

**AZTU-nun nəzdində Bakı Texniki Kolleç**

**“TEXNİKİ MEXANİKANIN ƏSASLARI”  
FƏNNİNDƏN MÜHAZİRƏLƏR KONSPEKTİ**

Tərtib edən: müəllim Hüseynov Ə.H.

Bakı – 2022

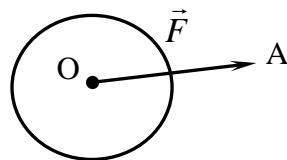
### “Texniki mexanikanın əsasları” haqqında ümumi anlayış

fərqli olur. Müxtəlif hərəkətləri əmələ gətirən səbəb və şəraiti öyrənən elmə **mexanika** deyilir. Cismin hərəkətini və ya bu hərəkətin dəyişməsinə törədən hər bir səbəb mexanikada **qüvvə** adlanır.

#### Təbiətdə olan cisimlər bər

Mexanika maddi cisimlərin hərəkətini öyrədir. Cisimlərin tək-cə sadə yerdəyişmələr deyil, molekulların rəqsləri şəklində olan istilik, atom və elektronları, kimyəvi prosesləri, elektromaqnit hadisələri, insanlarda olan təfəkkür, əqli və şüur kimi mürəkkəb proseslərdə düşünülür.

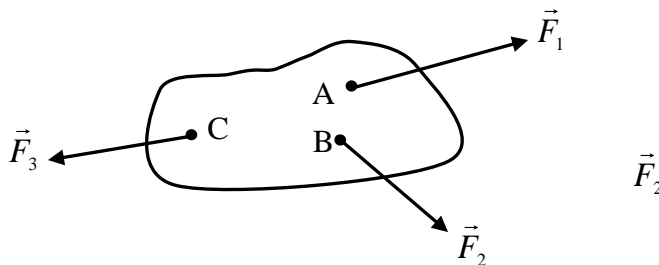
Materiyanın müxtəlif formalarında olan hərəkətləri bir-birindən kifayət-cə fərqlənir. Hərəkətin formaları bir-birindən fərqli olduğuna görə bunları təsvir etmək və öyrənmək üsulları da k, maye və qaz halında olur. Mexanikada ancaq mütləq bərək cisimdən danışılır. Təbiətdə belə cisimlər yoxdur. Mütləq bərək cisim dedikdə, bu cismin hissəcikləri arasındakı məsafənin dəyişilməz qaldığı nəzərdə tutacağıq. Qüvvənin ölçü vahidi: nyuton (N) və kilonyutondur (kN). Qüvvə dinamometrlə ölçülür. Qüvvəni adətən qrafiki olaraq göstərirler.



Şəkil 1

Həm qiyməti, həm də istiqaməti olan OA parçasına **vektor** deyilir (şək.1). Bəzi vektorları iki hərflə işarə edirlər. Onda həm çapda, həm də əlyazmasında bu hərfləri iki hərflər kimi götürülür. Lakin yuxarıda xətt qoyurlar. Bir vektoru AB ilə işarə etdikdə, birinci onun başlanğıcını, ikinci isə sonu göstərir.

Vektorun üç ünsürü vardır: başlanğıcı, istiqaməti və qiyməti. Cismə eyni zamanda bir neçə qüvvə təsir edərsə, belə qüvvələr toplusuna **qüvvələr sistemi** deyilir.



Şəkil 2

“Texniki mexanikanın əsasları” üç bölmədən ibarətdir:

1. Nəzəri mexanika
2. Materiallar müqaviməti
3. Maşın hissələri.

Nəzəri mexanika öz növbəsində üç hissəyə bölünür:

1. Statika
2. Kinematika
3. Dinamika.

Statikada qüvvələrin xüsusiyyətləri, onların cismə birgə təsir etmə şəraiti və qüvvələrin tarazlığı adlanan xüsusi halı öyrənilir.

Kinematikada maddi nöqtənin və ya bərk cismin mexaniki hərəkətini, bu hərəkəti yaradan səbəbi nəzərdə tutmadan öyrənilir.

Dinamika hissəsində maddi cisimlərin və maddi nöqtənin hərəkəti bu cisimlərə təsir edən qüvvələrlə əlaqədar öyrənilir.

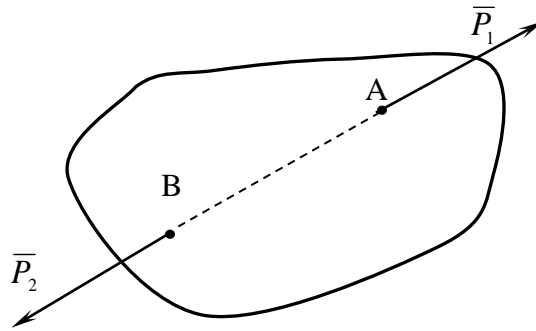
# I BÖLMƏ. NƏZƏRİ MEXANİKA

## I HİSSƏ. STATİKA

### §1. Statikanın aksiomları

Statikanın izahı məntiqi yolla bir neçə sadə sübutsuz qəbul edilən həqiqətlər üzərində inkişaf etdirilir. Bu həqiqətlərə **statikanın aksiomları** deyilir:

**Birinci aksioma (ətalət qanunu)** – Sərbəst cismə yalnız qiymətcə bərabər, istiqamətcə düz əks olan iki qüvvə təsir etdikdə bu cisim müvazinətdə olar (şək. 3). Buradan belə bir nəticə meydana çıxır: Cismin vəziyyətini dəyişdirmədən cismə təsir edən qüvvənin tətbiq nöqtəsini öz təsir xətti boyunca istənilən nöqtəyə köçürmək olar.



Şəkil 3

$$\vec{P}_1 = -\vec{P}_2$$

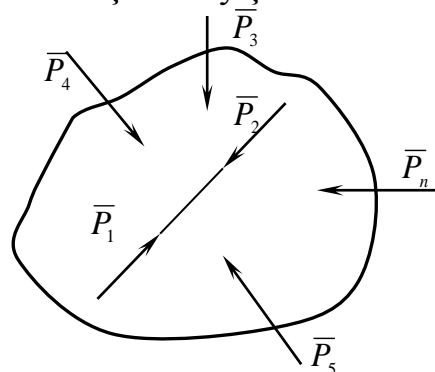
– bunlara müvazinətdə olan iki qüvvə halı

deyilir.

$$P_1 = -P_2$$

**İkinci aksioma** – Müəyyən qüvvələr sisteminin təsir a

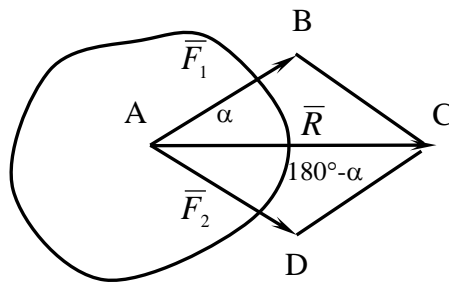
ltında olan cismə, müvazinətdə olan hər hansı sistemi əlavə etmək və ya ondan kənar etməklə cismin halında heç bir dəyişiklik olmaz (şək. 4).



$\bar{P}_1 = -\bar{P}_2$  – müvazinət təşkil edir.

$(\bar{P}_3, \bar{P}_4, \dots, \bar{P}_n) \equiv (\bar{P}_1, \bar{P}_2, \bar{P}_3, \bar{P}_4, \dots, \bar{P}_n)$  – ekvivalentdir.

**Üçüncü aksioma** – Bir nöqtədə tətbiq olunmaqla bir-biri ilə müəyyən bucaq əmələ gətirən iki qüvvənin əvəzləyicisi bu nöqtədə tətbiq olunub, qiymət və istiqamətcə həmin qüvvələr üzərində qurulmuş paraleloqramın diaqonalına bərabər olur (şək.5).



Şəkil 5

$\bar{F}_1 + \bar{F}_2 = \bar{R}$  – buna vektorial və ya həndəsi cəm deyilir.

Verilmiş  $\bar{F}_1$  və  $\bar{F}_2$  qüvvələrinin əvəzləyicisinin qiyməti ADC üçbucağından tapılır.

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos(180 - \alpha)$$

$\cos(180 - \alpha) = -\cos \alpha$  olduğundan

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$$

$\alpha = 0$  xüsusi halı üçün  $\cos \alpha = 1$  olur, onda

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2} = \sqrt{(F_1 + F_2)^2}$$

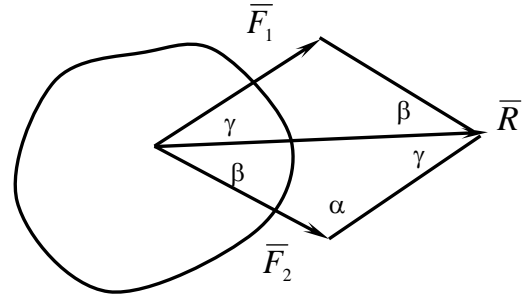
və ya

$$R = F_1 + F_2 \text{ alınır.}$$

$\alpha=180^\circ$  xüsusi halı üçün  $\cos\alpha=-1$  olur. Onda nəticədə  $R = F_1 - F_2$  olur. Paraleloqram qaydasında əvəzləyici qüvvənin istiqamətini isə sinuslar teoremi vasitəsilə təyin edirlər.

$$\frac{F_1}{\sin \beta} = \frac{F_2}{\sin \gamma} = \frac{R}{\sin \alpha} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \sin \gamma &= \frac{F_2 \sin \alpha}{R} \\ \sin \beta &= \frac{F_1 \sin \alpha}{R} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$



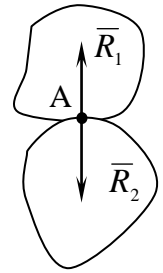
(2)-ci ifadə əvəzləyicinin istiqamətini müəyyən edir.

**Dördüncü aksioma** – İki cismin bir-birinə qarşılıqlı təsir qüvvələri həmişə qiymətcə bərabər istiqamətcə bir düz xətt üzərində əks yönəlmiş olurlar.

Görüşmə nöqtəsi A nöqtəsidir.

$$\bar{R}_1 = -\bar{R}_2$$

Bu halda cismin müvazinətindən danışmaq olmaz, çünki bu qüvvələr müxtəlif cisimlərə tətbiq olunublar.

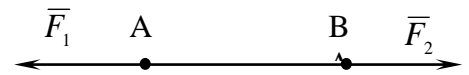


**Beşinci aksioma** – Verilmiş qüvvələr təsiri altında deformasiyaya uğrayan cisim müvazinətdə olarsa belə cismi mütləq bərk cisim kimi götürmək olar.

Bu aksioma deformasiyaya uğrayan cisim statikası ilə mütləq bərk cisim statikası arasında əlaqəni göstərir.

Yəni müvazinət halında mütləq bərk cismə aid olan teoremlər və nəticələr deformasiyaya uğrayan cismə də aid edilə bilər.

$\bar{F}_1 = -\bar{F}_2$  olarsa, onda cisim müvazinətdə olar.



Mütləq bərk cismə aid olan aksiomları, deformasiyaya uğrayan cismə aid etmək olar, lazımdır ancaq kafi deyil.

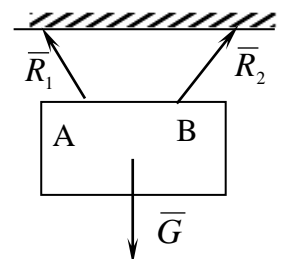
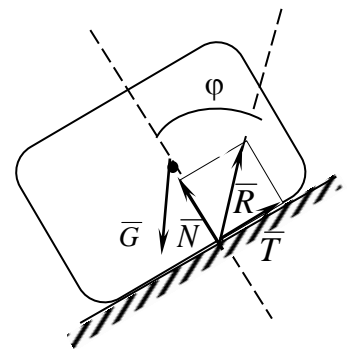
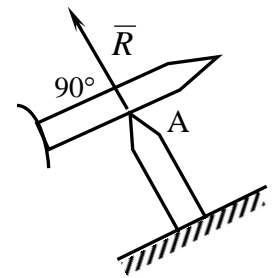
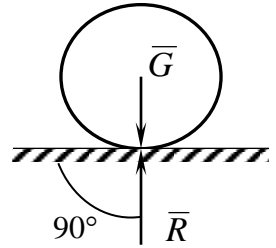
## Dayaqlar və onların növləri

Sərbəst bərk cismin ümumiyyətlə altı sərbəstlik dərəcəsi vardır. Yəni, sərbəst cisim elə cismə deyilir ki, onun bütün istiqamətlərdə yerdəyişmə ala bilsin. Elə yerdəyişmə altı istiqamətdə olur.

Bunlardan üçü koordinat oxları boyunca, qalan üçü isə bu oxlar ətrafında yerdəyişmələrdir (ona görə də sərbəst cismin altı sərbəstlik dərəcəsi vardır). Cismin sərbəstlik dərəcəsinə məhdudlaşdıran səbəb **dayaq** adlanır. Hərəkət istiqaməti məhdudlaşmış cismə **qeyri-sərbəst cisim** deyilir. Cismin dayağa təsiri **aktiv qüvvə**, dayağın cismə təsiri isə **reaktiv qüvvə** adlanır.

Ümumiyyətlə dayaqların aşağıdakı göstərdiyimiz növlərinə mexanika daha çox rast gəlinir.

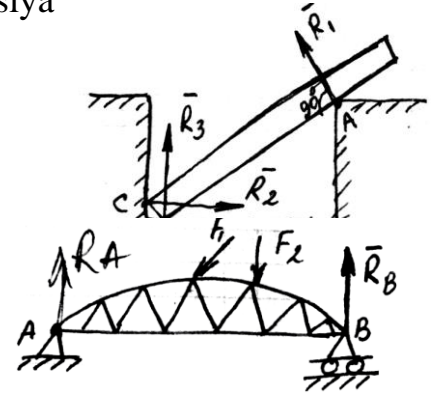
1. **Cisim ideal hamar səthə söykənir.** Bu halda reaksiya qüvvəsi (reaktiv qüvvə) söykəndiyi səthə normal istiqamətdə yönəlir. Təsir xətti görüşmə nöqtəsindən keçir. Reaksiya qüvvəsinin cəhəti hərəkət istiqaməti məhdudlaşmış cismin istiqamətinin əksinə yönəlir.
2. **Cisim tərpnəmz nöqtəyə söykənir.** Bu halda reaksiya qüvvəsi söykəndiyi nöqtədən cismin öz səthinə normal istiqamətdə yönəlir.
3. **Cisim qeyri-hamar səthə söykənir.** Burada reaksiya qüvvəsi iki qüvvədən ibarət olur. Biri normal  $\bar{N}$  – toxunma səthinə perpendikulyar, digəri  $\bar{T}$  səthə paralel istiqamətdə. Bu toxunan toplanan **sürtünmə qüvvəsi** adlanır və həmişə hərəkətin əksinə yönəlir.



4. **Dayaq elastik cisimlər vasitəsilə olur.** Elastik cisimlərə ipi, kanatı, zənciri göstərə bilərik. Bu halda reaksiya qüvvəsi həmin ip, kanat və zəncir boyunca yönəlmiş olur.

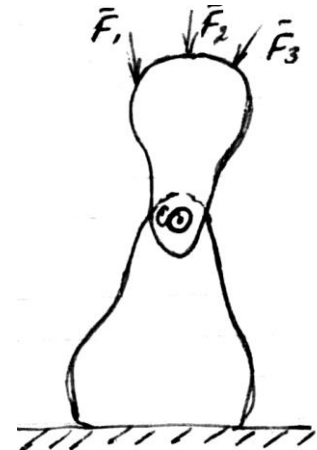
5. **Cisim tərpnəməz söykənir.** Bu halda reaksiya qüvvəsi söykəndiyi səthə normal yönəlir.

6. **Burada reaksiya qüvvəsi söykəndiyi səthə normal istiqamətdə yönəlir.** Bu tip dayaqlarda reaksiya qüvvəsinin tətbiq nöqtəsi və istiqaməti məlum olur, qiyməti isə naməlum olur.



Bu tip dayaqları **birinci növ dayaq** adlandırırlar.

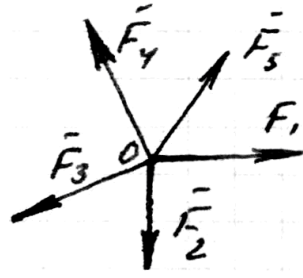
**İkinci növ dayaq** elə dayaqlardır ki, onların şərtləndiyi reaksiya qüvvələrinin iki ünsürü məchul olur (adətən qiymət və istiqaməti). İkinci növ dayaqlarda misal olaraq oynaqly dayaqlyarı misal olaraq göstərmək olar. Burada reaksiya qüvvəsi oynaqın mərkəzindən keçir, qiymət və istiqaməti isə naməlumdur. Burada reaksiya qüvvəsi C oynaqının mərkəzindən keçir.



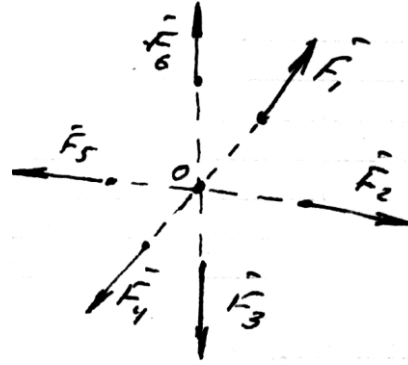
**Üçüncü növ dayaq**larda reaksiya qüvvəsinin üç ünsürü də naməlum olur. Bu dayaqlardan material müqaviməti bölməsində bəhs edilir.

## §2 Müstəvi üzərində kəsişən və bir nöqtədə tətbiq olunmuş qüvvələrin toplanması

Bir nöqtədə tətbiq olunmuş qüvvələr aşağıdakı şəkildə göstərdiyimiz kimi olur.



Şəkil 1



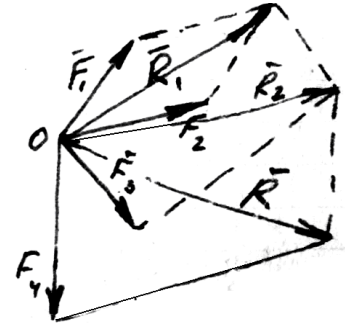
Şəkil 2

Burada O nöqtəsi **düyün nöqtəsi** adlanır.

İkinci şəkildə göstərilən sistemə **bir nöqtədə görüşə bilən qüvvələr** deyilir.

Çünki onların təsir xətlərini uzatdıqda O nöqtəsində görüşdüklerini görürük. İndi fərz edək ki, bir nöqtədə tətbiq olunmuş dörd qüvvə verilmişdir. Bu qüvvələrin toplanmasını paraleloqram qaydası ilə yerinə yetiririk.

Yəni, qüvvələri iki-iki götürüb paraleloqram qururuq və əvəzləyicisini tapırıq. Məsələn,  $\vec{F}_1$  və  $\vec{F}_2$  qüvvələri üzərində paraleloqram qurub onlar üçün  $\vec{R}_1$  əvəzləyicini tapırıq.



Şəkil 3

$$\vec{R}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \text{ olur.}$$

Sonra  $\vec{F}_3$  ilə  $\vec{R}_1$  üzərində paraleloqram qurub  $\vec{R}_2$  əvəzləyicisini tapırıq.

$$\vec{R}_2 = \vec{R}_1 + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

və nəhayət  $\vec{R}_2$  ilə  $\vec{F}_4$  qüvvəsindən  $\vec{R}$  əvəzləyicisini tapırıq.

$$\vec{R} = \vec{R}_2 + \vec{F}_4 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

Verilmiş qüvvələrin sayı çox olduqda əməliyyat bu cür aparılacaq və əvəzləyici üçün bu dəfə

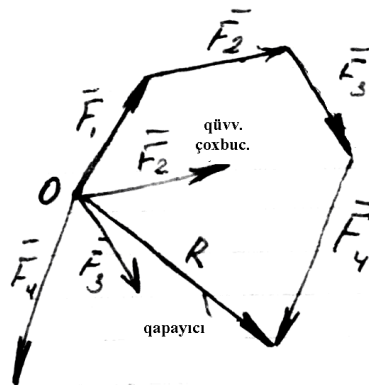
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n \text{ və ya}$$

$$\vec{R} = \sum \vec{F}_i \text{ yazmalı olacağıq.}$$

Verilmiş qüvvələrin yuxarıda göstərdiyimiz kimi paraleloqram qaydası ilə toplanmasına **həndəsi toplama** deyilir.

Deməli, bir nöqtədə tətbiq olunmuş qüvvələrin əvəzləyicisi qiymət və istiqamətcə bu qüvvələrin həndəsi cəminə bərabər olur və həmin nöqtədə tətbiq olunur.

Verilmiş qüvvələrin toplanmasını daha sadə üsulla, yəni çoxbucaqlı qurma üsulla ilə də edə bilərik. Bunun üçün birinci qüvvənin sonundan  $\vec{F}_2$  qüvvəsinə həndəsi bərabər AB vektorunu çəkirik və  $\vec{F}_2$ -ni sonundan  $\vec{F}_3$ -ə həndəsi bərabər olan BC vektorunu və bu kimi davam edirik. Nəhayət alınmış sınıq xətti O başlanğıcı ilə qapayan  $\vec{R}$  vektoru əvəzləyicisini verir.



Şəkil 4

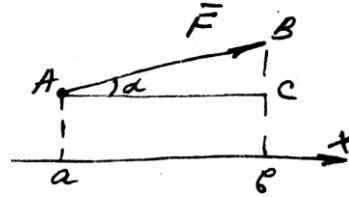
Qüvvələrin bu cür toplanmasına **qüvvələr çoxbucaqlısı qaydası** deyilir.

### §3. Qüvvənin ox üzərinə proyeksiyası

Qüvvənin ox üzrə proyeksiyası qüvvənin qiyməti (modulu) ilə həmin qüvvə ilə ox arasında qalan bucağın kosinusu hasilinə bərabərdir. Əgər qüvvənin istiqaməti ilə oxun müsbət istiqaməti arasında qalan bucaq iti olarsa, proyeksiya müsbət, kor olarsa, proyeksiya mənfi olar. Qüvvənin ox üzərindəki proyeksiyasının qiymətini tapmaq üçün qüvvənin başlanğıcından və sonundan oxa perpendikulyar endiririk. Onda alırıq

$$F_x = ab = F \cos \alpha$$

Birinci hal



Bu halda vektorun proyeksiyası müsbət qiymət alır.

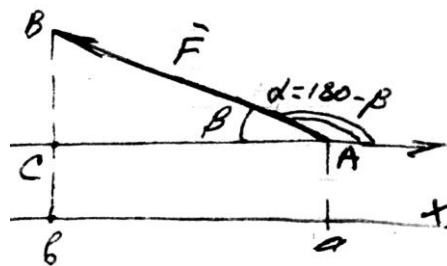
İkinci hal

Verilmiş  $\vec{F}$  qüvvəsi yenə  $x$  oxu ilə bir müstəvi üzərindədir, ancaq  $x$  oxunun müsbət istiqaməti ilə kor bucaq əmələ gətirir.

Onda  $\vec{F}$  qüvvəsinin  $x$  oxu üzərində proyeksiyası:

$$F_x = ab = F \cos \alpha$$

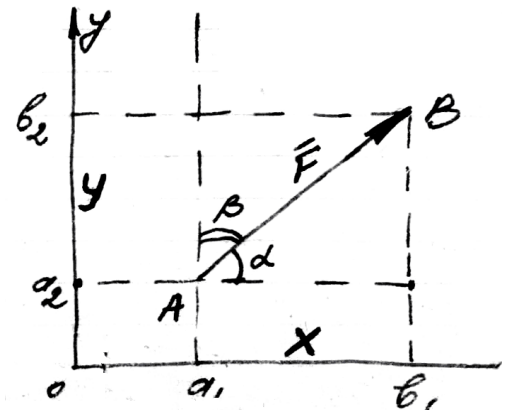
$$\cos \alpha = -\cos \beta$$



Şəkildən görürük ki,  $\alpha > 90^\circ$ -dir.

$\beta$  iti bucaq olduğuna görə, vektorun proyeksiyasının qiymətini iti bucaqla yazsaq  $F_x = -F \cos \beta$  alınır. Bu halda qüvvənin proyeksiyası mənfi olur. Qüvvə vektorunun tamamilə müəyyən etmək üçün onun iki ox üzərinə olan proyeksiyaları verilməlidir. Onda bu vektorun həm qiyməti, həm də istiqaməti tapıla bilər.

Fərz edək ki, bir-birinə perpendikulyar olan iki ox üzərində  $a_1b_1$  və  $a_2b_2$  proyeksiyaları verilmişdir. Onda  $a_1$  və  $b_1$  nöqtələrindən  $x$  oxuna,  $a_2$  və  $b_2$  nöqtələrindən  $y$  oxuna



perpendikulyarlar qaldırıraq. Uyğun perpendikulyarların A və B kəsişmə nöqtəsi bizə  $\overline{AB} = \overline{F}$  qüvvəsini verəcək.

$\overline{F}$  qüvvəsi Ox oxu ilə  $\alpha$  iti bucağını, Oy oxu ilə  $\beta$  iti bucağını əmələ gətirir.

Şəkildən görünür ki,

$$x = a_1 b_1 = F \cos \alpha \quad (1)$$

$$y = a_2 b_2 = F \cos \beta = F \cos(90 - \alpha) = F \sin \alpha \quad (2)$$

(1) və (2)-nin hər iki tərəfi kvadrata yüksəldib, tərəf tərəfə toplasaq

$$x^2 + y^2 = F^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha)$$

və ya

$$F = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

(3) düsturu qüvvənin qiymətini (modulunu) verir, qüvvənin istiqamətini isə (1) və (2) düsturlarına əsasən

$$\cos \alpha = \frac{x}{F} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

və

$$\cos \beta = \frac{y}{F} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

düsturlarından tapmaq olar.

### **Müstəvi üzərində ixtiyari vəziyyətdə yönələn qüvvələr.**

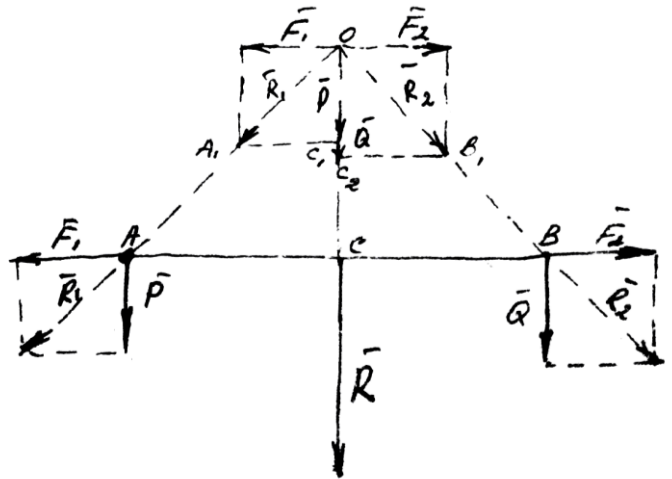
#### **Eyni tərəfə yönəlmiş paralel qüvvələrin toplanması**

Təsir xətləri paralel olan qüvvələrə **paralel qüvvələr** deyilir. Qüvvə sürüşkən vektor olduğundan onun təsir xətti üzərində istənilən nöqtəyə köçürmək olar.

Fərz edək ki, bizə iki paralel və eyni istiqamətdə istiqamətlənmiş  $\bar{P}$  və  $\bar{Q}$  qüvvələri verilib. Tutaq ki, bu qüvvələrin tətbiq nöqtələri AB üzərində yerləşib. A və B nöqtələrinə qiymətcə bərabər, istiqamətcə əks olan iki qüvvə tətbiq edək.

$$(\bar{F}_1; \bar{F}_2) \equiv 0$$

Əvəzləyici  $\bar{R}_1$  və  $\bar{R}_2$  qüvvə-



lərin öz təsir xətləri boyunca kəsişdiyi qədər uzadaq.  $\bar{R}_1$  və  $\bar{R}_2$ -nin iki toplanana ayıraq.

$$\bar{R}_1 = \bar{P} + \bar{F}_1$$

$$\bar{R}_2 = \bar{Q} + \bar{F}_2$$

Onda  $\bar{F}_1 = -\bar{F}_2$  olduğundan  $\bar{R} = \bar{P} + \bar{Q}$  olur və yaxud  $R = P + Q$ .

