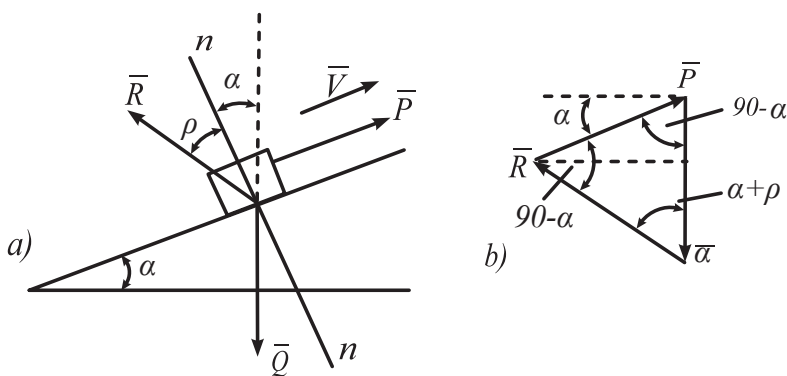
$$2N = \frac{Q}{\sin\gamma},$$

onda sürtülme güýç: $F = \frac{Qf}{\sin\gamma};$

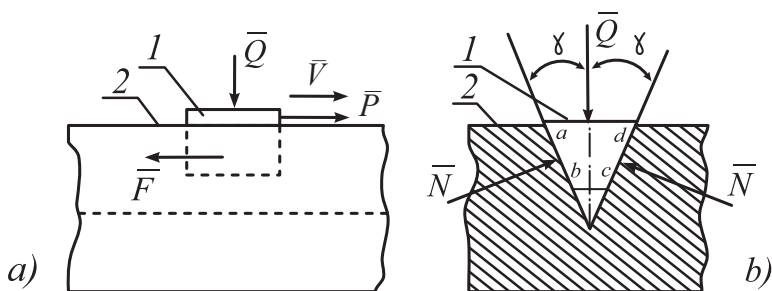
$\frac{f}{\sin\gamma} = f'$ diýip bellesek:

$$F = Qf',$$

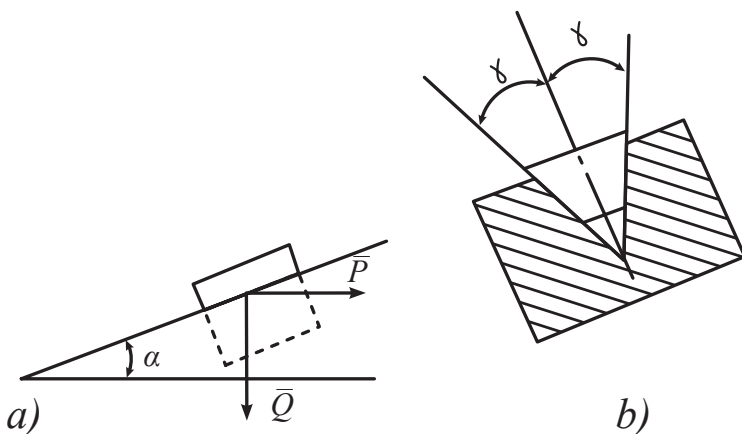
f' –getirilen sürtülme koeffisiýenti diýilýär.



8.5-nji surat



8.6-njy surat



8.7-nji surat

Öňki deňlemeler bilen deňleşdireniňde, üýtgeşik ýeri ýok.

Ýapgyt tekizlikde sürtülme güýjüni tapmak üçin hakyky sürtülme koeffisiýentini almaly, pahnna görnüşli jisimiň sürtülme güýjüni tapmak üçin getirilen sürtülme koeffisiýentini almaly.

Hakyky sürtülme koeffisiýenti f we pahnaly zwenonyň burçy γ berlen ýagdaýda, getirilen sürtülme koeffisiýentini tapmak aňsat:

$$f' = \frac{f}{\sin \gamma},$$

onda getirilen sürtülme f burçy ρ deň bolýar:

$$\rho' = \arctg f'.$$

Jisimi pahnaly ýapgyt tekizlik bilen ýokary galdyrmak üçin gorizontaý ýörediji güýç P tapylýar:

$$P = Q \operatorname{tg}(\alpha + \rho'),$$

$$\sin \gamma < l \text{ sebäpli } f' > f.$$

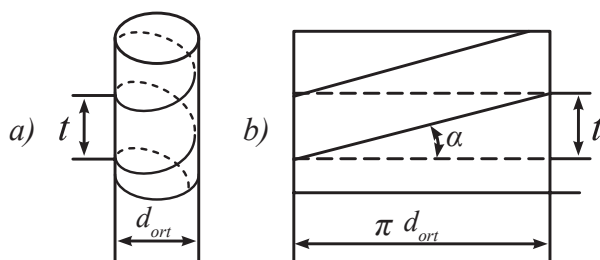
Şu häsiýetini önümçilikde sürtülme güýjüni ulaltmaly bolan ýagdaýynda ulanýarlar.

8.6. Hyrly kinematik jübütiň sürtülmesi

Gaýkanyň winte görä hereketini jisimiň ýapgyt tekizligiň üstünde hereketine meňzeş diýip alyp bolýar. Tekizligiň ýapgytlygy hyryň görteriliş burçuna deň diýip alýarys.

$$P = Q \operatorname{tg}(\alpha + \rho).$$

Wint çyzygynyň görteriliş burçy α -ny kesgitlemek üçin ortaky silindriň çöwürmesini (razwertkasyny) gurýarys (8.8-nji surat).



8.8-nji surat

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi d_{\text{ort}}},$$

bu ýerde t – hyryň ädimi;
 d_{ort} – silindriň ortaça diametri.

$$d_{\text{ort}} = \frac{d_1 + d_2}{2},$$

bu ýerde d_1 – hyryň daşky diametri.
 d_2 – hyryň içki diametri (8.9-njy a surat).

Hyrly hereket geçirijilerde güýji ortaky diametrine täsir edýär diýip alynmaýar. Güýç belli bir eňnidine täsir edýär diýip alynýar. Ol köplenç açaryň eňnidine deň bolýar. Hyrly hereket geçirijileriň hasaplamasy geçirilende, aýlaýjy moment M täsir edýär diýip alynýar:

$$M = P \frac{d_{\text{ort}}}{2}$$

ýa-da

$$M = \frac{Qd_{\text{ort}}}{2} \text{tg}(\alpha + \rho).$$

Hyrnyň ululygy we sürtülme koeffisiýenti berlende, bu deňleme boýunça gaýkany aýlamak üçin gerek bolan güýji aňsat tapyp bolýar. Meselem, hyrynyň ululyklary we sürtülme koeffisiýenti berlende, domkrat bilen ýüki götermek üçin gerek bolan güýji tapmak aňsat.

Hyrly kinematik jübütde, ýapgyt tekizlikde hereket edilýän ýaly, özi saklaýan (tormozlaýan) ýagdaý döräp bilýär ($\alpha < \rho$ bolanda).

Bu ýagdaýda Q güýç garşy güýç däl-de, ýörediji bolýar (öňki seredilen ýagdaý). Meselem, ýüki domkrat bilen düşürmek üçin, wintine ýa-da gaýkasyna täsir etmeli moment:

$$M = \frac{Qd_{\text{ort}}}{2} \text{tg}(\rho - \alpha).$$

Hemme öňki aýdylanlar dörtburçly hyr üçin. Hyr üçburçly ýa-da trapesiýa görnüşde bolanda, hyrly kinematik jübüti ýapgyt tekizlikde pahnaly zweno hereket edýär diýip seretmeli.

$$M = \frac{Qd_{\text{ort}}}{2} \text{tg}(\alpha + \rho'),$$

$$M = \frac{Qd_{\text{ort}}}{2} \text{tg}(\rho' - \alpha),$$

ρ' – getirilen sürtülme burçy.

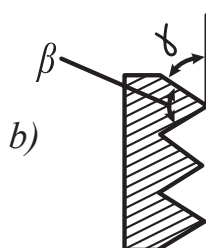
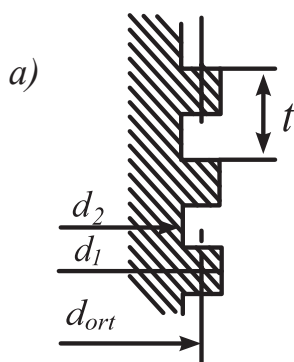
Üçburçly hyr üçin getirilen sürtülme burçy tapylýar:

$$\rho' = \text{arctg} f' = \text{arctg} \frac{f}{\sin \gamma} = \text{arctg} \frac{f}{\cos \beta}.$$

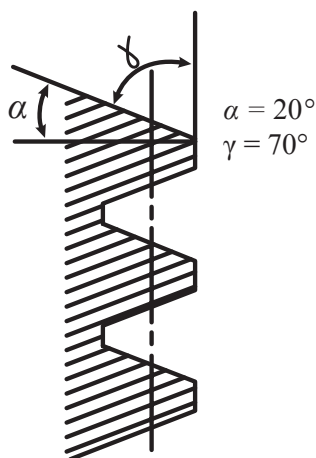
Burumly dişli hereket geçirijilerde sürtülmäni hasaplamak üçin trapesiýa görnüşli hyrlarda ulanylan deňlemeler gabat gelýär:

$$M = \frac{Qd_{\text{ort}}}{2} \text{tg}(\alpha + \rho'),$$

$$M = \frac{Qd_{\text{ort}}}{2} \text{tg}(\rho' - \alpha),$$



8.9-njy surat



8.10-njy surat

Bu deňlemelerde: M —burumdaky aýlaw momenti,
 $d_{\text{ört}} = d$ —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 tigriniň başlangyç töwereginiň diametri.

a) Burum tigrine täsir edýän moment garşylyk moment bolan ýagdaýy üçin:

$$M = M_{B.a.} \frac{d}{D} \operatorname{tg}(\alpha + \rho').$$

b) Burum tigrine täsir edýän moment ýörediji bolup, ýöne burumly hereket geçiriji öz-özünü saklaýan bolanda:

$$M = \frac{Qd_{ort}}{2} \operatorname{tg}(\rho' - \alpha),$$

Getirilen sürtülme burçy ρ' burumly hereket geçirijiniň ilişmek burçy $\alpha=20^\circ$ bolanda tapylýar:

$$\rho' = \operatorname{arctg} f' = \operatorname{arctg} \frac{f}{\sin \gamma} = \operatorname{arctg} \frac{f}{\sin 70^\circ} = \operatorname{arctg} 1,06f.$$

8.7. Aýlanýan kinematik jübütlerde typma sürtülmesi

Walyň daýanjy-sapfa typma podşipnikde aýlanyp, \vec{P} güýç bilen basylýar. Podşipnik tarapdan A nokatda \vec{N} reaksiýa döreýär. \vec{N} hemme basyş güýçleriniň jemleýji güýji. A nokatda \vec{F} güýç täsir edýär, onuň ugry sapfanyň töweregine galtaşýan aýlawla garşy. \vec{F} hemme sürtülme güýçleriniň jemleýji güýji. \vec{N} we \vec{F} jemläp, \vec{R} reaksiýany tapýarys. \vec{R} güýç \vec{Q} güýje deň, ýöne ugry ters tarapa. \vec{R} reaksiýa bilen \vec{N} normal güýjüň arasyndaky burç getirilen sürtülme burça deň ρ' . Bu getirilen burç hakyky sürtülme burçdan tapawutlanýar, podşipnigiň we walyň materialyna görä, basyşyň paýlanyşyna bagly.

Galtaşýan meýdanlarda basyşyň paýlanyşy doly belli däl. Hasaplama işleri üçin alýarlar:

a) Täze, iýilmedik podşipnikler we sapfalar üçin basyşyň paýlanyşy meýdan boýunça deň (8.12-nji a surat), $P = \text{const}$.

b) Biraz wagt işläp, bir-birine sürtülip ýerleşen sapfa we podşipnikler üçin $P=P_0 \cos \alpha$ (8.12-nji b surat).

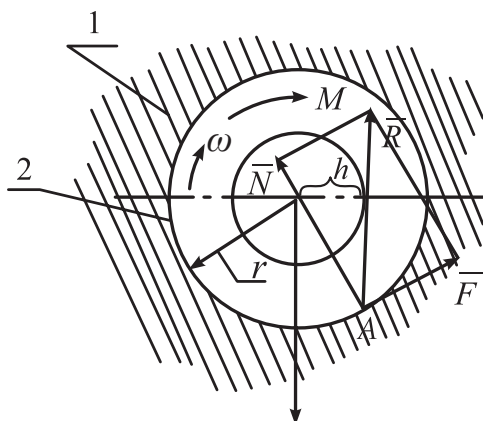
Agzalanlary hasaba alyp, sürtülme koeffisiýentlerini alýarlar.

Täze sapfalar üçin $f'=1,57f$.

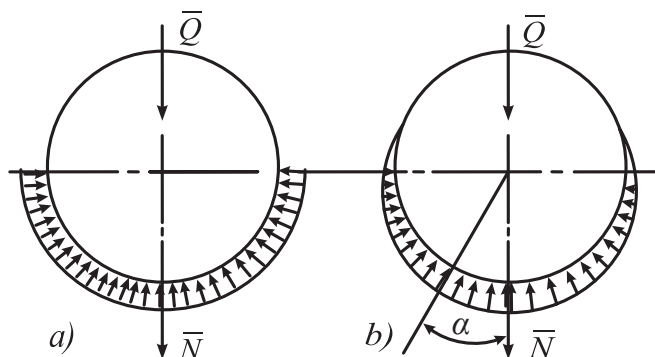
Işläp ýerleşen sapfalar üçin $f'=1,27f$.

Getirilen sürtülme koeffisiýenti f' hakyky sapfanyň we podşipnikleriň materiallarynyň sürtülme koeffisiýentinden « f » uly.

$$f' > f$$



8.11-nji surat



8.12-nji surat

Getirilen sürtülme burçy ρ' (umumy reaksiýa \vec{R} bilen sapfanyň diametriniň aralyk burçy) tapylýar:

$$\rho' = \arctg f'$$

\vec{R} reaksiýa aýlaw oka görä garşylyk momenti (sürtülme momenti) döredýär:

$$M_s = h R,$$

bu ýerde M_s – momentiň ugry aýlaw ters.

h – egni, çyzgydan (8.11-nji surat) görünýär,

$h = r \sin \rho'$, r – walyň radiusy.

Sürtülme burçy ρ' kiçi bolany sebäpli:

$$\sin \rho' = \operatorname{tg} \rho',$$

onda

$$f' = \operatorname{tg} \rho'$$

$$h = r f'.$$

Sürtülme momenti aşakdaka deň bolýar:

$$M_s = R r f'.$$

Egni h walyň radiusyna r we getirilen sürtülme koeffisiýentine f' bagly, şu kinematik jübüt üçin hemişelik bolýar. Başgaça aýdylanda, doly reaksiýa R sürtülme güýçlerini hasaba alanyňda aýlanma okdan geçenok, okdan h aralykdan geçýär, h radius bilen geçirilen töwerege R galtaşýar. Şol töwerege sürtülme töweregi diýilýär.

8.8. Tigirlenme sürtülmesi

Typma sürtülmede bir jisimiň nokatlary başga jisimiň nokatlaryna göre süýşýärler. Bu sürtülme pes kinematik jübütlerde bolýar. Ýokary kinematik jübütler nokat ýa-da çyzyk boýunça galtaşýarlar. Bu ýerde tigirlenme sürtülmesi bolup bilýär.

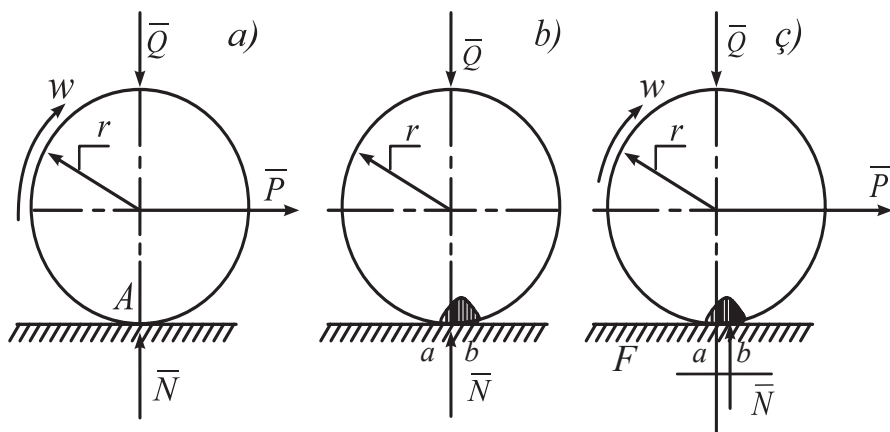
Birinji jisimiň bir-biriniň yzynda duran nokatlary beýleki jisimiň bir-biriniň yzynda duran nokatlar bilen yzygiderli galtaşýarlar.

Meselem, aýlanýan silindre (ýa-da şara) wertikal güýç \vec{Q} täsir edýär. \vec{Q} güýjüň ugry silindriň okundan geçýär. Silindri we tekizligi absolyút gaty diýip alýarys. Silindr bilen tekizlik A nokatda galtaşýar. Normal reaksiýa \vec{N} silindriň okundan geçýär. Bu ýagdaýda tigirlenmä garşylyk ýok (8.13-nji a surat), ýöne hakykatda alanyňda 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 meýdançasynynda (ab) deformasiýa we güýjenme emele gelýär. Olar belli bir kanun boýunça ýaýraýar. Maýyşgaklyk nazaryýeti boýunça, ýaýraýşy elliptiki kanun bolýar.

