

**SISSEJUHATUS
INSENERIGRAAFIKASSE**

**Tallinn
1990**

Käesolevas töös kasutatakse ruumi-
elementide ja nende vastastikuse asendi kirjeldamiseks järgmisi tähiseid:

- A, B, C, ... - ruumipunktid;
- a, b, c, ... - jooned;
- $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ - pinnad, nurgad;
- E_1, E_2, E_3 - esiekraan, põhiekraan, külgekraan;
- A', A'', A''' - (loe A prim, A sekund, A terts) punkti A projektsioonid ekraanidel;
- a', a'', a''' - joone a projektsioonid ekraanidel;
- $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$ - (loe A kaetud...) p. A pööramise teel saadud uus kujutis;
- $a \parallel b$ - paralleelsus (a on paralleelne b-ga);
- $b \perp c$ - lõikumine (b lõikub c-ga);
- $c \perp \alpha$ - ristiseis (c on risti tasapinnaga α);
- $A \supset a$ - kuuluvus (punkt A asub joonel a);
- $A' \equiv C'$ - ühtimine (punktide A ja C pealtvaated ühtivad);
- \overline{AB} - sirglõigu AB pikkus.

Eriliste joonte ja pindade tähised esitatakse täiendavalt tekstis.

Soovitav kirjandus

1. Rünk, O., Paluver, N., Talvik, A. Kujutatav geomeetria. Tln., 1977.
2. Riives, J., Tihase, K. Joonestamine. Tln., 1983.

SISSEJUHATUS

Insenerigraafika kursuse eesmärgiks on õpetada tulevastele inseneridele tehniliste jooniste valmistamiseks ja mõistmiseks vajalikke algteadmisi ja oskusi. Sisuliselt koosneb insenerigraafika kursus kahest osast: kujutavast geometriast ja tehnilisest joonestamisest.

Esimeses osas käsitletakse ruumilistest objektidest tasapinnaliste kujutiste konstrueerimise võtteid ja mitmesuguste ruumigeomeetria ülesannete lahendamist tasapinnal. Kujutava geometria õppimine on vajalik ka ruumilise kujutlusvõime arendamiseks.

Teises osas õpitakse tundma tehniliste jooniste kohta kehtestatud riiklikke standardeid ja omandatakse praktiliste tööde käigus vajalikud joonestustehnilised oskused.

Mõlemaid kursuse osi saab teineteisest lahutada vaid tinglikult, kuna kõikide kujutava geometria ülesannete lahendamine on ühtlasi ka joonestustehniliseks treeninguks.

Käesolevas brošüüris esitatakse kokkusu- rutult see kujutava geometria minimaalselt vajalik teoreetiline osa, mida tundmata ei ole võimalik praktiline töö insenerigraafika harjutustundides esimesel semestril. Aine süvendatud omandamiseks on üliõpilasel soovitatav täiendavalt pöörduda kujutava geometria õpiku poole.

1. PROJEKTEERIMINE

1.1. Projektsiooni mõiste

Punkti projektsiooniks nimetatakse punkti läbiva kujutamiskiire ja projektsioonipinna (ekraani) lõikepunkti. Kui kujutamiskiired väljuvad ühest kindlast punktist (silmapunkt S), siis saadakse objekti tsentraalprojektsioon, (joon. 1.1,a). Silmapunkti viimisel lõpmatusse võib lugeda kujutamiskiiri omavahel paralleelseks, sel juhul saadakse objekti paralleelprojektsioon, joon. 1.1,b. Sõltuvalt kujutamiskiirte langemise nurgast ekraanile jaguneb paralleelprojektsioon omakorda kald- ja ristprojektsiooniks (joon. 1.1,c).