Paralel qüvvələr də cəbri toplanırlar.

Daha doğrusu paralel qüvvələrin əvəzləyicisini tapmaq üçün həmin qüvvələrin cəbri cəmini tapırıq.

Eyni istiqamətdə yönəlmiş iki paralel qüvvələrin əvəzləyicisi həmin qüvvələrin cəbri cəminə bərabər olub, onun təsir xətti isə həmin qüvvələrin tətbiq nöqtələrini birləşdirən düz xətti qüvvələrlə tərs mütənasib hissələrə bölür və həmin qüvvələr istiqamətində yönəlir.

$\triangle AOC$  və  $\triangle A_1OC_1$ -dən

$$\frac{F_1}{AC} = \frac{P}{OC}, \quad F_1 = A_1C_1 \quad (1)$$

$\triangle COB$  və  $\triangle OB_1C_2$ -dən

$$\frac{F_2}{CB} = \frac{Q}{OC} \quad (1)$$

(1) və (2)-in tərəf tərəfə bölək

$$\frac{F_2}{CB} : \frac{F_1}{AC} = \frac{Q}{OC} : \frac{P}{OC}$$

$$\frac{F_2 \cdot AC}{F_1 \cdot CB} = \frac{Q \cdot OC}{P \cdot OC}$$

bu bərabərlikdə  $F_1$  və  $F_2$  qüvvələri mütləq qiymətə bərabər olduğundan ixtisar edirik. Nəticədə

$$\frac{P}{CB} = \frac{Q}{AC} \text{ alırıq.}$$

Yazılanlardan aşağıdakı nəticəni çıxarmaq olar

$$\frac{P+Q}{CB+AC} = \frac{P}{CB} = \frac{Q}{AC}$$

$$\left. \begin{array}{l} P+Q=R \\ CB+AC=AB \end{array} \right\} \text{ olduğundan}$$

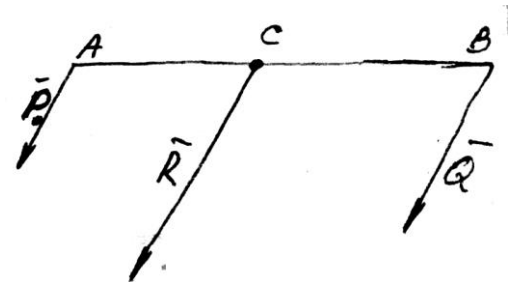
$$\frac{R}{AB} = \frac{Q}{AC} = \frac{P}{CB} \quad (*)$$

Əvəzləyici qüvvənin tətbiq nöqtəsi (C) AB parçasını qüvvələrlə tərs mütənasib hissələrə bölür.

Fərz edək ki,  $\bar{R}$  qüvvəsi verilib, bunu eyni tərəfə istiqamətlənmiş iki qüvvəyə ayırmaq lazımdır. Bu qeyri-müəyyən məsələdir. Çünki bir qüvvənin iki qüvvəyə ayırdıqda sonsuz hesabsız cavab almaq olar. Məsələ müəyyən olması üçün hökmən toplanan qüvvələrin iki ünsürü məlum olmalıdır:

- 1) Hər iki qüvvənin çiyini (təsir xətləri);
- 2) Hər iki qüvvənin qiyməti;
- 3) Bir qüvvənin həm qiyməti və həm də çiyini;
- 4) Bir qüvvənin çiyini, digərin isə qiyməti.

**Məsələ.** Tutaq ki, C nöqtəsində tətbiq olunmuş  $\bar{R}$  qüvvəni həmin tərəfə istiqamətləndirməklə A və B nöqtələrində tətbiq olunmuş iki qüvvəyə ayırmaq lazımdır.



$$R = 90 \text{ kq}; \quad AC = 6 \text{ m}; \quad CB = 3 \text{ m}$$

Tapılır P və Q.

Məsələ şərtindən

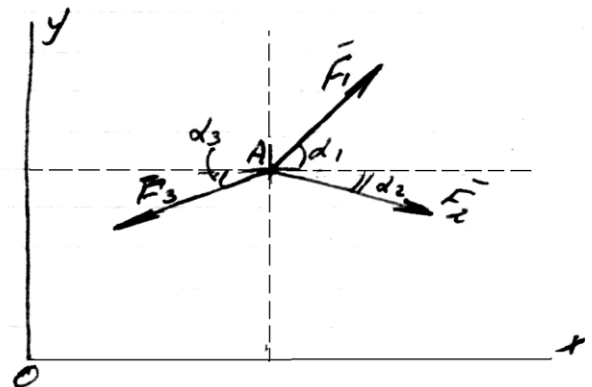
$$AB = AC + CB = 9 \text{ m}.$$

$$Q = \frac{R \cdot AC}{AB} = \frac{90 \cdot 6}{9} = 60 \text{ kq}$$

$$P = \frac{R \cdot CB}{AB} = \frac{90 \cdot 3}{9} = 30 \text{ kq}$$

### Müvazinətdə olan üç qüvvə halı

Tutaq ki, bizə A nöqtəsində tətbiq edilməklə müvazinətdə üç  $\bar{F}_1$ ;  $\bar{F}_2$  və  $\bar{F}_3$  qüvvələri verilib. Çünki onlar müvazinətdədir, onda ixtiyari seçilmiş Ox və Oy oxları üzərindəki proyeksiyalarının cəbri cəmi sıfıra bərabər olmalıdır.



$$\sum x_i = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 - F_3 \cos \alpha_3 = 0$$

$$\sum y_i = F_1 \sin \alpha_1 + F_2 \sin \alpha_2 - F_3 \sin \alpha_3 = 0$$

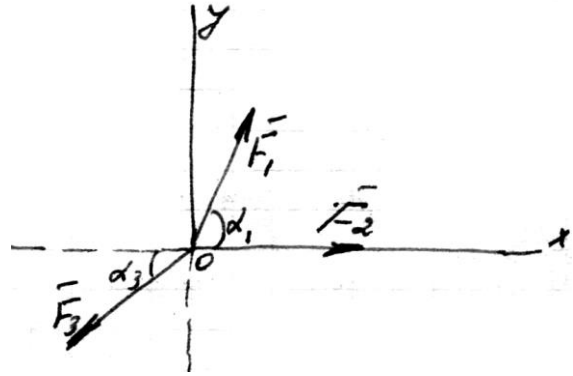
Bu tənliklərə fikir versək görürük ki, onlara altı kəmiyyət və sıfır daxil olmuşdur. Məlumdur ki, ki tənlikdən yalnız iki məchulu tapmaq mümkündür. Ona görə yuxarıdakı kəmiyyətlərdən dördü məsələnin şərtindən məlum olmalıdır.

Müvazinətdə olan üç qüvvə üçün analitik müvazinət şərtləri yazmaq istədikdə koordinat oxlarından birini qüvvələrindən birinin üzərinə salmaq daha yaxşı olar.

Onda

$$\left. \begin{aligned} \sum x_i &= F_1 \cos \alpha_1 + F_2 - F_3 \cos \alpha_3 = 0 \\ \sum y_i &= F_1 \sin \alpha_1 - F_3 \sin \alpha_3 = 0 \end{aligned} \right\}$$

Bu tənliklərdə üç kəmiyyət məlum olsa, yerdə qalan ikisini tapmaq olar.

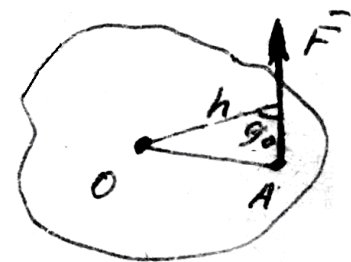


### Qüvvənin seçilmiş nöqtəyə nəzərən momenti

Əgər cismin bir nöqtəsi ya iki nöqtəsi tərpənməz qalarsa belə cismə qeyri-sərbəst cisimlər deyilir. Belə cisimlərə qüvvə təsir edərsə cismin ya tərpənməz nöqtə ətrafında ya da tərpənməz nöqtələrdən keçən ox ətrafında hərəkət olacaqdır.

Fərz edək ki, belə cisim verilib, ona  $\vec{F}$  qüvvəsi təsir edir. Həmin cismin O nöqtəsi tərpənməzdir. Onda  $\vec{F}$  qüvvəsi təsiri altında cisim O nöqtəsi ətrafında ya O nöqtəsindən keçən oxa perpendikulyar halda hərəkət edəcək. Bu halda qüvvənin cismə təsiri iki kəmiyyətdən asılı olur. Birinci qüvvənin qiyməti, ikinci isə onun təsir xəttinin tərpənməz nöqtədən olan məsafəsidir.

Beləliklə, qüvvənin cismə təsir effekti moment ilə ölçülür  $M_0(\vec{F})$ .

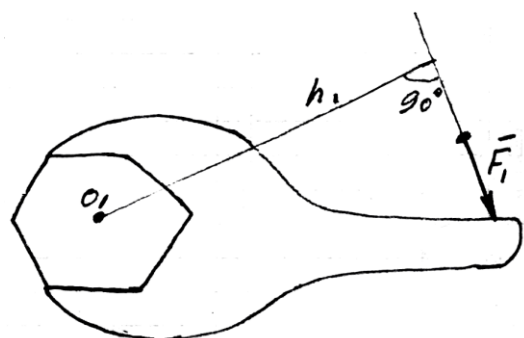


Moment qiymətcə qüvvənin modulu ilə onun təsir xəttinin tərpənməz nöqtədən olan ən qısa məsafəsi vurma hasilinə bərabərdir.

$$M_0(\vec{F}) = F \cdot h$$

$h$  – qüvvənin qolu adlanır.

$$M_{01} = F_1 \cdot h_1$$



Əgər qüvvə cismi saat əqrəbi istiqamətində fırladarsa, onda moment müsbət, əgər saat əqrəbin əksinə fırladarsa moment mənfi götürülür.

Qüvvənin nöqtəyə nəzərən momenti aşağıdakı hallarda sifira bərabər olur.

$$1) h = 0$$

$$2) F = 0$$

$$M_0(\vec{F}) = 0$$

$$M_0(\vec{F}) = 0$$

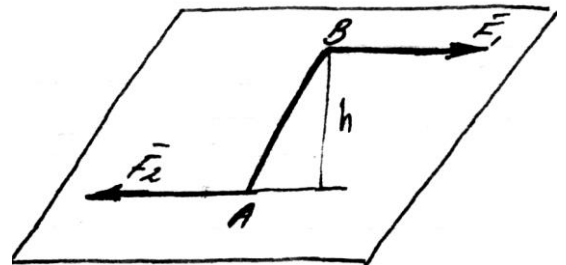
3) müvazinətdə olan iki qüvvənin nöqtəyə nəzərən momentlərin cəmi sifira bərabər olur.

### Cüt qüvvələr. Cütün momenti

Qiymətcə bərabər, istiqamətcə əks iki paralel qüvvə, cüt qüvvə ya da sadəcə olaraq cüt adlanır. Cüt cismə fırlanma hərəkəti verir. Cütü bir qüvvə ilə əvəz etmək olmaz. Onun əvəzləyicisi yoxdur ( $R=0$ ). Cütün qüvvələrinin yerləşdiyi müstəviyə **təsir müstəvisi** deyilir.

Cütün cismə təsiri yalnız onun qüvvəsinin qiymətindən asılı deyil, eyni zamanda qüvvələr arasındakı məsafədən də asılıdır.

Cütün qolu onun qüvvəsinin birinin tətbiq nöqtəsindən digərinin istiqamətinə endirilmiş perpendikulyarın uzunluğunu deyilir.



Cütün cismə təsir effektini onun momenti ilə xarakterizə edirlər. Cütün momenti onun qüvvəsinin qiyməti (modulu) ilə qolunun hasilinə bərabərdir.

$$M(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = F_1 h = F_2 h, \quad \text{N}\cdot\text{m}$$

Əgər fırlanma istiqaməti saat əqrəbi istiqamətində olarsa, şərti olaraq momenti müsbət, əksinə olarsa mənfi götürürük.

Cütlərin aşağıdakı əsas xassələri var:

- 1) Cütün qüvvələrinin bu qüvvələr müstəvisi üzərində seçilən hər hansı mərkəzə nəzərən momentlərini cəbri cəmi cütün öz momentinə bərabər olur.
- 2) Cütü təsir müstəvi üzərində istənilən yerə köçürməklə onun cismə olan təsiri dəyişməz.
- 3) Cütün qüvvələrini və qolunu dəyişdirməklə onun cismə olan təsiri dəyişməz, bu şərtlə ki, momenti, qiymət və işarəsi dəyişməmiş qalsın.
- 4) Bir neçə cütün toplanmasından alınan əvəzləyici cütün momenti toplanan cütlərin momentlərinin cəbri cəminə bərabər olur.

**Məsələ.** Verilmiş bir müstəvi üzərində olan üç cütün toplanmasından alınan əvəzləyici cütün momentlərini tapın.

Verilir:

$$P_1 = P'_1 = 12 \text{ kN} ; h_1 = 2,2 \text{ m}$$

$$P_2 = P'_2 = 8 \text{ kN} ; h_2 = 3,6 \text{ m}$$

$$P_3 = P'_3 = 6 \text{ kN} ; h_3 = 1,8 \text{ m}$$

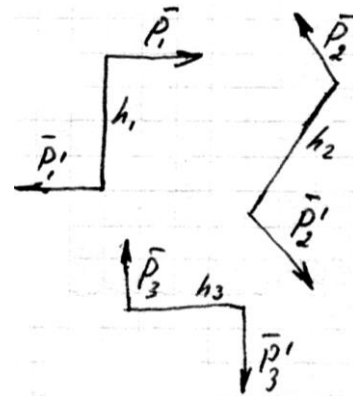
**Həlli:**

$$M_1 = P_1 h_1 = 12 \cdot 2,2 = 26,4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = -P_2 h_2 = -8 \cdot 3,6 = -28,8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_3 = P_3 h_3 = 6 \cdot 1,8 = 10,8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M = \sum_{i=1}^n M_i = M_1 + M_2 + M_3 = 26,4 - 28,8 + 10,8 = 8,4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



## II HİSSƏ. KİNEMATİKA

### §4 Əsas anlayışlar

Kinematika “Nəzəri mexanika”nın bir hissəsi olub, maddi nöqtənin və ya bərk cismin mexaniki hərəkətini, bu hərəkəti yaradan səbəbi nəzərdə tutmadan öyrənir.

Nöqtənin və cismin hərəkəti “Kinematika” hissəsində yalnız həndəsi cəhətdən öyrənilir (hərəkəti yaradan səbəb nəzərdə tutmadan). Məlumdur ki, “Kinematika” hissəsi özü iki hissədən ibarətdir:

1. Nöqtə kinematikasını;
2. Sistem və ya bərk cismin kinematikasını.

Hərəkət edən nöqtənin fəzada ardıcıl vəziyyətlərinin həndəsi yeri onun **trayektoriyası** adlanır. Ola bilər ki, trayektoriya düzxətli və əyrixətli olsun, bu halda hərəkətə uyğun olaraq **düzxətli** və ya **əyrixətli** adlanır. Nöqtənin hərəkətini bilmək, onun istənilən anda fəzada tutduğu vəziyyəti, cızdığı trayektoriyasını və bu trayektoriya boyunca sürət və təcilini bilmək deməkdir.

Nöqtənin hərəkəti, onun fəza nöqtələrini zamandan asılı olaraq ardıcıl və arakəsilməz sürətdə keçməsinə deyilir. Bu tərifdən görünür ki, nöqtənin hərəkəti anlayışı, həndəsi yerdəyişmə anlayışı ilə zaman anlayışından əmələ gəlir.

Məlumdur ki, yerdəyişmələr, məsafələr, yollar uzunluq ölçüsü ilə m, sm, mm ilə ölçülür.

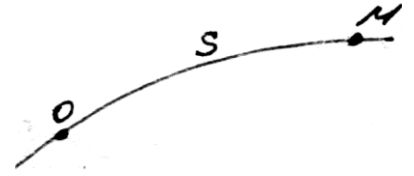
Zaman vahidi saniyə ilə götürülür (saniyə cüzi xəta ilə orta günəş gününün (gecə-gündüzün  $\frac{1}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1}{86400}$  hissəsinə bərabər qəbul olunur).

Zaman arakəsilməz dəyişən skalyar kəmiyyətdir,  $t$  ilə işarə olunur. Nöqtənin fəzadakı hərəkəti hər şeydən əvvəl onun sürəti ilə xarakterizə olunur. Sürət verilmiş zaman anında nöqtənin hərəkətini və hərəkətin istiqamətini göstərən kəmiyyətdir. Sürətdən asılı olaraq hərəkət bərabər sürətli və dəyişən sürətli olur.

## Nöqtənin hərəkətinin verilmə üsulları

Fərz edək ki, bizə fəzada hərəkət edən M nöqtəsinin trayektoriyası verilmişdir.

Tək bu trayektoriyanın verilməsi ilə hərəkət verilmiş hesab edilə bilməz. Əvvəlcə, nöqtənin bu trayektoriya üzərində haradan hərəkət etməyə başlamış olduğunu bilmək lazımdır, tutaq ki, O nöqtəsindən başlamışdır.



Bundan əlavə nöqtənin bu trayektoriya üzərində O nöqtəsindən S məsafəsi ilə t zamanı arasındakı əlaqə  $S = f(t)$  verilmişdir. Burada S – yoldur; M nöqtənin getdiyi yoldur; t – zamandır.

$S = f(t)$  funksional asılılığı bir qiymətli arasıkəsilməz və diferensiallana bilən asılılıq olmalıdır. Nöqtə hərəkətinin bu cür verilməsinə **birinci üsul** və ya **təbii üsul** deyilir.

Müstəvi üzərində hərəkət edən nöqtənin vəziyyəti, onun bir-birinə perpendikulyar iki oxlar üzrə olan koordinatlarına görə də təyin etmək olar. Bu üsula **ikinci üsul** və ya **koordinat (analitik) üsulu** deyilir.

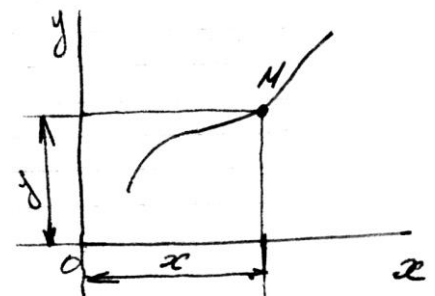
Nöqtənin hərəkəti zamanı  $x$  və  $y$  onun koordinatları zamandan asılı olaraq dəyişir.

Bu dəyişmə aşağıdakı şəkildə göstərilir.

$$\left. \begin{aligned} x &= f_1(t) \\ y &= f_2(t) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(1) tənliyinə düzbucaqlı koordinat sistemində nöqtənin **hərəkət tənliyi** deyilir. Onların köməyi ilə

nöqtənin trayektoriyasının tənliyini tapmaq olar. Onun üçün (1) tənliyindən t zamanının yerinə  $y = f(x)$  funksiyasını, yəni koordinatlar arasındakı asılılıq tənliyini yazırıq. Fəzada nöqtənin hərəkəti uyğun olaraq aşağıdakı üç tənliklə verilir:



$$x = f_1(t)$$

$$y = f_2(t)$$

$$z = f_3(t)$$

**Məsələ.** Verilmiş nöqtənin hərəkət  $\left. \begin{array}{l} x = at^2 \\ y = bt \end{array} \right\}$  tənliklərindən, onun

trayektoriyasının tənliyini tapmaq lazımdır.

**Həlli:** Tənliklərdən  $t$  parametrini yox edib  $x$  və  $y$ -dən asılı bir tənlik yazaq:

$$t = \frac{y}{b},$$

onda  $x = a \cdot \frac{y^2}{b^2}$ , buradan  $ay^2 - b^2x = 0$  bu parabola tənliyidir.

### Bərabərsürətli və dəyişənsürətli hərəkət. Nöqtənin sürəti

Əgər nöqtə bərabər zaman fasilələrində bərabər yollar qət edirsə, onda onun hərəkətinə **bərabər sürətli hərəkət** deyilir. Bərabərsürətli hərəkətdə sürət müəyyən vaxt ərzində gedilən yolun həmin yolun gedilməsinə sərf olunan zamana olan nisbəti ilə təyin olunur.

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

burada  $v$  – sürət;  $s$  – yol;  $t$  – zamandır.

Sürətin ölçü vahidləri – m/san, km/saat və s.

(1)-dən gedilən yol  $s = v \cdot t$  və zaman  $t = \frac{s}{v}$ .

Əgər nöqtə bərabər zaman fasilələrində müxtəlif (qeyri-bərabər) yollar gedirsə, onda onun hərəkəti **dəyişənsürətli hərəkət** adlanır.

Həmin tərifdən görünür ki, dəyişənsürətli hərəkətdə sürətin qiyməti dəyişəndir və bu sürət zamanın funksiyasıdır, yəni:

$$v = f(t)$$

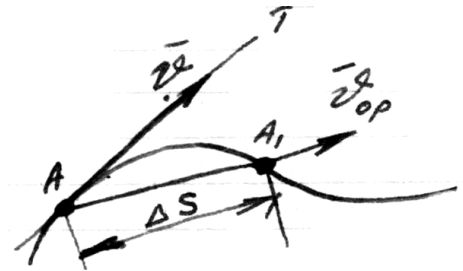
Bu cür hərəkətdə adətən orta sürəti təyin etmək lazım gəlir.

$$v_{or} = \frac{s}{t}$$

Burada  $s$  dəyişənsürətli hərəkətdə gedilən yoldur;  $t$  – isə həmin yolu getmək üçün sərf olan zamandır.

İndi hərəkətin təbii (birinci) üsulla verildiyi halda sürətin təyin edilməsinə baxaq.

Tutaq ki,  $A$  nöqtəsi  $s = f(t)$  asılılığı ilə aşağıdakı trayektoriyanı cızmışdır.  $A$  nöqtəsi  $\Delta t$  anında  $AA_1$  qövsü üzrə hərəkət edib,  $A_1$  vəziyyətini alıb. Bu yolu  $\Delta s$ -lə göstərək.  $AA_1$  qövsünü onun vətəri ilə əvəz etsək, onda orta sürət



$$v_{or} = \frac{AA_1}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Bu sürət vətər boyunca  $A$ -dan  $A_1$ -dək doğru yönəlib.

Həqiqi sürəti  $\Delta t \rightarrow 0$  şərti ilə limit alsaq taparıq

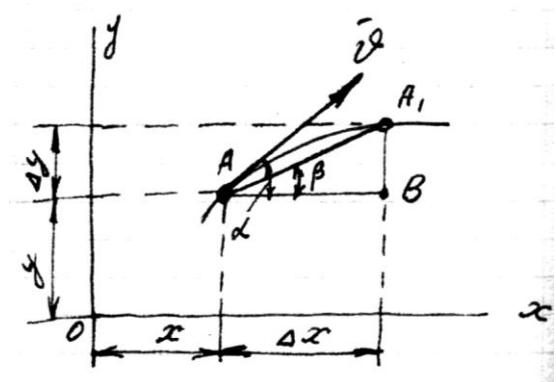
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{AA_1}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

$\Delta t \rightarrow 0$  olduqda vətər əyriyə həmin nöqtədə şəkilməmiş toxunanın üstünə düşür.

Beləliklə, görürük ki, sürət vektorial kəmiyyətdir. Həmin vektor verilmiş nöqtədə əyriyə toxunan istiqamətdə olur. Onun qiyməti isə gedilən yolun zamana görə 1-ci tərtib törəməsinə bərabərdir.

Nöqtənin hərəkəti koordinat üsulu ilə verildikdə onun sürətin koordinat oxları üzərindəki proyeksiyaları ilə təyin edirlər.

$\Delta t$  anında nöqtənin getdiyi yol  $AA_1$  qövsünə bərabərdir, onu  $\Delta s$  ilə işarə edək. Həmin qövsün vətərini koordinat oxları üzərinə proyektəndirək.



$$\Delta x = AB = AA_1 \cos \beta$$

$$\Delta y = A_1 B = AA_1 \sin \beta$$

Burada  $AA_1$  – vətərdir.

Bu bərabərliklərin hər iki tərəfini  $\Delta t$ -yə bölsək, onda

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{AA_1}{\Delta t} \cos \beta$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{AA_1}{\Delta t} \sin \beta$$

( $\Delta t \rightarrow 0$ )  $\Delta t$  sıfıra yaxınlaşdıqda vətərin uzunluğu qövsün uzunluğuna yaxınlaşır.

Onda

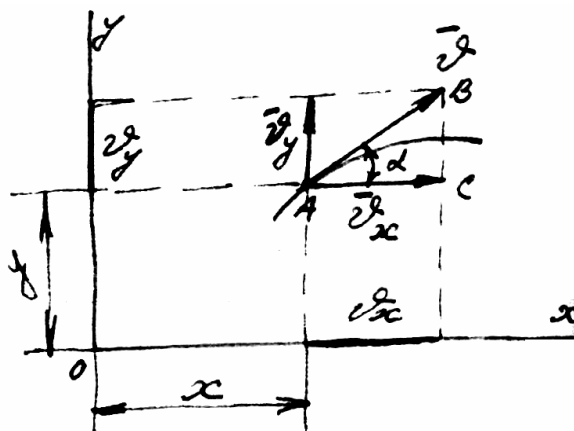
$$\frac{dx}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[ \frac{AA_1}{\Delta t} \cos \beta \right] = \frac{ds}{dt} \cos \alpha = v \cos \alpha$$

$$\frac{dy}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[ \frac{AA_1}{\Delta t} \sin \beta \right] = \frac{ds}{dt} \sin \alpha = v \sin \alpha$$

$\frac{dx}{dt} = v \cos \alpha = v_x$  – bu sürətin absis ( $x$ ) oxu üzərinə proyeksiyasıdır.

$\frac{dy}{dt} = v \sin \alpha = v_y$  – bu sürətin ordinat ( $y$ ) oxu üzərinə proyeksiyasıdır.

Bu qrafiki olaraq aşağıdakı kimi olur.





$\bar{v}$  vektoru istiqamətində  $\overline{AC}$  vektorunu götürək,  $\overline{AC}$  qiymətə  $\bar{v}_1$ -ə bərabər olsun. C nöqtəsinin D nöqtəsi ilə birləşdirib  $\overline{CD}$  vektorunu alırıq.

Sürət dəyişikliyi alan  $\overline{BD}$  və  $\overline{CD}$  vektorlarının həndəsi cəmi kimi göstərmək daha məqsədə uyğundur.

Onda

$$\overline{BD} = \overline{BC} + \overline{CD}$$

Sürətin dəyişikliyi  $\Delta t$  zamanına bölüb orta təcili tapaq:

$$\bar{a}_{or} = \frac{\overline{BD}}{\Delta t} = \frac{\overline{BC}}{\Delta t} + \frac{\overline{CD}}{\Delta t}$$

Həqiqi təcili  $\Delta t \rightarrow 0$  sərhəd şərtlərində aşağıdakı cür təyin edirlər:

$$\bar{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overline{BD}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( \frac{\overline{BC}}{\Delta t} + \frac{\overline{CD}}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overline{BC}}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overline{CD}}{\Delta t}$$

$\overline{BC}$  vektorun qiyməti  $\overline{BC} = \bar{v}_1 - \bar{v}$  şəkildən görünür;  $\overline{BC} = \bar{v}_1 - \bar{v} = \Delta \bar{v}$

$$CD = 2DE = 2AD \sin \frac{\Delta \varphi}{2} = 2v_1 \sin \frac{\Delta \varphi}{2}$$

$$AD = v_1$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overline{BC}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

Bu birinci cəmdir. Bu sürətin zamana görə birinci törəməsidir. Toxunana təcil sürətin qiymətini dəyişməsinə xarakterizə edir və verilmiş nöqtədə əyriyə toxunan istiqamətdə yönəlir. Toxunan təcil

$$\bar{a}_t = \frac{dv}{dt}$$

İkinci həddin qiymətini təyin edək:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overline{CD}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{2v_1 \cdot \sin \frac{\Delta \varphi}{2}}{\Delta t}$$

Bu ifadənin müəyyən çevirmələr etməklə sərhəd şərtləri daxilində hesablasaq hazır şəkildə aşağıdakı cür alırıq

$$\bar{a}_n = \frac{v^2}{\rho}$$

İkinci hədd bizə normal təcili verir. Normal təcil sürətin istiqamətinin dəyişməsinə xarakterizə edir.