Hereketsiz silindrde ýaýraýşy, silindriň diametrine göre simmetriki bolýar (8.13-nji b surat). Silindri \vec{P} güýç bilen aýlanyňda, silindriň önünde deformasiýa ulalýar, yzynda kiçelýär (8.13-nji ç surat). Silindriň we tekizligiň materiallarynda içki sürtülme döräni sebäpli (görkezis), silindriň önündäki 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 (8.13-nji ç surat). Süýşmegi k diýip belleýäris. Q we N güýçleri moment döredýär. Moment tigirlenmä garşylyk görkezýär.



8.13-nji surat

Deňölçegli tizlenme üçin, hereketlendiriji güýç \vec{P} bilen sürtülme güýjüň \vec{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:

$$M_{t.g.} = Q K.$$

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 şertlerine seredýäris. Jisimiň tekizligiň üstünde tigirlenmegi üçin jisime täsir etmeli güýç:

$$P = \frac{QK}{r}.$$

Şol hereketde tekizligiň üstünde typmazlygy üçin hereketlendiriji güýç P sürtülme güýjünden kiçi bolmaly.

$$P < fQ$$

Tersine bolanda ($P > fQ$), jisim typýar. Diýmek

$$\frac{QK}{r} < fQ$$

ýa-da

$$\frac{K}{r} < f.$$

Arassa tizlenme bolmak üçin $\frac{K}{r}$ gatnaşyk sürtülme koeffisiýentinden (f) kiçi bolmaly.

Jisim tekizligiň üstünde typar ýaly, oňa ýörediji güýç täsir etmeli:

$$P = fQ.$$

Tigirlenmez ýaly, jisimi tigirläp bilýän moment tigirlenmä garşy momentden kiçi bolmaly:

$$P r < Q K,$$

onda

$$f Q r < Q K$$

ýa-da

$$f < \frac{K}{r}.$$

Diýmek, arassa typma bolmagy üçin, typma sürtülme koeffisiýenti $\frac{K}{r}$ gatnaşykdan kiçi bolmaly.

$f = \frac{K}{r}$ bolan ýagdaýynda typma hem, tigirlenme hem bolup bilýär.

8.9. Getirilen sürtülme koeffisiýentleri we burçlary

Hemme seredilen hereketlerde sürtülme güýji \vec{F} normal reaksiýalara proporsional:

$$F = f' N.$$

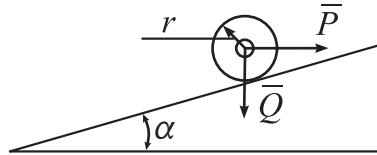
Gorizontalkelikde hereket edilende, ýörediji güýç \vec{P} wertikal güýje proporsional:

$$P = f' Q$$

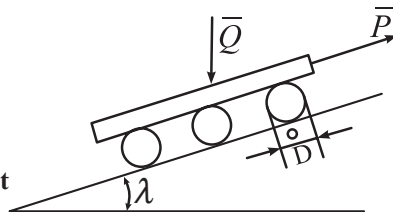
proporsional koeffisiýentine getirilen sürtülme koeffisiýenti,

$$\rho' = \operatorname{arctg} f'$$

getirilen sürtülme burçy diýildi.



8.14-nji surat



8.15-nji surat

Agzalyp geçilen deňlemeler gorizontalkelikde tigirlenme hereketi üçin. Eger hereket ýapgyt tekizlikde bolanda, hakyky sürtülme koeffisiýentiniň we burçunyň ýerine getirilen sürtülme koeffisiýenti we getirilen sürtülme burçy diýip alýarys. Meselem (8.14-nji surat),

ýapgyt tekizlikde gorizontaľ güýjüň täsiri boýunça katok ýokary galýar. Katogyň ýüküni Q diýip alýarys, onda:

$$P = Q \operatorname{tg}(\alpha + \rho').$$

Şu deňlemäni typma hereketde-de ulandyk. Getirilen sürtülme burçy tapylýar:

$$\rho' = \operatorname{arctg} f',$$

bu ýerde $f' = \frac{K}{r}$.

Ýa-da başga mesele: Ýapgyt tekizlikde arabajyk bilen Q agramlygy ýokary galdyryarys (8.15-nji surat), ýörediji güýç P ýapgyt tekizlige parallel:

$$P = Q \frac{\sin(\alpha + \rho')}{\cos \rho'},$$

bu deňlemeden: $\rho' = \operatorname{arctg} f'$

Hasaplama edil typma hereketdäki ýaly.

8.1-nji mysal. $Q = 10000 \text{ N}$ ýüki ýükgöteriji (domkrat) bilen götermek üçin M -i tapmaly. Ýükgöterijiniň egni l , oňa täsir edýän güýç $P = 200 \text{ N}$.

Berlen: Wintiň hyry daýançly (упорная), depesiniň burçy $\beta = 30^\circ$, daşky diametri $d_1 = 50 \text{ mm}$, içki diametri $d_2 = 42 \text{ mm}$, hyryň ädimi $t = 8 \text{ mm}$ (8.16-njy surat). Wint bilen gaýkanyň aralygynda sürtülme koeffisiýenti $f = 0,12$. Wint bilen ýükgöterijiniň aýlanmaýan başjagazynyň aralygynda sürtülme koeffisiýenti a –a tekizlik boýunça $f_1 = 0,18$. Ýükgöterijiniň wint başjagazy bilen töwerek galtaşýan meýdanynyň ululyklary; daşky diametri $D = 80 \text{ mm}$, içki diametri $D_1 = 40 \text{ mm}$.

Ç ö z ü l i ş i:

Ýük göterijä goýulmaly momenti M iki moment diýip almaly:

1-nji M_1 – sürtülme momenti gaýka bilen domkratyň arasynda.

2-nji M_2 – sürtülme momenti wintiň başjagazy bilen ýükgöterijiniň hereketsiz başjagazynyň aralygynda, a –a meýdan boýunça:

$$M = M_1 + M_2,$$

$$M_1 = \frac{Q d_{\text{ort}}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \rho').$$

Hyryň ortaça diametri:

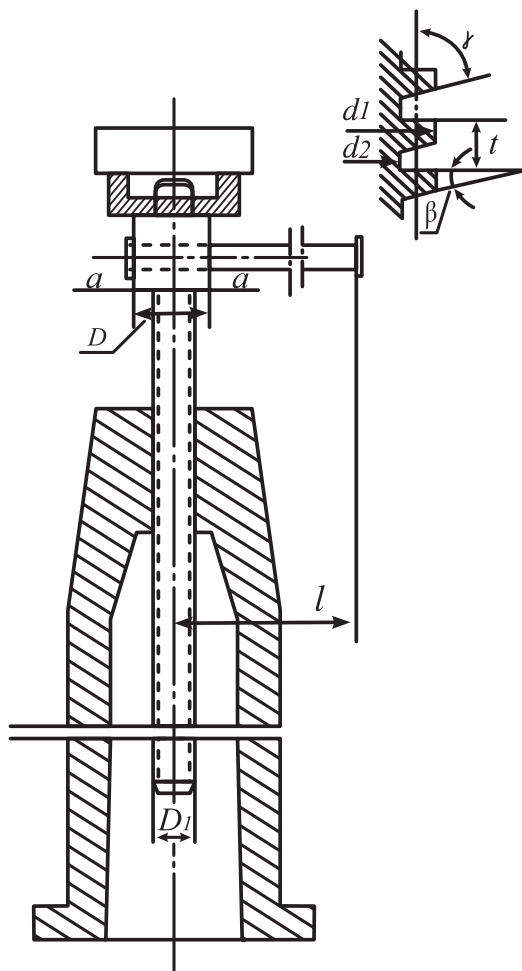
$$d_{\text{ort}} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{50 + 42}{2} = 46 \text{ mm}.$$

Wintiň ortaça diametrinde hyryň galýan burçy:

$$\alpha = \arctg \frac{t}{\pi d_{\text{ort}}} = \arctg \frac{8}{\pi 46} = \arctg 0,055 = 3^\circ 10'.$$

Nurbat we wint aralykda getirilen sürtülme koeffisiýenti:

$$f' = \frac{f}{\sin \gamma} = \frac{f}{\cos \beta} = \frac{0.12}{\cos 30^\circ} = 0,139.$$



8.16-njy surat

Getirilen sürtülme burçy:

$$\rho' = \arctg f' = \arctg 0.139 = 7^\circ 55'.$$

Hyrdaky sürtülme moment deň bolýar:

$$M_1 = \frac{Q d_{\text{ort}}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \rho') = \frac{10000 \cdot 4,6}{2} \operatorname{tg}(3^\circ 10' + 7^\circ 55') = 4500 \text{ N} \cdot \text{sm},$$

$a-a$ meýdanda döreýän M_2 momenti sürtülme güýçden (F) döreýän moment diýlip alnanda:

$$M_2 = f_i Q \frac{D_{\text{ort}}}{2} = f_i Q \frac{D_1 + D_2}{4} = 0,18 \cdot 10000 \frac{8 + 4}{4} = 5400 \text{ N} \cdot \text{sm}.$$

Aýlaýan moment M :

$$M = M_1 + M_2 = 4500 + 5400 = 9900 \text{ N} \cdot \text{sm}.$$

Onda egniniň uzynlygy l :

$$l = \frac{M}{P_0} = \frac{9900}{200} \approx 50 \text{ sm}.$$

8.2-nji mysal. Baraban l iki togtadyjy kolodkalary bilen saklanýar. Kolodkalar ikinji ryçaga berkidilen. Ryçaglar A we B kinematik jübütlerde aýlanyp bilýär, olar iki taraply wint bilen herekete getirilýär. Wintiň hyry çepden we sagdan girýär. Wint ýörite ryçagyň üstünden el bilen herekete getirilýär. Birinji barabany saklaýjy moment M döretmek üçin el güýjüni ($P = ?$) kesgitlemeli.

Berlen: moment $M = 50 \text{ Nm}$, ryçagyň uzynlygy $l = 300 \text{ mm}$, ryçagyň egni $a = 120 \text{ mm}$, barabanyň diametri $D = 180 \text{ mm}$, hyryň orta diametri $d_{\text{ort}} = 20 \text{ mm}$, ädimi $t = 60 \text{ mm}$, togtadyjy kolodkanyň sürtülme koeffisiýenti $f_k = 0,3$, gaýka bilen wint aralykda sürtülme koeffisiýenti $f = 0,15$ (8.17-nji surat).

Ç ö z ü l i ş i:

Moment M saklamak üçin N_{21} güýçler bilen kolodkalary barabana gysmaly.

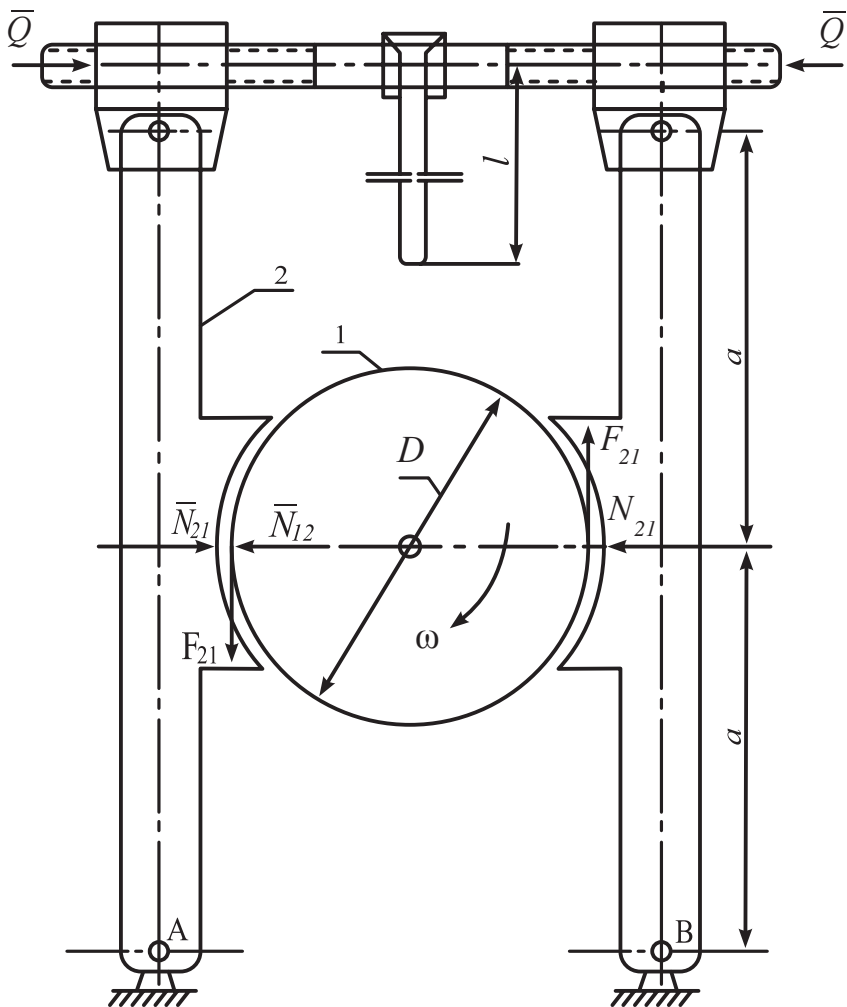
$$F_{21} = f_k N_{21}.$$

Sürtülme güýjüniň döreden sürtülme momenti M_s herekete getirýän moment M -e deň bolanda, baraban saklanýar.

$$M = M_s = F_M D = f_k N_{21} D,$$

onda

$$N_{21} = \frac{M}{f_k D}.$$



8.17-nji surat

A nokada görä momentleriň deňlemesini düzýäris, nokatlaryň deňagramlylygyny göz önünde tutup alarys:

$$Q = 2a - N_{12} a = 0,$$

onda

$$Q = \frac{N_{12}}{2} = \frac{M}{2f_k D},$$

bu ýerde Q – wint bilen kolodkalary barabana gysýan güýç.

Winti herekete getirmek üçin ryçaga P_0 güýç bilen täsir etmeli. Şol güýjüň döredýän momenti M_p :

$$M_p = P_0 l.$$

Şu moment wint–nurbat aralykda iki tarapynda döreýän sürtülme güýçleriň momentine deň bolmaly:

$$P_0 l = \frac{2Qd_{\text{ort}}}{2} \text{tg}(\alpha + \rho),$$

onda

$$P_0 = \frac{Md_{\text{ort}}}{2f_k D l} \text{tg}(\alpha + \rho);$$

$$\alpha = \arctg \frac{t}{\pi d_{\text{ort}}} = \arctg \frac{60}{\pi 20} = 43^\circ 45';$$

$$\rho = \arctg f_b = \arctg 0,15 = 8^\circ 32';$$

$$P_0 = \frac{Md_{\text{ort}}}{2f_k D l} \text{tg}(\alpha + \rho) = \frac{50000 \cdot 20}{2 \cdot 0,3 \cdot 180 \cdot 300} \text{tg}(43^\circ 45' + 8^\circ 32') = 40 \text{ N}.$$

8.3-nji mysal. Araba täsir edýän güýç $Q=5000 \text{ N}$. Tigirlenme sürtülmä garşy güýji P tapmaly (8.18-nji surat).

Berlen: tekerleriniň diametri $D=400 \text{ mm}$, typma podşipnikleriniň diametri $d=60 \text{ mm}$, tigirlenme sürtülme koeffisiýenti $k=0,04$, 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

$$f' = \frac{1}{D} (2k + 1,27fd) = \frac{1}{400} (2 \cdot 0,04 + 1,27 \cdot 0,1 \cdot 60) = 0,019,$$

onda

$$P = f' Q = 0,019 \cdot 5000 = 95 \text{ N}.$$

8.4-nji mysal. Ýapgytlygy $\alpha=25^\circ$ tekizlikde araba täsir edýän güýç $Q=5000 \text{ N}$, arabany ýokary galdyryan güýji tapmaly, P (8.19-njy surat).

Berlen: tekerleriň diametri $D=400 \text{ mm}$, typma podşipnikleriň diametri $d=60 \text{ mm}$, tigirlenme sürtülme koeffisiýenti $k=0,04$, podşipnikleriň sürtülme koeffisiýenti $f=0,1$.

Ç ö z ü l i ş i :

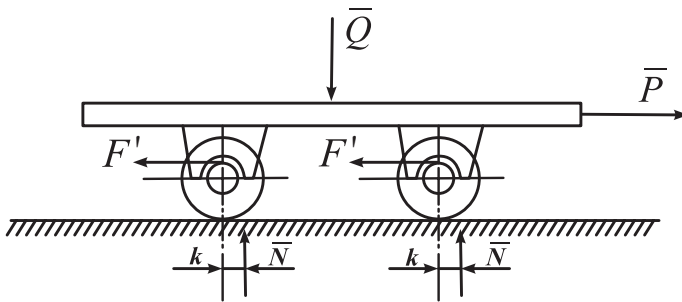
Getirilen sürtülme koeffisiyenti $f' = 0,019$.