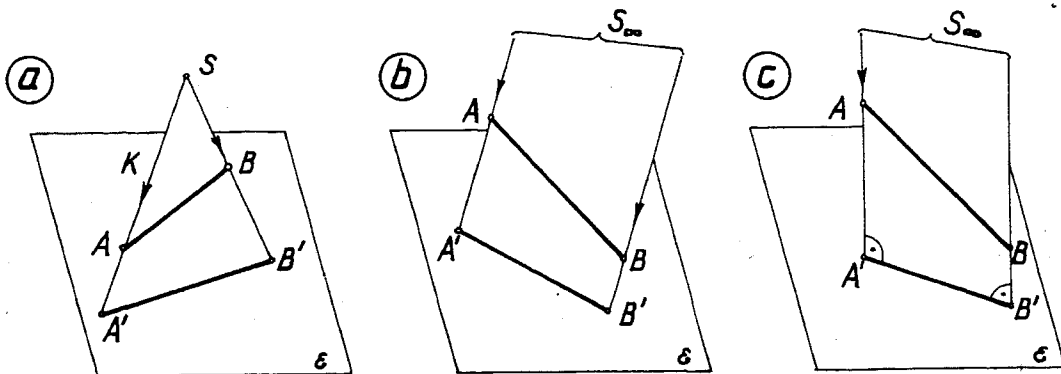
Tundes üksiku punkti projektsiooni konstrueerimise reegleid, saab tuletada punkthaaval kui tahes keeruka ruumilise objekti projektsiooni.

Käesolevas kursuses piirduetakse põhiliselt ristprojektsioonide käsitlemisega.

1.2. Objekti määravate jooniste saamise meetodid

Tehniline joonis peab olema objekti määrav, s.t. jooniselt peavad üheselt selguma objekti kõik geomeetrilised omadused. Selles mõttes on tehniline joonis samaväärne objekti mudeliga.

Joon. 1.1,a põhjal ei ole raske veenduda, et punkti üks projektsioon ei määra punkti



Joon. 1.1

asendit ruumis üheselt. Selleks et punkti asend oleks ruumis üheselt määratud, on vaja tema üht projektsiooni täiendada teatud lisaandmetega. Sõltuvalt nimetatud lisaandmete esitamise viisist eristatakse kujutavas geomeetrias kolme tähtsat objekti määravate kujutiste saamise meetodit. Need on järgmised.

1. Ristprojektsioonide tuletamine teineteisega ristuvatele ekraanidele e. Monge'i (loe: monž) meetod. Meetod kannab selle esitaja, prantsuse matemaatiku Gaspard Monge'i (1746-1818) nime.

2. Aksonomeetria meetod.

3. Kvooditud ristprojektsiooni meetod.

Kaht esimest meetodit käsitletakse allpool üksikasjalikumalt. Kvooditud ristprojektsiooni meetodi käsitus ei kuulu käesolevasse kursusesse. Olgu siinkohal vaid mainitud, et selle meetodi puhul lisatakse punktide ristprojektsioonidele ühel ekraanil nende punktide kõrgusarvud e. kvoodid. Kvooditud ristprojektsiooni rakenduse praktiliseks näiteks on ka maakõrgusjoontega geograafiline kaart.

Kordamisküsimused

1. Mille poolest erineb tsentraalprojektsioon paralleelprojektsioonist?
2. Mis vahe on rist- ja kaldprojektsiooni vahel?
3. Mida tähendab mõne "joonis peab olema objekti määrav"?

4. Miks ühest ainsast projektsioonist koosnev joonis ilma lisaandmeteta ei määra objekti?
5. Millised objekti määravate jooniste valmistamise meetodeid te teate?

2. PUNKTI, SIRGJOONE JA TASAPINNA KUJUTAMINE MONGE'I MEETODIL

2.1. Meetodi olemus. Punkti mituvaade

Monge'i meetodi puhul tuletatakse objekti ristprojektsioon kahele ristuvale ekraanile, mis pööratakse seejärel esiekraani tasapinda (joonise pinda). Nii saadud joonist nimetatakse kaksvaateks (joon. 2.1). Kui fikseerida ekraanide lõikejoonel koordinaatide alguspunkt, siis määrab taoline joonis punkti kõik kolm koordinaati.

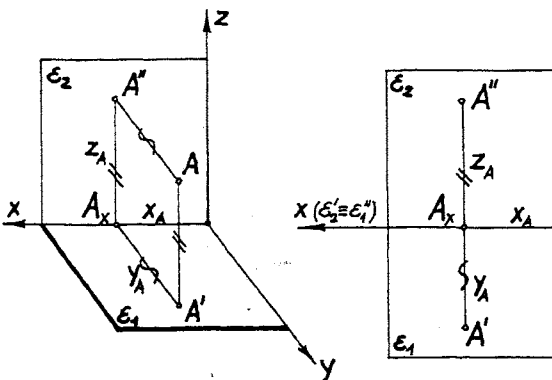
Kuigi kaksvaade on objekti määrav, on joonise parema mõistetavuse huvides sageli otstarbekohane kasutada veel ka kolmandat ristprojektsiooni, kahe esimese ekraaniga ristuvul külgekraanil. Nii saadakse objekti kolmvaade (joon. 2.2).