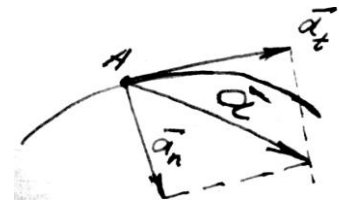
Tam təcil:

$$\bar{a} = \bar{a}_t + \bar{a}_n$$

$\bar{a}_n$  və  $\bar{a}_t$  bir-birinə perpendikulyar olduğu üçün,

tam təcilin qiyməti:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{\rho}\right)^2}$$

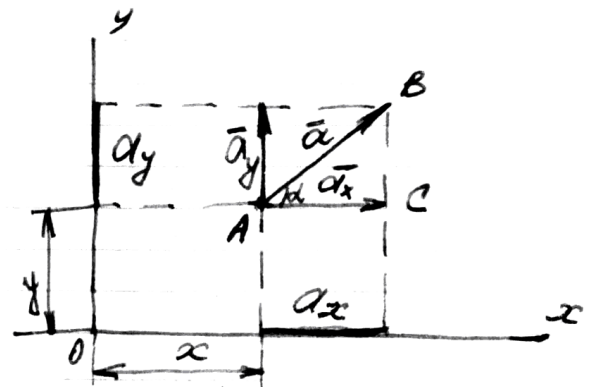


Nöqtənin təcilini oxlar üzrə proyeksiyaları uyğun koordinatlarından zamana görə alınmış ikinci tərtib törəməyə bərabərdir.

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$a_y = \frac{d^2y}{dt^2}$$

Təcilin verilmiş proyeksiyalarına görə qiyməti aşağıdakı ( $\Delta ABC$ -dən) cür tapılır:



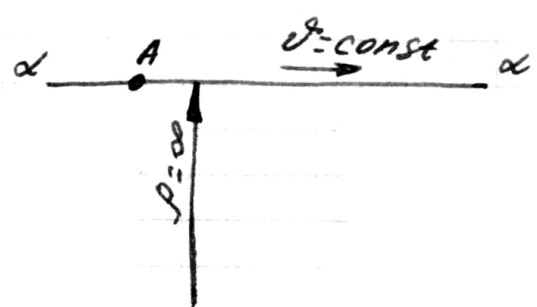
$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

Tam təcili  $\bar{a} = \bar{a}_x + \bar{a}_y$ , bu cür iki toplanana ayırmaq olar.

Təcilin istiqaməti isə  $\cos \alpha = \cos L(\bar{a}, x) = \frac{a_x}{a}$ .

### Nöqtənin düz xəfli və əyri xəfli hərəkətində sürət və təcil

1. Nöqtə düzxətli trayektoriya boyunca bərabər sürətli hərəkət edir. Yəni A nöqtəsini sürəti sabit kəmiyyətdir və A nöqtəsinin



düzxətli trayektoriya boyunca hərəkəti zamanı əyrilik radiusu ( $\rho = \infty$ ) kosinusluğa bərabərdir.

Onda toxunan təcil:

$$a_t = \frac{dv}{dt} = 0 \quad (v = \text{const})$$

Normal təcil isə

$$a_n = \frac{v^2}{\rho} = 0 \quad (\rho = \infty)$$

Deməli, bu halda tam təcil də sıfır bərabərdir.

$$\bar{a} = 0$$

2. Nöqtə əyrixətli trayektoriya boyunca bərabər sürətli hərəkət edir. Yəni A nöqtəsinin sürəti sabit kəmiyyətdir və əyrilik radiusu sonlu bir qiyməti var.

Hər bir anda A nöqtəsinin sürəti əyriyə çəkilmiş toxunan istiqamətində yönəlir.

Bu vaxt toxunan təcil:

$$a_t = \frac{dv}{dt} = 0 \quad (v = \text{const})$$

Normal təcil isə:

$$a_n = \frac{v^2}{\rho} \neq 0 \quad (\rho - \text{sonlu kəmiyyətdir})$$

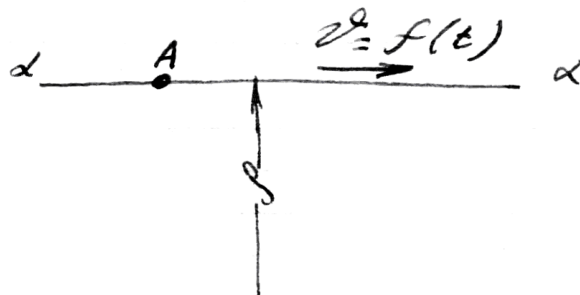
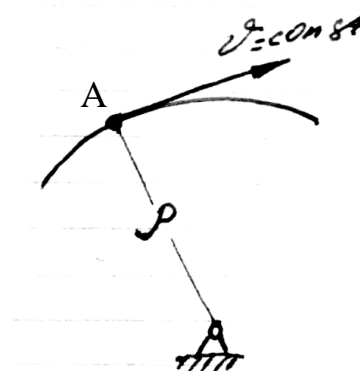
Bu halda tam təcil normal təcilə bərabərdir.

$$\bar{a} = \bar{a}_n$$

3. Nöqtə düzxətli trayektoriya boyunca dəyişən sürətlə hərəkət edir. Bu halda sürət zamanın funksiyasıdır, yəni  $v = f(t)$ .

Burada trayektoriya boyunca əyrilik radiusu sonsuz kəmiyyətdir.

Toxunan təcil:



$$a_t = \frac{dv}{dt} \neq 0$$

Normal təcil:

$$a_n = \frac{v^2}{\rho} = 0 \quad (\rho = \infty)$$

Bu halda tam təcil yalnız toxunan təcildən ibarətdir, yəni  $\bar{a} = \bar{a}_t$ .

4. Nöqtə əyrixətli trayektoriya boyunca dəyişən sürətlə hərəkət edir.

Burada da sürət zamanın funksiyasıdır, yəni

$v = f(t)$  və əyrilik radiusu sonlu kəmiyyətdir.

Toxunan təcil:

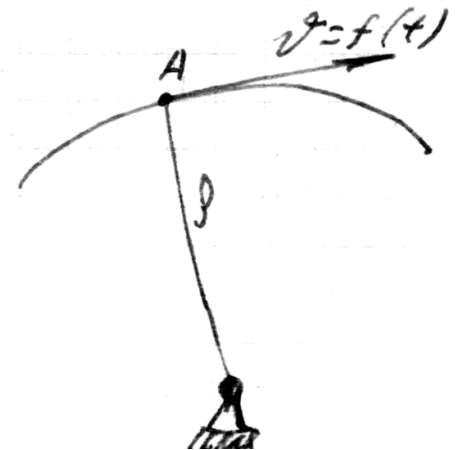
$$a_t = \frac{dv}{dt} \neq 0$$

Normal təcil:

$$a_n = \frac{v^2}{\rho} \neq 0$$

Burada tam təcil toxunan və normal təcillərin həndəsi cəminə bərabərdir. Yəni

$$\bar{a} = \bar{a}_t + \bar{a}_n$$



## §5 Bərk cismin kinematikası

Müəyyən qüvvələr vasitəsilə əlaqədə olan maddi nöqtələrin cəminə (toplusuna) **bərk cisim** deyilir.

Bərk cismin iki sadə hərəkəti vardır:

1. İrəliləmə hərəkəti;
2. Tərpənməz ox ətrafında fırlanma hərəkəti.

Bərk cismin qalan hərəkətləri isə bu sadə hərəkətlərin cəmindən ibarət olur.

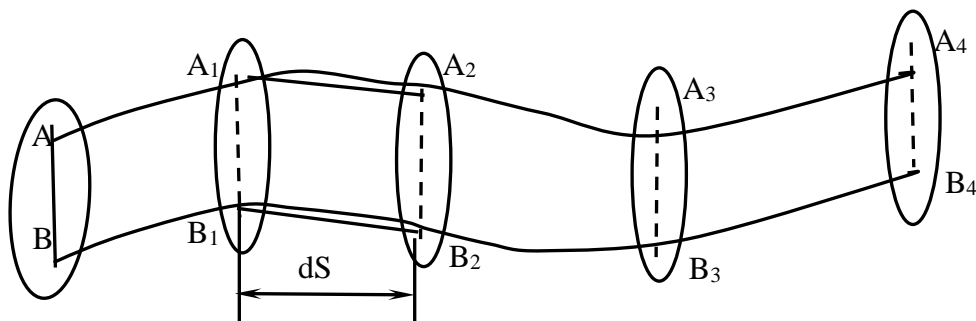
### Bərk cismin irəliləmə hərəkəti.

Cismin irəliləmə hərəkəti elə hərəkətə deyilir ki, bu hərəkət zamanı cisim üzərində götürülmüş hər hansı düz xətt həmişə başlanğıc vəziyyətinə paralel qalmış olsun.

Məsələn, düz relslər üzərində tramvay vaqonu hərəkəti irəliləmə hərəkətdir; həmçinin tərpnəməz silindr içərisində pistonunda hərəkəti irəliləmə hərəkətdir.

Bərk cismin irəliləmə hərəkəti düzxətli və əyrixətli trayektoriya boyunca ola bilər.

Tutaq ki, cisim aşağıdakı trayektoriya boyunca hərəkət edib.



Cisim üzərində çəkilmiş AB düz xətti bütün hallarda başlanğıc vəziyyətinə paralel qalıb.

Tutaq ki,  $dt$  kiçik zaman ərzində A və B nöqtələri düzxətli trayektoriya boyunca bir-birinə paralel hərəkət edib. Onda  $dt$  anında onların getdiyi yol  $dS$ -ə bərabərdir. Ona görə yazı bilərik ki, həmin nöqtələrin sürətləri qiymətcə bir-birinə bərabərdir.

$$v_A = v_B = \frac{dS}{dt} = \dots = v \quad \text{və eyni tərəfə istiqamətləniblər.}$$

$$\bar{v}_A = \bar{v}_B = \dots = \bar{v}$$

Analoji olaraq isbat olunur ki, irəliləmə hərəkəti zamanı təcilləri bir-birinə bərabər olur, yəni

$$\bar{a}_A = \bar{a}_B = \dots = \bar{a}$$

Ona görə də irəliləmə hərəkətində cismin bir nöqtəsinin hərəkəti cismi tam xarakterizə edə bilir.

Onda hərəkət təbii və ya koordinat üsulu ilə verilə bilər.

### Bərk cismin tərpənməz ox ətrafında fırlanma hərəkəti

İki tərpənməz nöqtəsi olan cismin hərəkətinə **fırlanma hərəkəti** deyilir.

Bu iki tərpənməz nöqtədən keçən düz xəttə **fırlanma oxu** deyilir.

Cismin o fırlanma oxu üzərində yerləşməyən bütün nöqtələri, bu oxla perpendikulyar olan müstəvilər üzərində uyğun çəvrələr (çəkir) cızır.

Tutaq ki, tərpənməz Oz oxu ətrafında fırlanan cisim  $t$  zamanında  $\varphi$  bucağı qədər fırlanıb  $A_1B_1$  vəziyyətini alıb.  $\varphi$  – bucağı dönmə bucağı adlanıb, radianla və ya dövrlərlə ölçülür.

$$1 \text{ dövr} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad və}$$

$$1 \text{ rad} \approx 57^\circ 3'$$

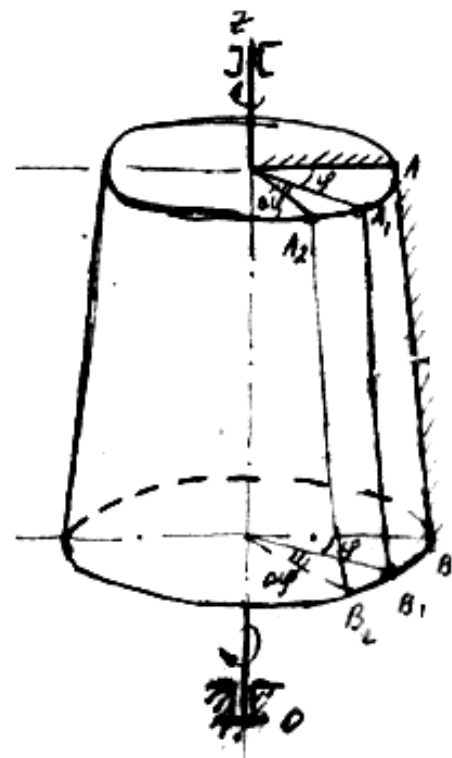
İndi fərz edək ki,  $t$  momentində cismin vəziyyəti  $\varphi$  bucağı ilə,  $t + \Delta t$  momentində  $\varphi + \Delta\varphi$  bucağı ilə müəyyən edilir.  $\Delta t$  – zamanı,  $\Delta\varphi$  isə dönmə bucağın artımıdır.

$\Delta\varphi$ -nin  $\Delta t$ -yə olan nisbətində cismin  $\Delta t$  zamanındakı **orta bucaq sürəti** deyilir və  $\omega_{or}$  ilə işarə edilir:

$$\omega_{or} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

$\Delta t$  – sıfıra yaxınlaşdıqda  $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$  nisbətinin limitinə cismin  $t$  momentindəki

**bucaq sürəti** deyilir və  $\omega$  ilə işarə olunur:



$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

Deməli, cismin baxılan momentindəki bucaq sürəti dönmə bucağından zamana görə alınmış birinci tərtib törəmədən ibarət olur.

Bucaq sürətin ölçü vahidi –  $\frac{rad}{san}$ .

İndi fərz edək ki,  $\omega$  bucaq sürəti,  $\Delta t$  sonsuz kiçilən zaman ərzində  $\Delta \omega$  qədər artmışdır.

$\Delta \omega$ -nın  $\Delta t$ -yə nisbətində cismin **orta bucaq təcili** deyilir və aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\varepsilon_{or} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

$\Delta t$  sıfıra yaxınlaşdıqda  $\frac{\Delta \omega}{\Delta t}$  nisbətində limitinə, cismin  $t$  momentindəki

**bucaq təcili** deyilir və  $\varepsilon$ -la işarə olunur.

$$\varepsilon = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$$

Bucaq təcilinin ölçü vahidi –  $\frac{rad}{san^2}$ .

Beləliklə, bucaq təcili bucaq sürətindən zamana görə alınmış birinci törəməyə və ya dönmə bucağından zamana görə alınmış ikinci törəməyə bərabərdir.

Əgər cisim tərənəmz ox ətrafında bərabər bucaq təcili ilə hərəkət edərsə ( $\varepsilon = const$ ), onda bu cür hərəkətə bərabər dəyişilən hərəkət deyilir.

Burada dönmə bucağı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2} + \omega_0 t + \varphi_0$$

burada  $\varphi_0$  və  $\omega_0$  – inteqral sabitləri olub, başlanğıc zamanda ( $t=0$ ) dönmə bucağını və bucaq sürətini xarakterizə edir.

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$$

### Fırlanma hərəkətində nöqtənin sürəti və təcili

Tərpənməz ox ətrafında fırlanan cismin nöqtələri çevrə qövsü üzrə hərəkət edir.

Tutaq ki, A nöqtəsi kiçik t zamanında  $AA_1$  yolunu gedib.  $AA_1$ -qövsü dönmə bucağının radiusa vurma hasilinə bərabərdir.

$$\text{Qövs } AA_1 = S = \varphi R.$$

$$\text{Eyni zamanda } v = \frac{ds}{dt} = \frac{d(\varphi R)}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} \cdot R.$$

R – sabit olub, fırlanma oxundan nöqtəyə qədər məsafədir.

$$\text{Bilirik ki, } \frac{d\varphi}{dt} = \omega, \text{ ona görə də } v = \omega \cdot R.$$

Beləliklə, fırlanan cismin nöqtəsinin sürəti, nöqtədən fırlanma oxuna qədər olan məsafə ilə (R) mütənasibdir.

Xətti sürətin dövr dəqiqə ilə qiyməti

$$v = \frac{\pi \cdot n \cdot R}{30} \quad \text{və ya} \quad v = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{60}$$

Toxunan təcil

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\varphi R)}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} \cdot R$$

$$\text{Bilirik ki, } \varepsilon = \frac{d\omega}{dt}, \text{ onda } a_t = \varepsilon R.$$

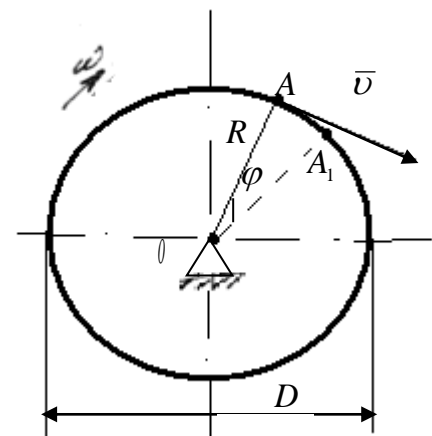
A – nöqtənin normal təcili:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(\omega R)^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$$

Tərpənməz ox ətrafında dəyişən sürətli fırlanan nöqtənin tam təcili, toxunan və normal təcillərin həndəsi cəminə bərabərdir.

$$\bar{a} = \bar{a}_t + \bar{a}_n$$

$$\text{Tam təcilin qiyməti isə } a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{(\varepsilon R)^2 + (\omega^2 R)^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$



### III HİSSƏ. DİNAMİKA

#### §6. Dinamikanın aksiomları və əsas anlayış

“Nəzəri mexanika”nın “Dinamika” hissəsində maddi cisimlərin və maddi nöqtənin hərəkəti, bu cisimlərə təsir edən qüvvələrlə əlaqədar öyrənilir.

Məlumdur ki, “Kinematika” hissəsində maddi nöqtənin və cismin hərəkəti öyrənilirdi, lakin orada cismə təsir edən qüvvə nəzərdə tutulmurdu.

**Maddi nöqtə**, sonsuz kiçik ölçüləri olan elə cismə deyilir ki, onun ayrı-ayrı nöqtələrinin hərəkətləri arasındakı müxtəliflik nəzərdən atıla bilsin.

Maddi nöqtə sərbəst və qeyri-sərbəst ola bilər. **Sərbəst maddi nöqtə**, tutduğu vəziyyətdən bütün istiqamətlərdə hərəkət ala bilən nöqtəyə deyilir. Əks halda maddi nöqtə **qeyri-sərbəst** olar.

“Dinamika” hissəsində maddi nöqtə dinamikası və maddi sistem dinamikası adlanan iki hissədən ibarətdir.

Adətən “Dinamika”nın öyrənilməsinə bir neçə aksiomun öyrənilməsi ilə başlanılır. Bu aksiomalar maddi cisimlərin hərəkəti üzərində çoxlu müşahidə və təcrübə aparmaq, və əldə edilən nəticələri ümumiləşdirmək nəticəsində meydana çıxmışdır.

**Birinci aksiom (ətalət qanunu)**. İzolyasiya edilmiş maddi nöqtə öz sürətini qiymət və istiqamətcə mühafizə edir. **İzolyasiya edilmiş maddi nöqtə** digər cisimlər tərəfindən heç bir təsire uğramayan nöqtəyə deyilir. Buradan görünür ki, maddi nöqtəyə heç bir qüvvə təsir etmədikdə o sükunətdə sükunətini, hərəkətdə isə düzxətli bərabərsürətli hərəkətini mühafizə edəcək.

Deməli, maddi nöqtəyə xaricdən heç bir qüvvə təsir etməyincə öz sürətini dəyişə bilmir, yəni öz-özünə təcil qazana bilmir. Maddi nöqtənin bu xassəsinə **ətalət xassəsi** deyilir, buna görə birinci aksiomu ətalət qanunu kimi tanıyırlar.

Bəzən düzxətli bərabərsürətli hərəkətə **ətalətli hərəkət** də deyilir.

Birinci aksiomdan aşağıdakı nəticələr meydana çıxır:

1. Nöqtənin hərəkəti ətalətli hərəkət olmadıqda, hökmən ona qüvvə təsir etməlidir.
2. Ətalətli hərəkət etməyən nöqtənin hökmən təcili olmalıdır.

Hərəkət vaxtı, nöqtəyə təsir edən qüvvə ilə onun qazandığı təcil arasında müəyyən əlaqə olur; bu əlaqənin ikinci aksiom verir.

**İkinci aksiom (hərəkət qanunu).** Sərbəst maddi nöqtəyə təsir edən qüvvə, yaratdığı təcil istiqamətində olmaqla, bu təcilə mütənasibdir.

Yəni

$$\bar{P} = m\bar{a} \quad (1)$$

Bu tənliyə **dinamikanın əsas tənliyi** deyilir.

Burada  $\bar{P}$  – maddi nöqtəyə təsir edən qüvvədir;

$\bar{a}$  – həmin nöqtənin aldığı təcildir;

$m$  – mütənasiblik əmsəlidir.

Buna **maddi nöqtənin ətalətli kütləsi** deyilir.

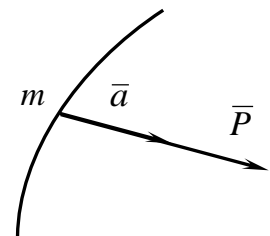
(1) ifadəsindən

$$P = ma \quad (2)$$

yazmaq olar, yəni qüvvənin modulu ilə təcilin modulu arasında bu cür əlaqə var.

(2)-dən

$$m = \frac{P}{a}$$



Öz-özlüyündə dəyişən və müsbət kəmiyyət olan  $m$  kütləsi Nyuton mexanikasında sabit nəzərdə tutulur.

Bu cür təyin olunan kütləyə **ətalətli kütlə** deyilir.

Çoxlu təcrübələr vasitəsilə təyin olunmuşdur ki, cismin  $G$  ağırlığın,  $g$  – düşmə təcilinə olan nisbəti sabit kəmiyyətdir və cismin Yer səthinin hansı yerində düşməsindən asılı deyildir. Odur ki,

$$m_g = \frac{G}{g}$$

$m_\zeta$  – nisbətinə **çəkilə bilən kütlə** deyilir.

Bizim öyrəndiyimiz kurs “Klassik mexanika” kursu olduğuna görə ətalətli kütlə ilə çəkilə bilən kütlə arasında fərq qoymacağıq  $m = m_\zeta$  qəbul edirik.

$$m_\zeta = \frac{G}{g}$$

ifadəsində  $G$  – cismin çəkisidir;

$g$  – sərbəst düşmə təcilidir,  $g = 9,81 \text{ m/san}^2$ .

**Üçüncü aksiom (təsirin əks təsirə bərabər olmasının qanunu).** Hər bir təsir ona qiymətə bərabər, istiqamətə düz əks olan əks təsire uyğun gəlir.

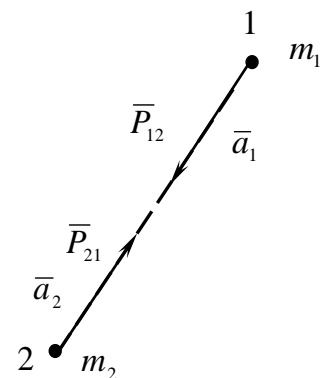
$$m_1 a_1 = P_{12}$$

$$m_2 a_2 = P_{21}$$

olduğundan üçüncü aksiomaya görə

$$m_1 \bar{a}_1 = -m_2 \bar{a}_2 \text{ və ya}$$

$$\bar{P}_{12} = -\bar{P}_{21}$$



Buna belə də yazmaq olar.

$$m_1 a_1 = m_2 a_2, \text{ onda } \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

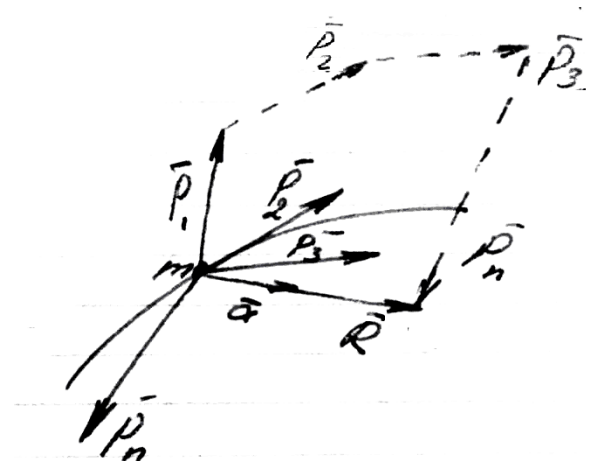
Deməli, bir-birinə təsir edən iki cismin təcilləri, onların kütlələri ilə tərs mütənasibdir.

**Dördüncü aksioma (qüvvələrin təsirinin müstəqilliyi qanunu).** Sərbəst maddi nöqtənin, ona eyni vaxta tətbiq olunmuş bir neçə qüvvə təsirindən aldığı təcil qiymət və istiqamətə bu qüvvələrdən ayrı-ayrılıqda aldığı təcillərin həndəsi cəminə bərabər olur.

Tutaq ki,  $m$  maddi nöqtəyə  $\bar{P}_1; \bar{P}_2; \bar{P}_3$  və  $\bar{P}_n$  qüvvələri təsir edir.

Onda

$$\bar{R} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \dots + \bar{P}_n;$$



“Dinamika”nın ikinci aksiomasına əsasən :

$$m\bar{a} = \bar{R}$$

R-in qiymətinin yerinə yazıb

$$m\bar{a} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \dots + \bar{P}_n$$

hər tərəfini  $m$ -ə bölsək

$$\bar{a} = \frac{\bar{P}_1}{m} + \frac{\bar{P}_2}{m} + \frac{\bar{P}_3}{m} + \dots + \frac{\bar{P}_n}{m}$$

$$\frac{\bar{P}_1}{m} = \bar{a}_1; \quad \frac{\bar{P}_2}{m} = \bar{a}_2; \quad \frac{\bar{P}_3}{m} = \bar{a}_3; \dots \frac{\bar{P}_n}{m} = \bar{a}_n$$

bu qiymətlərin yerinə yazsaq, onda  $\bar{a}_1 + \bar{a}_2 + \bar{a}_3 + \dots + \bar{a}_n$  .

### **Dinamikanın qanunları. Maddi nöqtənin hərəkət miqdarının qanunu**

Maddi nöqtənin **hərəkət miqdarı** nöqtənin kütləsi ilə sürətin vurma hasilinin vektorial qiymətinə deyilir, yəni:

$$\bar{g} = m\bar{v}$$

Hərəkət miqdarın vektoru istiqamətcə sürət istiqamətində yönəlir. Maddi hərəkət miqdarını koordinat oxları üzərinə proyektəndirmək olar.

$x$  – oxu üzərinə proyeksiyası –  $m\bar{v}_x$ ;

$y$  – oxu üzərinə proyeksiyası –  $m\bar{v}_y$ ;

$z$  – oxu üzərinə proyeksiyası –  $m\bar{v}_z$ .

Beynəlxalq (СИ) vahidlər sistemində hərəkət miqdarının ölçü vahidi

$$[m\bar{v}] = [kq \cdot m / san];$$

Texniki (МКГСС) sistemində isə

$$[m\bar{v}] = [kq \cdot san^2 / m \cdot m / san] = [kq \cdot san]$$

Daha bir yeni anlayış olan qüvvə impulsuna baxaq.

**Sabit qüvvənin impulsu** qüvvə ilə qüvvənin təsir müddətinin vurma hasilinin vektorial qiymətinə deyilir və qüvvənin təsiri istiqamətində yönəlir.

Yəni,  $\bar{S} = \bar{P}(t_2 - t_1)$

Zamandan asılı olaraq dəyişən qüvvənin impulsu elementar impulsların cəmi kimi təyin edilir

$$\bar{S} = \int_{t_1}^{t_2} d\bar{S} = \int_{t_1}^{t_2} \bar{P} dt$$

buradakı  $d\bar{S} = \bar{P} dt$  – sonsuz kiçik zaman ərzində elementar impulsdur.

Qüvvə impulsunu da koordinat oxları üzərinə proyektəndirmək olar:

$$x - \text{oxu üzərinə proyeksiyası} - S_x = \int_{t_1}^{t_2} \bar{P}_x dt ;$$

$$y - \text{oxu üzərinə proyeksiyası} - S_y = \int_{t_1}^{t_2} \bar{P}_y dt ;$$

$$z - \text{oxu üzərinə proyeksiyası} - S_z = \int_{t_1}^{t_2} \bar{P}_z dt .$$

Beynəlxalq (СИ) vahidlər sistemində qüvvə impulsunun ölçü vahidi

$$[S] = [Pt] = [N \cdot \text{san}] = [kq \cdot m / \text{san}^2 \cdot \text{san}] = [kq \cdot m / \text{san}];$$

Texniki (МКГСС) sistemində isə

$$[S] = [P \cdot t] = [kq \cdot \text{san}].$$

Qüvvə impulsu da hərəkət miqdarı ilə eyni ölçü vahidi ilə ölçülür.