Getirilen sürtülme burçy ρ' :

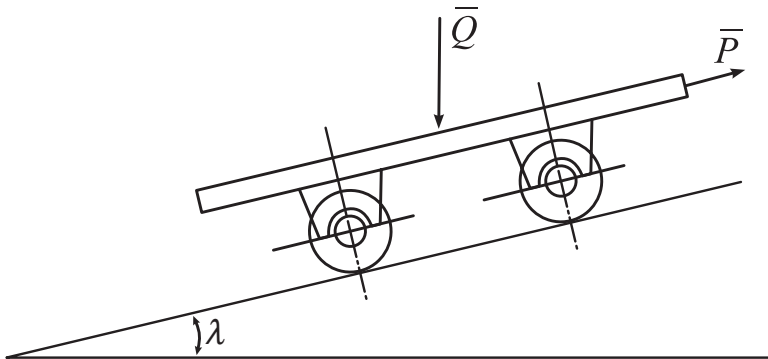
$$\rho' = \arctg f' = \arctg 0,019 = 1^\circ 6'.$$

Ýörediji güýç P deň bolýar:

$$P = Q \frac{\sin(\alpha + \rho')}{\cos \rho'} = 5000 \frac{\sin(25^\circ + 1^\circ 6')}{\cos 1^\circ 6'} = 2200 \text{ N}.$$



8.18-nji surat



8.19-njy surat

IX BÖLÜM PEÝDALY TÄSIR KOEFFISIÝENTI

9.1. Umumy düşüňjeler

Maşynyň durnukly işlän döwründe ýörediji güýçleriniň işi ($A_{yö}$) garşy güýçleriniň işine (A_g) deň bolmaly. Başgaça aýdylanda, ýörediji güýçleriň işi garşy güýçleriň işine harç edilýär:

$$A_{yö} = A_g \quad (9.1)$$

ýa-da

$$A_{yö} = A_{p.g.} + A_{z.g.}, \quad (9.2)$$

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 diýlip hasap edilýär. Başgaça aýdylanda, kämilleşdirilen maşynlarda zyýanly garşy güýçleriň işi gaty kiçi bolmaly.

Peýdaly garşy güýçleriň işiniň ýörediji güýçleriň işine gatnaşygyna **peýdaly täsir koeffisiýenti** diýilýär.

$$\eta = \frac{A_{p.g.}}{A_{yö}}, \quad (9.3)$$

bu ýerde η – *etta* diýip okalýar.

Şu deňlemede $A_{p.g.}$ we $A_{yö}$ işleri absolýut bahasynda almaly.

Peýdaly täsir koeffisiýenti maşynlaryň esasy häsiýetini görkeziji ölçeg bolýar. Peýdaly täsir koeffisiýenti näçe uly bolsa, şonça maşyn kämilleşdirilen bolýar. Zyýanly güýçleriň işiniň ýörediji güýçleriň işine gatnaşygyna ýitiriş koeffisiýenti diýilýär:

$$\psi = \frac{A_{z.g.}}{A_{yö}}, \quad (9.4)$$

bu ýerde ψ - psi (grek alfawitinden).

Onda

$$\eta = \frac{A_{yö} - A_{z.g.}}{A_{yö}} = 1 - \psi \quad (9.5)$$

peýdaly täsir koeffisiýentini (PTK) kesgitlemek üçin, sürtülme güýçleriň işini kesgitlep, ýitiriş koeffisiýentini hasaplap tapyp bolýar:

$$\eta = 1 - \psi, \quad (9.6)$$

peýdaly täsir koeffisiýentini kuwwatlaryň üstünden hem tapyp bolýar:

$$\eta = \frac{N_{p.g.}}{N_{y\ddot{o}}}, \quad (9.7)$$

$$\psi = \frac{N_{z.g.}}{N_{y\ddot{o}}}, \quad (9.8)$$

bu ýerde $N_{y\ddot{o}}$ – ýörediji güýçleriň kuwwaty,
 $N_{p.g.}$ – peýdaly garşy güýçleriň kuwwaty,
 $N_{z.g.}$ – zyýanly garşy güýçleriň kuwwaty.

9.2. 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 zwenony ýitirýär. Yzygiderli goşulan mehanizmleriň her biriniň öz peýdaly täsir koeffisiýenti bar (9.1-nji surat). $\eta_1; \eta_2; \eta_3; \dots \eta_n$ 1-nji mehanizme $A_{y\ddot{o}}$ 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 üçin 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:

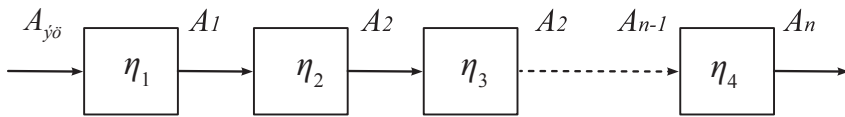
$$\eta = \frac{A_n}{A_{y\ddot{o}}}, \quad (9.9)$$

aýry-aýry ýönekeý mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýentleri aşakdakylara deň:

$$\eta_1 = \frac{A_1}{A_{y\ddot{o}}}; \eta_2 = \frac{A_2}{A_1}; \dots \eta_n = \frac{A_n}{A_{n-1}}. \quad (9.10)$$

Hemme peýdaly täsir koeffisiýentleri bir-birine köpeldip alarys:

$$\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n = \frac{A_1}{A_{y\ddot{o}}} \cdot \frac{A_2}{A_1} \cdot \dots \cdot \frac{A_n}{A_{n-1}} = \frac{A_n}{A_{y\ddot{o}}} = \eta \quad (9.11)$$



9.1-nji surat

ýa-da

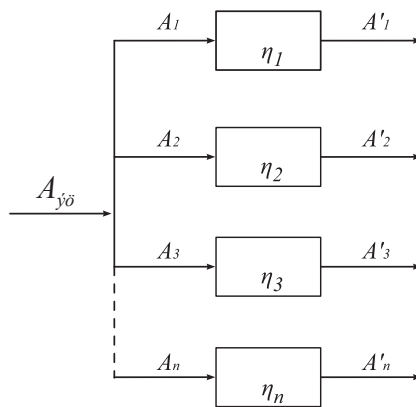
$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n \quad (9.12)$$

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 köpeldeniňde umumy peýdaly täsir koeffisiýenti ýönekeý mehanizmiň peýdaly täsir koeffisiýentinden kiçi bolýar.

$$\eta < \eta_i \quad (9.13)$$

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 mehanizm, hususan hem çylşyrymly mehanizm köp kuwwat harç edende, peýdaly täsir koeffisiýenti ýokary bolmaly.



9.2-nji surat

Çylşyrymly mehanizme berlen ýörediji iş $A_{\text{ýö}}$ ýönekeý mehanizmlere paýlanýar $A_1; A_2; \dots A_n$. Olar her bir mehanizm üçin ýörediji iş bolýar (9.2-nji surat):

$$A_{\text{ýö}} = A_1 + A_2 + \dots + A_n. \quad (9.14)$$

Her bir mehanizm peýdaly iş edýär:

$$A'_1 = \eta_1 A_1; A'_2 = \eta_2 A_2; \dots A'_n = \eta_n A_n. \quad (9.15)$$

Umumy peýdaly işi tapmak üçin, hemme mehanizmleriň peýdaly işine jemlemeli:

$$A_u = A'_1 + A'_2 + \dots + A'_n = A_1 \eta_1 + A_2 \eta_2 + \dots + A_n \eta_n = \sum_{i=1}^n A_i \eta_i \quad (9.16)$$

Parallel goşulan çylşyrymly mehanizmiň umumy peýdaly täsir koeffisiýenti deň:

$$\eta_u = \frac{A_u}{A_{\text{ýö}}} \quad (9.17)$$

ýa-da

$$\eta_u = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \eta_i}{\sum_{i=1}^n A_i}. \quad (9.18)$$

Käbir meselelerde her bir ýönekeý mehanizme berlen ýörediji güýçleriň işi A_i belli däl. Belli, diňe peýdaly garşy güýçleriň eden işi A'_i . Şol meselelerde peýdaly täsir koeffisiýenti

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n A'_i}{\sum \frac{A'_i}{\eta_i}}. \quad (9.19)$$

(9.18) deňlemeden görüňär: 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:

$$\eta_u = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \eta_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{A_i \sum_{i=1}^n \eta_i}{n A_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i}{n} \quad (9.20)$$

Eger hemme ýönekeý mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýent-

leri bir-birine deň bolsa, onda umumy peýdaly täsir koeffisiýenti islendik ýönekeý peýdaly täsir koeffisiýentine deň bolýar:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \eta_i}{\sum A_i} = \frac{\eta_i \sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \eta_i. \quad (9.21)$$

(9.18) we (9.19) deňlemelerde işleriň ýerine kuwwatlaryny alyp bolýar.

9.3. 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 hereket edip bilenok.

$\eta < 0$ bolan ýagdaýda maşyny herekete getirmek üçin goşmaça ýörediji güýç harç edilýär.

Goşmaça ýörediji güýçsüz hereket edip bilmedik mehanizmlere, peýdaly garşy güýçler ýok ýagdaýynda öz-özünü saklaýjy mehanizm diýilýär.

Umuman alanyňda, mehanizm iki tarapa hereket edip bilýär, öňe we ters tarapa (9.3-*nji surat*). Hereket birinji waldan ikinjä ýa-da tersine ikinji waldan birinjä geçirilýär.

Peýdaly täsir koeffisiýenti öňe we tersine hereket edende deň däl. Bu ýerde iki ýagdaý bolup bilýär:

$$\begin{aligned} 1. \eta_{\text{öňe}} > 0; \quad \eta_{\text{ters}} > 0. \\ 2. \eta_{\text{öňe}} > 0; \quad \eta_{\text{ters}} < 0. \end{aligned} \quad (9.22)$$

1-nji ýagdaýda iki tarapa-da hereket edip bilýär, sebäbi peýdaly täsir koeffisiýenti iki tarapa noldan uly.

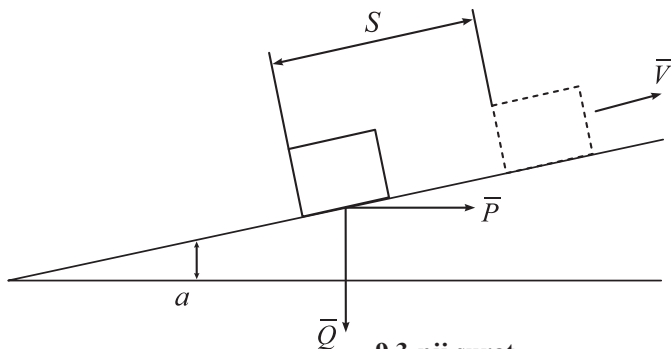
2-nji ýagdaýda mehanizm diňe öňe hereket edip bilýär. Ters tarapa hereket edip bilenok, sebäbi şol tarapyň peýdaly täsir koeffisiýenti noldan kiçi. Ters tarapyna öz-özünü saklaýan mehanizm diýilýär. Hiç hili peýdaly iş edip bilenok.

Öz-özünü saklaýan mehanizmleri ýük göteriji maşynlarda ulanýarlar. Meselem, burumly (çerwiýaçnyý) reduktory ýük göterýän maşynlarda ulanýarlar. Burumdan dişli tigre hereket geçýär. Dişli tigirden buruma hereket geçenok. Ýük göteriji baraban dişli tigrin walynda bolanda, ýüki göterip, islendik ýagdaýda elektrodwigatel işden çykanda ýük saklanýar. Öz-özünü saklaýan mehanizmler ýük göteriji maşynlarda ulanylanda ýörite togtadyjy mehanizmler gerek bolmaýar.

Ýöne öz-özünü saklaýan mehanizmlerin peýdaly täsir koeffisiýenti pes bolýar, köplenç 0,5 kiçi bolýar. Şol sebäpli bu mehanizmleri kuwwaty pes we gysga wagt işleýän maşynlarda ulanýarlar.

9.4. Ýapgyt tekizligin, hyrly kinematik jübütin we burumly hereket geçirijilerin peýdaly täsir koeffisiýenti

Ýapgyt tekizlikde gorizontal güýjün täsiri boýunça ýük ýokary we aşak hereket edende peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitleýäris (9.3-nji surat):



Ýük \vec{Q} (garşy güýç) ýapgyt tekizlikde gorizontal güýjün \vec{P} täsiri bilen ýokary galýar. Tekizligin ýapgytlyk burçy α , ýükün süýşmesi S , peýdaly garşy güýçlerin işi:

$$A_{p.g.} = Q S \cos(90 + \alpha) = Q S \sin \alpha. \quad (9.23)$$

Ýörediji güýjün işi:

$$A_{yö} = P S \cos \alpha. \quad (9.24)$$

Peýdaly täsir koeffisiýenti:

$$\eta = \frac{A_{p.g.}}{A_{y\theta}} = \frac{Q S \sin \alpha}{P S \cos \alpha} = \frac{Q}{P} \operatorname{tg} \alpha. \quad (9.25)$$

$P = Q \operatorname{tg}(\alpha + \rho)$ deňlemäni hasaba alyp:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho)}. \quad (9.26)$$

9.4-nji suratda (9.26) deňleme boýunça peýdaly täsir koeffisiýentiniň α – ýapgyt burça görä diagrammasy gurlan ($f = 0, 1, \operatorname{arctg} 0, 1 \approx 6^\circ$ bolanda).

Diagrammada iň uly peýdaly täsir koeffisiýenti $\alpha = 45^\circ - \frac{\rho}{2}$ bolanda, ýörediji güýji tapyp bolýar:

$$P_{y\theta} = Q \operatorname{tg}(\alpha + \rho). \quad (9.27)$$

Ideal tekizlikde ýörediji güýç $P'_{y\theta}$, sürtülme ýok diýlip alnanda, ($\rho = 0$) deň bolýar:

$$P'_{y\theta} = Q \operatorname{tg} \alpha, \quad (9.28)$$

Onda peýdaly täsir koeffisiýenti deň bolýar:

$$\eta = \frac{P'_{y\theta}}{P_{y\theta}} = \frac{Q \operatorname{tg} \alpha}{Q \operatorname{tg}(\alpha + \rho)} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho)}. \quad (9.29)$$

Ýük ýapgyt tekizlikde aşak süýşen ýagdaýynda peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitleýäris:

$$P = Q \operatorname{tg}(\alpha - \rho). \quad (9.30)$$

Ýük aşak süýşende, Q ýörediji güýç bolýar:

$$Q = \frac{P}{\operatorname{tg}(\alpha - \rho)}. \quad (9.31)$$

Ideal tekizlikde ýörediji güýç:

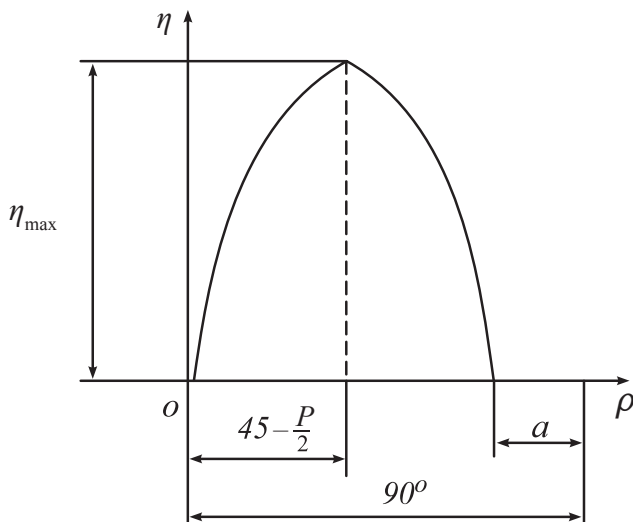
$$Q' = \frac{P}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (9.32)$$

Onda ýük aşak süýşende peýdaly täsir koeffisiýenti deň bolýar:

$$\eta = \frac{Q'}{Q} = \frac{\frac{P}{\operatorname{tg} \alpha}}{\frac{P}{\operatorname{tg}(\alpha - \rho)}} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \rho)}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (9.33)$$

Şu deňlemeden görünýär, $\alpha < \rho$ bolanda peýdaly täsir koeffisiýenti noldan kiçi bolýar, ol öz-özüni saklaýan ýapgyt tekizlik bolýar.

Eger-de ýük tekiz bolmadyk ýapgyt tekizlikde hereket edende, meselem, pahnalý zwno pazyň içinde hereket edende, peýdaly täsir koeffisiýenti tapylýar:



9.4-nji surat

1) Ýokary süýşende:
$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho')}. \quad (9.34)$$

2) Aşak süýşende:
$$\eta = \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \rho')}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (9.35)$$

Bu deňlemelerde ρ' – getirilen sürtülme koeffisiýenti.

(9.29), (9.33), (9.34), (9.35) – deňlemeleri hyrly kinematik jübütleriň peýdaly täsir koeffisiýentlerini hasaplamak üçin ulanýarlar.

Hyr dörtburçly bolanda, (9.29), (9.33) deňlemeleri ulanmaly.

Hyr üçburçly ýa-da trapesiýa görnüşli bolanda (9.34), (9.35) deňlemeleri ulanmaly, (9.29), (9.34) – öňe-ýokary hereket eden ýagdaýynda, (9.33), (9.35) – yza-aşak hereket edende.

(9.34), (9.35) deňlemeleri burumly hereket geçirijiniň peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemek üçin ulanyp bolýar.

9.1-nji mysal. Nurbat (gaýka) bilen wintiň sürtülmesini we wintiň başjagazy bilen domkratyň hereketsiz başjagazyň sürtülmesini hasaba alyp, domkratyň peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemeli.