İndi sabit qüvvə təsirindən düzxətli trayektoriya boyunca hərəkət edən maddi A nöqtəsi üçün hərəkət miqdarının qanunu təyin edək.

Bu zaman  $a = \text{const}$  (“Dinamika”nın əsas tənliyinə  $\bar{P} = m\bar{a}$  görə).

İxtiyari zaman anında A nöqtəsinin sürəti

$$v_2 = v_1 + at \tag{1}$$

düsturu ilə hesablanır.

“Dinamika”nın əsas tənliyini skalyar formada yazsaq

$$P = ma$$

Bu tənliyini hər tərəfini müəyyən zaman anına  $t = t_2 - t_1$  vursaq, onda

$$P \cdot t = mat \tag{2}$$

(1) tənliyindən  $at = v_2 - v_1$ .

$at$  -nin bu qiymətini (2)-ci tənliyində yerinə yazsaq

$$Pt = m\nu_2 - m\nu_1$$

Nəzərə alsaq ki,  $Pt = S$ , onda

$$S = m\nu_2 - m\nu_1 \quad (3)$$

Buradan görünür ki, müəyyən ( $t = t_2 - t_1$ ) zaman ərzində maddi nöqtənin hərəkət miqdarının çevrilməsi həmin zaman ərzində təsir edən qüvvənin impulsuna bərabərdir.

### Dalamber qaydası

İxtiyari qədər  $\bar{P}_1; \bar{P}_2; \bar{P}_3; \dots; \bar{P}_n$  qüvvələri təsir edən maddi A nöqtəsinə baxaq.

Təsir edən qüvvələr içərisində ola bilər ki, verilmiş aktiv qüvvələr və eyni ilə rəbitə qüvvələri ola bilsin.

Dördüncü aksiomaya əsasən A maddi nöqtəsi bu qüvvələr təsirindən aldığı təcil, həmin qüvvələrin əvəzləyicisi olan  $\bar{R}$  qüvvəsinin yaratdığı təcilə bərabərdir.

Yəni,

$$m\bar{a} = \bar{R} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \dots + \bar{P}_n.$$

Burada  $\bar{a}$  – A maddi nöqtəsinin təcilidir;

$m$  – A maddi nöqtəsinin kütləsidir;

$\bar{R}$  – əvəzləyici qüvvədir.

Fərz edək ki,  $\bar{P}_1; \bar{P}_2; \bar{P}_3$  və  $\bar{P}_n$  qüvvələrindən başqa bir qiymətçə bərabər olan və onun əksinə yönələn  $\bar{P}_0$  qüvvəsi də var.

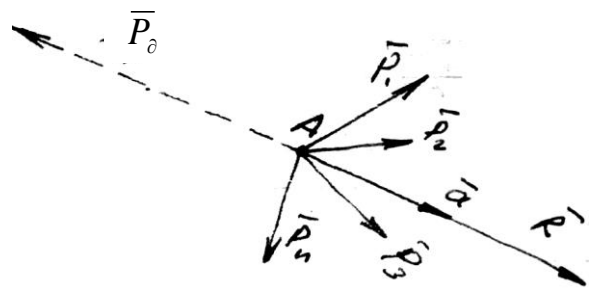
$$\bar{P}_0 = -\bar{R} = -m\bar{a} = -[\bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \dots + \bar{P}_n];$$

Bu tənliyi belə də yazmaq olar:

$$(-m\bar{a}) + \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \dots + \bar{P}_n = 0$$

və

$$\bar{P}_0 + \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \dots + \bar{P}_n = 0$$



Buradan görünür ki, bütün qüvvələr  $\bar{P}_e$ -də daxil olmaq şərti ilə müqavimət təşkil edir.

$\bar{P}_e$  qüvvəsi **ətalət qüvvəsi** deyilir.

Hərəkət edən maddi nöqtənin ətalət qüvvəsi əks işarə ilə götürülmüş və təcillə kütlənin hasilinə bərabərdir.

Bu nəticə Dalamber qaydası adlanan aşağıdakı kimi izah olunur.

İstənilən anda maddi nöqtəyə təsir edən qüvvələr ətalət qüvvəsi ilə müvazinətləşir.

Dalamber qaydasını bərk cismə də aid etmək olar. Onda maddi nöqtəyə, bərk cismə və sistemə aid olan “Dinamika” məsələlərini “Statika” məsələlərinə gətirmək olar.

Dalamber qaydasına əsaslanan üsulu aşağıdakı kimi yazı bilərik:

Hərəkət edən cismin nöqtəsinə həqiqi təsir edən qüvvələrə şərti olaraq ətalət qüvvəsini əlavə etsək, onda bütün bu qüvvələrin təsirindən cisim müvazinətdə olur.

Bu üsul adətən **kinetostatika üsulu** adlanır. Qeyd etmək lazımdır ki, həqiqətən ətalət qüvvəsi var, ancaq o, hərəkət edən cismə yox rabitəyə tətbiq olub.

Ona görə də şərti əlavə edirdik.

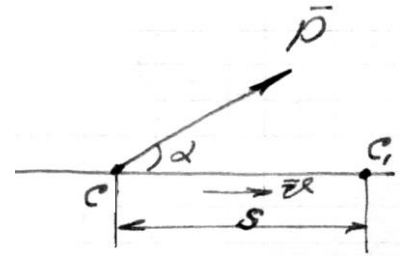
## **§7. İş və güc. Sabit qüvvənin düzxətli yolda gördüyü iş. İşin ölçü vahidləri**

Dinamika hissəsində bir çox məsələləri həll etmək üçün hökmən müxtəlif qüvvələrin gördüyü işi təyin etmək lazım gəlir.

Tutaq ki, təsir edən qüvvə qiymət və istiqamətcə bütün proses vaxtı dəyişmir, həm də qüvvənin tətbiq olunduğu nöqtə düzxətli trayektoriya boyunca hərəkət edir.

İndi maddi C nöqtəsinə,  $\bar{P}$  sabit qüvvəsinin təsirinə baxaq.

Müəyyən  $t$  – zamanından sonra  $C$  nöqtəsi düz xətt boyunca  $S$  məsafəsi qət edərək  $C_1$  nöqtəsinə gəlir. Bu zaman  $\bar{P}$  – qüvvəsinin qiyməti ilə yerdəyişmənin və qüvvə istiqaməti ilə yerdəyişmə istiqaməti arasında qalan bucağın kosinusu hasilinə bərabərdir.



Yəni

$$A = P \cdot S \cdot \cos(\bar{P}, S)$$

haradakı  $\cos(\bar{P}, S) = \cos \alpha$ .

Düzxətli yolda həmişə  $S$  ilə  $\bar{v}$ -nin istiqaməti eyni olur. Ona görə də

$$A = PS \cdot \cos(\bar{P}, \bar{S}) = PS \cos \alpha$$

$$P \cdot \cos \alpha = P_v$$

yazmaq olar.

$\alpha$ -bucağı  $0$ -la  $180^\circ$  arasında dəyişə bilər.

$\alpha < 90^\circ$  olduqda iş müsbətdir;  $\alpha > 90^\circ$  olduqda iş mənfidir.

Əgər  $\alpha = 90^\circ$  olsa, onda  $A = 0$ -dir. Nə vaxt ki  $\alpha$ -bucağı iti (yəni  $\alpha < 90^\circ$ ) olur, onda  $P$ -qüvvəsinə **hərəkət etdirici qüvvə** deyilir və onun işi müsbət olur.

Əgər  $\alpha$ -bucağı kor (yəni  $\alpha > 90^\circ$ ) olarsa, onda  $P$ -qüvvəsinə **müqavimət qüvvəsi** deyilir, yəni  $O$  cismə müqavimət göstərir, onun işi mənfi olur.

Müqavimət qüvvəsinə misal olaraq sürtünmə qüvvəsini, külək qüvvəsini və s. hansı ki həmişə hərəkətə əks yönəlib.

$$\alpha = 0^\circ \text{ olsa, onda } \cos \alpha = \cos 0^\circ = 1$$

Onda  $A = PS$  olur.

İş vahidi olaraq beynəlxalq (Cİ) sistemində Coul (c) qəbul edilib. **Coul**  $1 \text{ N}$  qüvvənin  $1 \text{ m}$  yerdəyişmədə gördüyü işə deyilir.

$$1 \text{ kcoul (kilocoul)} = 1000 \text{ c}$$

$$1 \text{ c (coul)} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

Texnikada bəzən işi  $\text{kVt} \cdot \text{saat}$ la ölçürlər.

$$1 \text{ kVt} \cdot \text{saat} = 3600 \text{ Kc}$$

Texniki (MKΓCC) sistemində iş vahidi olaraq (kq·m) kiloqrammetr götürülür.

$$1 \text{ kq} = 9,81 \text{ N}; \quad 1 \text{ N} = 0,102 \text{ kq}$$

$$1 \text{ kq} \cdot \text{m} = 9,81 \text{ N} \cdot \text{m} = 9,81 \text{ c}$$

$$1 \text{ c} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 0,102 \text{ kq} \cdot \text{m}$$

$$1 \text{ kc} = 102 \text{ kq} \cdot \text{m}$$

$$1 \text{ kVt} \cdot \text{saat} = 3600 \text{ Kc} = 367200 \text{ kq} \cdot \text{m}.$$

### Ağırılıq qüvvəsinin işi

Fərz edək ki,  $\bar{G}$  ağırılıq qüvvəsi B nöqtəsində tətbiq olunub, B nöqtə müəyyən trayektoriya boyunca  $B_1$  və  $B_2$  vəziyyətlərini alır.

Onda  $\bar{G}$  ağırılıq qüvvəsinin işi

$$A = \int_{B_1}^{B_2} (G_x dx + G_y dy)$$

düsturu şəklində olur.

Nəzərə alsaq ki,  $\bar{G}$  -qüvvəsinin koordinat oxları üzərindəki proyeksiyaları  $G_x = 0$ ,  $G_y = -G$ , onda

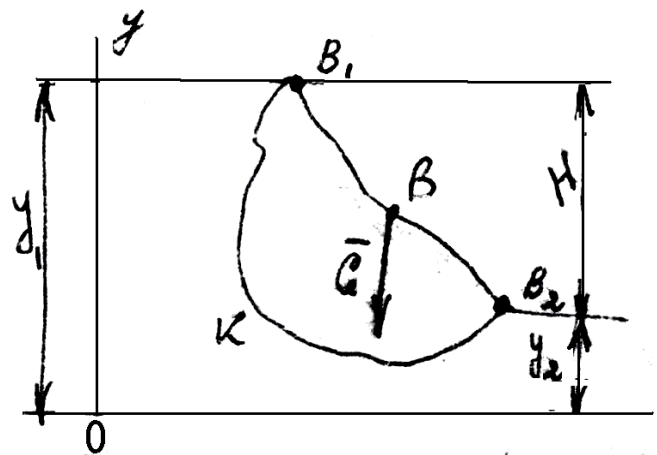
$$A = \int_{B_1}^{B_2} G_y dy = \int_{y_1}^{y_2} -G_y dy = -G(y_2 - y_1) = G(y_1 - y_2) = G \cdot H$$

#### Nəticə:

1. Ağırılıq qüvvəsinin işi.

Ağırılıq qüvvəsi ilə şaquli istiqamətdə yerdəyişmənin hasilinə bərabərdir.

2. Ağırılıq qüvvəsinin işi trayektoriyanın formasından asılı olmayıb.



Ağrlıq qüvvəsinin tətbiq olunduğu nöqtənin başlanğıc və son vəziyyətlərindən asılıdır.

### Güc. Gücün ölçü vahidləri

Qüvvənin vahid zamanda gördüyü işə güc deyilir. Güc işdən zamana görə 1-ci tərtib törəməyə bərabərdir.

$$N = \frac{dA}{dt} = \frac{P \cdot ds \cos \alpha}{dt}$$

İş kimi gücdə skalyar kəmiyyətdir.

$$P \cdot \cos \alpha = P_v \text{ (əvvəlcə öyrəndik)}$$

Onda

$$N = P_v \frac{dS}{dt}$$

Əgər  $\bar{P}$  qüvvəsi hərəkət istiqamətində olsa, onda  $\cos \alpha = 1$  və

$$N = P \frac{dS}{dt}$$

Kinematikadan öyrəndik ki,  $\frac{dS}{dt} = v$ , onda  $N = P \cdot v$ .

Beynəlxalq (Cİ) sistemində gücün ölçü vahidi Vt və kVt-dır.

$$1 \text{ Vt} = \frac{1 \text{ coul}}{1 \text{ san}} = 1 (N \cdot m) / \text{san} = 1 (kq \cdot m^2) / \text{san} \approx 0,1 \text{ kqm} / \text{san}$$

$$1 \text{ kVt} = 1000 \text{ Vt}$$

Texniki sistemdə  $\frac{kq \cdot m}{\text{san}}$  və (at.q) at qüvvəsi.

$$1 \text{ at.q} = 75 (kq \cdot m) / \text{san}$$

$$1 (kq \cdot m) / \text{san} = 9,81 \text{ c} / \text{san} = 9,81 \text{ Vt}$$

$$1 \text{ Vt} = 0,102 \text{ kq} \cdot m / \text{san}$$

$$1 \text{ a.q} = 75 (kq \cdot m) / \text{san} = 736 \text{ Vt} = 0,736 \text{ kVt}$$

$$1 \text{ kVt} = 1000 \text{ Vt} = \frac{1000}{736} = 1,36 \text{ a.q.}$$

**Məsələ:** Kütləsi 500 m olan qatar üfüqi yolda bərabərsürətlə hərəkət edir. Qatarın sürəti  $v = 21,6 \text{ km/saat}$  və hərəkət zamanı hər ton kütləyə 200 N müqavimət yarandığını nəzərdə tutaraq parovozun yaratdığı gücü təyin etməli:

$$N = P \cdot v$$

$$P = 200 \cdot 500 = 100000 \text{ N} = 100 \text{ kN}$$

$$v = 21,6 \text{ km/saat} = \frac{21,6 \cdot 1000}{3600} = 6 \text{ m/san}$$

$$N = P \cdot v = 100 \cdot 10^3 \cdot 6 = 600 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m/san} = 600 \cdot 10^3 \text{ Vt} = 600 \text{ kVt}$$

### Fırlanma hərəkətində iş və güc

Maşınlarda adətən fırlanan (hissələrə) cisimlərə (val, şkiiv, çarx və s.) rast gəlmək olur. Cismin fırlanmasına səbəb cismə tətbiq olmuş fırladıcı momentdir.

Bu fırladıcı momenti fırlanma oxundan R məsafədə yerləşmiş  $\bar{P}$ -çevrəvi qüvvəsi yaradır.

Fırladıcı momentin qiyməti  $M = P \cdot R$  düsturu ilə hesablanır.

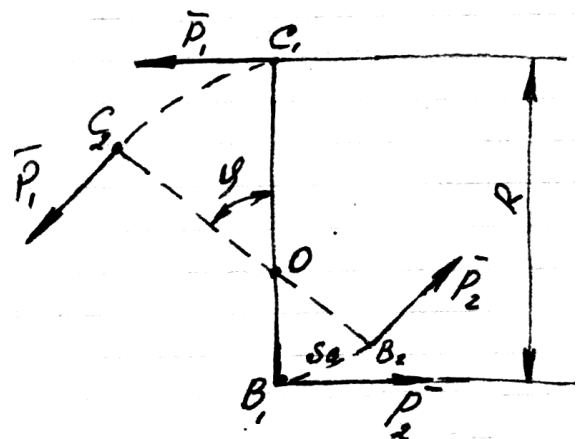
Buradan çevrəvi qüvvə

$$P = \frac{M}{R}$$

İndi cüt təşkil edən iki qüvvənin işini hesablayaq, hansı ki, onların momenti M-ə bərabərdir. Eyni zamanda  $M = P \cdot R$ .

Cisim qüvvələr təsirindən O nöqtəsindən keçən ox ətrafında fırlanacaq.

Əgər cisim  $\varphi$ -bucağı qədər dönərsə, onda C nöqtəsi  $C_1$ -dən  $C_2$ -yə gedər, onda C



nöqtəsinin getdiyi yol  $S_C = OC \cdot \varphi$  və B-nin getdiyi yol  $S_B = OB \cdot \varphi$ .

$\bar{P}_1$ -qüvvəsinin işi

$$A_1 = \bar{P}_1 \cdot S_C = \bar{P}_1 \cdot OC \cdot \varphi$$

$\bar{P}_2$ -qüvvəsinin işi

$$A_2 = \bar{P}_2 \cdot S_B = \bar{P}_2 \cdot OB \cdot \varphi$$

Cütün tam işi, ayrı-ayrı qüvvələrin işləri cəminə bərabərdir.

Yəni  $A = A_1 + A_2 = \bar{P}_1 \cdot OC \cdot \varphi + \bar{P}_2 \cdot OB \cdot \varphi$

### Potensial və kinetik enerji

Mexaniki enerjinin əsas iki növü rast gəlir: potensial enerji və ya vəziyyət enerjisi və kinetik enerji və ya hərəkət enerjisi.

Cismin və ya nöqtənin ağırlıq qüvvəsinin **potensial enerjisi** həmin cismin və nöqtənin müəyyən yüksəklikdən dəniz səviyyəsinə (sıfır səviyyəsinə) qədər düşdüyü zamana görə biləcəyi iş deyilir (iş görmə qabiliyyətinə).

Potensial enerjini P ilə işarə etsək

$$P = G \cdot H$$

G – nöqtənin (cismin) çəkisi;

H – onun ağırlıq mərkəzindən dəniz səviyyəsinə qədər məsafədir.

Potensial enerji iş vahidi ilə ölçülür.

Kinetik enerji hərəkət edən nöqtəsinin və ya cismin iş görmə qabiliyyəti ilə təyin edilir.

Kinetik enerjini E ilə işarə etsək

$$E = \frac{m v^2}{2} \text{ (nöqtə üçün)}$$

Cisim və ya sistem üçün yazsaq

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{m_i v_i^2}{2}$$

haradakı cisim n maddi nöqtədən ibarətdir.

## II Bölmə

### §8. MATERIALLAR MÜQAVİMƏTİ

#### GİRİŞ

Materiallar müqaviməti maşın və qurğu hissələrinin möhkəmlik, sərtlik və dayanıqlığından bəhs edən elmdir. Maşın və qurğu hissələrini layihələndirərkən mühəndislərin qarşısında duran məsul vəzifə layihə edilən hissənin iqtisadi cəhətdən yararlı və yüngül olması ilə yanaşı uzun müddət dağılma qorxusu olmadan işləməsini təmin etməkdir.

Materiallar müqaviməti nəzəri mexanika qanunlarına əsaslanır və ondan fərqli olaraq cisimlərə deformasiya oluna bilən cisimlər kimi baxır.

Deformasiya olunan cisimlər mexanikasına materiallar müqaviməti, elastikiyyət, plastiklik, sürünçəklik nəzəriyyələri daxildir.

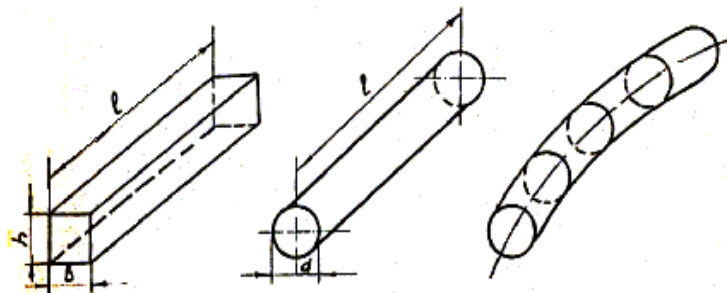
Materiallar müqavimətində hesabat sxemini seçərkən hesablamaları sadələşdirmək məqsədilə konstruksiya elementlərini ölçüləri və həndəsi formalarına görə üç növə bölürlər:

1. Brus – ölçülərindən biri (uzunluğu) digər ölçülərinə nisbətən çox böyük olan cismə brus deyilir. Bruslar düz və əyri oxlu ola bilərlər. Brusun oxuna perpendikulyar olan müstəvi kəsiklərinə onun eninə kəsikləri deyilir. Bəzən nazik bruslar **çubuq** və ya **mil** adlanır (şək. 1).
2. Lövə və qabıq – ölçülərindən biri (qalınlığı) digər iki ölçüsünə nisbətən çox kiçik olan yastı cismə lövhə, silindrik şəkilli cismə **örtük** deyilir (şək. 2).
3. Üçölçülü cisim – hər üç ölçüsü bir-birindən az fərqlənən cisimlərə deyilir (məsələn, kürə, rolilər, özüllər və s.) (şək. 3.).

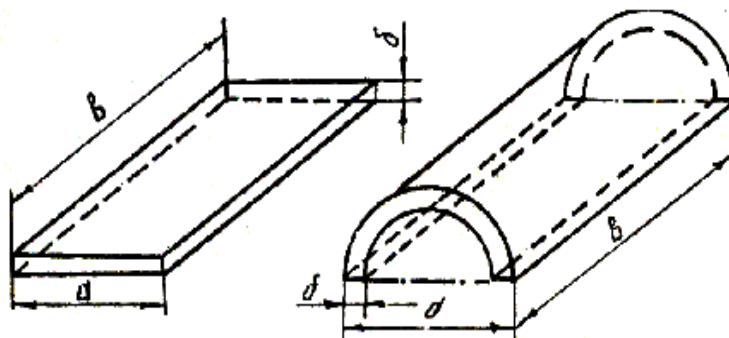
Materiallar müqaviməti elminin yaranması məşhur italyan alimi Qallileo Qallileyin adı ilə bağlıdır. Möhkəmliyə ilk sınaqdar Qaliley tərəfindən verilmişdir.

Materiallar müqavimətinin elmi mənbəyi Leonardo da Vinçinin əsərlərindən başlayır.

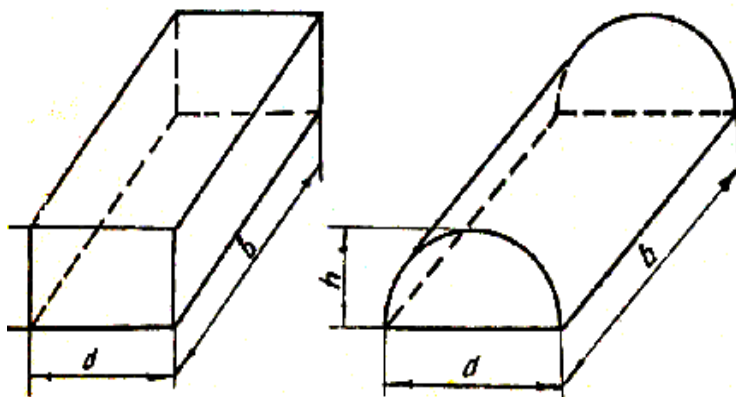
1660-cı ildə Robert Huq elastiki cisimlər üçün deformasiyalarla qüvvələr arasında xətti asılılığı ifadə edən qanunu vermişdir.



Şəkil 1



Şəkil 2



Şəkil 3

### Daxili qüvvələr. Kəsik üsulu

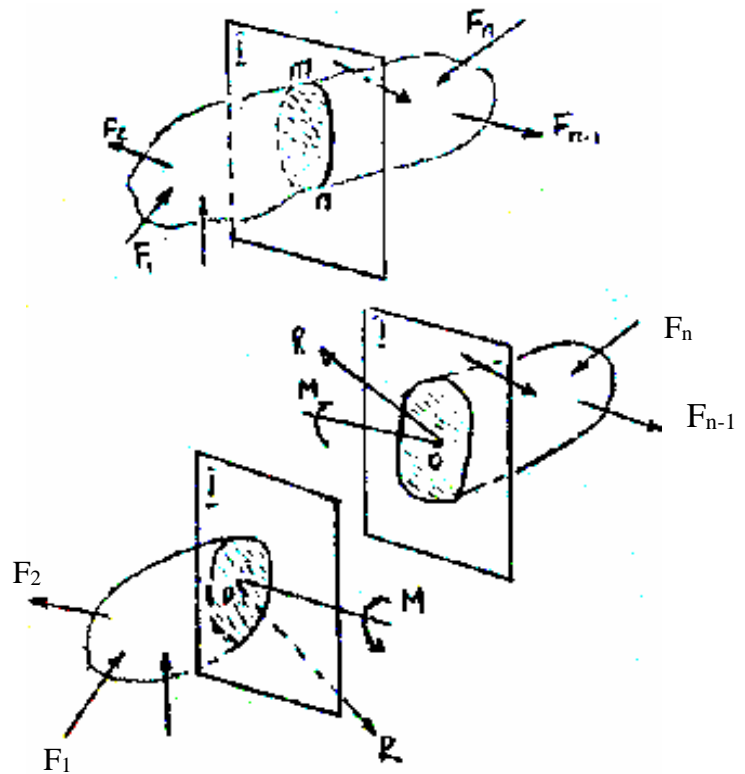
Cismin hissəcikləri arasında həmişə qarşılıqlı təsir qüvvələri mövcuddur. Cismə xarici qüvvə təsir etdikdə bu qüvvələr dəyişir və cismin daxilində deformasiyaya müqavimət göstərən əlavə qüvvələr yaranır. Bu qüvvələrə **daxili elastiki qüvvələr** deyilir.

Deformasiyanın artmasına uyğun olaraq daxili qüvvələr də artır və bu artma daxili və xarici qüvvələr arasında müvazinət əldə edilənə qədər davam edir.

Daxili qüvvələri tədqiq etmək üçün kəsiklər üsulundan istifadə edilir.

Fərz edək ki,  $A$  cismi  $F_1, F_2, \dots, F_n$  qüvvələr sistemi təsiri altında müvazinətdədir. Cismin hər hansı kəsiyində təsir edən daxili qüvvələri təyin etmək üçün cismi fikrən bu kəsik üzrə iki hissəyə bölürük, hissənin birini atıb (adətən çox qüvvələr təsir edən hissəni) o birini bağlayırıq (şək. 4).

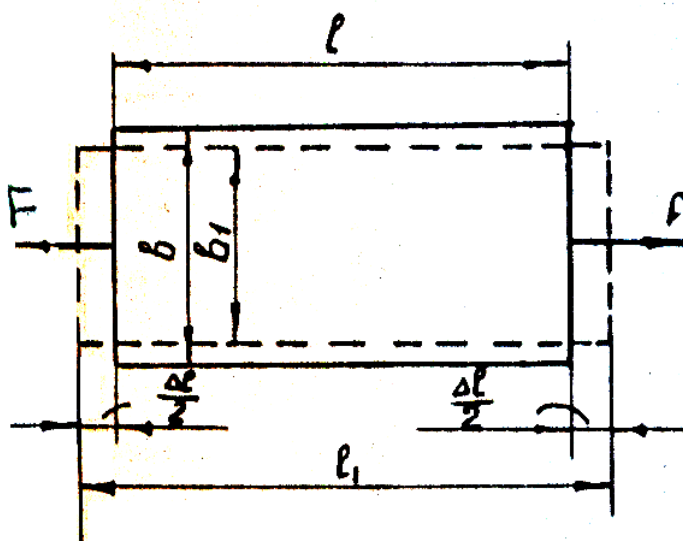
Atılmış hissənin saxlanmış hissəyə olan təsirini daxili qüvvələrlə əvəz edirik. Daxili qüvvələrin ən kəsik üzrə paylanma qanunu məchuldur, lakin bu qüvvələr kəsiklər üzrə eyni qanunla elə paylanmalıdır ki, bu kəsiklər deformasiyadan sonra da bir-birinin üzərinə tam düşsünlər. Bu şərtə deformasiyanın **kəsilməməzlik şərti** deyilir.



Şəkil 4

### Boyuna və eninə deformasiyalar. Huk qanunu

Tutaq ki, uzunluğu  $\ell$  və en kəsik sahəsi  $A$ -ya bərabər olan brus  $F$  qüvvəsi ilə dartılır (şək. 8). Qüvvənin təsirindən brus uzanır və onun uzunluğu  $\ell_1$ -ə bərabər olur.  $\ell_1 - \ell = \Delta\ell$ -ə brusun mütləq uzanması,  $\frac{\Delta\ell}{\ell} = \varepsilon$  -na isə brusun **nisbi uzanması** deyilir.



Şəkil 8

Brus sıxılarkən isə mütləq və nisbi qısalma mənfi hesab olunur.

Təcrübə göstərir ki, brusu darta qüvvə və onun uzunluğu çox olduqca onun uzanması çox, en kəsik sahəsi çox olduqda isə uzanması az olur. Yəni

$$\Delta\ell = \frac{N\ell}{EA}; \quad (1)$$

Burada  $E$  kəmiyyəti xətti deformasiyada materialların elastikiyyət xassələrini xarakterizə edir və təcrübi yolla tapılır.  $E$  – Yunq modulu, yaxud birinci növ elastikiyyət modulu adlanır.  $E$  kəmiyyəti  $\sigma$  ilə eyni olan vahidlə ölçülüb materialın cinsindən asılıdır.

Polad üçün  $E = (2,0 \div 2,1) \cdot 10^5$  MPa, mis üçün  $E = 1,2 \cdot 10^5$  MPa, ağac üçün (lifləri istiqamətində)  $E = (0,08 \div 0,12) \cdot 10^5$  MPa, çuqun üçün  $E = (1,1 \div 1,6) \cdot 10^5$  MPa,  $EA$  hasilinə dartılma və sıxılmada brusun sərtliyi deyilir.

Mütləq uzanma ilə qüvvə arasındakı (1) asılılığı ilk dəfə 1660-cı ildə Huk tapmışdır. Bununla əlaqədar olaraq həmin ifadə **Huk qanunu** adlanır. Huk qanunu daha ümumi şəkildə yazmaq olar:

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell} = \frac{F \ell}{EA \ell} = \frac{\sigma}{E}; \quad \sigma = \varepsilon E \quad (2)$$

Huk qanununun (2) ifadəsindən görünür ki, boyuna nisbi deformasiya ilə normal gərginlik düz mütənasibdirlər.

Qeyd etmək lazımdır ki, Huk qanunu bir çox materiallar üçün müəyyən həddə kimi doğruluğunu saxlayır.

Brus dartılarkən və yaxud sıxılarkən onun eninə ölçüləri dəyişir. Brus sıxılarkən onun eninə ölçüləri artır, dartılarkən isə azalır.

$b - b_1 = \Delta b$ -yə eninə mütləq deformasiya deyilir.  $\varepsilon' = \frac{\Delta b}{b}$  - **eninə nisbi deformasiya adlanır**. Boyuna və eninə nisbi deformasiyalar arasında təcrübədən alınmış aşağıdakı asılılıq mövcuddur:

$$\varepsilon' = -\mu \varepsilon = -\mu \frac{\sigma}{E} \quad (3)$$

Brusun materialından asılı olan  $\mu$  əmsalı **eninə deformasiya əmsalı** və yaxud **Puasson əmsalı** adlanır. Bütün materiallar üçün bu əmsal 0,5-dən kiçikdir. Polad üçün Puasson əmsalı  $\mu = 0,25 \div 0,33$ , çuqun üçün  $\mu = 0,23 \div 0,27$ , ağac üçün  $\mu = 0,07$ , kauçuk üçün  $\mu = 0,47$ , tıxac üçün  $\mu = 0$ .

### III BÖLMƏ

## §9. MAŞIN HİSSƏLƏRİ

#### Əsas anlayışlar

Maşın hissələrinin işgörmə qabiliyyətini təmin etmək üçün onları göstərilən kriteriyara görə aparılan hesablamada nəticəsində alınmış ölçülər üzrə və müvafiq olaraq seçilmiş materiallardan hazırlayırlar. Bu ölçülər əsasında eləcə də konstruktiv xüsusiyyətlərə nəzərə almaqla yoxlama hesablanması aparılır; başqa sözlə, hissənin möhkəmlilik ehtiyatı, deformasiyaları və s. təyin edilir və buraxılabilən qiymətlərlə müqayisə olunur.

**Möhkəmlilik.** Möhkəmlilik, materialın xarici qüvvələrin təsirindən dağılmasına, onda qalıcı deformasiyaların alınmasına müqavimət göstərmə qabiliyyətidir. Hissənin möhkəmliyi, onun möhkəmliyə hesablamayla alınan ölçülərə görə və müvafiq olaraq seçilmiş materialdan hazırlamaqla təmin edilir.

**Sərtlilik.** Xarici qüvvə təsiri altında baş veriləcək deformasiyaya müqavimət göstərmə qabiliyyəti olan sərtlikdə möhkəmlilik kimi, işgörmə qabiliyyətinin əsas kriteriyalarıdır. Bir çox maşın hissələri üçün sərtlilik onların ölçülərinin təyində və materialının seçilməsində əsas və həlledici əhəmiyyətə malikdir.

**Yeyilməyədavamlılıq.** Verilmiş iş müddəti ərzində maşın hissələrinin öz işgörmə qabiliyyətini saxlaya bilməsi, onun işçi səthlərinin yeyilməyə qarşı davamlılığından da asılıdır. Yeyilmə, çoxlu miqdarda maşın hissələrinin sıradan çıxmasına səbəb olmaqla, maşınların istismarını xeyli bahalaşdırır.

**İstiliyədavamlılıq.** Maşın hissələrinin normal işini təmin olunmasında temperatur rejiminin düzgün seçilməsinin də əhəmiyyəti vardır. Maşın hissələrinin həddən artıq qızması yol verilə bilməyən hadisələrinin baş verməsinə səbəb ola bilər.

**Titrəməyədavamlılıq.** Maşın və onların hissələrinin sürətinin artması ilə əlaqədar olaraq, onlarda baş verən titrəmələrin işgörmə qabiliyyətinə etdiyi təsir böyük əhəmiyyət kəsb edir. Titrəmələr maşının işinin keyfiyyətinə və dəqiqliyinə də təsir edir.

**Etibarlılıq.** Konstruksiyanın keyfiyyətini xarakterizə edən kriteriy olub, onun verilmiş iş müddəti ərzində sıradan çıxmasından işləyə bilməsini müəyyən edir.

### **Söküləbilən birləşmələr**

Yiv birləşməsi ən geniş yayılmış söküləbilən birləşmə növüdür.

Yiv birləşməsinin möhkəmlik və etibarlılığı konstruksiyanın iş qabiliyyətini təmin edən əsas amillərdəndir. Təyinatə görə yiv birləşmələri iki qrupa bölmək olar:

1. Hissələri bir-biri ilə birləşdirmək üçün istifadə olunan yiv birləşmələri – bağlama yivləri;
2. Hərəkəti ötürmək üçün istifadə olunan yiv birləşmələri – yük və hərəkət yivləri.

Birinci qrup yiv birləşmələrinə: bolt və qayka birləşməsi, vint birləşməsi, sancaq və qayka birləşməsi aiddir.

Hərəkəti ötürmək üçün istifadə olunan yiv birləşmələrinə isə müxtəlif vintləri (domkratlarda, preslərdə, dəzgahlarda və s. işlədilən yük və hərəkət vintləri) aid etmək olar.

Yiv birləşməsində ən mühüm hissə yivdir.

### **§10. Yivlər haqqında anlayış**

Yiv birləşdirmələrinin geniş işlədilməsi aşağıdakılarla izah edilir:

- 1) yivin pazabənzər təsiri və açarın uzunluğunun yivin radiusuna olan nisbətinin böyük oxboyu qüvvə yaratmaq mümkün olur;
- 2) öz-özünə tormozlanması olduğundan sıxmanı istənilən vəziyyətdə saxlamaq və məhdudlandırmaq mümkündür;
- 3) formaca rahat, qabaritcə kiçikdir;

- 4) sadə olub dəqiq hazırlanması mümkündür. Bərkitmə məqsədlərindən başqa vint çivləri (vint-qayka) maşınlarda irəliləmə hərəkəti üçün, məsələn, yükləri qaldırmaq və dəqiq yerdəyişmələr almaq üçün tətbiq edilir.

Silindrik yiv aşağıdakı parametrlərlə xarakterizə olur:

- 1) xarici, orta və daxili diametrləri ilə;
- 2) profilinin forması və ölçüləri ilə;
- 3) yivin yoxuşduğu ilə əlaqədar olan parametrlərlə addımı, girişlərinin sayı və maillik bucağı.

**Yivin xarici diametri  $d$**  – xarici yivin (vintin) zirvələri üzrə çəkilmiş silindrin diametridir; bu diametr yivin nominal diametri hesab edilir.

**Yivin xarici diametri  $d_1$**  – daxili yivin zirvələri üzrə çəkilmiş silindrin diametridir.

**Yivin orta diametri** – səthində vidələrin və çökəklərin eni bir-birinə bərabər olan, təsəvvür edilən silindrin diametridir.

**Yivin profili** – vintin oxundan keçən müstəvidə vidənin en kəsiyinin formasıdır.

Yiv xətti ilə yivin oxuna perpendikulyar olan müstəvinin əmələ gətirdiyi bucağa **yivin qalxma bucağı** deyilir.

Mexanizmlərin eyni növ hissələrini birləşdirən yivlər istismar xüsusiyyətlərinə görə ümumi və xüsusi təyinatlı olurlar.

Birinci qrupa aşağıdakı yivlər daxildir:

- a) **bağlama yivləri** – bu yivlər sökülən maşın hissələrini birləşdirmək üçün tətbiq olunur. Bunların əsas təyinatı birləşmələrin möhkəmliyini və kipliyini uzun müddətli istismar şəraitində təmin etməkdir.
- b) **kinematik yivlər** – bu yivlər hərəkət vintlərində, dəzgahların supportlarında və ölçü cihazlarının masalarının vintlərində və digər quruluşlarda tətbiq olunur, preslərdə, domkratlarda fırlanma hərəkətini düzxətli hərəkətə təmin etməklə yüksək yüklü şəraitdə işləməyə qadir olmalıdır.

- c) **boru yivləri** – bu yivlər boru kəmərlərində və armaturlarda işlədilir. Onların əsas təyinatı birləşmələrinin kipliyini təmin etməkdir.

Yiv birləşməsində ən mühüm hissə yivdir. Yastı konturun silindrik yaxud konus formalı səth üzrə vintvari hərəkəti zamanı alınan səthə **yiv** deyilir.

Yivin sarğısının en kəsiyinin yivin oxundan keçən müstəvi ilə kəsilməsindən alınan kontura **yivin profili** deyilir.

Profilin ox ətrafında bir tam dövründə alınan yiv hissəsinə **yivin dolağı** deyilir.

Bununla belə profili təşkil edən bütün nöqtələr oxa paralel olaraq eyni bir ölçüdə yerlərini dəyişirlər ki, buna da **yivin gedişi** deyilir.

Bir profilin hərəkətindən əmələ gələn yiv **bir gedişli**, **iki**, **üç** və çox eyni profillərin hərəkətindən əmələ gələn yivlər isə **çoxgedişli yivlər** adlanır.

Yivdən paralel istiqamətdə olan profilin eyni adlı iki qonşu kənar tərəfləri arasındakı məsafəyə **yivin addımı** deyilir.

Yivlər iri və xırda addımlı olur. Yivin addımı ilə gedişi arasındakı asılılıq  $T = n S$  düsturu ilə ifadə olunur. Burada  $n$  – gedişlərin sayı;  $S$  – yivin addımı. Vint xətti sağ və sol olduğu kimi, yivlər də sağ və sol olurlar.

Əgər yivin oxu müşahidəçi önündə şaquli vəziyyətdə yerləşərsə, onda sağ yivdə, yivin görünən dolaqları soldan sağa, sol yivdə isə – sağdan sola doğru hərəkət edərək yuxarı qalxırlar. Silindrik səthdə icra olunmuş yivə **silindrik yiv**, konus formalı səthdə icra olunmuş yivə isə **konusvari yiv** deyilir. Qoyuluşundan asılı olaraq yivlər xarici və daxili olurlar. Əgər yiv çubuq üzərində açılsa belə yivə **xarici yiv** deyilir. Dəlikdə açılan yiv **daxili yiv** adlanır.

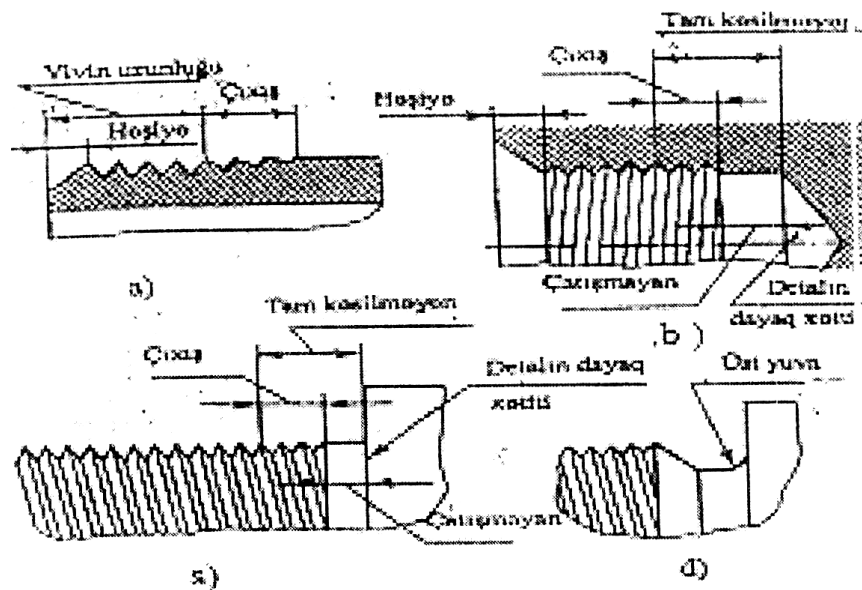
Yiv sütununun profilinin tərəflərinin radial ölçüsünün ən böyük hündürlüyünə **sarğının işçi hündürlüyü**  $h$  deyilir. Kəsici aləti detaldan çıxarmaq üçün yivlərdə yivin çıxışı açılır (şək. 1).

Səthin, yivin çıxışı və haşiyəsi daxil olmaqla açılmış yiv hissəsinə **yivin uzunluğu** deyilir (şək. 1,a).

Bir qayda olaraq çertyojda ancaq tam profilli yivin uzunluğu göstərilir.

Kəsici alətin yivi acarkən detalın axırına qədər getməsi mümkün olmadıqda, yiv hər hansı bir səthə qədər açılır ki, bu da yivdə onun tam açılmayan hissəsinin əmələ gəlməsinə səbəb olur.

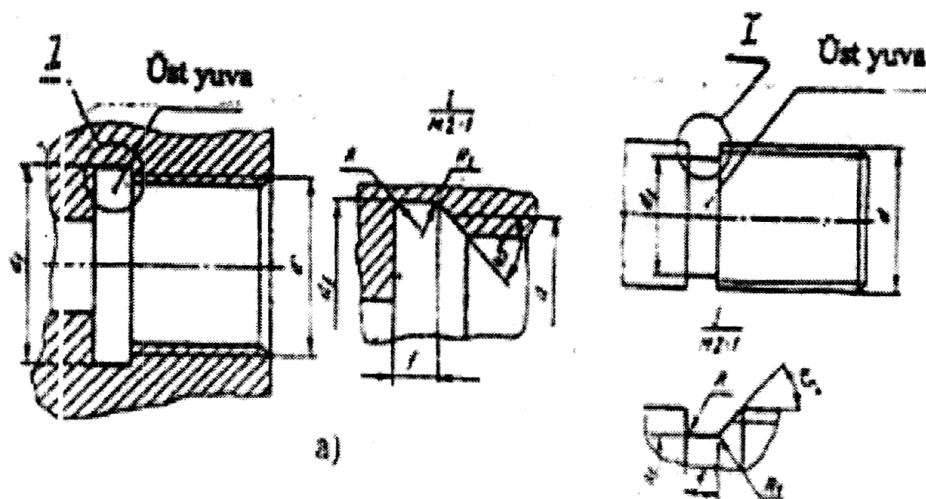
Yivin çıxışı ilə onun tam çatmayan hissəsinə birlikdə yivin **tam kəsilməyən hissəsi** deyilir (şək.1, b, c).



Şəkil 1

Əgər yivi tam profilli çıxışsız acmaq tələb olunursa onda yiv acan aləti geri çıxarmaq üçün detalda üst yuva açılmalıdır (şək.2, c).

Üst yuvanın diametri xarici yiv üçün – yivin daxili diametrindən bir qədər kiçik, daxili yiv üçün isə – yivin xarici diametrindən bir qədər böyük olmalıdır (şək. 2, a,b).



Şəkil 2

### Yivlərin növləri

Profillərindən asılı olaraq bağlama yivlər beş növdə olur metrik, düymə, silindrik boru, konus boru və düymə konus yivləri. Bu yivlərin hamısının profili üçbucaqdır və müvafiq standartlarla müəyyən edilir.

Metrik yivlər ən geniş yayılmış bağlama yivdir. Metrik yiv təpəsində hündürlüyünün  $1/8$  hissəsi qədər kəsilmiş və təpə bucağı  $60^\circ$  olan bərabər yanlı üçbucaq profiline malikdir (şək. 3, a). Yivin çökəyinin forması standart tərəfindən müəyyənləşdirilmişdir. Metrik yiv iri (verilmiş diametr üçün yalnız bir dənə) addımlı və xırda (verilmiş diametr üçün bir necə cür ola bilən) addımı hazırlana bilər.

İri addımlı yivlər yüksək möhkəmlik tələb olunan hallarda tətbiq edilir.

Xırda addımlı yiv hissənin divarı nazik olduqda və yüksək kiçiklik təmin olunması tələb edildikdə açılır. Xırda addımlı yivin vint xəttinin qalxma bucağı iri addımlı yivin vint xəttinin qalxma bucağından çox olduğundan özü-özünə açılmağa qarşı müqaviməti artırır.

Metrik yivlər "M" hərfi ilə işarə edilir. Yivin işarəsində iri addım göstərilmir, kiçik addım isə mütləq əks etdirilmişdir.

Metrik yivlərin ifadə edilməsinə dair misallar

– xarici yivlər üçün:

M16-6g; M27-LH-6g; M 20×0,75-6g.

– daxili yivlər üçün:

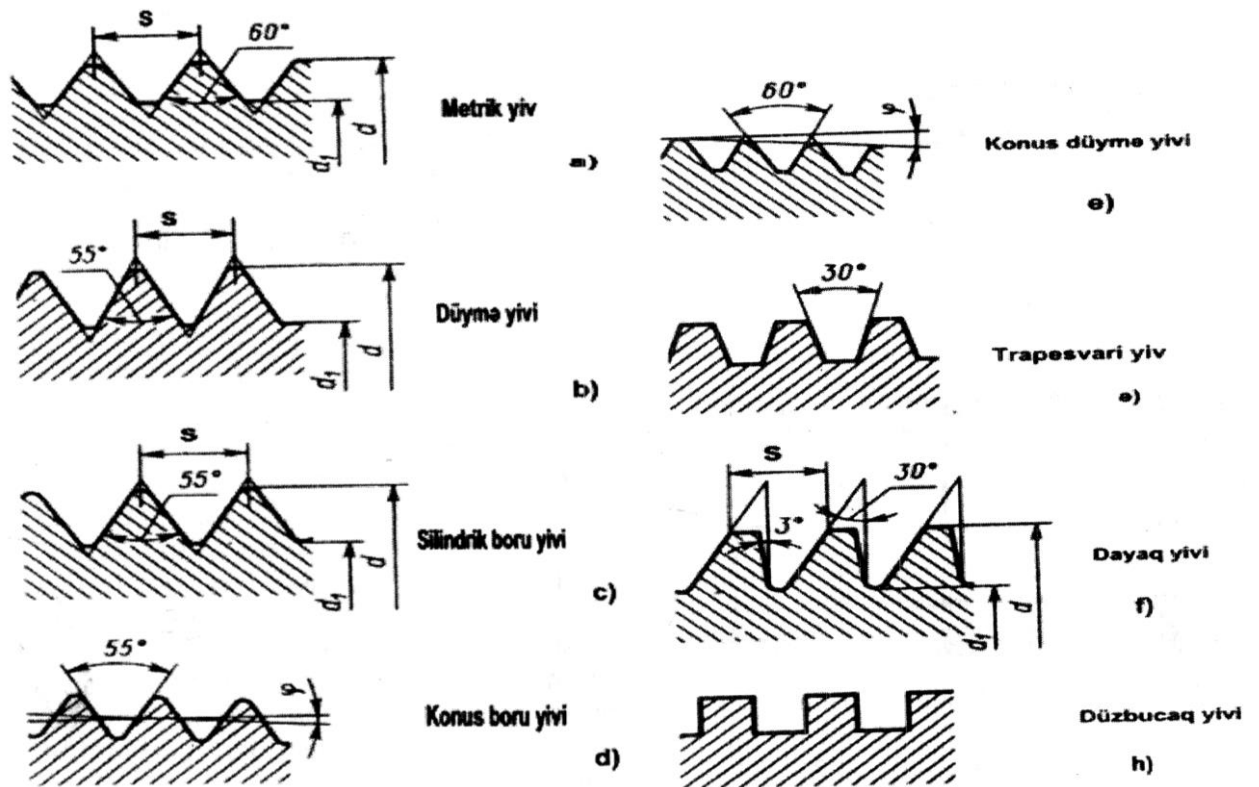
M16-6N; M27-LH-6N; M20×0,75-6N.

Düymə yivi, təpə bucağı  $55^\circ$  və təpədən, hündürlüyünün  $1/6$ -i qədər kəsilmiş bərabəryanlı üçbucaq profilə malikdir (şək. 3,b). Yivin diametri düymə ilə ölçülür. Düymə ölçüsü düzgün və ya qarışıq kəsir formasında yazılır və üzərində iki ştrix (cizgi) göstərilir ( $1'' = 25,4$  mm).

Misal üçün:  $1''$ ,  $3/4''$  .

Metrik yivdən fərqli olaraq düymə yivinin addımı, bir düyməyə düşən sarğıların sayı ilə verilir. Cədvəllərdə və yivlərin işarə olunmasında bəzən sarğı əvəzinə sap sözü də işlədilir. Yivin addımını təyin edən sarğıların (sapların) sayı həmişə tam ədəd olur.

Metrik yivlərdə olduğu kimi iri addımı düymə yivi məsuliyyəti, zərbə yükünə məruz qalan birləşmələrdə tətbiq olmur. Xırda addımlı düymə yivi boru yivi adlanaraq, boru birləşmələrində istifadə olunur.



Şəkil 3

Silindrik boru dişli birləşmələri əsasən kip birləşmələrdə (şəkl. 3, c) olunur (maye, qaz və buxar nəql edilməsi üçün boru kəmərləri). Belə dişli birləşmənin profili tərəp bacağı  $55^\circ$  olan bərabəryanlı üçbucaq olur. Onun diametri düymə ilə ölçülür. Boru dişli birləşmələri addımla yox, bir düymə düşən sapların (sarğıların) sayı ilə xarakterizə olunur.

Silindrik boru dişli birləşməsinə qıscaca olaraq **boru dişli birləşməsi** deyilir. Başqa sözlə, boru dişli birləşməsinə **xırda düymə dişli birləşməsi** deyilir.

Hermetikliyi təmin etmək üçün dişli birləşmənin tərəpləri (ucları) və oyuqları azacıq diyirlənmiş olur.

Silindrik boru dişli birləşməsinin şərti işarələnməsində "G" hərfi, düymələrlə ölçüsü göstərilir. Dişli birləşmənin burulmasının uzunluğu standartla müəyyən edilmiş normadan çoxdursa, şərti işarədə dişli birləşmənin burulma uzunluğu da göstərilir (" işarəsi göstəlmir).

Məsələn: G1/4—A; G3/8-A—20.

Əgər metrik yivin işarəsində göstərilən diametrin ölçüsü onun həqiqi ölçüsünə uyğundursa, boru yivinin işarəsində göstərilən ölçü təqribən borunun düymə ilə göstərilmiş şərti keçidinə bərabərdir.

Məsələn, G1 işarəsi şərti keçidi 25 mm, yəni təqribən bir düymə bərabər olan borunun xarici səthində açılmış boru yivinin ölçüsünü əks etdirir.

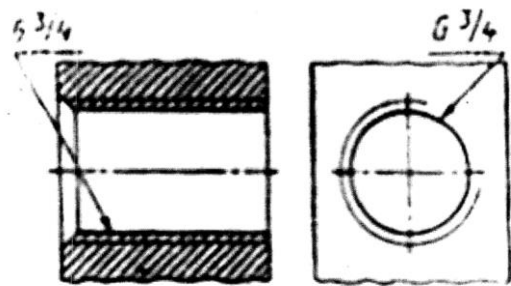
Yivin faktiki xarici diametri 33,249 mm-dir, yəni borunun diametrindən onun divarının iki qalınlığı qədər böyükdür.

4 və 5-ci şəkillərdə daxili və xarici boru yivinin çertyoj üzərində əks etdirilməsi nümunələri göstərilmişdir.

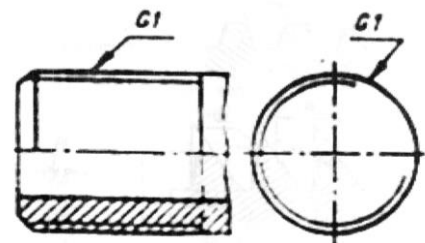
Konus boru yivləri yüksək təzyiq və temperatur şəraitində işləyən boru kəmərlərinin birləşdirilməsində tətbiq edilir. Silindrik boru yivinə nəzərən bu yiv daha möhkəm və hermetikdir.

Yivin profilinin bucağı  $55^\circ$ , konusluğu 1:16-dir.

Konuslu dəliyin uzunluğu boyunca diametrlərin ölçüsü dəyişmədiyindən, konus yivin ölçüsünü yivin uzunluğunun təxminən ortasından keçən əsas müstəviyə nəzərən götürürlər.



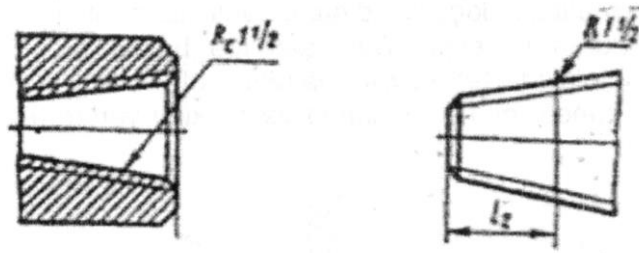
Şəkil 4



Şəkil 5

Bu en kəsiyində konus yivin diametri silindrik boru yivinin diametrinə uyğun gəlir.

**Konus düymə** yivləri maşınların yanacaq, yağ, su, hava boru kəmərlərində, xüsusi yüksək təzyiqi və temperatur ilə əlaqədar birləşmələrdə tətbiq edilir. Yivin profili bərabəryanlı üçbucaqdır (bucaq  $60^\circ$ -dir). Yivin addımı hər 1" uzunluğuna düşən sargıların sayı ilə verilir. Xarici konuslu yiv "R" simvolu ilə, daxili konuslu yiv isə – "R<sub>s</sub>" simvolu ilə göstərilir (şək. 6).



Şəkil 6

Hərəkət yivləri trapes, düzbucaqlı və xüsusi halda kvadrat profilli olurlar.

Bunlardan düzbucaq və kvadrat profilli yivlər qeyri-standartdırlar.

**Trapesvari yivin** profili yan tərəfləri arasında  $30^\circ$  bucaq olan bərabəryanlı trapesiyadır (şək. 3, ə). Trapesvari yiv düzbucaq yivə nisbətən möhkəmdir. Belə yivlərin diametri 8 mm-dən 640 mm arasında dəyişə bilər.

Trapesvari yivlər iri və xırda addımlı icra edilir (hər diametr üçün üç müxtəlif addım olur).

Çertyoj üzərində trapesvari yiv "Tr" simvolu ilə göstərilir, məsələn:

Tr 40×6-8e; Tr 40×9-6e.

**Dayaq yivi** vintə bir istiqamətdə qüvvə təsir edən birləşmələrdə (domkratlarda, vint preslərində və s.) hərəkətin ötürülməsi üçün tətbiq edilir.