Berlen: Ýüküň agramy $Q=10000 \text{ N}$; $P=200 \text{ N}$; $\beta=30^\circ$; $d_1=50 \text{ mm}$;

$d_2=42 \text{ mm}; t=8 \text{ mm}; f=0,12, f_1=0,18; D=80 \text{ mm}; D_1=40 \text{ mm}.$

Ç ö z ü l i ş i:

$$\eta = \frac{M_1}{M},$$

bu ýerde M – domkratyň hakyky ýörediji momenti,
 M_1 – sürtülme ýok diýip hasap etsek, ideal tekizlikde
 ýörediji momenti, $\rho'=0$.

$$\text{Hakyky ýörediji momenti deň: } M = \frac{Qd_{\text{ort}}}{2} \text{tg}(\alpha + \rho') + f_1 Q \frac{D + D_1}{4}.$$

$$\text{Ideal ýörediji momenti deň: } M_1 = \frac{Qd_{\text{ort}}}{2} \text{tg}\alpha.$$

$$\eta = \frac{\text{tg}\alpha}{\text{tg}(\alpha + \rho') + f_1 \frac{D + D_1}{2d_{\text{ort}}}} = \frac{\text{tg}3^\circ 10'}{\text{tg}(3^\circ 10' + 7^\circ 5') + 0,18 \frac{80 + 40}{2 \cdot 46}} = 0,132.$$

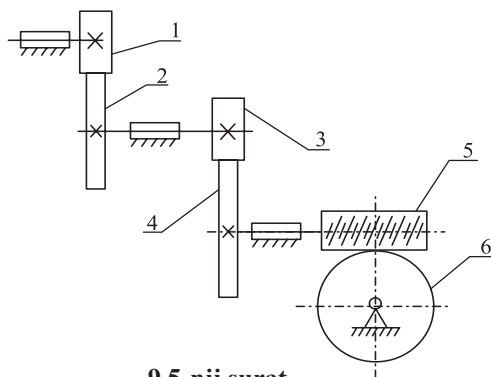
α, ρ' we d_{ort} – öňki meselede kesgitlenen.

9.2-nji mysal. (9.5-nji surat) görkezilen çylşyrymly dişli mehanizmiň peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemeli. Her basgançagyň 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:

Mehanizmleriň zzygiderli goşulanlygy sebäpli, umumy peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitlemek üçin hemme basgançaklaryň peýdaly täsir koeffisiýentlerini köpeltmeli.

$$\eta = \eta_{12} \cdot \eta_{34} \cdot \eta_{56} = 0,96 \cdot 0,94 \cdot 0,72 = 0,65.$$



9.5-nji surat

X BÖLÜM

MEHANİZMIŇ GÜÝÇ TÄSIRI BILEN EDÝÄN HEREKETI

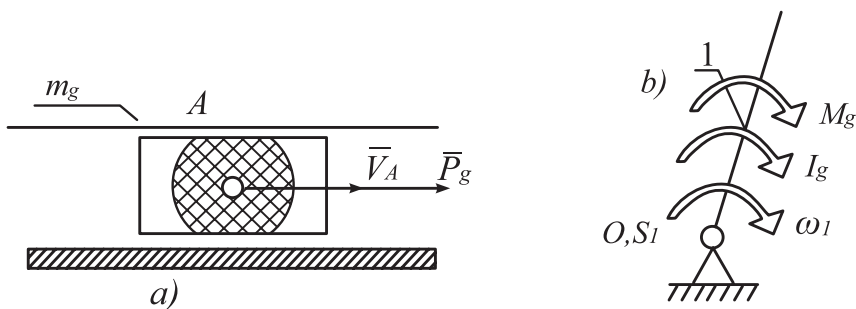
10.1. Dinamika. Getiriliş usuly

Mehanizmleriň kinematik we güýç derňewi geçirilende, ýörediji zwenonyň hereket kanuny hemişelik diýip alypdyk, şoňa görä beýleki zwenolaryň hereket kanunlaryny kesgitledik.

Mehanizmlerde we maşynlarda hemme zwenolaryň hereket kanunlary bir-birine bagly. Biri hemişelik bolup, galanlary üýtgeýän kanunlar boýunça hereket edip bilmeyär. Zwenolaryň hereket kanunlary hemme zwenolaryň massalaryna we inersiýa momentlerine, hemme zwenolaryň täsir edýän güýçlerine we olaryň momentlerine bagly. Bu bölümde zwenolaryň hakyky hereket kanunlaryny kesgitlemeli. Onuň üçin hereket kanunynyň deňlemesini düzmeli. Deňlemede hemme zwenolaryň massalaryny we inersiýa momentlerini, hemme zwenolara täsir edýän güýçleri we olaryň momentlerini hasaba almaly.

Deňlemäni düzmek we ony işlemek gaty agyr mesele. Maşynlarda münlerçe zwenolar bar. Olaryň hemmesini hasaba alyp deňlemeler düzülse, deňleme gaty çylşyrymly bolýar. Hereket kanunynyň deňlemesini diňe EHM-de çözüp bolýar.

Şol meseläni aňsatlaşdyrmak üçin getiriliş usulyny ulanýarlar. Şert boýunça hemme zwenolaryň massalaryny we inersiýa momentlerini bir zweno getirýärler, hemme zwenolara täsir edýän güýçleri we olaryň momentlerini şol zweno getirýärler. Zwenony – getirilen zweno diýip atlandyrýarlar. Getirilen zweno diýip, islendik zwenony alyp bolýar, köplenç ýörediji zwenony alýarlar. Eger-de getirilen zweno öňe bolan (postupatel) hereket etse, hemme massalar we inersiýa momentler bir massa m_g we bir inersiýa momentine I_g getirilýär (10.1-nji a surat). Hemme güýçler we olaryň momentleri bir güýje P_g we bir momente M_g getirilýär. Getirilen güýçleriň täsir edýän nokadyna – getirilen nokat diýilýär (mysal üçin, A nokat).



10.1-nji surat

Eger getirilen zveno aýlansa, onda hemme zwenolaryň massalary we inersiýa momentleri bir massa m_g we bir inersiýa momentine I_g getirilýär. Hemme güýçler we olaryň momentleri bir güýje P_g we bir momente M_g getirilýär (10.1-nji b surat).

Hemme agzalan zatlar getirilenden soň hereket kanunynyň deňlemesi düzülýär. Deňlemäni çözüp, getirilen zwenonyň hakyky hereket kanuny tapylýar. Beýleki zwenolaryň hereket kanunlary kinematik usuly boýunça kesgitlenýär.

Getiriliş usulyny ulanmak üçin mehanizmiň hereketi bire deň bolmaly.

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

Eger birden köp bolsa, doly hereket kanunynyň deňlemesini düzmeli.

10.2. Getirilen massa. Getirilen inersiýa momenti

Massalar we inersiýa momentleri kinetik energiýanyň deňliginde getirilýär. Getirilen zwenonyň kinetik energiýasy hemme zwenolaryň kinetik energiýalarynyň jemine deň bolmaly.

Öňe bolan (postupatel) hereketde kinetik energiýa: $E = \frac{mv^2}{2}$.

Aýlanma hereketde kinetik energiýa: $E = \frac{I_s \omega^2}{2}$.

Çylşyrymly hereketde: $E = \frac{mv^2}{2} + \frac{I_s \omega^2}{2}$.

Onda hemme zwenolaryň kinetik energiýasy aşakdaky ýaly bolar:

$$E = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i v_i^2}{2} + \frac{I_{si} \omega_i^2}{2} \right).$$

I. Getirilen zwen oňe bolan hereket edýär:

$$E = \frac{m_g v_A^2}{2}.$$

Şol energiýa hemme zwenolaryň 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 massa m_g hemişelik däl, zwenolaryň ýagdaýyna bagly.

II. Getirilen zwen o aýlanýar:

$$E = \frac{I_g \omega_1^2}{2},$$

$$\frac{I_g \omega_1^2}{2} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i v_i^2}{2} + \frac{I_{si} \omega_i^2}{2} \right).$$

onda

$$I_g = \sum_{i=1}^n \left[m_i \left(\frac{v_i}{\omega_1} \right)^2 + I_{si} \left(\frac{\omega_i}{\omega_1} \right)^2 \right] kgm^2.$$

Getirilen inersiýa momenti I_g üýtgäp durýar, üýtgeýşi zwenolaryň ýagdaýyna bagly.

10.3. Getirilen güýç we getirilen güýçleriň momenti

Güýçler we olaryň momentleri işiň deňligi esasynda getirilýär. Getirilen güýjüň ýa-da onuň momentiniň edýän işi hemme güýçleriň we olaryň momentleriniň işine deň bolmaly. Göni hereketde:

$$A = P \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

bu ýerde α – tizligiň wektory bilen güýjüň wektorynyň arasyndaky burç;

S – geçen ýoly;

P – güýç.

Aýlanma hereketde:

$$A = M \cdot \varphi,$$

bu ýerde φ – burç ýoly;

M – güýjüň momenti.

Differensial görnüş:

$$dA = P \cdot dS \cdot \cos \alpha;$$

$$dA = M \cdot d\varphi.$$

Onda hemme täsir edýän güýçleriň we momentleriň işi deňdir:

$$dA = \sum_{i=1}^n (P_i dS_i \cos \alpha_i + M_i d\varphi_i).$$

I. Getirilen zveno öňe bolan hereket edýär.

Hemme güýçler we momentler bir güýje getirilýär. P_g , onuň işi

$$dA = P_g \cdot dS_A.$$

Işler deň bolmaly:

$$P_g dS_A \cos \alpha_i = \sum_{i=1}^n (P_i dS_i \cos \alpha_i + M_i d\varphi_i).$$

Iki tarapy dt bölsek:

$$\frac{P_g dS_A}{dt} = \frac{1}{\cos \alpha_i} \sum_{i=1}^n \left(P_i \frac{dS_i}{dt} \cos \alpha_i + \frac{M_i d\varphi_i}{dt} \right)$$

ýa-da

$$P_g v_A = \frac{1}{\cos \alpha_i} \sum_{i=1}^n (P_i v_i \cos \alpha_i + M_i \omega_i).$$

Kuwwat deňligine geldik, bu ýerden güýji tapsak:

$$P_g = \frac{1}{\cos \alpha_i} \sum_{i=1}^n \left(P_i \frac{v_i}{v_A} \cos \alpha_i + \frac{M_i \omega_i}{v_A} \right).$$

II. Getirilen zveno aýlanýar.

Hemme güýçler we momentler bir momente getirilýär M_g . Onuň işi:

$$dA = M_g \cdot d\varphi_i,$$

onda

$$M_g d\varphi_i = \sum_{i=1}^n (P_i dS_i \cos \alpha_i + M_i d\varphi_i).$$

Deňligiň iki tarapy dt bölýäris:

$$\frac{M_g d\varphi_i}{dt} \sum_{i=1}^n \left(P_i \frac{dS_i}{dt} \cos \alpha_i + \frac{M_i d\varphi_i}{dt} \right),$$

onda

$$M_g \omega_i = \sum_{i=1}^n (P_i v_i \cos \alpha_i + M_i \omega_i).$$

Kuwwat deňligine geldik, bu ýerden momentini tapsak:

$$M_g = \sum_{i=1}^n \left(P_i \frac{v_i}{\omega_i} \cos \alpha_i + \frac{M_i \omega_i}{\omega_i} \right).$$

10.4. Getirilen zwenonyň hereket deňlemesi

Hereket deňlemesi energiýa balansy boýunça düzülýär. Kinetik energiýanyň üýtgeýşi artykmaç işe deň:

$$\Delta E = A_{\text{art}}. \quad (10.1)$$

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 kesgitlep, soňkudan başlangyjy aýyrmaly:

$$\Delta E = E_1 - E_0.$$

Artykmaç işi tapmak üçin ýörediji güýçleriň işinden garşy güýçleriň işini aýyrmaly:

$$A_{\text{art}} = A_{\text{ýo}} - A_{\text{gar}}.$$

onda

$$E_1 - E_0 = A_{\text{ýo}} - A_{\text{gar}}. \quad (10.2)$$

I. Getirilen zwen oňe bolan (postupatel) hereket edýär:

$$E_1 = \frac{m_{g1} v_{A1}^2}{2}; \quad E_0 = \frac{m_{g0} v_{A0}^2}{2}.$$

Hereket deňlemesi:

$$\frac{m_{g1} v_{A1}^2}{2} - \frac{m_{g0} v_{A0}^2}{2} = A_{\text{ýo}} - A_{\text{gar}}. \quad (10.3)$$

Işler deň:

$$A_{\text{ýo}} = \int_{S_0}^{S_1} P_g^{\text{ýo}} dS_A;$$

$$A_{\text{gar}} = \int_{S_0}^{S_1} P_g^{\text{gar}} dS_A.$$

Ýörediji güýçler bir güýje aýratyn getirilýär: $P_g^{\text{ýo}}$;

Garşy güýçler bir güýje aýratyn getirilýär: P_g^{gar} ;

$$\frac{m_{g1} v_{A1}^2}{2} - \frac{m_{g0} v_{A0}^2}{2} = \int_{S_2}^{S_1} (P_g^{\text{ýo}} - P_g^{\text{gar}}) dS_A. \quad (10.4)$$

II. Getirilen zwen aýlanýar:

$$\frac{I_{g1} \omega_1^2}{2} - \frac{I_{g0} \omega_0^2}{2} = A_{\text{ýo}} - A_{\text{gar}}. \quad (10.5)$$

Hereket deňlemesi:

$$A_{\dot{\gamma}0} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M_g^{\dot{\gamma}0} d\varphi; \quad A_{\text{gar}} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M_g^{\text{gar}} d\varphi.$$

Işler deň:

$$\frac{I_{g1}\omega_1^2}{2} - \frac{I_{g0}\omega_0^2}{2} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} (M_g^{\dot{\gamma}0} - M_g^{\text{gar}}) d\varphi. \quad (10.6)$$

Eger getirilen zwenonyň hereketi S ; v ; t ýa-da φ ; ω ; t ululyklaryň diňe birine bagly bolsa, hereket deňlemeleri 10.1–10.6-a çenli düzülýär. Eger-de ikisine ýa-da üçüsine bagly bolanda, hereket deňlemesi differensial görnüşinde düzülýär.

Differensial görnüşindäki hereket deňlemesi

$$dA = dE.$$

I. Getiriliş zwen oňe bolan (postupatel) hereket edýär.

$$\begin{aligned} dE &= d\left(\frac{m_g v_A^2}{2}\right); \\ dA &= P_g dS_A; \\ P_g dS_A &= d\left(\frac{m_{g1} v_{A1}^2}{2}\right); \\ P_g &= \frac{d}{dS_A} \left(\frac{m_y v_A^2}{2}\right). \end{aligned}$$

Funksiýanyň önümini matematikada öwrenipdik: $(UV)' = U'V + UV'$,

$$P_g = \frac{v_A^2}{2} \frac{dm_g}{dS_A} + m_g v_A \frac{dv_A}{2dS_A}.$$

Deňlemäniň $m_g v_A \frac{dv_A}{dS_A}$ bölegine $\frac{dt}{dt}$ köpeldip, alarys we $\frac{dt}{dS_A} = \frac{1}{v_A}$

bolany üçin $m_g v_A \frac{dv_A dt}{dS_A dt} = m_g \frac{dv_A}{dt}$.

Onda deňleme şu görnüşe geler:

$$P_g = \frac{v_A^2}{2} \frac{dm_g}{dS_A} + m_g \frac{dv_A}{dt}. \quad (10.7)$$

II. Getirilen zwenó aýlanýar.

$$dE = d\left(\frac{I_g \omega_1^2}{2}\right);$$

$$dA = M_g d\varphi;$$

$$M_g = \frac{d}{d\varphi} \left(\frac{I_g \omega_1^2}{2} \right).$$

Önümüní alýarys.

$$M_g = \frac{\omega_1^2}{2} \frac{dI_g}{d\varphi} + I_g \omega_1 \frac{d\omega_1}{d\varphi}; \quad (10.8)$$

$$I_g \frac{d\omega_1}{d\varphi_1} \frac{d\varphi_1}{dt} + I_g \frac{d\omega_1}{dt} \frac{d\varphi_1}{d\varphi_1} = \omega_1;$$

$$M_g = \frac{\omega_1^2}{2} \frac{dI_g}{d\varphi_1} + I_g \frac{d\omega_1}{dt}.$$

Bellenen deňlemelerde m_g we I_g hemişelik bolanda, 1-nji goşmaçalary nola deň bolýar.

Onda bu deňlemeler $P_g = m_g \frac{dv_A}{dt}$; $M_g = I_g \frac{d\omega}{dt}$ görnüşe geler

we olar Nýutonyň ikinji kanunynyň deňlemeleri bolar. (10.7) we (10.8) deňlemeler Nýutonyň ikinji kanunynyň m_g we I_g üýtgeýän ýagdaýynyň deňlemeleri. Olara Lagranžyň II tertipli deňlemeleri diýilýär. Deňlemeleri EHM-de çözüp bolýar.

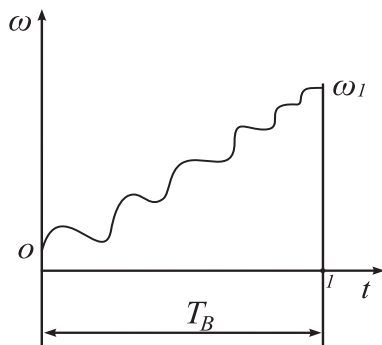
10.5. Hereket döwürleri we kadalary

Islendik maşynyň, mehanizmiň işi üç döwre bölünýär: başlangyç döwri, iş döwri we duruzma döwri. Meselem, onuň hereket deňlemesi:

$$\frac{I_{g1} \omega_1^2}{2} - \frac{I_{g0} \omega_0^2}{2} = A_g^{\text{ýör}} - A_g^{\text{gar}}.$$

1. Başlangyç döwri (10.2-nji surat).

$$\omega_0 = 0; A_g^{\text{gar}} = 0.$$



10.2-nji surat

Maşyn dur, başlangyç tizligi $\omega_0 = 0$.