Bu yivin profili trapes şəkillidir. Lakin trapesin bir tərəfi  $3^\circ$ , o biri tərəfi isə  $30^\circ$  mailliyə malikdir (şək. 3, f). Mailliyin  $3^\circ$  olması vintin yük altında öz-özünə tormozlanması üçün şərait yaradır. Yivin hər diametrinə üç müxtəlif addım uyğun gəlir.

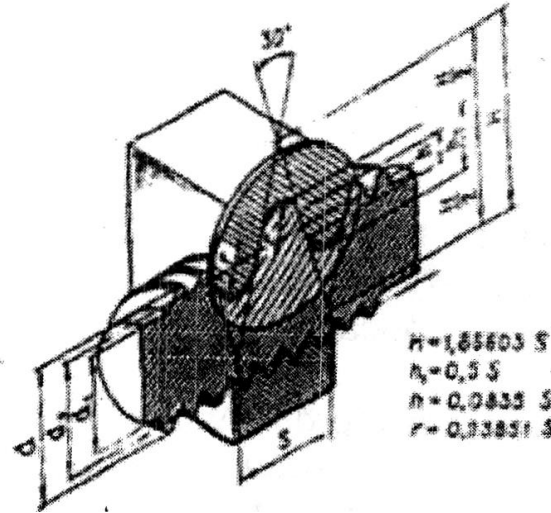
Dayaq yivi "S" hərfi ilə işarə olunur.

Məsələn, S80×10-h; S80×10LH-7h.

**Dairəvi profilli yiv** (şək. 7) əsas etibarilə toxlu və çirkli şəraitdə, eləcə də dinamik yük təsiri altında işləyən vintlərdə tətbiq edilir. Belə şəraitdə başqa profilli yivlər tətbiq edildikdə tez yeyilir. Dairəvi profilli yivlər su kəməri armaturunda, gil nasoslarında və bu kimi yerlərdə istifadə olunur.

**Qeyri standart profilli yivlər** standart bağlama və hərəkət yivlərinin profilindən fərqli profildə olur. Bu yivin çertyojda profilini göstərmək üçün yerli

kəsikdən və ya böyüdülmüş miqyasda kənara çıxarılmış görünüşdən istifadə olunur. Bu görünüşdə yivin qurulması üçün lazım olan ölçülər (xarici və daxili diametr, addım, profilin mailliyi) və yivin adı göstərilir. Qeyri standart yivlərə **düzbucaq və kvadrat profilli yivləri** misal göstərmək olar (şək. 3, h).



Şəkil 7

## §11. Söküləbilməyən birləşmələr

**Qaynaq birləşməsi.** Qaynaq birləşməsi söküləbilməyən birləşmə olub, metal hissələrin ərimə, və yaxud plastikləşənə qədər qızdırılması və bunun nəticəsində birləşdirilən hissələrin molekulyar ilişmə qüvvəsindən istifadə edilməsinə əsaslanan birləşmədir. Pərçim birləşməsi əvəzinə qaynaq birləşməsinə tətbiq etdikdə 10...20%-ə qədər metala qənaət edilir. Qaynaq zamanı pərçimlər üçün olan deşiklərin açılmasına ehtiyac olmadığından birləşdirilən hissələrin möhkəmliyi zəiflədilmir.

Qaynaq üsulları müxtəlifdir: elektrik qövs üsulu, qazla qaynaq üsulu, elektromexaniki (kontakt) qaynaq üsulu, diffuziya olunmaqla, lazer və s.

Qaynaq birləşməsinin pərçim və yiv birləşməsinə nisbətən bir sıra üstünlükləri vardır.

1. Qaynaq birləşməsində konstruksiyanın çəkisi yüngül olur;

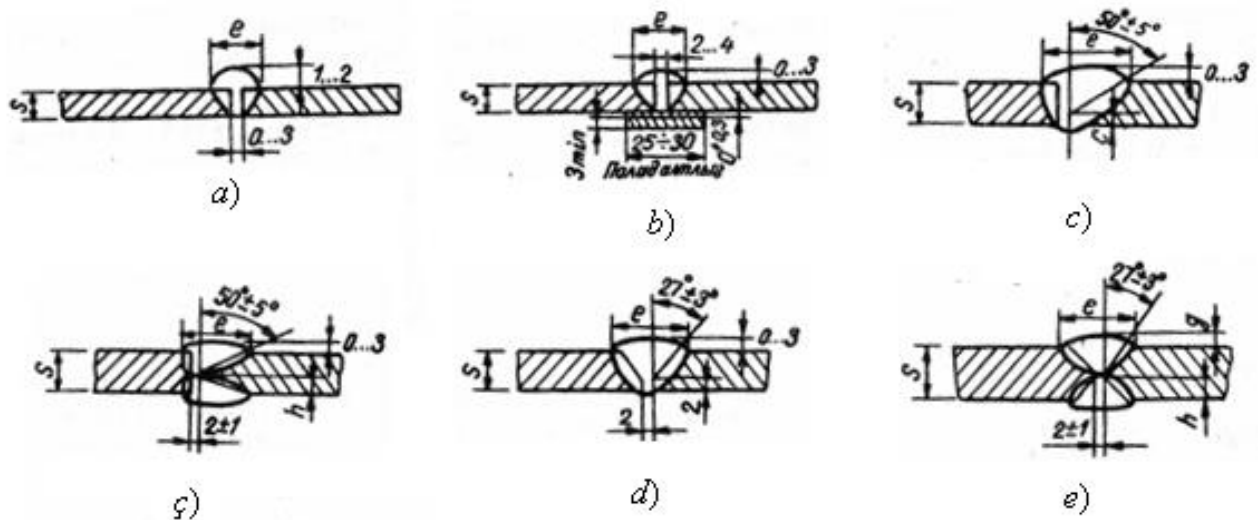
2. Bir çox mürəkkəb hissələrin texnoloji cəhətdən çox ucuz başa gəlir;
3. Birləşmənin möhkəmliyi kifayət qədər təmin olunur;
4. Birləşmənin mürəkkəb tikişlərlə aparmaq mümkün olur;
5. Birləşmə asan və tez başa gəlir.

Qaynaq birləşməsinin mənfi cəhətləri aşağıdakılardır:

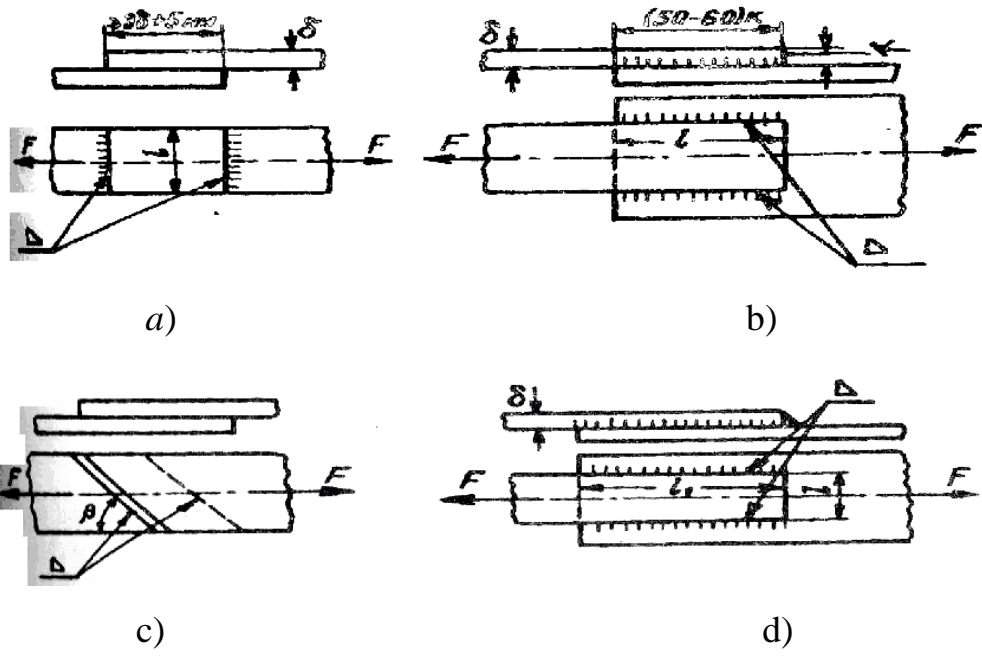
1. Qaynaq tikişinin keyfiyyətini yoxlamaq mürəkkəbdir;
2. Qaynaq tikiş dinamik yüklərə daha həssasdır;
3. Qaynaq tikişinin mənfi temperatur şəraitində kövrəkliyi artır.

Qaynaq tikişinin növləri aşağıdakı qruplara bölünür:

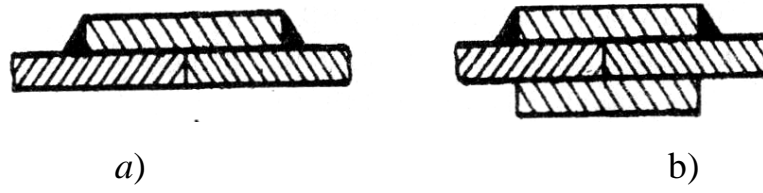
1. Uc-uca qaynaq birləşməsi (şəkil 17, *a, b, c, ç, d, e*);
2. Üst-üstə qaynaq birləşməsi (şəkil 18, *a, b, c, d*);
3. Üstüklü qaynaq birləşməsi (şəkil 19, *a, b*);
4. Kontakt qaynaq birləşməsi (şəkil 20, *a, b*);
5. Tıxac tipli qaynaq birləşməsi (şəkil 21, *a, b*);
6. Bucaq və tavr qaynaq birləşməsi (şəkil 22, *a, b, c, d*).



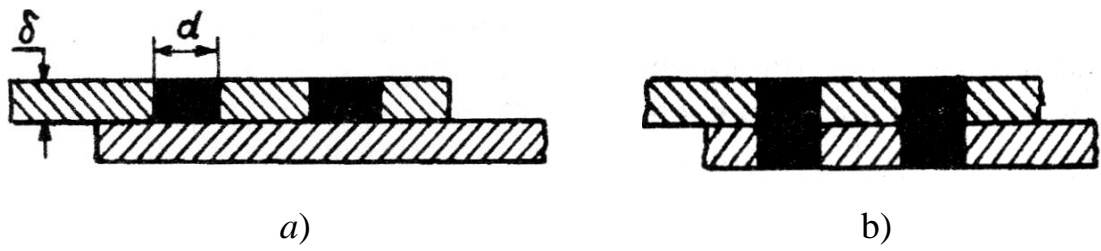
Şəkil 17



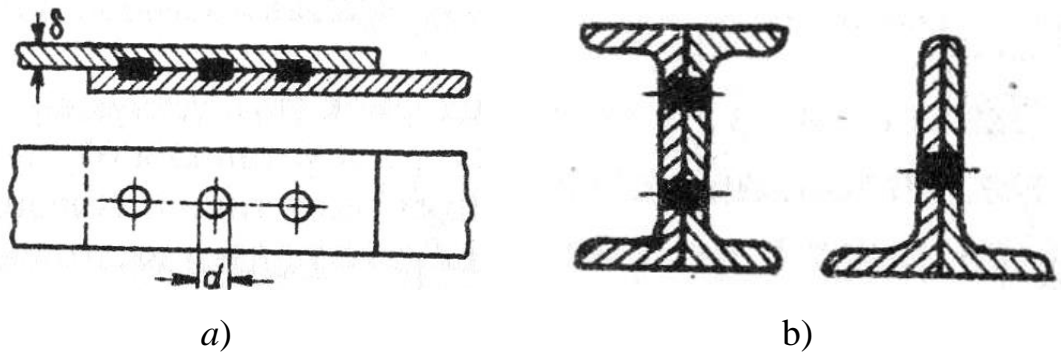
Şekil 18



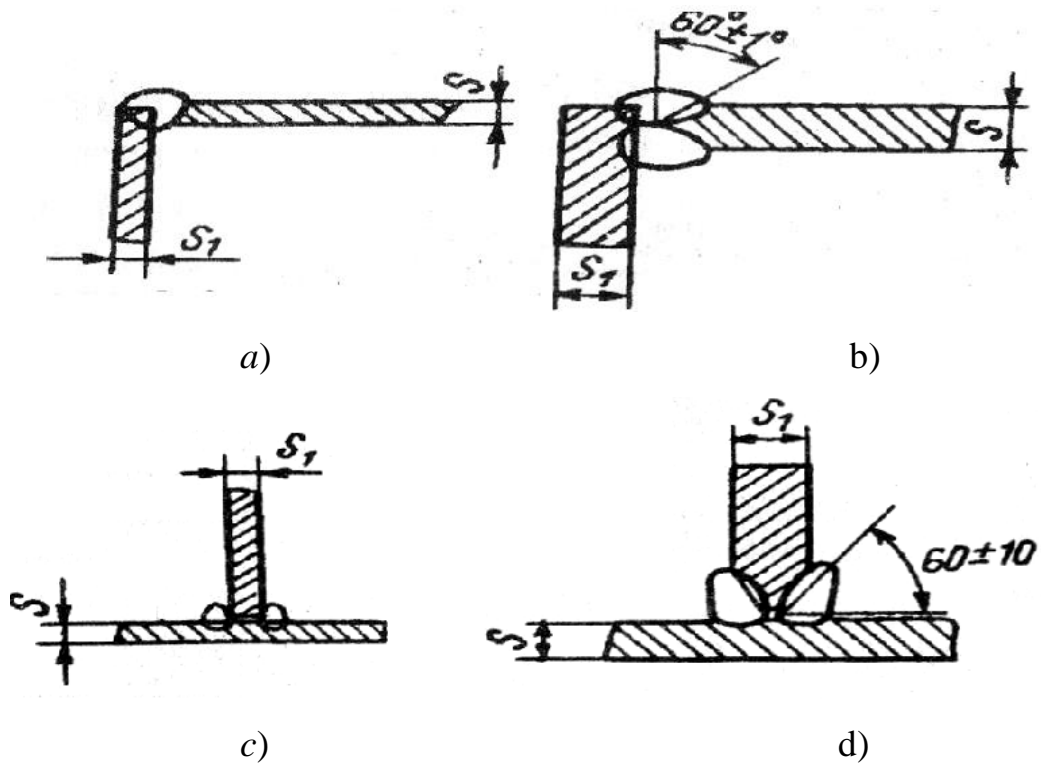
Şekil 19



Şekil 20



Şəkil 21



Şəkil 22

### Qaynaq birləşməsinin hesablanması

Uc-uca tikişlər birləşməyə tətbiq olunmuş qüvvələrin təsiri istiqamətinə görə dartılmaya və ya sıxılmaya işləyir .

Lövhələr uc-uca qaynaq edilib F qüvvəsi ilə dartılırsa, normal gərginlik:

$$\sigma_d = \frac{F}{A} = \frac{F}{LS} \leq [\sigma']$$

$[\sigma']$  – qaynaq tikişi üçün buraxıla bilən gərginlik, L – tikişin uzunluğudur.

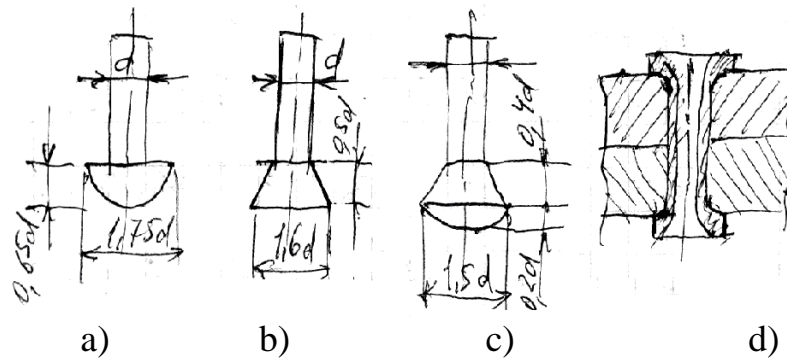
## Pərçim birləşmələri

Pərçim birləşməsi söküləbilməyən birləşmə növünə aiddir. Pərçim birləşməsinə əsasən lövhə və yayma profilləri birləşdirmək üçün istifadə olunur. Bu növ birləşmə hissələrdə açılmış yuvaya pərçim çubuğunu keçirib, onu hər iki tərəfdən sıxıb yaymaqla əldə edilir. Pərçim çubuğunun yuvada oturulması və pərçim başlığının alınması prosesi **pərçimləmə** adlanır.

Pərçim birləşməsinin üstün cəhətləri: birləşmənin etibarlılığı, tikişin keyfiyyətinə nəzarət etmənin asanlığı, titrəmə və zərbə qüvvələrinə qarşı müqavimətin yüksək olmasıdır.

Birləşmənin mənfi cəhətləri: pərçimləmə prosesini aparmaq üçün xüsusi avadanlıq tələb olunur, pərçim yuvaları birləşdirilən hissələri zəiflədiyi üçün onların ölçüsünü artırmaq lazım gəlir, bu isə əlavə material sərfinə səbəb olur.

Başlığının formasına görə pərçimlərin müxtəlif növləri vardır (şəkil 23).



Şəkil 23

- a) yarımdayirəvi başlıqlı; b) yatıq başlıqlı;  
c) yarımdayatıq başlıqlı; d) içi boş.

Hissələri pərçimlə birləşdirərkən, onları bir-birindən müəyyən məsafədə cərgə ilə yerləşdirirlər, bu da birləşdirilən hissə ilə birlikdə pərçim tikişini təşkil edir.

Təyinatına görə pərçim tikişləri aşağıdakı növlərə ayrılır:

1. Möhkəm tikişlər – əsasən möhkəmlik tələb olunan konstruksiyalarda, körpü formalarında, kran tirlərində və s. istifadə olunur;
2. Möhkəm kip tikişlər – əsasən möhkəmlik, həm də kiçiklik tələb olunan konstruksiyalarda (buxar qazanları, qaz çənlərində və s.) istifadə olunur.

3. Kip tikişlər əsasən kiplik tələb olunan və kiçik təzyiq altında işləyən qaz və buxar qazanlarında istifadə olunur.

Konstruksiyasına görə pərçim tikişləri:

- a) üst-üstə;
- b) uc-uca birüstüklü;
- c) uc-uca ikiüstüklü olurlar.

Pərçim birləşmələri cərgələrin sayına görə:

- 1) bircərgəli;
- 2) ikicərgəli;
- 3) çoxcərgəli olur.

Burada pərçimlər paralel və şahmat şəklində düzülə bilər.

Polad 2, 3, 10 markalı və əlvan materiallardan hazırlanır.

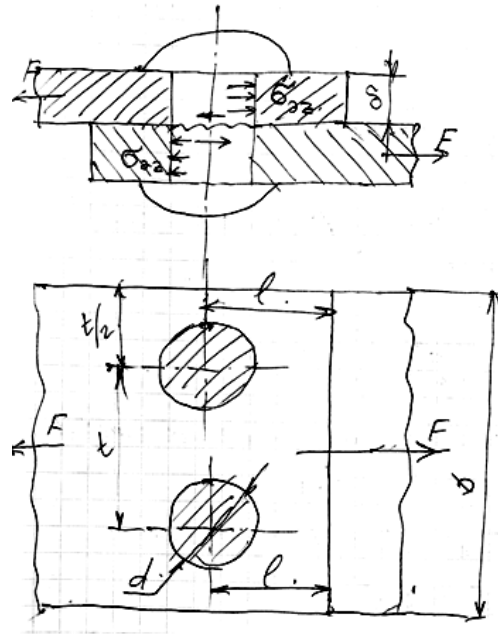
Polad hissələri ancaq poladla, mis hissələri mislə, duralüminium hissələri duralüminiumlə pərçimləmək lazımdır.

### **Pərçim tikişlərin hesablanması**

Pərçim tikişlərini hesablayarkən şərtlər götürülür:

1. Birləşməyə təsir edən qüvvə ancaq pərçimlər vasitəsilə ötürülür və hissələr arasındakı sürtünmə qüvvəsi nəzərə alınmır.
2. Pərçim çubuğun diametri  $d$ , pərçim yuvasının diametri  $d_0$ -a bərabər qəbul olunur.
3. Birləşməyə təsir edən qüvvə pərçimlər arasında bərabər paylanır.

Birləşdirilən hissələr  $F$  qüvvəsinin təsirindən bir-birinə nisbətən sürüşməyə çalışacaq. Bu halda tikiş elementlərinin möhkəmliyə hesabı aşağıdakı ardıcılıqla aparılır (şəkil 24):



Şəkil 24

1. Pərçim və pərçim yuvasının divarı əzilməyə hesablanır:

$$\sigma_{\partial z} = \frac{F}{\delta dz} \leq [\sigma_{\partial z}]$$

2. Pərçim çubuğu kəsilməyə hesablanır

$$\tau_k = \frac{4F}{i\pi d^2 z} \leq [\tau_k]$$

3. Birləşən hissələr (lövhələr) dartılmaya hesablanır

$$\sigma_d = \frac{F}{\delta(t-d)} \leq [\sigma_d]$$

4. Birləşən hissələrin kənarları kəsilməyə hesablanır

$$\tau_k = \frac{F}{2\delta\left(1 - \frac{d}{2}\right)z} \leq [\tau_k]$$

Burada  $d$  – pərçim çubuğunun diametri;  $z$  – pərçimlərin sayı;  $\delta$  – birləşdirilən hissələrin qalınlığıdır.

Pərçimin diametri  $d = 2\delta$  götürülür.

Pərçim yuvalarının mərkəzlərarası məsafə  $t = (3...6)d$ .

Lövhələrin kənar ucuna qədər olan məsafə  $l = (1,5...2,0)d$ .

Pərçim çubuğu üçün açılan yuvalar birləşən hissələrin möhkəmliyini azaldır və bu tikişin möhkəmlik əmsalı  $\varphi$  ilə qiymətləndirilir:

$$\varphi = \frac{t-d}{t}$$

Üst-üstə bircərgəli pərçim tikişində  $\varphi = 0,67$ , ikicərgəli üst-üstə pərçim tikişində  $\varphi = 0,75$  qəbul olunur.

## §12. Ötürmələr haqqında anlayış

Mexaniki enerjinin müəyyən məsafəyə ötürmək üçün istifadə olunan quruluşlara **ötürmələr** deyilir.

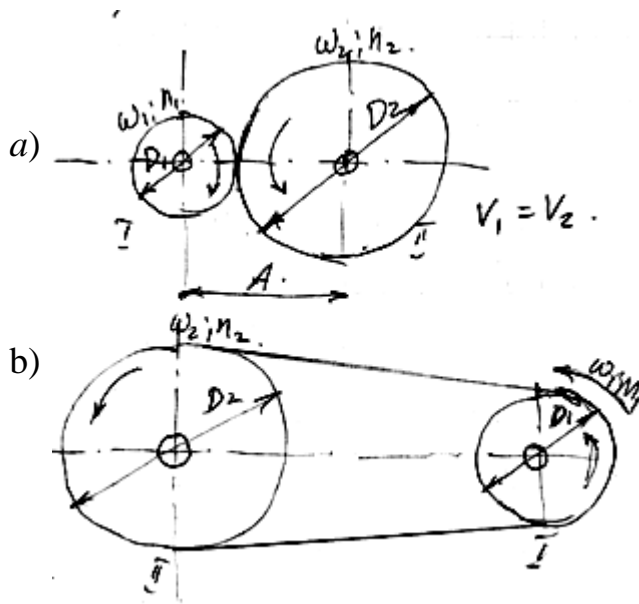
Ötürmələr vasitəsilə enerjini ayrı-ayrı maşınların işçi orqanları arasında paylamaq, ötürülən burucu momenti, dövrlər sayını azaltmaq və ya artırmaqla dəyişmək, sürətləri tənzimləmək, hərəkətin növünü dəyişmək (məsələn, fırlanma hərəkətini irəliləmə hərəkətinə və s.), işə salmaq, dayandırmaq və hərəkət istiqamətini dəyişmək olur.

Mexaniki ötürmələr iş prinsipinə görə iki qrupa bölünür:

- a) sürtünmə ilə ötürmələr: bilavasitə toxunma ilə (sürtünmə ötürmələri) və elastik əlaqəli (qayış ötürmələri) ötürmələr;
- b) ilişmə ilə ötürmələr: bilavasitə toxunma ilə (dişli çarx və sonsuz vint ötürmələri) və elastik əlaqəli (zəncir ötürmələri) ötürmələr.

Enerjini (hərəkəti və burucu momenti) ötürən val və onun üzərində oturdulmuş hissələr (dişli çarxlar, qasnaqlar və s.) **aparan**, onu qəbul edən val və hissələr isə **aparılan** adlanır.

Bilavasitə toxunma ilə (şək. 25, a) və elastik əlaqəli (şək. 25, b) ötürmələrinin sxemini araşdıraraq.



Şəkil 25

$n_1$  və  $n_2$  – apararı I və aparılan II valının dəqiqədə dövrlər sayı;

$\omega_1$  və  $\omega_2$  – bucaq sürətləri;

$D_1$  və  $D_2$  – fırlanan hissələrin (diyircəklərin, qasnaqların) diametrləri;

$V_1$  və  $V_2$  – çevrəvi sürətlərdir.

Apararı valın bucaq sürətinin ( $\omega_1$ ) aparılan valın bucaq sürətinə ( $\omega_2$ ) olan nisbətində **ötürmə ədədi** deyilir:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Məlumdur ki,  $\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30}$  və  $\omega_2 = \frac{\pi n_2}{30}$ , onda

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

digər tərəfdən

$$V_1 = \frac{\pi D_1 n_1}{60} \quad \text{və} \quad V_2 = \frac{\pi D_2 n_2}{60}, \quad \text{m/s}$$

Sürüşmənin olmadığını qəbul etsək  $V_1 = V_2$  və ya  $D_1 n_1 = D_2 n_2$

Onda

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Dişli çarx və zəncir ötürmələrində apararı və aparılan çarxlar üçün dişin addımı  $t$  eyni olduğundan onların diametrlərini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\pi D_1 = z_1 \cdot t; \quad \pi D_2 = z_2 \cdot t$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{z_2}{z_1} = u$$

Beləliklə, ötürmə ədədi

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

### **Friksion ötürmələr**

Sürtünmə ötürməsi müəyyən qüvvə ilə bir-birinə sıxılmış iki diyircəkdən ibarət olub, hərəkəti bir diyircəkdən digərinə onların görüşən səthlərində yaranan sürtünmə qüvvəsi vasitəsilə ötürür. Friksion (sürtünmə) ötürmələr ötürmə ədədi tənzimlənməyən və ötürmə ədədi tənzimlənən (variatorlar) olmaqla iki böyük qrupa ayrılır. Bu ötürmələrdə hərəkət oxları paralel kəsişən vallar arasında ötürülə bilər.

Sürtünmə ötürmələrin əsas üstünlükləri aşağıdakılardır:

1. Konstruksiyanın və qulluq olunmasının sadəliyi;
2. Hərəkətin səlis və səssiz ötürülməsi;
3. Qurğunun hərəkətini saxlamadan ötürmə ədədinin fasiləsiz tənzim oluna bilməsi;
4. Artıq yüklənmədə diyircəklərin bir-birinə nisbətən sürüşüb qurğunu dağılmadan qoruması.

Ötürmənin qüsurları aşağıdakılardır:

1. Diyircəklər bir-birinə nisbətən sürüşə bildiyi üçün ötürmə ədədi sabit deyildir;
2. Diyircəklərin işçi səthlərinin qeyri-bərabər və çox tez yeyilməsidir;
3. Böyük güc ötürə bilməməsi (sürtünmə ötürmələrilə əsasən 10...20 Kvt-a qədər güc ötürmək olur, səthi yağlanan polad diyircəklər vasitəsilə 200...300 kVt-a qədər güc ötürmək mümkündür);



Onda  $v_1 = v_2 + \Delta v$  olacaq və

$$1 = \frac{v_2}{v_1} + \frac{\Delta v}{v_1}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = 1 - \varepsilon$$

burada  $\Delta v$  – sürüşmə sürəti;

$\varepsilon = \frac{\Delta v}{v_1}$  – nisbi sürüşmə əmsalındır.

$\varepsilon = 0,01 \dots 0,03$  qəbul edilir.

$v_1$  və  $v_2$ -nin ifadələrini yerinə yazsaq

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1(1 - \varepsilon)}$$

Sürüşməni nəzərə almasaq:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Mərkəzlərarası məsafə

$$a = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{D_1}{2}(1 + u)$$

Buradan:

$$D_1 = \frac{2a}{1 + u}; \quad D_2 = \frac{2a \cdot u}{1 + u}$$

Diyircəyin eni

$$b = \psi \cdot a$$

$$\psi = \frac{b}{a} = 0,2 \dots 0,4 \text{ – diyircəyin en əmsalındır.}$$

2. Ötürmədə təsir edən qüvvələr.

Ötürmənin sürüşməsiz baş verməsi üçün  $F_s > F_t$  şərti ödənilməlidir.

Sürüşmə qüvvəsi  $F_s = f \cdot F_n$

Ötürülən çevrəvi qüvvə  $F_t = \frac{2T_1}{D_1}$  olduğundan

$$f \cdot F_n > \frac{2T_1 \cdot 10^3}{D_1}$$

Buradan diyircəkli bir-birinə sıxan qüvvə:

$$F_n = \frac{2kT_1 \cdot 10^3}{fD_1} = \frac{2kT_2 \cdot 10^3}{fD_2}$$

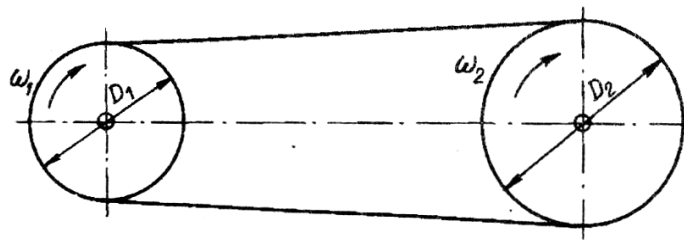
$k$  – yük əmsalı və ya ehtiyat əmsalı adlanır.

$k = 1,2 \dots 1,5$  götürülür.

### Qayış ötürməsi

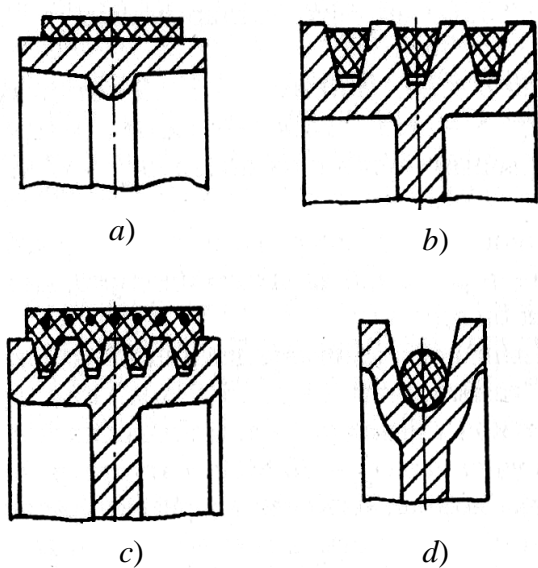
#### Ümumi məlumat

Qayış ötürməsi bir-birindən müəyyən məsafədə yerləşmiş aparıcı və aparılan qasnaqlardan və bu qasnaqlar üzərinə tarım geydirilmiş qayışdan ibarətdir. Qayış ötürməsində hərəkət aparıcı qasnaqdan aparılan qasnağa qayışla qasnaqlar arasında yaranan sürtünmə qüvvələri hesabına ötürülür.



Şəkil 48

Qayışın en kəsiyinin formasına görə düzbucaqlı enkəsikli – yastı, trapesiya enkəsikli–pazvari, çarpazlı və dairəvi profilli qayış ötürmələri vardır.



Şəkil 49

Qayış ötürməsinin aşağıdakı üstünlükləri vardır:

1. Ötürmənin konstruksiyası sadə olub. ucuz başa gəlir.
2. Ötürmə səlis və səssiz işləyir.
3. Qayış qoruyucu üzv rolunu oynayaraq (sürüşərək) mexanizmləri çox böyük yüklənmələrdən qoruyur.
4. Hərəkəti uzaq məsafəyə ötürmək mümkündür.

5. Hərəkəti müxtəlif vəziyyətdə yerləşmiş vallar arasında ötürmək mümkündür.

Qayış ötürməsinin çatışmayan cəhətləri:

1. Ötürmə ədədinin sabit olmaması
2. Dişli çarx ötürmələrinə nisbətən qabarit (əndazə) ölçüləri böyükdür.
3. Val və yastıqlara böyük qüvvə düşür.
4. İş zamanı qayış uzanır və onun tarımlığı azalır.
5. Qayış işlədikdə onun səthində müəyyən elektrik yükü yığılır. Ona görə də partlayış təhlükəsi olan yerlərdə bu ötürmədən istifadə etmək məsləhət görülmür.
6. İtgedişli ötürmələrdə ( $v = 40...70$  m/s) qayışın işləmə müddəti az olur.

Yastı qayışlar vasitəsilə hərəkəti, fəzada müxtəlif vəziyyətdə yerləşmiş vallar arasında ötürmək mümkündür.

Valların bir-birinə nisbətən yerləşməsinə və qasnaqların fırlanma istiqamətlərinə görə qayış ötürmələrini aşağıdakı qruplara bölmək olar: 1) adi ötürmə; 2) yarımçarpaz ötürmə; 3) çarpaz ötürmə; 4) bucaq altında ötürmə.

### §13. Dişli çarx ötürməsi

Müasir maşınqayırmada və cihazqayırmada ən geniş yayılmış mexaniki ötürmə növü dişli çarx ötürməsidir.

Ümumiyyətlə, sənayenin bütün sahələrində (saatlardan tutmuş ən mürəkkəb və ağır maşınlarla qədər) hərəkətin ötürülməsi üçün dişli çarxlardan istifadə edilir. Dişli çarxlardan fırlanma hərəkətini vallar arasında ötürmək, fırlanma hərəkətini irəliləmə hərəkətinə və əksinə çevirmək üçün istifadə olunur.

Dişli çarx ötürmələrinin geniş yayılmasına səbəb, onların başqa ötürmələrə nisbətən aşağıdakı üstünlüklərə malik olmasıdır:

- 1) böyük gücü (50000 kVt-a qədər) ötürə bilməsi;
- 2) işdə etibarlılığı, işləmə müddətinin uzun olması;
- 3) ötürmə ədədinin sabitliyi;
- 4) f.i.ə.-nin (0,95÷0,99-a çatır) yüksək olması;
- 5) qulluq edilmənin sadəliyi;
- 6) qabarit (əndazə) ölçülərinin kiçikliyi.

Bunlarla yanaşı, dişli çarx ötürməsinin aşağıdakı mənfi cəhətləri vardır: hazırlanması yüksək dəqiqlik tələb edir; böyük sürətlərlə işlədikdə səs salır; dişli çarxları hazırlamaq üçün ixtisaslaşdırılmış avadanlıq və mürəkkəb profilli alət tələb olunur: ötürmə ədədlərinin sırası məhdud olur (başqa sözlə, istənilən u-nu götürmək olmur), çünki dişli çarxın dişlərinin sayı tam olmalıdır. Ötürmə sərt olduğundan dinamik qüvvələr kompensasiya olunmur və qurğu dağılmadan qorunmur.

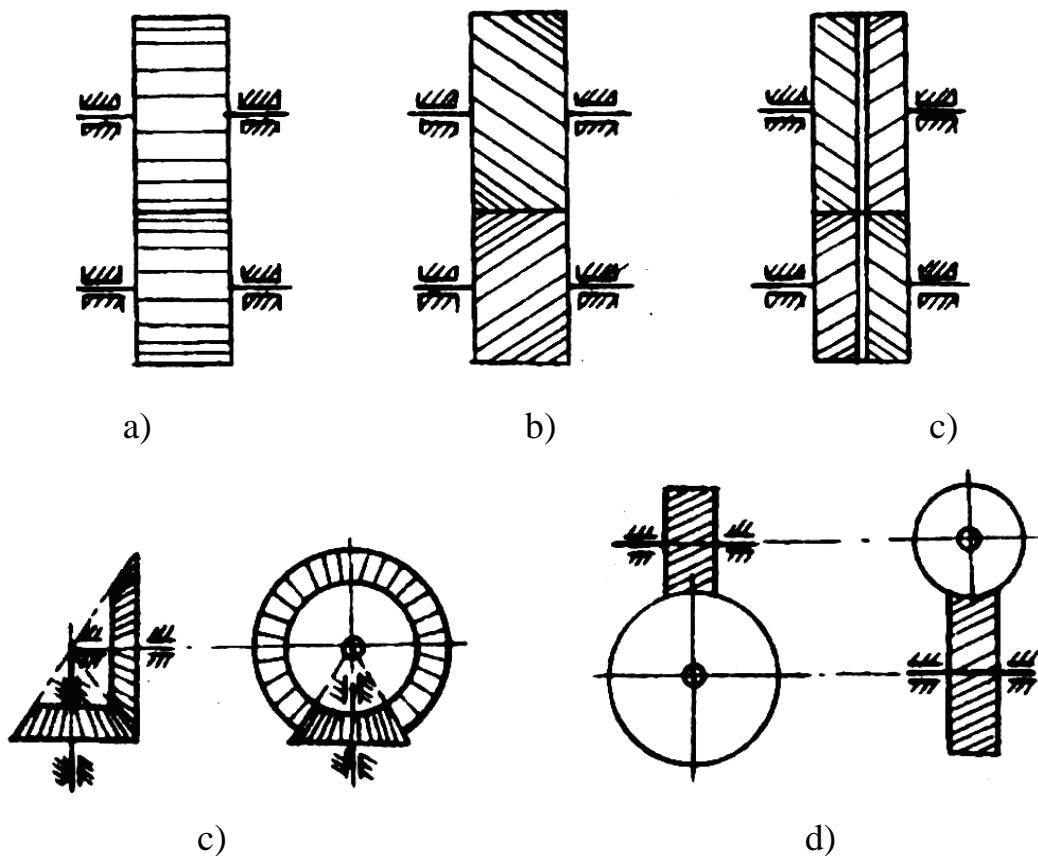
Valların hündəsi oxlarının qarşılıqlı vəziyyətinə görə dişli çarx ötürmələri aşağıdakı növlərə bölünür:

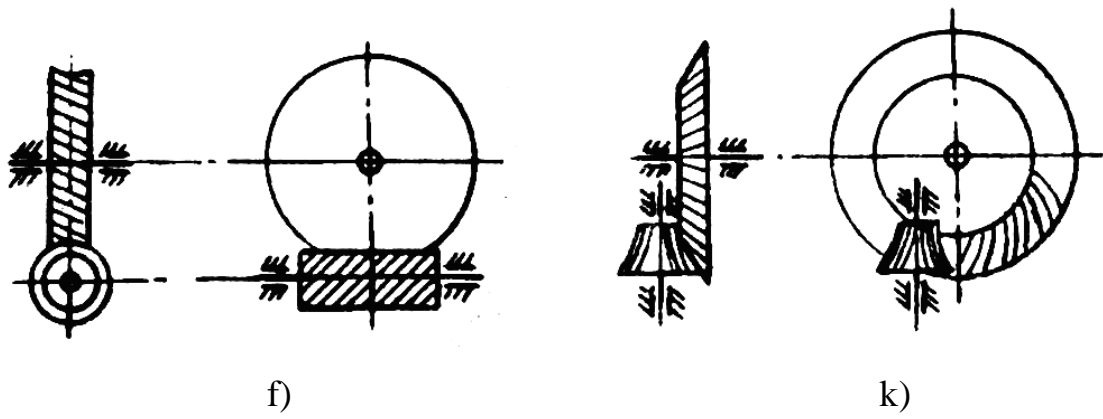
- 1) oxları paralel olan vallar arasında hərəkətin ötürülməsi üçün istifadə olunan **silindrik dişli çarxlarla** (şəkil 28, a, b, c) ötürmə;
- 2) oxları kəsişən vallar arasında hərəkətin ötürülməsi üçün istifadə olunan **konusvarı dişli çarxlarla** (şəkil 28, d) ötürmə;

3) oxları çarpazlaşan vallar arasında hərəkətin ötürülməsi üçün istifadə olunan **sonsuz vint** (sonsuz vint çarxı və sonsuz vint) ötürməsi (şəkil 28, e).

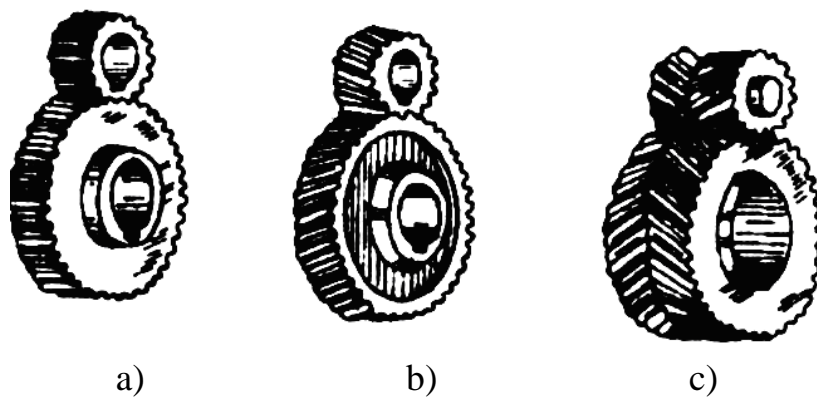
Hərəkəti, oxları çarpazlaşan vallar arasında ötürmək üçün sonsuz vint ötürməsindən başqa vintvari – dişli ötürmədən də istifadə edirlər. Belə ötürmə çarpazlaşan vallar üzərində oturdulmuş iki çəpdişli silindrik çarxdan (şəkil 28, f) və ya çəpdişli, yaxud dairəvi dişli konusvarı çarxlardan (hipoidli ötürmə (şəkil 28, k) ibarətdir.

Dişlərin açıldığı başlanğıc səthlərin formasına görə silindrik (şəkil 29), konusvarı (şəkil 30), hiperboloid (şəkil 28, d) və qloboid (şəkil 31) dişli çarx ötürmələri vardır. Çarxın çənbərində yerləşməsinə görə dişlər aşağıdakı növlərə ayrılır: düz dişli (şəkil 29, a; şəkil 30, a), çəp dişli (şəkil 29, b; şəkil 30, b): qoşa çəp dişli (şəkil 29, c) və əyri dişli (şəkil 30, c).



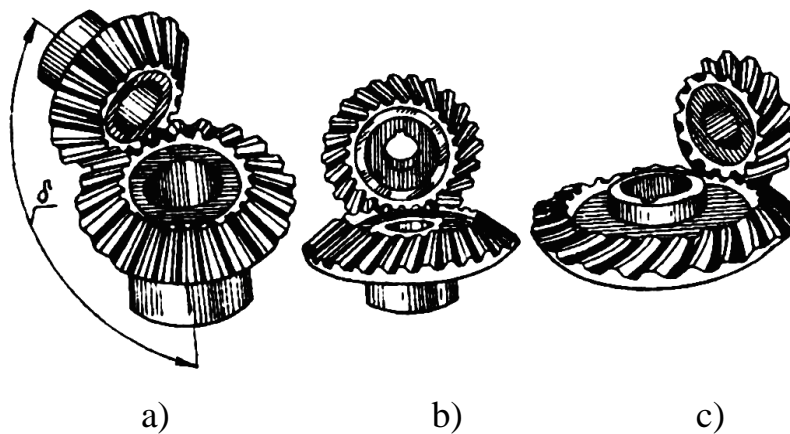


Şəkil 28



Şəkil 29

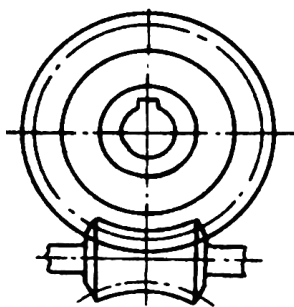
Dişli çarxla ötürmədə dişlər bir-biri ilə xaricdən (bax: şəkil 28) və yaxud daxildən ilişə bilər (şəkil 32). Dişli çarx və tamasa vasitəsilə (şəkil 33) fırlanma hərəkətini irəliləmə hərəkətinə və əksinə çevirmək olur.



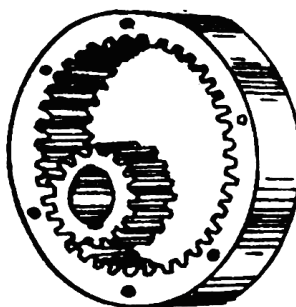
Şəkil 30

Dişlərin profilinə müvafiq olaraq dişli çarx ötürməsində aşağıdakı ilişmə növlərindən istifadə edilir:

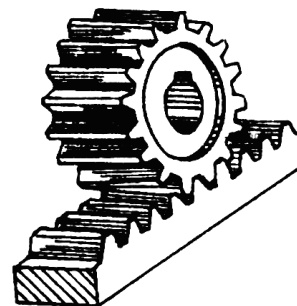
- a) **evolvent ilişməsindən** – burada dişin profili evolvent əyrisi üzrə qurulur;
- b) **tsikloid ilişməsindən** – burada dişin profili tsikloid əyrisi üzrə qurulur;
- c) **dairəvi profili ilişmə** – burada dişin profili çevrə qövslərindən təşkil olunur.



Şəkil 31



Şəkil 32



Şəkil 33

Maşınqayırmada geniş tətbiq olunan dişli çarxların profili – Eylerin adı ilə bağlı olan (1754-cü ildə Rusiyada akademik L.Eyler təklif etmişdir) evolvent əyrisi üzrə qurulur. Belə profil ilişmə nəzəriyyəsinə əsasən ötürmə ədədinin sabit

olmasını təmin edir. Evolvent ilişməsi sadə hazırlanmaqla bərabər, mərkəzlərarası məsafənin dəyişməsinə bir o qədər də həssas deyil.

Lakin böyük yük altında uzun müddət işlədikdə evolvent ilişməsində dişlərin səthi yorulma nəticəsində ovulur və kiçik çuxurlar, yaxud çopurlar (“pitting”) əmələ gəlir. Bu, evolvent profilli dişlərin dar zolaq boyunca toxunması (zolağa düşən xüsusi təzyiğin isə çox böyük olması) nəticəsində baş verir.

Məlumdur ki, toxunma sahəsini böyütmək üçün toxunan səthlərin əyrilik radiusu böyüdülməlidir. Bu isə evolvent ötürmədə dişli çarxın diametrinin böyüdülməsi hesabına mümkündür.

Bu baxımdan Novikov ötürməsinin – dairəvi profilli dişli çarx ötürməsinin tətbiqi əlverişli sayılmalıdır.

Novikov ötürməsində dişlərin profili dairə qövsü üzrə hazırlandığından dişlər enli zolaqlar boyunca toxunur. Məhz buna görə də ötürmənin həndəsi ölçüləri kiçilir, yükötürmə qabiliyyəti artır. Buna görə də, neft sənayesində işlədilən mancanaq dəzgahları reduktorlarının dişli çarxları əsasən Novikov ilişməli hazırlanır.

Tsikloidal ötürmələr əsasən cihazqayırmada (saatlarda və s.) işlədilir.

### **Silindrik düzdişli çarx ötürməsi**

Başqa dişli çarxlardan fərqli olaraq, hazırlanması, quraşdırılması, işlədilməsi asan və etibarlı olan silindrik dişli çarxlar maşınqayırmada daha geniş tətbiq edilir.

Hərəkəti paralel vallar arasında ötürmək üçün silindrik dişli çarxlardan istifadə edilir.

Düzdişli silindrik çarxlardan kiçik ( $v < 3$  m/san) və orta sürətlərdə ( $v = 3 \dots 15$  m/san) istifadə edilir.

1. **Silindrik düzdişli çarx ötürməsinin əsas parametrləri.** Hazırda silindrik dişli çarx ötürmələrində qəbul olunmuş terminlər, işarələr, təriflər və ötürmənin həndəsi parametrlərinin hesablanması standartlaşdırılmışdır.

Evolvent ilişməli silindrik düzdişli çarxın əsas elementləri 10-cu şəkildə göstərilmişdir.

İlişmədə olan silindrik dişli çarxların işini dişlərlə təchiz olunmuş iki silindrin (oxları dişli çarxlarınkı ilə ümumi olan) biri digərinin üzəri ilə sürüşmədən diyirlənməsi kimi təsəvvür etmək olar. Belə xəyali silindrlər **başlanğıc silindrlər**, onların oturacaqlarının çevrələri isə **başlanğıc çevrələr** adlanır. Başlanğıc çevrələrin toxunma nöqtəsi –  $W'$  **ilişmə qütbü** adlanır. Başlanğıc çevrə dişi, hündürlüyü boyunca iki hissəyə: **başlıq** və **kök hissələrinə** bölür. İlişmə xətti NN ilə evolvent profilli dişli çarxların mərkəzlərini birləşdirən  $O_1O_2$  xəttinə çəkilən perpendikulyar arasındakı bucağa **ilişmə bucağı** ( $\alpha_w$ ) deyilir.

Evolvent ilişməli normal dişli çarx ötürmələri üçün ilişmə bucağı  $\alpha_w=20^\circ$  qəbul olunmuşdur.

Açılışı nəticəsində dişin profilinin evolvent hissəsi qurulan çevrə **dişli çarxın əsas çevrəsi** adlanır.

Başlanğıc çevrə üzrə ölçülən iki qonşu dişin eyni adlı profilləri arasındakı məsafəyə **ilişmənin addımı** deyilir.

Aydınır ki, ilişmədə olan iki dişli çarxın addımı eyni olmalıdır.

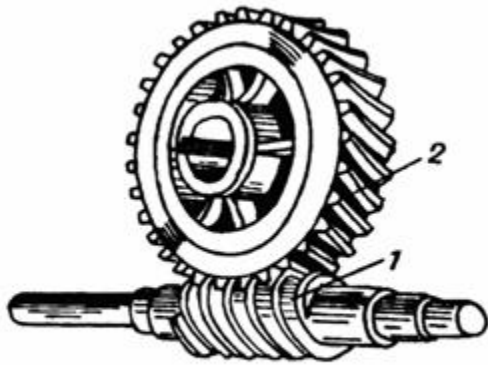
Dişli çarxın başlanğıc çevrəsinin uzunluğu aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$\pi d_w = zp_w,$$

burada  $d_w$  – başlanğıc çevrənin diametri;  $z$  – dişli çarxın dişlərinin sayı;  $p_w$  – başlanğıc çevrə üzrə ilişmənin addımıdır.

#### §14. Sonsuzvint ötürməsi

Hərəkəti oxları çarpazlaşan vallar arasında ötürmək üçün sonsuz vint ötürməsindən istifadə olunur. Belə ötürmə oxları düzbucaq altında ( $90^\circ$ ) çarpazlaşan vallar arasında daha geniş tətbiq olunur (şək.44).



Şəkil 44

Sonsuzvint ötürməsi iki əsas hissədən – üzərində trapes və ya ona yaxın profilli yivi olan vintdən-sonsuzvintdən 1 və xüsusi formalı dişləri olan çərpdışli çarxdan - sonsuzvint çarxından 2 ibarətdir.

Sonsuzvint ötürməsində hərəkət adətən sonsuzvintdən sonsuzvint çarxına ötürülür.

Sonsuzvint ötürməsi aşağıdakı

üstünlüklərə malikdir:

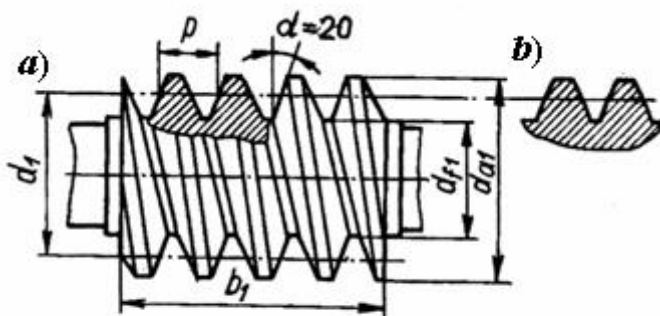
1. Sonsuzvint ötürmələrində ötürmə ədədi  $u = 10 \dots 80$ , xüsusi hallarda isə ötürmə ədədi 300 olur.
2. Sonsuzvint ötürməsi böyük bucaq sürətlərində səssiz və səlis işləyir.
3. Ötürmə yığcam olur.
4. Ötürmə öz-özünə tormozlanan hazırlana bilər.

Bununla yanaşı sonsuzvint ötürməsinin aşağıdakı nöqsan cəhətləri də vardır:

1. F.i.ə. başqa növ ötürmələrə nisbətən kiçikdir (0,7...0,9).
2. Dişli çarx ötürmələrinə nisbətən az güc ötürür – 50÷60 kVt.
3. Hazırlaması üçün yüksək keyfiyyətli materiallar işlədilir.
4. Yığılması yüksək dəqiqlik tələb edir.
5. Hazırlanması baha başa gəlir.

### Sonsuzvint və sonsuzvint çarxları

Sonsuzvint (şək. 45), adətən val ilə birlikdə hazırlanır, bəzən isə sonsuzvintin diametri böyük olduqda vint ayrıca hazırlanır və işgil vasitəsilə val üzərində oturdular.



Şəkil 45

### Sonsuzvint çarxları.

Sonsuzvint çarxlarının dişləri, adətən qövs şəklində hazırlanır. Bu isə ilişmə zamanı sonsuz vintin gövdəsinin yaxşı əhatə olunmasını və bunun da nəticəsində kontakt xəttinin uzunluğunun artmasını təmin edir.

Sonsuzvint çarxları konstruksiyalarına görə bütöv və ya quraşığı olur.

Quraşığı sonsuzvint çarxları, əlvan materiallara qənaət etmək məqsədilə iki hissədən hazırlanır:

- 1) Çuqun və ya poladdan hazırlanan mərkəz hissəsi;
- 2) Yeyilməyə davamlı materiallardan hazırlanmış və mərkəz hissəsinin üzərinə geydirilən çənbər-sağanaq hissəsi.

Maşınqayırma quraşığı sonsuzvint çarxlarının aşağıdakı nümunəvi konstruksiyalarından istifadə edilir:

1. Bandajlanmış konstruksiya hazırlanması sadə olub, diametri böyük olmayan çarxlarda və eləcədə istilik nöqtəyi-nəzərindən gərgin olmayan ötürmələrin çarxlarında işlənir. Burada tuncdan hazırlanmış çənbər çuqun mərkəz hissə üzərinə təminatlı oturtma ilə geydirilir.
2. Boltlu konstruksiya böyük və orta diametrlili çarxlarda istifadə olunur. Burada tunc çənbər flanslı hazırlanır və boltlar vasitəsilə mərkəz hissəyə birləşdirilir.
3. Bimetallik konstruksiya seriyalı istehsal olunan çarxlarda işlənir. Belə konstruksiya almaq üçün tunc çənbər, içərisinə çuqun mərkəz qoyulmuş formaya tökülür.

### **Sonsuzvint ötürməsinin kontakt gərginliyinə və sonsuzvint çarxının dişlərinin əyilməyə hesablanması**

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \cdot \sqrt{\frac{T_2 k_H \left(1 + \frac{z_2}{q}\right)^3}{a_w^3}} \leq [\sigma_H]$$

$k_H$  – yük əmsalı:

$$k_H = k_{H\beta} \cdot k_{H\nu}$$

$k_{H\beta}$  – yükün qeyri-bərabər paylanması nəzərə alan əmsaldır.

$$k_{H\beta} = 1 + \left( \frac{z_2}{\theta} \right)^3 \cdot (1 - x)$$

Kiçik təkanlarla işləyən iş rejimi üçün  $x = 0,6$ .

$\theta$  – sonsuzvint deformasiya əmsalı, cədvəldən götürülür və q-yə görə cədvəldən qəbul edilir.

$k_{H\nu}$  – dinamik əmsaldır və onun qiyməti cədvəldən götürülür.