Maşyny ýöredilip başlananda garşy güýçler täsir edenok. Şonuň üçin olaryň işi nola deň. Onda hereket deňlemesi:

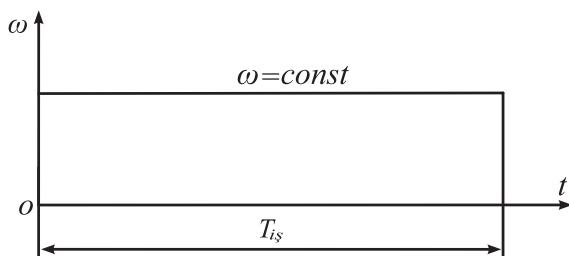
$$\frac{I_g \omega_l^2}{2} = A_g^{\text{ýör}};$$

$$\omega_l = \sqrt{\frac{2A_g^{\text{ýör}}}{I_g}}.$$

2. Iş döwri. Bu döwürde maşynlar üç dürli kadada işleýärler.

I. Deňölçegli hereket kadasy (10.3-nji surat) $\omega = \text{const}$, onda $I_g = \text{const}$ islendik wagt we grafik boýunça:

$$A_g^{\text{ýör}} = A_g^{\text{gar}}.$$



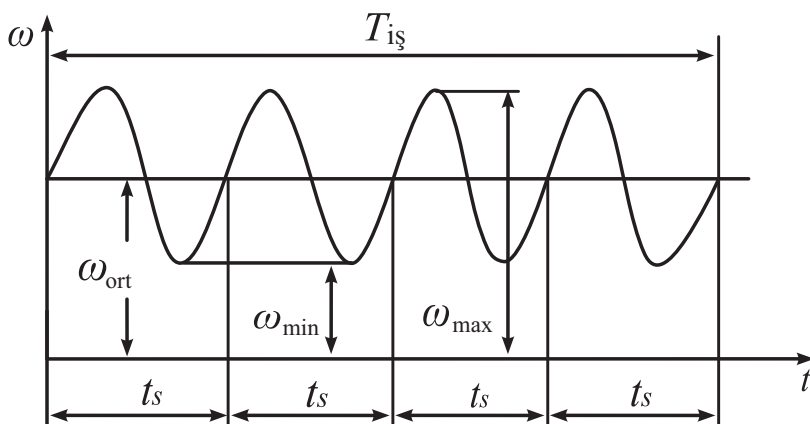
10.3-nji surat

Bu kadada işläp bilýän mehanizmleriň hemme zwenolary diňe aýlanýan hereketde we doly deňagram ýagdaýynda bolmaly.

Meselem: mehaniki reduktorlar, tizligi üýtgedýän gutular, sentrifugalar. we ş.m. mehanizmler.

II. Deňölçegsiz gaýtalanýan hereket kadasy (10.4-nji surat).

Grafigi:



10.4-nji surat

Getirilen zwenonyň tizligi deňölçegsiz, belli wagtdan gaýtalanýar. Şol wagta dolanma (sıkl) diýilýär.

Diňe dolanmanyň başynda we soňunda $A_g^{ýör} = A_g^{gar}$ galan nokatlarda tizligini doly deňleme boýunça kesgitlemeli:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2(A_g^{ýör} - A_g^{gar}) + I_{g0}\omega_0^2}{I_{g1}}}.$$

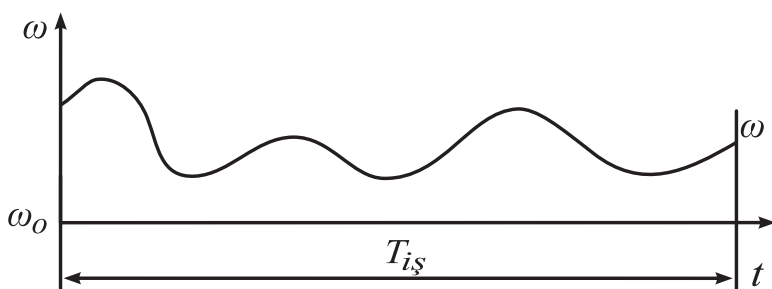
Bu kadada maşynlaryň köpüsi işleýär.

Meselem: awtoulaglaryň hereketlendirijileri, tekstil maşynlary, ağaç byçgylaýan maşynlar, nasoslar, kompressorlar we ş.m.

III. Deňölçegsiz gaýtalanmaýan hereket kadasy (10.5-nji surat).

Getirilen zwenonyň tizligi üýtgeýär we gaýtalananok. Tizligini kesgitlemek üçin doly deňlemäni ulanmaly:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2(A_g^{ýör} - A_g^{gar}) + I_{g0}\omega_0^2}{I_{g1}}}.$$



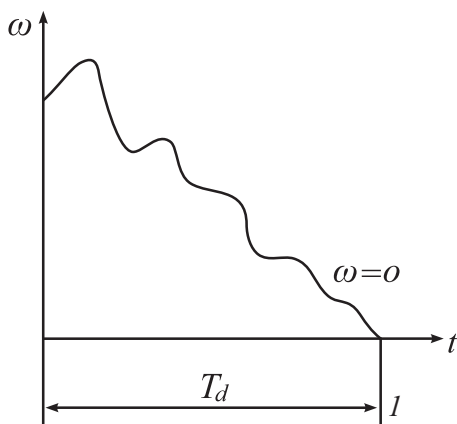
10.5-nji surat

Bu kadada işleýän maşyn az.

Meselem: lokomatiw, ekskawator gaty, daşly ýerleri köwende, onuň susagynyň tizligi şol grafige gabat gelmegi mümkin.

3. Duruzma döwri (10.6-njy surat).

Bu döwürde maşyn işläp bolansoň, ony duruzmaly. Duruzmak üçin, ýörediji güýçleri aýryp, duruzýan güýçleri goşmaly.



10.6-njy surat

$$\omega_1 = 0; \quad A_g^{\dot{\omega}} = 0,$$

onda deňleme aşakdaky görnüşi alar:

$$\frac{I_{go} \omega_0^2}{2} = A_g^{\text{gar}}.$$

Duruzýan güýç garşy güýçleriň içinde.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2A_g^{gar}}{I_{go}}}.$$

Maşynyň işleýşine doly seredip, getirilen zwenonyň işiniň üç döwürde tizligini kesgitledik.

Maşynyň burç tizliginiň üýtgeýşiniň ýygylgyny deňölçegsiz hereketiň koeffisiýenti bilen häsiýetlendirip bolar.

10.6. Ortaça tizlik we deňölçegsiz hereketiň koeffisiýenti « δ »

Goý, ýörediji zwenonyň burç tizligi käbir hereket kanunlar boýunça periodiki üýtgesin, onda onuň ortaça burç tizligi 10.4-nji suratdan $\omega_{ort} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2}$; Maşynyň burç tizliginiň üýtgeýşiniň yrgyldysyny hereketiň deňölçegsizlik koeffisiýenti bilen häsiýetlendirip bolar: $\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{ort}}$

konstruktora maşynyň taslamasy düzülende bu koeffisiýent berilýär. Meselem: IYH (içinde ýandyrylýan hereketlendiriji) üçin $\delta = 0,01 \div 0,03$, elektrohereketlendiriji üçin $\delta = 0,001 \div 0,003$. Eger-de maşynyň δ koeffisiýenti berlene gabat gelmese, ony işe goýbermek bolanok.

δ koeffisiýent tizligiň deňölçeglilige golaýlygyny görkezýär. Tizlik näçe deňölçeglilige golaý bolsa, şonça-da maşynyň işleýşi gowy, şonça-da tehnologiki prosesler gowy geçýär.

$$2\omega_{ort} = \omega_{max} + \omega_{min}; \quad 2\omega_{ort} = \omega_{max} + \omega_{min};$$

$$\delta\omega_{ort} = \omega_{max} - \omega_{min}; \quad \delta\omega_{ort} = \omega_{max} - \omega_{min};$$

$$\omega_{ort}(2 + \delta) = 2\omega_{max}; \quad \omega_{ort}(2 - \delta) = 2\omega_{min};$$

$$\omega_{max} = \omega_{ort}\left(1 + \frac{\delta}{2}\right); \quad \omega_{min} = \omega_{ort}\left(1 - \frac{\delta}{2}\right);$$

$$\omega_{max}^2 = \omega_{ort}^2\left(1 + \delta + \frac{\delta^2}{4}\right);$$

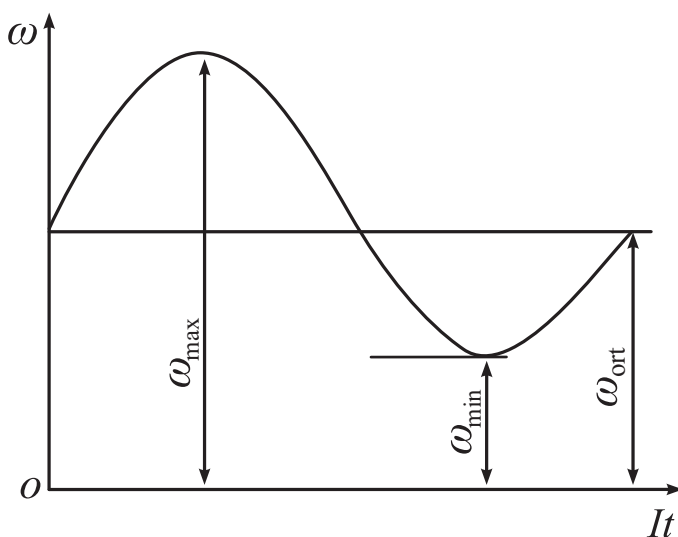
$$\omega_{min}^2 = \omega_{ort}^2\left(1 + \delta + \frac{\delta^2}{4}\right).$$

$\delta^2/4$ ululygyna seredilende gaty kiçi, şonuň üçin ony hasaba

almanynda-da bolýar.

$$\omega_{\max}^2 = \omega_{\text{ort}}^2 (1 + \delta); \quad (10.9)$$

$$\omega_{\min}^2 = \omega_{\text{ort}}^2 (1 - \delta); \quad (10.10)$$



10.7-nji surat

10.7. Energiýa – massa diagrammasy

Maşynyň iş edýän döwrüniň bir sikline seredip, energiýasyny we getirilen inersiýa momentini kesgitlep, diagrammasyny gurmaly. $E = f(I_g)$ diagrammada A – nokada deň diýip belledik.

A nokadyň proeksiýalaryny x we y diýip belläliň.

Onda A nokatdaky energiýa $E_A = \mu_E \cdot y$, inersiýa $I_{gA} = \mu_I \cdot x$,

$$E_A = \frac{I_g \omega^2}{2};$$

$$\omega^2 = \frac{2E_A}{I_{gA}} = \frac{2\mu_E y}{\mu_I x};$$

$$\frac{y}{x} = \operatorname{tg} \beta; \quad \omega^2 = \frac{2\mu_E}{\mu_I} \operatorname{tg} \beta.$$

Şu deňleme boýunça her nokatda tizligiň diagrammasyny gurup bolýar.

Getirilen zwenonyň tizligini kesgitlemek üçin hereket deňleme-

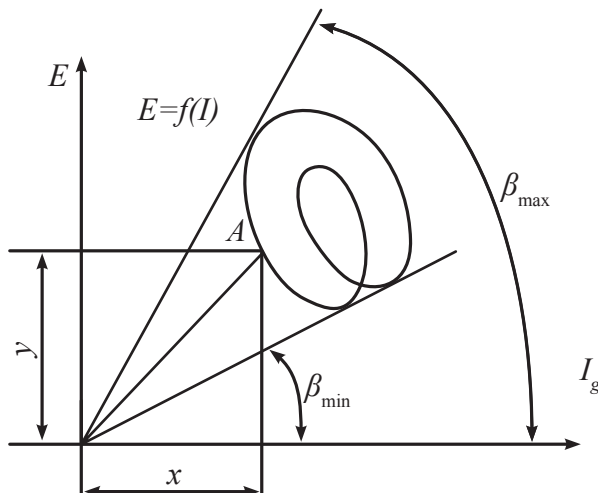
sini düzüp, ony işläp tizligi tapmak hökman däl. Energiýa-massa diagrammasy boýunça aňsat tapyp bolýar.

$$\omega_{\max}^2 = \frac{2\mu_E}{\mu_1} \operatorname{tg} \beta_{\max}; \quad \omega_{\min}^2 = \frac{2\mu_E}{\mu_1} \operatorname{tg} \beta_{\min}.$$

ω_{\max}^2 we ω_{\min}^2 ýerine (10.9) we (10.10) deňlemeleri goýup ýazarys:

$$\operatorname{tg} \beta_{\max} = \frac{\mu_1}{2\mu_E} \omega_{\text{ort}}^2 (1 + \delta); \quad \operatorname{tg} \beta_{\min} = \frac{\mu_1}{2\mu_E} \omega_{\text{ort}}^2 (1 - \delta).$$

Şu deňlemeler boýunça β_{\max} we β_{\min} kesgitlenýär.



10.8-nji surat

XI BÖLÜM MAŞYNLARYŇ HEREKETINI SAZLAMAK

11.1. Maşynlaryň hereketini sazlamak

Maşynyň deňölçegsiz hereketi goşmaça inersiýa güýçlerini emele getirýär. Şol güýçler kinematik jübütlerde goşmaça basyş döredýär, maşynlaryň zwenolaryny titredýär, titremeler fundamente ýaýraýar, maşynlaryň peýdaly täsir koeffisiýentini peseldýär, tehnologiýa hadysalaryň dogry geçmegine şek ýetirýär we ş.m. Deňölçegsiz hereketiň koeffisiýenti uly bolanda, maşynyň durnukly işlemegi mümkin bolup bilmeýär. Onda maşyny berlen deňölçegsiz

hereketiň koeffisiýenti bilen işletmek meselesi ýüze çykýar. Köp ýyllap işlenilen tejribelerden alnan deňölçegsiz hereketiň koeffisiýenti 11.1-nji tablisada getirilen. Şol koeffisiýentler ýerine ýetirilende maşynlar köp wagtlap durnukly işleýär.

11.1-nji tablica

№	Maşynlaryň görnüşleri	Deňölçegsiz hereketiň koeffisiýenti, δ .
1	Nasoslar	$0,03 \div 0,20$
2	Oba hojalyk maşynlary	$0,02 \div 0,10$
3	Metal ýonuýy stanoklar	$0,02 \div 0,05$
4	Hereketlendirijiler we kompressorlar	$0,005 \div 0,015$
5	Hemişelik toguň generatorlary	$0,005 \div 0,010$
6	Üýtgeýän toguň generatorlary	$0,003 \div 0,005$
7	Tagta pyçgylaýan ramalar	$0,02 \div 0,05$
8	Pressler we gaýçylar	$0,10 \div 0,15$
9	Daş owradyjylar	$0,05 \div 0,15$

Deňölçegsiz hereketiň koeffisiýentini nähili ýerine ýetirip bolýar?

Maşynyň kinetik energiýasy üýtgäp durýar ($\Delta E = A_{\text{art}}$), şol sebäpli esasy walyň burç tizligi hem üýtgeýär:

$$E = \frac{I_g \omega^2}{2}. \quad (11.1)$$

Deňölçegsiz hereketiň koeffisiýenti kiçi boldugyça, burç tizliginiň üýtgeýşi hem kiçelýär, sebäbi ol deň:

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\text{ort}}}; \quad (11.2)$$

(11.1) deňlemeden alarys:

$$\omega^2 = \frac{2E}{I_g}. \quad (11.2)$$

Kinetiki energiýa (E) ulaldygyça, burç tizligi ulalýar, getirilen inersiýa momenti (I_g) ulaldygyça, burç tizligi kiçelýär.

Onda getirilen inersiýa momentini ulaldyp, deňölçegsiz hereketiň koeffisiýentini kiçeldip bolýar. I_g ulaltmak üçin maşynyň esasy walynda goşmaça massa ýerleşdirmeli. Şol massany tigr görnüşinde ýerleşdirýärler, oňa mahowik diýilýär. Mahowik goşmaça inersiýa momentini I_M döredýär.

Mahowik, maşynyň iş döwründe gaýtalanyp üýtgeýän kadada işlände peýda berýär. İş döwrüniň gaýtalanman üýtgeýän kadasynda mahowigiň peýdasy ýok.

Meselem: ýörediji güýçler (ýa-da garşy güýçler) ep-esli wagt gönümel üýtgäp durýar, bu ýagdaýda mahowik peýda berenok, oňa ýörediji güýçleriň işini garşy güýçleriň işine deňläp ýaly, ýörite sazlaýjy enjam ulanmaly.

11.2. Maşynyň inersiýa momenti hemişelik bolanda, mahowigiň inersiýa momentini kesgitlemek

Mehanizmiň inersiýa momenti hemişelik bolanda, hereket deňlemesi deň:

$$\frac{I\omega_1^2}{2} - \frac{I\omega_0^2}{2} = A_{\text{artyk}} \quad (11.4)$$

ýa-da

$$\omega_1^2 - \omega_0^2 = \frac{2A_{\text{art}}}{I}. \quad (11.5)$$

Deňlemeden görünýär: A_{art} ulaldygyça, burç tizlikleriniň tapawudy ulalýar. $\omega_1 = \omega_{\text{max}}$ we $\omega_0 = \omega_{\text{min}}$ deň bolanda, iň uly tapawudy $A_{\text{art max}}$ bolýar, onda

$$\omega_{\text{max}}^2 - \omega_{\text{min}}^2 = \frac{2A_{\text{art}}}{I}. \quad (11.6)$$

Başgaça aýdylanda:

$$\begin{aligned} \omega_{\text{max}} &= \omega_{\text{ort}} \left(1 + \frac{\delta}{2} \right), \\ \omega_{\text{min}} &= \omega_{\text{ort}} \left(1 - \frac{\delta}{2} \right) \end{aligned} \quad (11.7)$$

ýa-da

$$\begin{aligned}\omega_{\max}^2 &= \omega_{\text{ort}}^2 (1 + \delta), \\ \omega_{\min}^2 &= \omega_{\text{ort}}^2 (1 - \delta).\end{aligned}\tag{11.8}$$

(11.8) deňleme (11.6) deňlemä ýerleşdirilende bolýar:

$$\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2 = 2\delta\omega_{\text{ort}}^2 = \frac{2A_{\text{artmax}}}{I_g}\tag{11.9}$$

(11.9) deňlemeden getirilen inersiýa momenti I_g tapýarys:

$$I_g = \frac{A_{\text{artmax}}}{\omega_{\text{ort}}^2 \delta};\tag{11.10}$$

Maşyn berlen deňölçegsiz hereketiň koeffisiýenti (δ) boýunça hereket edende, onuň inersiýa momentini (11.10) deňlemeden kesgitlemeli.

Maşynyň inersiýa momenti öz inersiýa momentiniň we mahowigiň inersiýa momentiniň jemine deňdir.

$$I = I_0 + I_M,\tag{11.11}$$

$$\text{onda} \quad I_M = I - I_0\tag{11.12}$$

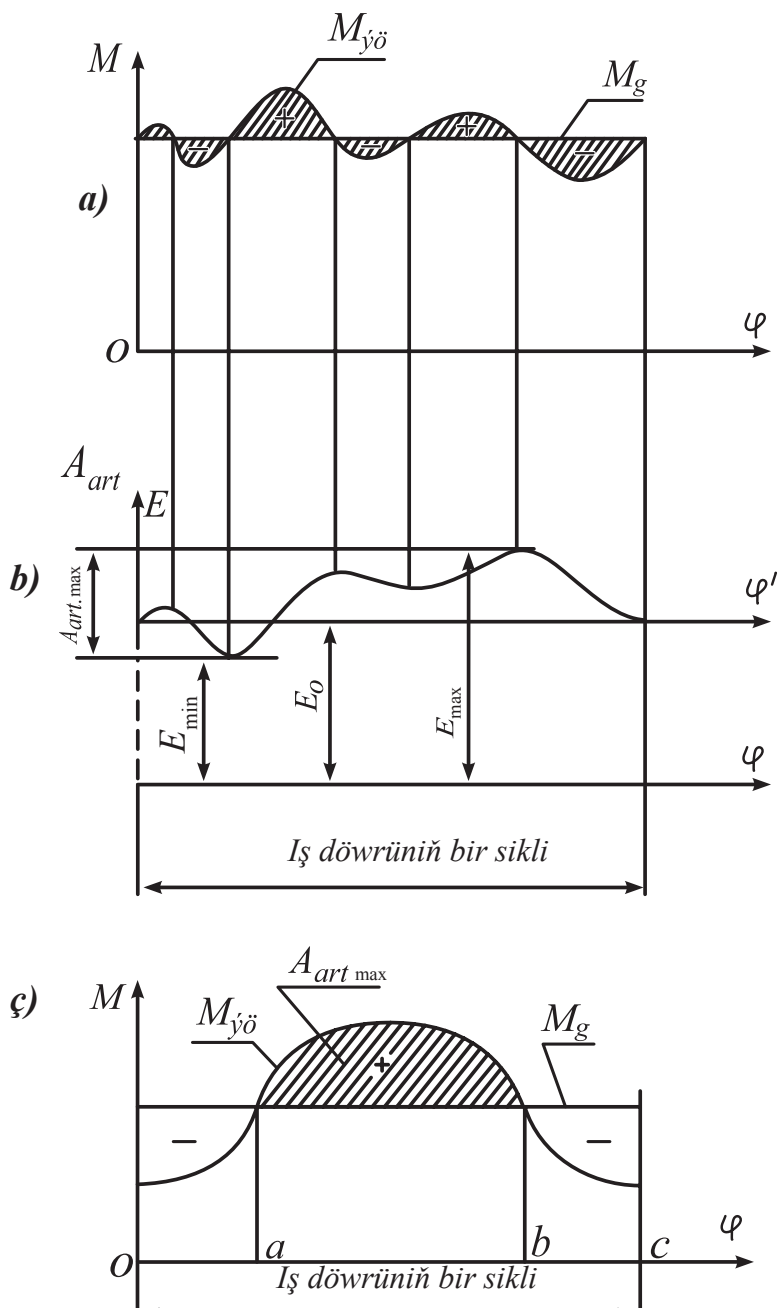
ýa-da

$$I_M = \frac{A_{\text{artmax}}}{\omega_{\text{ort}}^2 \cdot \delta} - I_0.\tag{11.13}$$

Ýörediji we garşy güýçleriň momentleri $M_{\text{yö}}$ we M_g berlende, $A_{\text{art.max}}$ kesgitlemek aňsat.

$M_{\text{yö}}$ we M_g maşynyň iş edýän döwri üçin diagramma görnüşinde berlen (11.1-nji a surat). Artykmaç iş A_{art} iki çyzyklaryň aralyk meýdançalary boýunça tapylýar, sebäbi:

$$A_{\text{art}} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (M_{\text{yö}} - M_g) d\varphi.\tag{11.14}$$



11.1-nji surat

Integralyň manysy meýdan. Ýöne ω_{\max} -dan ω_{\min} çenli burç tizliginiň üýtgeýän aralygynda $A_{\text{art max}}$ tapmaly. $M_{\dot{\varphi}}$ we M_g ýerleşişine görä, haýsy φ burçda ω_{\max} we ω_{\min} bolýandygyny kesgitläp bolanok. Tapmak usuly: $A_{\text{art}} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (M_{\dot{\varphi}} - M_g) d\varphi$ integral çyzygyny çyzýarys (11. 1-nji b surat). b suratda A_{art} φ' okdan hasaplanylýar.

Başlangyç nokatda kinetik energiýa E_0 bolanda, şol diagramma kinetik ergiýanyň üýtgeýşi φ aýlaw burçuna görä φ -ok diagrammada aşakdan görkezilen. Iki okuň φ' bilen φ aralygy E_0 deň bolýar.

Iň kiçi E_{\min} kinetik energiýa ω_{\min} burç tizligine deň bolanda gabat gelýär.

Iň uly E_{\max} kinetik energiýa ω_{\max} burç tizligine deň bolanda gabat gelýär. Onda $A_{\text{art max}}$ maşynyň hereketi ω_{\min} -den ω_{\max} -a çenli aralykda $E_{\max} - E_{\min}$ gabat gelende bolýar.

$$A_{\text{art max}} = E_{\max} - E_{\min}.$$

Käbir meselede, burç tizligi ω_{\max} we ω_{\min} berlende, $M_{\dot{\varphi}}$ we M_g diagrammalardan $A_{\text{art max}}$ kesgitlemek aňsat (şol meselede diagrammalar bir siklde diňe iki nokatlarda kesişýär) (11. 1-nji ç surat). $M_{\dot{\varphi}} = f(\varphi)$ we $M_g = f(\varphi)$ diagrammalar iş döwrüniň bir sikli üçin berlen. Bu ýerde oa aralykda maşynyň tizligi peselýär, sebäbi $M_{\dot{\varphi}} < M_g$, ab aralykda maşynyň tizligi ulalýar, sebäbi $M_{\dot{\varphi}} > M_g$, bc aralykda tizligi peselýär. Onda iň kiçi tizlik a nokatda, iň uly tizlik b nokatda bolýar. A_{art} işiň iň ýokary derejesi ab aralykda $M_{\dot{\varphi}}$ bilen M_g diagrammalaryň aralygy bolýar.

11.3. İş 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 görnüşinde esasy walyň aýlaw burçuna görä gurýarys $M_g^{\dot{\varphi}} = f(\varphi_1)$ we $M_g^g = f(\varphi_1)$. Getirilən momentleri hasaplamak üçin deňlemeler:

$$M_g^{\dot{\varphi}} = \sum_{i=1}^n \left(P_i \frac{V_i}{\omega_1} \cos \alpha_i + M_i \frac{\omega_i}{\omega_1} \right); \quad (11.15)$$

$$M_g^g = \sum_{i=1}^n \left(P_i \frac{V_i}{\omega_1} \cos \alpha_i + M_i \frac{\omega_i}{\omega_1} \right).$$

Getirilen ýörediji we garşy güýçleriň momentlerinden şol güýçleriň işlerini kesgitlemek üçin deňlemeler:

$$\begin{aligned} A^{\dot{y}o} &= \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M_g^{\dot{y}o} d\varphi_1; \\ A^g &= \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} M_g^g d\varphi_1. \end{aligned} \quad (11.15)$$

Kesgitlenen integralyň geometriki manysy meýdan. $0-I$ aralykda ýörediji güýçleriň edýän işini tapmak üçin $0 II' O'$ figuranyň meýdanyny kesgitlemeli. Şol meýdany kesgitlemegi aňsatlaşdyrmak üçin ony dörtburçluga öwürmeli. Şonuň üçin $0-I$ 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 okunyň 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) nokatdan \overline{IP}_1 çyzyga parallel çyzyk geçirip, $I-I$ ok bilen kesişen ýerini I' diýip belleýäris. Getirilen momentler diagrammasynyň $I-2$ aralygynyň ortasyndan ýörediji momentleriň diagrammasy bilen kesişen nokadyndan obsissa oka parallel çyzyk geçirip, ordinata ok bilen kesişen nokadyny II diýip belläp, P_1 nokat bilen birleşdirýäris (*11.2-nji surat*).

Işler diagrammasynda I' 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 $A^{\dot{y}o}=f(\varphi_1)$ we $A^g=f(\varphi_1)$ gurulýar.

Maşynyň kinetiki energiýasynyň üýtgeýşini kesgitlemek üçin, ýörediji güýçleriň işinden garşy güýçleriň işini aýyrmaly:

$$\Delta E = A^{\dot{y}o} - A^g. \quad (11.17)$$

Oklary alyp, ordinata oky boýunça ΔE , obsissa oky boýunça walyň aýlaw burçuny φ_1 belläp, $\Delta E=f(\varphi_1)$ diagrammany gurýarys. Onuň üçin $A^{\dot{y}o}=f(\varphi_1)$ we $A^g=f(\varphi_1)$ diagrammalaryň aralyklaryny ölçäp, kinetiki energiýa diagrammasyna geçirýäris.

Deňleme boýunça:

$$I_g = \sum_{i=1}^n \left[m_i \left(\frac{V_i}{\omega_1} \right)^2 + I_{si} \left(\frac{\omega_i}{\omega_1} \right)^2 \right] \quad (11.18)$$

Sikliň 12 nokady üçin getirilen inersiýa momentini hasaplap, getirilen inersiýa momentiniň $I_g = f(\varphi_1)$ diagrammasyny walyň aýlaw burçuna görä gurýarys. Şu diagrammanyň ordinata oky boýunça aýlaw burçy φ_1 , obsissa oky boýunça I_g getirilen inersiýa momentini belleýäris.

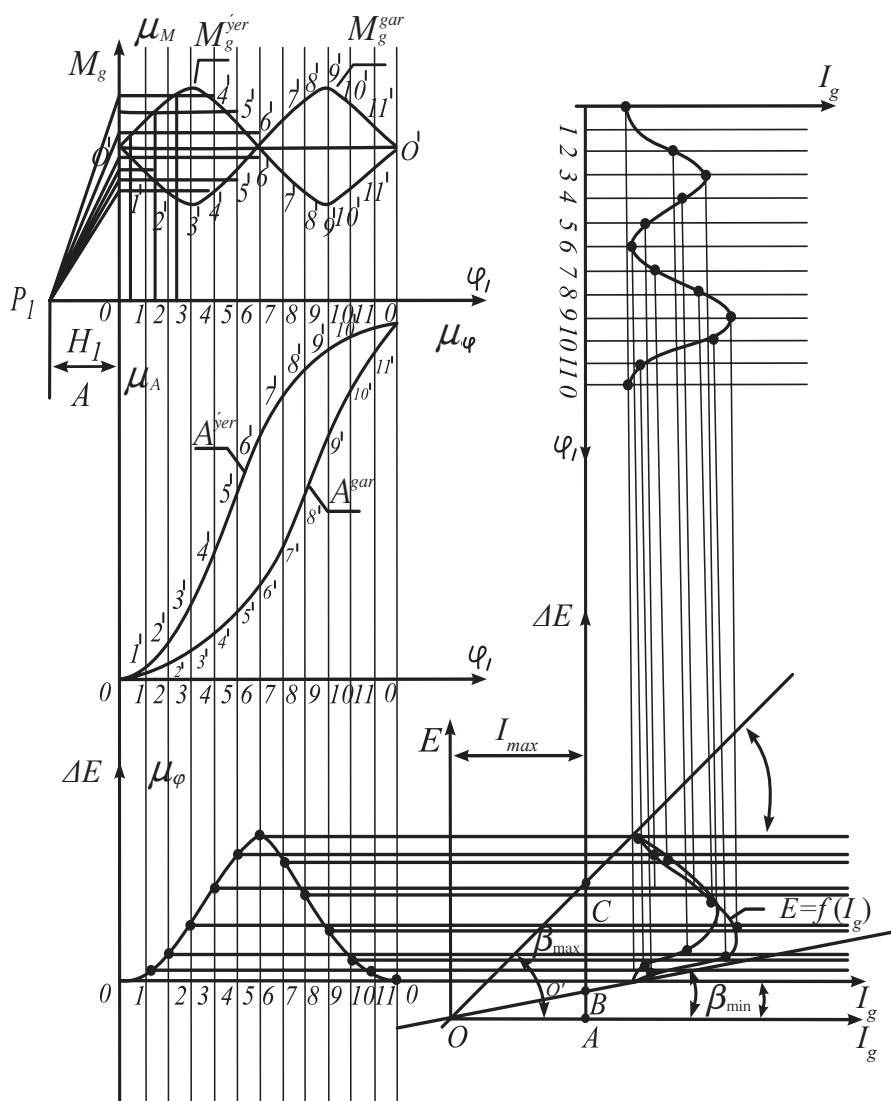
$\Delta E = f(\varphi_1)$ we $I_g = f(\varphi_1)$ diagrammalary süýşürüp φ_1 ölçegi aýryp, kinetiki energiýanyň üýtgeýşini getirilen inersiýa momentine görä gurýarys. Şol diagramma energiýa – massa diagrammasy diýilýär, başgaça Wittenbaueriň usuly diýilýär.

Energiýa–massa $\Delta E = f(I_g)$ diagrammasyndan mahowigiň inersiýa momentini kesgitlemek üçin şol diagrammanyň iň çetki nokatlaryndan β_{\max} we β_{\min} burçlar boýunça galtaşýan çyzyklar geçirsek, şol çyzyklaryň kesişýän nokady $E = f(I_g)$ diagrammanyň başlangyç nokady bolýar. β_{\max} we β_{\min} burçlary kesgitlemek üçin deňlemeler:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta_{\max} &= \frac{\mu_1}{2\mu_E} \omega_{\text{ort}}^2 (1 + \delta); \\ \operatorname{tg} \beta_{\min} &= \frac{\mu_1}{2\mu_E} \omega_{\text{ort}}^2 (1 - \delta). \end{aligned} \quad (11.19)$$

Bu deňlemelerde hemme ululyklar berlen, β_{\max} we β_{\min} kesgitlemek aňsat. Burçlar hasaplananda, olaryň tapawudy $0,5 \div 2$ gradus bolýar. Şu burçlar boýunça getirilen galtaşýan çyzyklar bir-birine parallel ýaly, kesişen nokadyny birnäçe metrden tapyp bolýar. Şonuň üçin şol çyzyklaryň $\Delta E = f(I_g)$ diagrammasynyň ordinata oky bilen kesişýän BC aralygy boýunça mahowigiň inersiýa momentini deňleme boýunça kesgitleýäris:

$$\operatorname{tg} \beta_{\max} = \frac{(AC)}{(AO)}; \quad \operatorname{tg} \beta_{\min} = \frac{(AB)}{(AO)}$$



11.2-nji surat

$$\operatorname{tg} \beta_{\max} - \operatorname{tg} \beta_{\min} = \frac{(AC')}{(AO)} - \frac{(AB)}{(AO)} = \frac{(BC)}{(AO)};$$

$$\operatorname{tg} \beta_{\max} - \operatorname{tg} \beta_{\min} = \frac{\mu_1}{2\mu_E} \omega_{\text{ort}}^2 (1 + \delta - 1 + \delta) = \frac{\mu_1}{\mu_E} \omega_{\text{ort}}^2 \delta,$$

$$\text{onda} \quad \frac{(BC)}{(AO)} = \frac{\mu_I}{\mu_E} \omega_{\text{ort}}^2 \delta. \quad (11.20)$$

$\Delta E = f(I_g)$ we $E = f(I_g)$ deňleşdirilende, iki I_g oklaryň aralygy mahowigiň kinetik energiýasy $E_{\text{mah}} = \mu_E \cdot (AO)$ hemişelik, ýokarky I_g okdan ýokarda maşynyň kinetik energiýasynyň üýtgeýşi. ΔE we E oklar arasyndaky aralygy OA , mahowigiň inersiýa momenti hemişelik.

$$I_M = \mu_I \cdot (OA). \quad (11.21)$$

ΔE okdan sag tarapda maşynyň getirilen inersiýa momentiniň üýtgeýşi.