Mərkəzlərarası məsafə

$$a_w = \left( \frac{z_2}{q} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{ \left( \frac{170}{\frac{z_2}{q} \cdot [\sigma_H]} \right)^2 \cdot 10^3 \cdot T_2 k_H }$$

Sonsuzvint çarxının dişlərinin əyilməyə hesablanması çəp silindrik dişli çarxların hesablanmasında olduğu kimidir

$$\sigma_F = \frac{0,6 F_{t2} \cdot k_F \cdot Y_{FS} \cdot \xi}{m b_2}$$

$Y_{FS}$  – dişin forma əmsalı, ekvivalent dişlərin sayından asılı olaraq təyin edilir

$$z_e = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma}$$

Yük əmsalı:  $k_F = k_\beta \cdot k_\nu$

$k_\beta$  – kontakt xətti yükün qeyri-müntəzəm paylanmasını nəzərə alan əmsaldır;

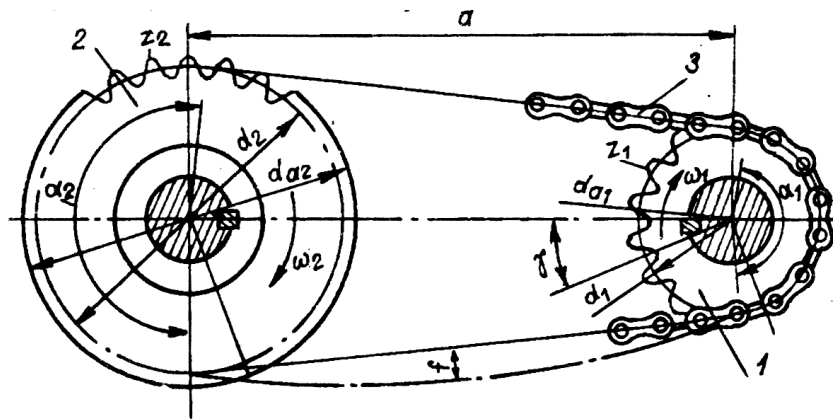
$k_\nu$  – ötürmənin hazırlanma dəqiqliyindən və sürüşmə sürətindən asılı olan əmsaldır (götürülür cədvəldən);

$\xi$  – dişin yeyilməsini nəzərə alan əmsaldır. Qapalı ötürmələrdə  $\xi = 1$ ,  
açıq ötürmələrdə  $\xi = 1,5$  qəbul edilir.

### Zəncir ötürməsi

Zəncir ötürməsi apararı və aparılan ulduzcuqlardan və onları əhatə edən zəncirdən ibarətdir.

Hərəkəti paralel vallar arasında elastik əlaqəli ilişmə vasitəsilə ötürmək üçün zəncir ötürməsindən istifadə olunur. Zəncir ötürməsindən əsasən kiçik və orta gücləri 15 m/s-yə qədər sürətlərdə ötürmək üçün geniş istifadə olunur.



Şəkil 52

Zəncir ötürməsinin aşağıdakı müsbət cəhətləri vardır:

1. Hərəkəti uzaq məsafəyə ötürür;
2. Yüksək f.i.ə. malikdir  $\eta = 0,95 \div 0,98$ ;
3. Ötürmə ədədi sabitdir;
4. Qayıq ötürməsinin nisbətən vallara və onların dayaqlarına təsir edən qüvvə azdır;
5. Ötürmə ədədi böyükdür ( $u \leq 8$ , bəzi hallarda isə  $u \leq 15$ );
6. İtgedişli ötürmələrdə zəncir ötürməsinin sürəti 25...30 m/s-dək artırıla bilər

Zəncir ötürməsinin əsas mənfi cəhətləri aşağıdakılardır:

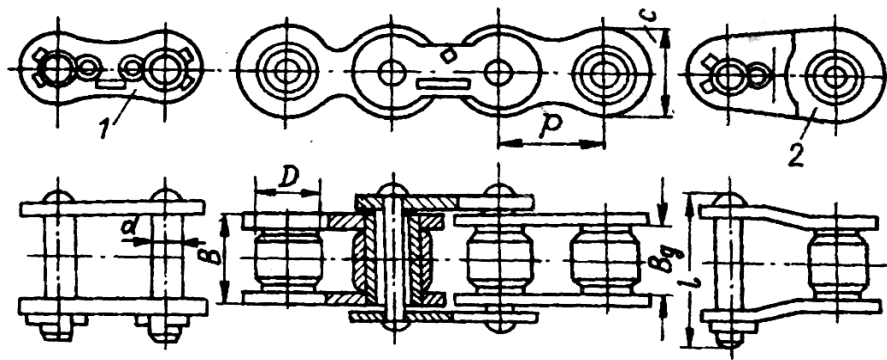
1. Zəncir oynaqlarının yeyilməsi onun uzanmasına və ötürmənin qeyri-müntəzəm işləməsinə səbəb olur;
2. Belə ötürmə böyük qulluq tələb edir;
3. Zəncirlərin hazırlanması baha başa gəlir;
4. Ötürmə səsli işləyir.

Zəncirlər təyinatına görə üç qrupa bölünür:

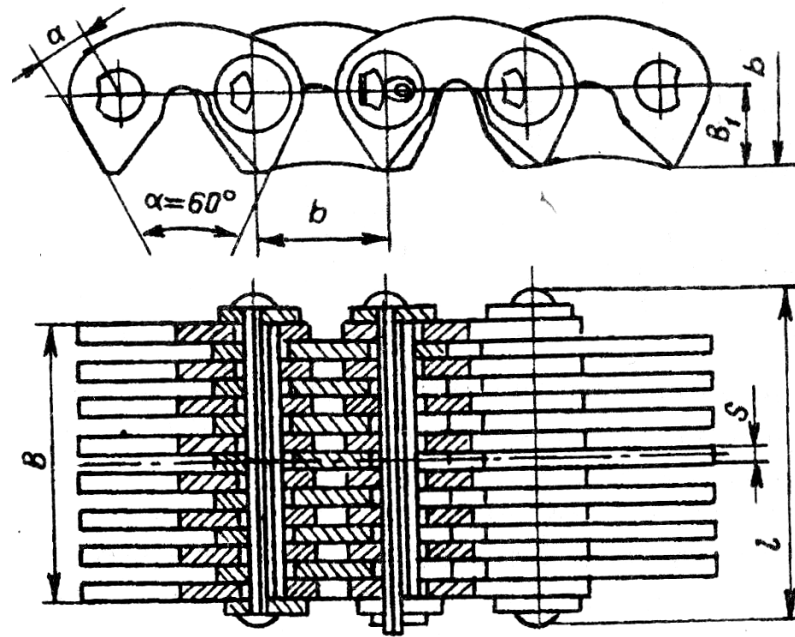
1. Yüklə zəncirləri – qaldırıcı və nəql edici mexanizmlərdə yükü qaldırmaq üçün tətbiq olunur, sürət  $v < 5$  m/s.
2. Dartılma zəncirləri (eskalator, elevator, transportyor) – yüklərin nəql edilməsi üçün tətbiq edilir, sürət  $v < 4$  m/s.
3. İntiqal zəncirləri – hərəkətin ötürülməsi üçün tətbiq edilir.

Ümumi təyinatlı ötürmələr üçün zəncirlər standartlaşdırılmışdır və ixtisaslaşdırılmış zavodlar tərəfindən istehsal edilir. İntiqal zəncirlərini konstruksiyalarına görə iki növə ayırmaq olar:

- 1) lövhəli oymaqlı-diyircəkli zəncirlər (şəkil 53);
- 2) lövhəli dişli zəncirlər (şəkil 54).



Şəkil 53



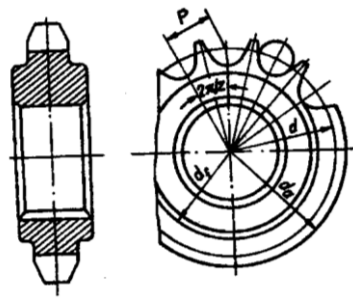
Şəkil 54

Zəncirin əsas həndəsi parametrləri onun addım və enidir, onun yükötürmə qabiliyyəti isə qırıcı qüvvə ilə xarakterizə edilir. Qırıcı qüvvə təcrübə yolu ilə tapılır.

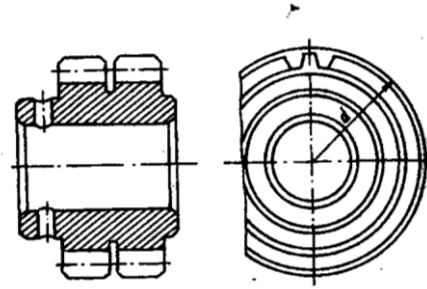
Oymaqlı-diyircəkli zəncir ardıcıl düzülmüş, xarici və daxili bəndlərin oynaq birləşməsindən ibarətdir. Hər bir bənd isə ox və ya oymağa preslənmiş iki xarici və iki daxili lövhədən ibarət olur. Ox üzərinə oturdulmuş oymaq oynaq birləşmə əmələ gətirir. Ulduzcuqların dişlərinin yeyilməsini azaltmaq üçün oymağa ulduzcuqlarla ilişməyə girən diyircək geydirilir.

Zəncir lövhələri bərkliyi HRC 32...44 olan ortakarbonlu və ya legirlənmiş poladdan 10; 45; 50 və s. materiallardan; oymaq, diyircək və içliklər bərkliyi HRC 40...65 olan sementitləşdirilmiş poladdan 10; 15; 20 və s. materiallardan. Ulduzcuqlar bütöv və qarışıq konstruksiyalı olur.

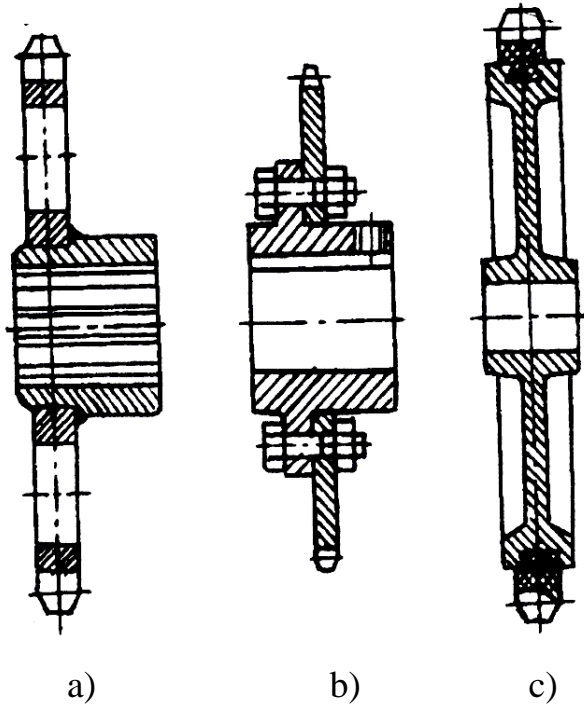
Səs-küy və yeyilməni azaltmaqdan ötrü ulduzcuqların dişli hissəsi bəzən plastik kütlədən hazırlanır.



Şəkil 55



Şəkil 56



Şəkil 57

### Zəncir ötürməsinin hesablanması

Zəncirlərin iş qabiliyyəti zəncir oynaqlarının iş prosesində yeyilməsi ilə müəyyən edilir. Ona görə də oynaqlara düşən təzyiqli aşağıdakı düsturda tapırıq:

$$p = \frac{F_i \cdot k_i}{A} \leq [p]$$

$$A = (0,25 \dots 0,38) p^2 z_s$$

$z_s$  – zəncir sıralarının sayını nəzərə alan ədəddir;

$k_i$  – zəncirin istismar şəraitini nəzərə alan əmsaldır.

Zəncirin addımı bərabərdir

$$p \geq 28^3 \sqrt{\frac{T_1 k_i}{z_1 \cdot [p] \cdot z_s}}$$

$[p]$  – cədvəldən  $\omega$ -dan asılı olaraq təyin edilir.

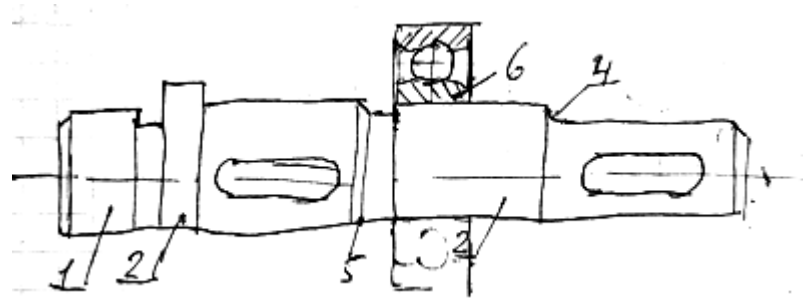
### §15. Oxlar və vallar

Maşın və mexanizmlərin fırlanan hissələri – dişli çarxlar, qasnaqlar, ulduzcuqlar və s. vallar və oxlar üzərində yerləşdirilir. Vallar üzərində oturdulan hissələri saxlamaqla yanaşı, burucu momenti də ötürür. Ötürmə işlədikdə val burulma və əyilmə deformasiyalarına uğrayır. Vala ox boyu qüvvə təsir etdikdə o həm də dartılmaya, və ya sıxılmaya işləyir.

Oxlar isə yalnız onların üzərində yerləşən hissələr saxlamaq üçündür. Vallar ancaq əyilməyə, eləcə də oxboyu qüvvə təsir etdikdə dartılma və ya sıxılmaya işləyir.

#### Oxların və valların konstruksiyaları

Öz konstruksiyalarına görə hamar, sabit en kəsikli, pilləli, dirsəkli, elastik vallar vardır.



Şəkil 58

Ox və valların yastıq oturan hissəsinə **sapfa** deyilir (şək.58). Ox və valın ucundakı 6 sapfaya **şip** (1), orta hissədəki sapfaya isə **boyuncuq** (2) deyilir. Val üzərində yerləşdirilən dişli çarxlar, yastıqlar və s. hissələrin öz yerini oxboyu istiqamətdə dəyişməsinə məhdudlaşdırmaq üçün valda çıxıntılar olur ki, bunlara da

**burt** (**çiyincik**) (3) deyilir. Pilləli valda bir diametrdən digərinə keçdikdə gərginliyin konsentrasiyasını azaltmaq üçün keçid müəyyən radiusla dəyirmiləşdirilir ki, buna da **hantel** (4) deyilir.

Kəsici alətin çıxması üçün ox və val üzərində **nov** (5) açılır.

Ox və valların möhkəmliyə hesablanması iki mərhələdə aparılır:

1. Təqribi hesablama;
2. Dəqiqləşdirilmiş hesablama;

Təqribi hesablama – layihə hesablanması, dəqiqləşdirilmiş hesablama isə dözümlülüyə görə yoxlama hesablanmasıdır.

### **Valların hesablanması**

Valların təqribi hesablanması burulmaya görə hesablanır. Vala təsir edən burucu momentdən yaranan maksimum toxunan gərginlik:

$$\tau_b = \frac{10^3 \cdot T}{W_0} = \frac{10^3 \cdot T}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{10^3 \cdot T}{0,2 \cdot d^3} \leq [\tau_b]$$

burada  $W_0$  – val kəsiyini qütbü ətalət momenti;  $[\tau_b]$  – buraxıla bilən toxunan gərginlikdir. polad üçün  $[\tau_b] = 15 \dots 30$  MPa.

Bu ifadədən

$$d \geq \sqrt{\frac{T_1 \cdot 10^3}{0,2[\tau_b]}}$$

### **Oxun hesabı**

Ox hərəkəti ötürdüğü zaman əyici qüvvənin təsirinə məruz qalır. Ona görə də ox əyilməyə hesablanır. Layihə hesabatında qorxulu kəsikdə müqavimət momenti hesablanır

$$W = \frac{M_{\partial y}}{[\sigma_{\partial y}]}$$

haradakı  $M_{\text{əy}}$  – oxun qorxulu kəsiyində əyici momenti.

$W$  – oxun müqavimət momentidir.

$[\sigma_{\text{əy}}]$  – əyilmədə buraxıla bilən gərginlik olub, oxun materialından, iş şəraitindən, yüklənməsindən asılıdır. Layihə hesabətını aşağıdakı ardıcılıqla aparmaq məsləhət görülür:

1. Oxun yüklənmə sxemi göstərilir və təsir edən qüvvələr tapılır.
2. Əyici moment epyuru iki müstəvidə qurulur və qorxulu kəsiyə uyğun nəticə əyici moment tair.
3. Yükün təsirinə və seçilmiş materiala əsasən buraxıla bilən gərginlik tapılır.
4. Nəticədə əyici momentə və buraxılabilən gərginliyə əsasən oxun qorxulu kəsiyinin diametri hesablanır.

Əgər qorxulu kəsikdə işgil yuvası varsa, onda tapılmış diametri 8–10% artırmaq lazımdır.

Bütün ölçülər məlum olduqda oxun yoxlama hesabətında həqiqi işçi gərginlik hesablanıb buraxılabilən gərginliklə tutuşdurulur.

$$\sigma_{\text{əy}} = \frac{M_{\text{əy}}}{0,1d^3} \leq [\sigma_{\text{əy}}]$$

Möhkəmliyə hesabətdən başqa bəzən sərtliyədə yoxlanılır.

Sərtlik şərti aşağıdakı kimi yazılır

$$f_{\text{max}} \leq [f]$$

burada  $f_{\text{max}}$  – maksimum əyintidir.  $[f]$  – buraxılabilən əyindədir,

$$\text{adətən } [f] = (0,001 \div 0,003)\ell,$$

burada  $\ell$  – oxun oturduğu iki dayaq arasındakı məsafədir.

### Yastıqlar. Ümumi məlumat

Fırlanan ox və valların dayaqlarına **yastıq** deyilir. Onlar val və ya oxa təsir edən radial və oxboyu qüvvəni qəbul edib maşının gövdəsinə ötürür. Maşın və mexanizmlərin iş qabiliyyəti və uzunömürlülüüyü xeyli dərəcədə yastıqların keyfiyyətindən asılıdır.

Yastıqlar işlək səthlərində sürtünmənin növünə görə iki qrupa bölünür:

1. Sürüşmə sürtünməsi yastıqları;
2. Diyirlənmə sürtünməsi yastıqları.

Qəbul etdikləri qüvvəyə görə yastıqlar aşağıdakı qruplara bölünür:

1. Radial yastıqlar (ancaq radial qüvvəni qəbul edir).
2. Radial dayaq yastıqları (radial və oxboyu qüvvəni qəbul edir).
3. Dayaq-radial yastıqları (böyük oxboyu və kiçik radial qüvvəni qəbul edir).
4. Dayaq yastıqları (yalnız oxboyu qüvvəni qəbul edir).

### **Diyirlənmə yastıqları**

Diyirlənmə yastıqları ən geniş yayılmış yastıq növüdür. Bu yastıqlar əsasən xarici halda, daxili halda, diyirlənmə cismi və onların bir-birindən ayıran separatorundan ibarətdir.

Diyirlənmə yastıqları standartlaşdırılmışdır.

Diyirlənmə yastıqların üstün cəhətləri:

1. Sürtünmədəki güc itkisi az, f.i.ə. (faydalı iş əmsalı) çox (0,995) olur. Ona görə də yastıq az qızır.
2. İşəsalma momenti sürüşmə yastıqlarındakına nisbətən 10...20 dəfə az olur.
3. Az yağ işlədilir.
4. Ucuz materialdan hazırlanır.
5. Standart üzrə kütləvi istehsal olunduğu üçün asan əldə edilir və ona qulluq edilməsi daha sadədir.

Diyirlənmə yastıqlarının əsas mənfi cəhətləri:

1. Böyük yük və sürətlərdə işləmə müddəti azdır.
2. Zərbə və dinamik qüvvələri qəbul etmə imkanı məhduddur.
3. Xarici diametri böyük alınır.

Diyirlənmə yastıqları diyirlənmə cisminin həndəsi formasına görə – kürəcikli və diyircəkli (silindrik, konusvari, çəlləkvari, iynəvari).

Diyirlənmə cisimlərinin yerləşdiyi cərgələrin sayına görə – bircərgəli və ikicərgəli olur.

Diyirlənmə yastıqları müxtəlif seriyalara bölünür: yükqaldırma qabiliyyətinə görə – xüsusi yüngül, yüngül, orta və ağır; ölçüsünə görə – ensiz, normal, enli, xüsusi enli.

Diyirlənmə yastıqlarının həlqələri və fırlanma cisimləri yüksək karbonlu xromlu ІІХ15, ІІХ15СГ markalı yastıq poladlarından hazırlanır.

### **Sürüşmə yastıqları**

Diyirlənmə yastıqlarının tətbiqi əlverişli və mümkün olmayan hallarda sürüşmə yastıqları işlədilir. Məsələn, dirsəkli valın aralıq yastıqları hökmən iki hissədən ibarət sürüşmə yastığı olmalıdır. Çünki dirsək olan yerə diyirlənmə yastığını oturtmaq mümkün deyildir. Sürüşmə yastıqlarının diyirlənmə yastıqlarına görə müəyyən üstünlükləri vardır:

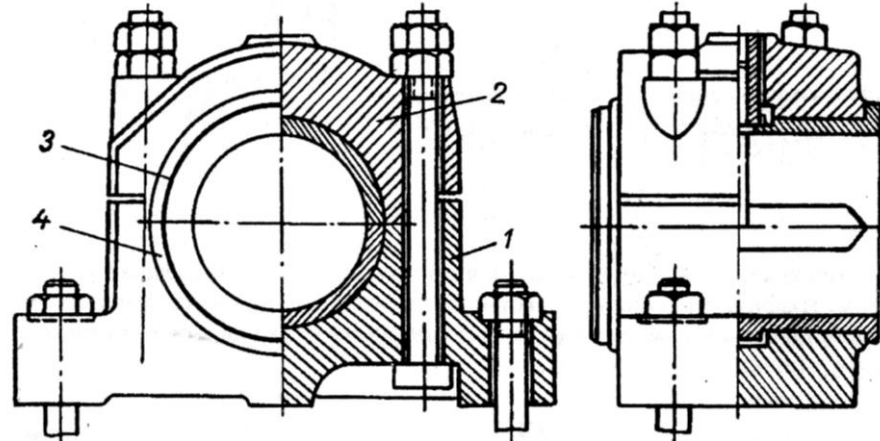
1. Radial istiqamətdə ölçüsünün kiçik olması;
2. Böyük sürətlərdə (100000 dövr/dəq və daha çox) işləyə bilməsi;
3. Suda və korroziyaedici mühitlərdə işləyə bilməsi;
4. Dinamik və zərbəli yükləri yaxşı qəbul edə bilməsi;
5. Radial araboşluğunun tənzimləmə bilməsi və bu cəhətdən valın həndəsi oxunun dəqiq quraşdırıla bilməsi.

Sürüşmə yastıqlarının mənfi cəhətləri aşağıdakılardır:

1. Sürtünmədə güc itkisinin çox olması və bu səbəbdən f.i.ə-nın az olması.
2. Yağlanmasına müntəzəm olaraq nəzarət etməyin lazım gəlməsi.
3. Yastıq və sapfanın qeyri-müntəzəm yeyilməsi.
4. Hazırlanmasına əlvan metalların işlədilməsi.

### 5. Oxboyu ölçüsünün böyük olması.

Sürüşmə yastıqları gövdə (1), qapaq (2) və onlar içərisinə yerləşdirilmiş içliklərdən (3, 4) ibarət olur (şəkil 60). Kiçik diametrlı yastıqlar bütöv hazırlanır.



Şəkil 60

Valın deformasiyası çox olduqda və dəqiq quraşdırma mümkün olmadıqda öz-özünə tənzimlənən yastıqlardan istifadə olunur.

Sürüşmə yastıqlarının gövdəsi çuqundan, içliklər isə kiçik sürətlərdə (0,5...2 m/san) və təzyiqlərdə (1...2 MPa) boz çuqun və sürtünməyə davamlı çuqunlardan, digər hallarda tunc, sürtünməyə davamlı alüminium ərintilərindən, bürüncdən hazırlanır. Yastıq içliyinin yeyilməsini azaltmaq üçün əksər hallarda onun daxili səthinə bəbit çəkilir.

Kiçik sürət və böyük təzyiqlərdə metal, saxsı, çətin yağlanan yastıqlarda qrafit, suda işləyən yastıqlarda rezin içliklər tətbiq olunur. Yastıqların yağlanması üçün xüsusi yağlayıcı quruluşlardan istifadə olunur.

**ƏDƏBİYYAT**

1. Qədirov N.B. Nəzəri mexanika. Bakı Dövlət Universitetin nəşriyyatı, 1990
2. Səfərov S.İ. Texniki mexanika. I və II hissə. Bakı, Elm, 2003
3. Məmmədov Q.K. Nəzəri mexanika I və II hissə. Bakı, 1960
4. Həsənov Ə.Q. Maşın hissələri. Maarif, 1979
5. Kərimov Z.H., Həsənov Ə.Q., Qocayev D.B. Maşın hissələri, Maarif, 1999

## MÜNDƏRİCAT

	səh.
GİRİŞ.....	2
I BÖLMƏ. NƏZƏRİ MEXANİKA.....	4
I HİSSƏ. STATİKA .....	4
§1. Statikanın aksiomları .....	4
Dayaqlar və onların növləri .....	7
§2. Müstəvi üzərində kəsişən və bir nöqtədə tətbiq olunmuş qüvvələrin toplanması .....	10
§3. Qüvvənin ox üzərinə proyeksiyası .....	10
Müstəvi üzərində ixtiyari vəziyyətdə yönələn qüvvələr. Eyni tərəfə yönəlmiş paralel qüvvələrin toplanması .....	12
Müvazinətdə olan üç qüvvə halı .....	15
Qüvvənin seçilmiş nöqtəyə nəzərən momenti .....	16
Cüt qüvvələr. Cütün momenti .....	17
II HİSSƏ. KİNEMATİKA .....	19
§4. Əsas anlayışlar .....	19
	səh.
Nöqtənin hərəkətinin veriliş üsulları .....	20
Bərabərsürətli və dəyişənsürətli hərəkət. Nöqtənin sürəti .....	21
Nöqtənin təcili .....	24
Nöqtənin düz xəfli və əyri xəfli hərəkətində sürət və təcil .....	26
§5. Bərk cismin kinematikasını .....	28
Bərk cismin tərənəmz ox ətrafında fırlanma hərəkəti .....	30
Fırlanma hərəkətində nöqtənin sürəti və təcili .....	32
III HİSSƏ. DİNAMİKA .....	33
§6. Dinamikanın aksiomları və əsas anlayış .....	33
Dinamikanın qanunları. Maddi nöqtənin hərəkət miqdarının qanunu	36

	95
Dalamber qaydası .....	38
§7. İş və güc. Sabit qüvvənin düzxətli yolda gördüyü iş. İşin ölçü vahidləri .....	39
Ağırlıq qüvvəsinin işi .....	41
Güc. Gücün ölçü vahidləri .....	42
Fırlanma hərəkətində iş və güc .....	43
Potensial və kinetik enerji .....	44
II Bölmə. MATERIALLAR MÜQAVİMƏTİ .....	45
§8 GİRİŞ .....	45
.....	
	səh.
§8 Daxili qüvvələr. Kəsik üsulu .....	47
Boyuna və eninə deformasiyalar. Huk qanunu .....	48
	səh.
III BÖLMƏ. §9. MAŞIN HİSSƏLƏRİ .....	50
.....	
Söküləbilən birləşmələr .....	51
§10 Yivlər haqqında anlayış .....	51
.....	
Yivlərin növləri .....	55
§11. Söküləbilməyən birləşmələr .....	60
.....	
Qaynaq birləşməsinin hesablanması .....	63
Pərçim birləşmələri .....	64
Pərçim tikişlərin hesablanması .....	65
§12. Ötürmələr haqqında anlayış .....	67

	səh.
Friksion ötürmələr .....	69
Silindrik diyircəklərlə sürtünmə ötürməsinin hesablanması .....	70
§13. Dişli çarx ötürməsi .....	74
Silindrik çəp və qoşa çəp dişli çarx ötürməsi .....	78
§14. Sonsuzvint ötürməsi .....	79
Sonsuzvint və sonsuzvint çarxları .....	80
Sonsuzvint ötürməsinin kontakt gərginliyinə və sonsuzvint çarxının dişlərinin əyilməyə hesablanması .....	81
	səh.
Zəncir ötürməsi .....	83
Zəncir ötürməsinin hesablanması .....	86
§15. Oxlar və vallar .....	87
Oxların və valların konstruksiyaları .....	87
Valların hesablanması .....	88
Oxun hesabı .....	88
Yastıqlar. Ümumi məlumat .....	89
. Diyirlənmə yastıqları .....	90
Sürüşmə yastıqları .....	91
ƏDƏBİYYAT .....	93