Onda altynjy proporsiyadan (OA) deň:

$$(OA) = \frac{\mu_E (BC)}{\mu_I \omega_{\text{ort}}^2 \delta}.$$

Mahowigiň inersiýa momenti deň:

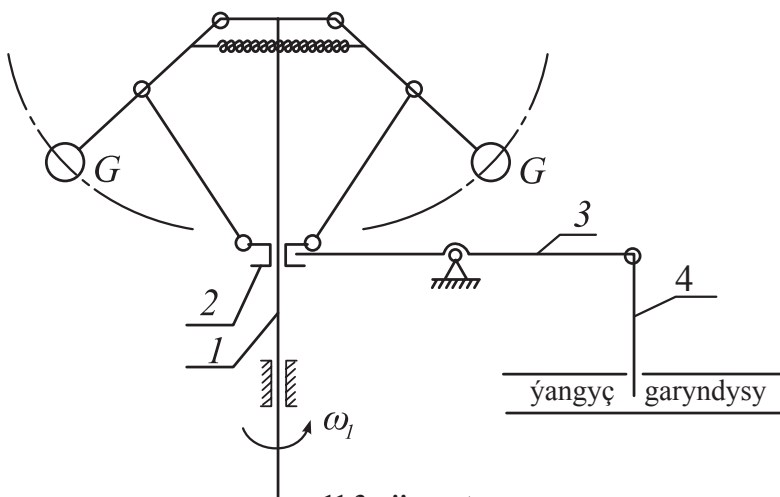
$$I_m = \mu_I \cdot (OA) = \frac{\mu_E (BC)}{\omega_{\text{ort}}^2 \delta}.$$

Bu deňlemede μ_E ; ω_{ort} ; δ berlen.

BC aralygy çyzgydan ölçäp almaly.

11.4. 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 siklde deň. Energiýa massa 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: elektrogeneratorý dizel hereketlendirijisi herekete getirýär. Harç edilen elektroenergiýa birden ulalanda, hereketlendirijiniň walyna garşy güýçler hem birden ulalýar, ýörediji güýçleriň işi bilen garşy güýçleriň işiniň deňligi ýitýär, hereketlendirijiniň 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), hereketlendirijiniň walynyň burç tizligi gönümel ulalýar, onuň döwlüp işden çykmagy mümkin. Şonuň ýaly hereket üçin energiýa – massa diagrammasyny gurup

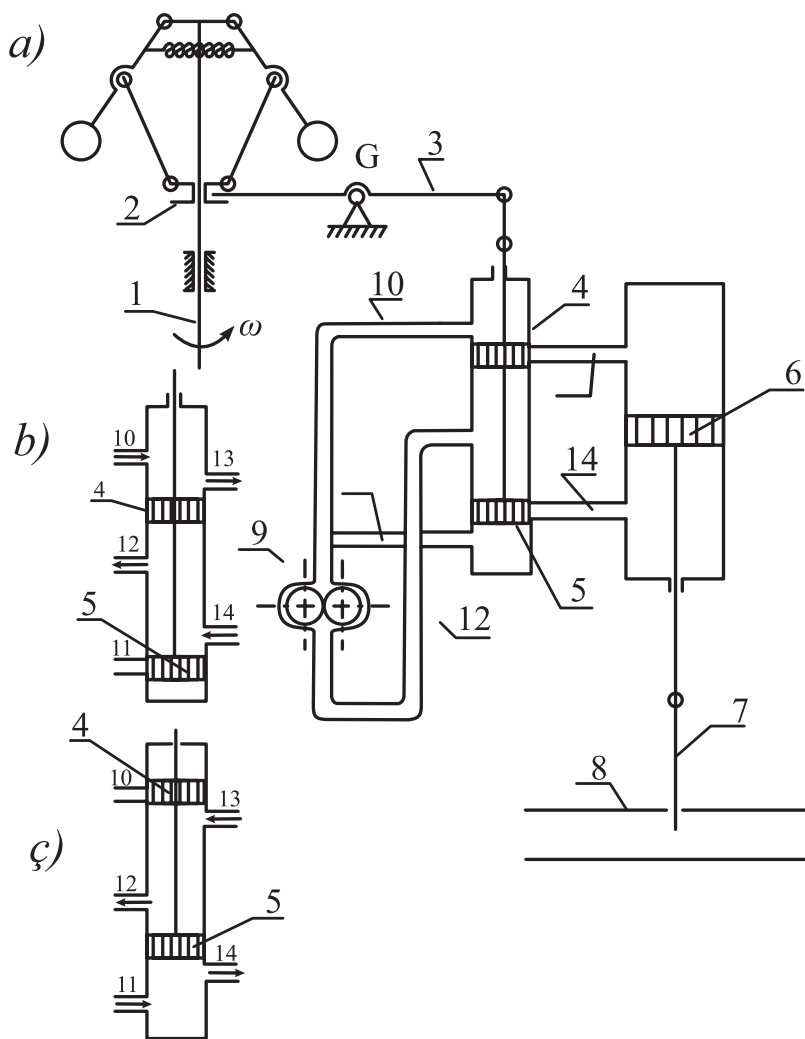


11.3-nji surat

bolanok. Maşyn agregatyň tizligi belli bir aralykda üýtgär ýaly, ýörite enjam bilen hereketlendirijiniň ýörediji güýji bilen işçi maşynyň garşy güýji deňrāk saklanar ýaly edilýär, olara sazlaýjy enjam diýilýär. Seredilen meselede hereketlendirijä berilýän ýangyjy köpeldip-azaldyp bolýar.

11.3-nji suratda merkezden gaçýan usuly boýunça işleýän sazlaýjynyň shemasy görkezilen. Sazlaýjynyň birinji waly hereketi sazlanýan waldan alýar. G – ýükleriň ýagdaýy walyň aýlawyna bagly. Aýlaw sany ulaldygyça, G ýükler ýokary galýar, aýlaw sany azalanda, ýükler aşak düşýär. Ýükleriň ýeri üýtgände 2 muftanyň ýeri hem üýtgeýär. 2 Mufta G ýükler bilen 3 ryçag boýunça ýerleşen. 3 ryçaga hereketli goşulan 4 klap. Klap turbany açyp-ýapyp, hereketlendirijä berilýän ýangyjyň möçberini köpeldip-azaldyp bilýär. Agregatyň walynda garşylyk azalanda burç tizligi ulalýar, ýükler ýokaryk galyp, muftany galdyryr.

Ryçagyň ujundaky klap aşak düşüp, ýangyjyň ýoluny ýapýar. Ýangyç azrak berlende agregatyň walynyň aýlaw ýygylgy peselýär, ýükler aşak düşüp, muftany aşak çekip, ryçagyň beýleki ujundaky klap ýokary galyp, ýangyç berilmegini köpeldýär. Şonuň ýaly ýörediji güýçler bilen garşy güýçleri deňleşdirýärler. Seredilen sazlaýjyda klap sazlaýjyda döreýän güýçler bilen herekete getirilýär. Şonuň ýaly sazlaýjylara göni hereketli diýilýär.



11.4-nji surat

Klapanly herekete getirýän güýçler, ýeterlik bolmadyk ýagdaýynda, göni bolmadyk herekete getirýän sazlaýjy enjamlary ulanýarlar. Şonuň ýaly sazlaýjylarda klapany ýörite herekete getirýän kömekçi (elektriki, gidrawliki ýa-da pnevmatiki we ş. m.) hereketlendirijileri ulanýarlar. Göni däl hereketli sazlaýjynyň shemasy (11.4-nji a surat) görkezilen. Garşy güýçler peselende 1 walyň aýlaw ýygylgy ulalýar, ýükler ýokary galyp, 2 muftany çekip, 3 ryçagyň beýleki

ujuny aşak düşürýär. 3 ryçagyň ujy klapaň däl-de, 4 porşen we 5 zolotnik bilen birikdirilen. 4 Porşen bilen 5 zolotnik aşak düşüp, 10 we 13 turbalara ýol açyp, şol turbalardan ýag 9 nasosdan basyş bilen serwomotora berilýär. Serwomotordan ýag 6 porşeniň üsti bilen 7 klapany aşak düşürýär. 7 klapaň 8 turbany çala ýapýar. Şol turbadan ýangyç dwigatele barýar. Ýangyç berilmegi sazlanyp, dwigateliň kuwwatyny peseldip, garşy güýçleri we ýörediji güýçlere deňleýär. Şol ýagdaýda 6 ýag porşeniň aşagyndan 12 we 14 turbalardan ýag nasosyna berilýär. Zolotnigiň porşenleriniň ýagdaýy we ýagyň akýan ýoly 11.4-nji *b* suratda görkezilen.

Walyň aýlawy peselende, hemme hereketler tersine bolýar. Zolotnigiň porşenleriniň ýagdaýy 11.4-nji *ç* suratda görkezilen. Seredilen sazlaýjylar ýörediji güýçlere täsir edip, hereket tizligini sazlaýarlar, olary garşy güýçlere deňleýärler. Tejribelikde garşy güýçlere täsir edip, hereketi sazlaýjy enjamlar hem ulanylýar. Olara modulýator ýa-da togtadyjy usully sazlaýjy diýilýär. Olaryň işleýşi seredilen sazlaýjylaryň işine meňzeş.

XII BÖLÜM MASSALARYŇ DEŇAGRAMA GETIRILIŞI

12.1. Deňagramlyk

Häzirki zaman maşynlarynyň tizligi we tizlenmesi gaty uly. 20–30 ýyl mundan öň mata dokaýan stanogyň tizligi 160 aýlaw/min bolsa, häzirki stanoklar 320–400 aýlaw/min. Awtoulaglaryň motorlarynyň tizligi 3000–4000 aýlaw/min bolsa, häzir 8000–10000 aýlaw/min. Şoňa görä, inersiýa güýçleri hem ulalyp barýar.

$$P_i = -ma_s(N).$$

1 gram deňagram däl agramlygyň, tizlenmesi 10000 m/s^2 bolanda $P_i = 0,001\text{ kg} \cdot 10000\text{ m/s}^2 = 10\text{ (kg} \cdot \text{m/s}^2 = \text{N})$ güýç döredýär. Şonuň üçin zwenolary ýa-da maşynlaryň özüni deňagrama getirmek maşyn gurujylaryň önünde gaty uly mesele döredýär. Bu meseläni umumy hemme maşynlar üçin çözüp bolanok. Her maşyna aýratyn seretmeli.

Maşynlary deňagrama getirmekligi iki meselä bölýärler:

1. Aýlanýan zwenony deňagrama getirmek.
2. Maşyny deňagrama getirmek.

12.2. Aýlanýan zwenonyň deňagrama getirilişi

Berlen, aýlanýan zwenoda m_1, m_2, m_3 deňagrama getirilmeli agramlyklar. Olaryň agyrylyk merkezleri s_1, s_2, s_3 . Aýlanýan ok bilen agyrylyk merkezleriniň arasy r_1, r_2, r_3 diýlip bellenen.

Zweno ($\omega = \text{const}$) hemişelik tizlik bilen aýlanýar.

Aýlanýan ýagdaýynda inersiýa güýçleri peýda bolýarlar.

$$\bar{P}_{i1} = -m_1 \bar{a}_{s1} (N); \quad \bar{P}_{i2} = -m_2 \bar{a}_{s2} (N); \quad \bar{P}_{i3} = -m_3 \bar{a}_{s3} (N);$$

Agyrylyk merkeziniň tizlenmesini $\bar{a}_{s1} = \bar{a}_{s1}^n + \bar{a}_{s1}^t$ normal \bar{a}_{s1}^n we galtaşma \bar{a}_{s1}^t diýip bölýäris. Onda:

$$\bar{a}_{s1}^n = \omega^2 \cdot r_1, \quad m/s^2; \quad \bar{a}_{s1}^n \parallel \bar{r}_1$$

$$\text{Onda} \quad \bar{a}_{s1}^t = \varepsilon \cdot r_1, \quad m/s^2; \quad \bar{a}_{s1}^t \perp \bar{r}_1; \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 0; \quad \bar{a}_{s1}^t = 0;$$

$$\bar{P}_{i1} = -\omega^2 \cdot m_1 r_1 (N); \quad \bar{P}_{i2} = -\omega^2 \cdot m_2 r_2 (N);$$

$$\bar{P}_{i3} = -\omega^2 \cdot m_3 r_3 (N);$$

Wektor \overline{mr} – statika disbalansynyň wektory diýilýär. Nazary mehanikanyň kanuny boýunça hemme güýçleri bir güýje getirip bolýar:

$$\bar{P}_i = \sum_{i=1}^n P_{i1} = -\omega^2 \sum_{i=1}^n \overline{m_i r_i},$$

$$\sum_{i=1}^n \overline{m_i r_i} = \overline{m_s r_s} \quad \text{diýip belleýäris.}$$

bu ýerde $\overline{m_s r_s}$ – statiki disbalansyň baş wektory.

Zwenonyň deňagram ýagdaýynda bolmaklygy üçin inersiýa güýçleriň jemi nola deň bolmaly.

$$\sum_{i=1}^n \bar{P}_i = 0; \quad \omega^2 \cdot \overline{m_s r_s} = 0.$$

$\omega^2 \neq 0$ nola deň bolmaýar, sebäbi zweno aýlanmaly. Onda $m_s r_s = 0$ baş wektor nola deň bolmaly.

Aýlanýan zwenonyň deňagramlykda bolmagy üçin statika disbalansynyň baş wektory nola deň bolmaly ýa-da hemme agramlyklaryň agyrylyk merkezi okuň üstünde bolmaly $r_s = 0$. Kinematik jübütlerden $I - I$ we $II - II$ tekizlikleri geçirsek, olara görä her güýçden

moment kesgitlesek, onda

$$\bar{M}_{i1} = \bar{P}_{i1} \cdot l_1;$$

$$M_{i2} = \bar{P}_{i2} \cdot l_2;$$

$$\bar{M}_{i3} = \bar{P}_{i3} \cdot l_3;$$

$$M_{i4} = \bar{P}_{i4} \cdot l_4;$$

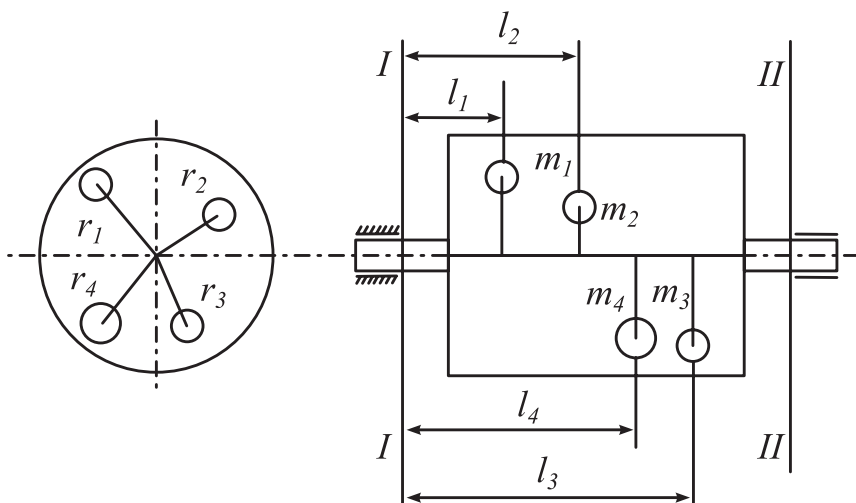
ýa-da

$$\bar{M}_{i1} = -\omega^2 \cdot \overline{l_1 m_1 r_1};$$

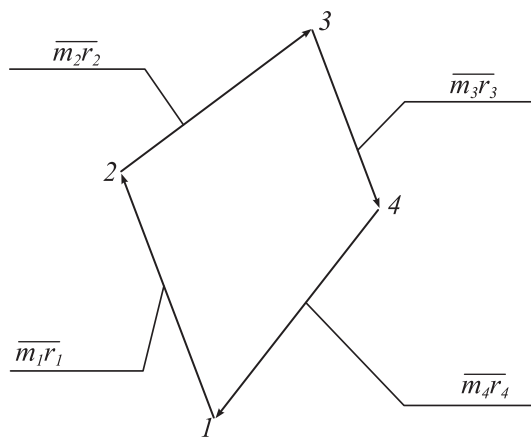
$$\bar{M}_{i2} = -\omega^2 \cdot \overline{l_2 m_2 r_2};$$

$$\bar{M}_{i3} = -\omega^2 \cdot \overline{l_3 m_3 r_3};$$

$$\bar{M}_{i4} = -\omega^2 \cdot \overline{l_4 m_4 r_4};$$



12.1-nji surat



12.2-nji surat

Hemme momentleri bir baş momente getirmeli:

$$M_i = \sum_{i=1}^n M_i = \sum_{i=1}^n P_i l_i = \omega^2 \sum_{i=1}^n \overline{m_i r_i l_i}.$$

$$\sum_{i=1}^n m_i r_i l_i = m_s r_s l_s - \text{diýip belleýäris.}$$

Zwenonyň dinamiki deňagram ýagdaýynda bolmagy üçin baş inersiýa momenti nola deň bolmaly:

$$M_i = 0;$$

$$\omega^2 m_s r_s l_s = 0;$$

$$\omega^2 \neq 0, \text{ onda:}$$

$$m_s r_s l_s = 0.$$

Zwenonyň dinamiki deňagram ýagdaýynda bolmagy üçin baş dinamiki disbalansynyň wektory nola deň bolmaly.

Nazary mehanikanyň dilinde, mehanizmiň dinamiki deňagram ýagdaýynda bolmagy üçin mehanizmiň baş inersiýa momenti baş inersiýa oklarynyň biri bilen gabat gelmeli.

Mehanizmiň deňagram ýagdaýynda bolmagy üçin agyrylyk merkezi okuň üstünde iki kinematik jübütleriň ortarasynda bolmaly. Iki tekizlikler (I we II) boýunça momentler deň bolmaly (12.1-nji surat).

Statiki disbalansyny kesgitlemek üçin disbalanslaryň wektorlaryny yzly-yzyndan gurmaly (12.2-nji surat).

Islendik uzynlykda $[1 - 2]$ aralygy alyp $\overline{m_1 r_1}$ wektory geçirýäris.

$$\text{Onuň masştaby: } \mu_{mr} = \frac{m_1 r_1}{[1 - 2]} \frac{kgm}{mm}.$$

2-nji nokatdan $\overline{m_2 r_2}$ wektory geçirýäris.

$$[2 - 3] = \frac{m_2 r_2}{\mu_{mr}} mm.$$

3-nji nokatdan $\overline{m_3 r_3}$ wektory geçirýäris.

$$[3 - 4] = \frac{m_3 r_3}{\mu_{mr}} mm.$$

Eger zweno statiki deňagram ýagdaýynda bolsa, 1-nji nokat bilen 4-nji nokat gabat gelmeli (12.2-nji surat). 1-nji we 4-nji nokatlar bir ýerde däl, onda zweno deňagram ýagdaýynda 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 massany ýerleşdirsek, zveno statiki deňagram ýagdaýyna getirilýär.

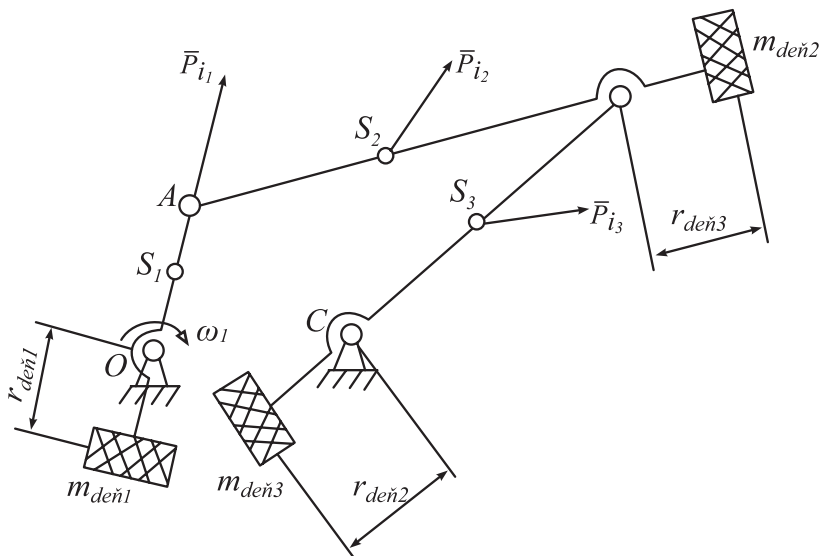
Eger dinamiki disbalanslary \overline{mrl} yzly-yzyndan wektor boýunça gurup çykylsa, edil şol usul bilen dinamiki deňagramlyga getirip bolýar.

Nazaryýet boýunça deňagrama getirmek aňsat ýaly. Iş ýüzünde detalyň niresine agramlyklary goýmaly, nädip r_1 ; r_2 ... aralyklary kesgitlemeli, deňagrama ýörite deňagrama getiriji stanoklarda geçirýärler. Ony aýratyn tejribe işinde serederis.

12.3. Maşynlary deňagrama getirmek

Maşynlaryň deňagram ýagdaýa getirilişiniň birnäçe usuly bar.

1. Deňagramlaşdyryjy agram ýerleşdirmek usuly.



12.3-nji surat

Meselem, berlen dört zwenoly şarnirli mehanizm (12.3-nji surat).

Birinji zveno hereket edende, inersiýa güýji \overline{P}_{i1} emele gelýär. 1-nji zwenonyň deňagram ýagdaýda bolmagy üçin inersiýa güýji $\overline{P}_{i1}=0$ -a deň bolmaly.

$\bar{P}_{i1} = -m_1 \bar{a}_{S1}$ (N); $m_1 \bar{a}_{S1} = 0$ massasy $m_1 \neq 0$ nola deň bolmaly däl. Agyrlyk merkezi– S_1 nokat hereket etmeli däl. Birinji zwenonyň dowamynda deňagramlaşdyryjy agramlyk goýup, agyrlyk merkezini– S_1 nokady O nokada geçirýäris. Onda $\bar{a}_{S1} = 0, \bar{P}_{i1} = 0$. Birinji zwenony statiki deňagramlyga getirdik.

$$m_{deň1} r_{deň1} = m_1 l_{OS}; \quad m_{deň1} = \frac{m_1 l_{OS}}{r_{deň1}}.$$

Ikinji zweno hereket edende P_{i2} güýç täsir edýär. Ikinji zwenony deňagrama getirmek üçin inersiýa güýç $P_{i2} = 0$ -a deň bolmaly. Onuň üçin zwenonyň dowamynda deňagramlaşdyryjy massa $m_{deň2}$ goýup, ikinji zwenonyň agyrlyk merkezini– S_2 nokady B nokada geçirmeli.

$$\bar{P}_{i2} = -m_2 \bar{a}_{S2} \quad (N);$$

$$m_{deň2} r_{deň2} = m_2 l_{BS2}; \quad m_{deň2} = \frac{m_2 l_{BS2}}{r_{deň2}}.$$

Üçünji zweno täsir edýän güýç $\bar{P}_{i3} = -m_3 \bar{a}_{S3}$ (N);. Zwenonyň dowamynda deňagramlaşdyryjy agram $m_{deň3}$ ýerleşdirýäris:

$$m_{deň3} r_{deň3} = m_B l_{BC} + m_3 l_{CS3};$$

$$m_{deň3} = \frac{m_2 l_{BC} + m_{deň2} l_{BC} + m_3 l_{CS3}}{l_{deň3}}.$$

Üçünji deňagramlaşdyryjy agramy goýup, B nokatdaky agramlygy we üçünji zwenonyň agramlygyny deňagramlaşdyryp, agyrlyk merkezlerini C nokada geçilýäris:

$$\bar{P}_{i2} = 0; \quad \bar{P}_{i3} = 0.$$

Deňagramlaşdyryjy agramlaryň aralyklaryny $r_{deň1}, r_{deň2}$ we $r_{deň3}$ konstruksiýa boýunça almaly.

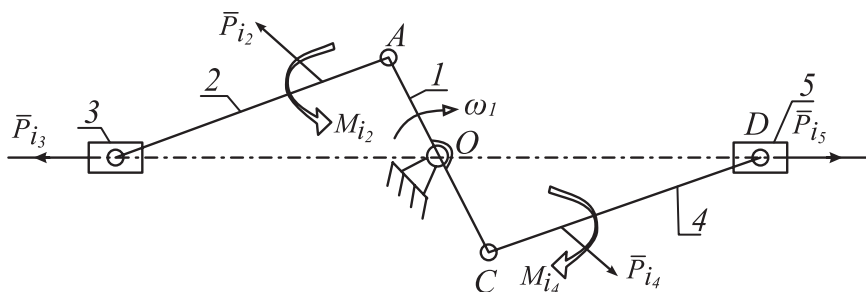
Deňagramlaşdyryjy agram usuly boýunça diňe inersiýa güýçlerini deňagrama getirilýär, inersiýa güýçleriniň momentleri barada gürrüň edilenok.

Mehanizmlerde şatuna deňagramlaşdyryjy agram $m_{deň2}$ goýup bolanok.

Deňagramlaşdyryjy agram usuly boýunça statiki deňagramlygy doly ýerine ýetirip bolanok.

Zwenolary rasional ýerleşdirmek usuly

Berlen: mehanizm OAB , doly deňagramlyga getirmek üçin, şol mehanizme ýene özi ýaly mehanizm OCD goşmaly (12.4-nji surat).



12.4-nji surat

$$\bar{P}_{i2} = -\bar{P}_{i4}, \quad M_{i2} = -M_{i4}, \quad P_{i3} = -P_{i5}.$$

Mehanizm doly deňagram ýagdaýynda. Olara başgaça oppozitli mehanizmler diýilýär.

PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR

1. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. III tom. Aşgabat, 2010.
5. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. IV tom. Aşgabat, 2011.
6. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. V tom. Aşgabat, 2012.
7. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. VI tom. Aşgabat, 2013.
8. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. VII tom. Aşgabat, 2014.
9. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. VIII tom. Aşgabat, 2015.
10. *Kadyrow Ş.U.* Mehanizmleriň we maşynlaryň nazaryýeti 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. *Коренько 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. *Г.А. Тимофеев.* Теория механизмов и машин. Курс лекций М., 2010.

MAZMUNY

SÖZBAŞY	7
-------------------	---

I BÖLÜM

MEHANIZMLERİN STRUKTURA DERÑEWI

1.1. Mehanizmler barada umumy düşünjeler. Kinematik jübütler we olaryň klaslandyrylyşy	9
1.2. Kinematik zynjyrlar	14
1.3. Kinematik zynjyrlaryň hereket sanyny kesgitlemek	16
1.4. Tekizlikde hereket edýän zynjyryň hereket sanyny kesgitlemek	17
1.5. Ýokary kinematik jübütleri pes kinematik jübütlere çalyşmak	18
1.6. Mehanizmler we olaryň klaslandyrylyşy.	19

II BÖLÜM

MEHANIZMLERİN KINEMATIKI DERÑEWI

2.1. Kinematika. Umumy düşünjeler	26
2.2. Masştablar	26
2.3. Mehanizmiň 12 ýagdaýyny gurmak we nokatlaryň traýektoriyasyny kesgitlemek	28
2.4. Kinematiki diagrammalar	30
2.5. Grafiki differensirlemek	31
2.6. Grafiki integrirlemek	35
2.7. Mehanizmiň tizlik we tizlenme planlaryny gurmak usuly. Grafo-analitiki usul	36

2.8. Meñzeşlik teoreması	43
2.9. Analitiki usul boýunça mehanizmiň ýagdaýlaryny, tizliklerini we tizlenmelerini kesgitlemek	52

III BÖLÜM

TEKIZLIKDE HEREKET EDÝÄN PES JÜBÜTLI MECHANIZMLERIN TASLAMASY

3.1. Umumy düşüňjeler	57
3.2. Dört zwenoly şarnirli mehanizmiň häsiýetleri.	58
3.3. Ahyrky zwenonyň berlen hereketi boýunça mehanizmleriň taslamasy.	61
3.4. Kulisaly mehanizmiň taslamasy	64
3.5. Şatunyň berlen ýagdaýlaryna görä taslama geçirmek	65
3.6. Ortaça tizligiň üýtgeýiş koeffisiýenti. Berlen ortaça tizligiň üýtgeýiş koeffisiýenti boýunça taslama	66

IV BÖLÜM

KULAÇOKLY MECHANIZM

4.1. Kulaçokly mehanizmleriň görnüşleri	69
4.2. Kulaçokly mehanizmleriň ýagdaýyny kesgitlemek	73
4.3. Iterijiniň tizligini we tizlenmesini kesgitlemek	82
4.4. Iterijiniň hereket kanunyyny saýlamak	85
4.5. Kulaçoklaryň şekillerini gurmak	89
4.6. Basyş burçuna baglylykda kulaçogyň şekiliniň iň kiçi radiusyny kesgitlemek	99

V BÖLÜM

DIŞLI ILIŞMEGIN NAZARYÝETI

5.1. Umumy düşüňjeler	117
5.2. Başlangyç töwerekler	121
5.3. Ilişmaniň esasy teoreması (Willisiň teoreması)	122

5.4. Ewolwenta deňlemesi we häsiýetleri	124
5.5. Ewolwentaly ilişmek	126
5.6. Standart dişli tigrileriň ululyklary	128
5.7. Ewolwent dişli tigrirli ilişmāniň taslamasy	129
5.8. Dişler ýasalanda düýbünden ýa-da depesinden ýonulma hadysasy.	135
5.9. Dişli tigrileri korigirmek	139
5.10. Diş kesýän guraly süýşürp korigirmek usuly	141
5.11. Diş sany $Z < 17$ bolan ýagdaýynda instrumental reýkanyň süýşmegi	147
5.12. Diş kesýän guralyň süýşmegini saýlap almak	149
5.13. Gyýa dişli silindrik tigrirler	151
5.14. Giňişlikde hereket edýän dişli tigrirler. Konusly dişli tigrirler. .	165

VI BÖLÜM

ÇYLŞYRMYLY DIŞLI MEHANIZMLER

6.1. Köp basgançakly dişli mehanizmler.. . . .	175
6.2. Dişli mehanizmleriň grafiki usul boýunça derňewi	182
6.3. Planetar mehanizmleriň taslamasy	188

VII BÖLÜM

TEKIZLIKDE HEREKET EDÝÄN PES JÜBÜTLI MEHANIZMLERIŇ GÜÝÇ DERŇEWI

7.1. Kinetostatika. Daşky güýçler	194
7.2. Inersiýa güýçleri	195
7.3. Statika deňlemeleriniň ulanylyş şerti	200
7.4. II klas 1-nji görnüş Assuryň toparynyň güýç derňewi	202
7.5. Ýörediji zwenonyň güýç derňewi	205
7.6. Žukowskiň teoreması	206

VIII BÖLÜM SÜRTÜLME

8.1. Sürtülmənin görünüşləri	208
8.2. Tipma sürtülmənin esasy kanunlary	209
8.3. Sürtülme burçy	210
8.4. Ýapgyt tekizligiň sürtülmesi	211
8.5. Pahna görnüşli zwenonyň süýşmesindäki sürtülme	214
8.6. Hyrly kinematik jübütiň sürtülmesi	217
8.7. Aýlanýan kinematik jübütlerde typma sürtülmesi	219
8.8. Tigirlenme sürtülmesi	221
8.9. Getirilen sürtülme koeffisiýentleri we burçlary	224

IX BÖLÜM

PEÝDALY TÄSİR KOEFFISIÝENTI

9.1. Umumy düşüňjeler	231
9.2. Yzygiderli we parallel goşulan mehanizmleriň peýdaly täsir koeffisiýenti	232
9.3. Öz-özünden saklanýan hadysa	235
9.4. Ýapgyt tekizligiň, hyrly kinematik jübütiň we burumly hereket geçirijileriň peýdaly täsir koeffisiýenti	236

X BÖLÜM

MEHANIZMIŇ GÜÝÇ TÄSIRI BILEN EDÝÄN HEREKETI

10.1. Dinamika. Getiriliş usuly	240
10.2. Getirilen massa. Getirilen inersiýa momenti	241
10.3. Getirilen güýç we getirilen güýçleriň momenti	242
10.4. Getirilen zwenonyň hereket deňlemesi	244
10.5. Hereket döwürleri we kadalary	246
10.6. Ortaça tizlik we deňölçegsiz hereketiň koeffisiýenti «δ».	250
10.7. Energiýa - massa diagrammasy.	251

XI BÖLÜM

MAŞYNLARYŇ HEREKETINI SAZLAMAK

11.1. Maşynlaryň hereketini sazlamak	252
11.2. Maşynyň inersiýa momenti hemişelik bolanda, mahowigiň inersiýa momentini kesgitlemek	254
11.3. Iş döwründe esasy waly gaýtalanyp üýtgeýän kadada işleýän maşynlaryň mahowiginiň inersiýasyny kesgitlemek	257
11.4. Iş döwründe gaýtalanmaýan hereketi sazlamak	261

XII BÖLÜM

MASSALARYŇ DEŇAGRAMA GETIRILIŞI

12.1. Deňagramlyk	264
12.2. Aýlanýan zwenonyň deňagrama getirilişi	265
12.3. Maşynlary deňagrama getirmek	268
Peýdalanylýan edebiýatlar	271

Şöwket Kadyrow, Muhammetniýaz Gurdow

MEHANIZMLERİŇ WE MAŞYNLARYŇ NAZARYÝETI

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Redaktor	<i>Ş. Myratgulyýewa</i>
Surat redaktory	<i>G. Orazmyradow</i>
Teh. redaktor	<i>O. Nurýagdyýewa</i>
Suratçy	<i>H. Welmämmadow</i>
Korrektor	<i>M. Atabaýewa</i>
Neşir üçin jogapkär	<i>A. Hallyýew</i>

Çap etməğe rugsat edildi 21.11.2017. Ölçeği 60x90 $\frac{1}{16}$.
Şertli çap listi 17,5. Şertli rənkli ottiski 37,25.
Hasap-neşir listi 1563.
Çap listi 17,5. Sargyt 1029. Sany 900.

Türkmen döwlet neşirýat gullugy.
744000. Aşgabat, Garaşsyzlyk şaýoly, 100

Türkmen döwlet neşirýat gullugynyň Balkan welaýat çaphanasy.
Balkanabat, Magtymguly şaýoly, kw. 148, j. 1.