Koordinaatpinda xy tähistatakse ϵ_1 ja nimetatakse põhiekraaniks.

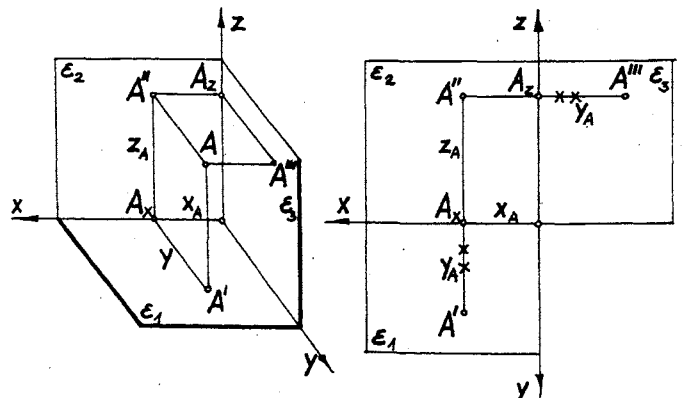
Koordinaatpinda xz tähistatakse ϵ_2 ja nimetatakse esiekraaniks:

Koordinaatpinda yz tähistatakse ϵ_3 ja nimetatakse külgekraaniks.

Punktide kujutisi ekraanidel nimetatakse vastavalt punkti A pealtvaateks - A' , eestvaateks - A'' ja külgvaateks - A''' .



Joon. 2.1



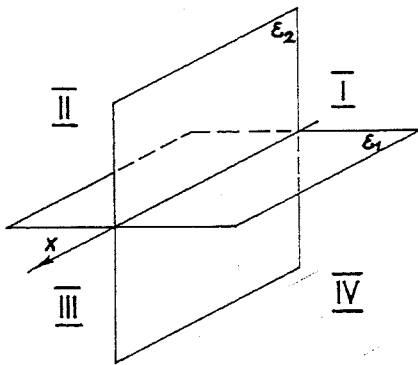
Joon. 2.2

Punkti projektsioone A' ja A'' ning A''' ja A'''' ühendavaid sirglõike nimetatakse sidejoon- teks, kusjuures A' ja $A'' \perp x$ ja A''' ja $A'''' \perp z$.

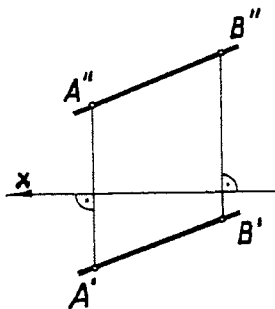
Punkti kolmvaade on tuletatav kaksvaade test, arvestades seda, et punkti pealtvaate kaugus x -teljest $A_x A'$ võrdub punkti külgsaate kaugusega z -teljest $A_z A''''$.

Seost $A_x A' = A_z A'''' = y_A$ nimetatakse kolm- vaate peomaduseks.

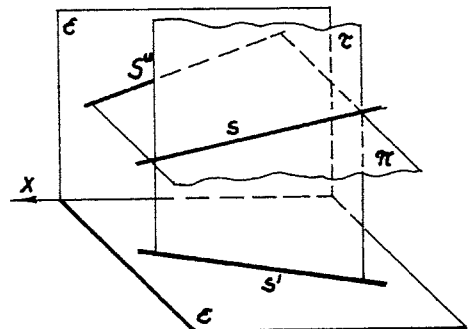
Kui laiendada põhi- ja esiekraani teisele poole x -telge, s.t. z - ja y -telgede negatiivse- tes suundades, jagaksid nad ekraani ruumi neljaks veerandiks. Põhimõtteliselt võib projekteeri- tav objekt paikneda ükskõik millises ruumivee- randis (joon. 2.3). Käesolevas kursuses piir- dutakse aga ainult esimeses ruumiveerandis paiknevate objektide käsitlemisega. Projekteeri- mismeetodit, mille puhul objekt asetseb esime- ses ruumiveerandis, vaataja ja ekraani vahel, nimetatakse esimese nurga- ehk euroopa (E) meetodiks.



Joon. 2.3



Joon. 2.4



Joon. 2.5

2.2. Sirge kujutamine

2.2.1. Sirge määrämistingimused ja asend
Sirge asend ruumis on määratud, kui on antud

- sirge kahe punkti kaksvaated $s(A, B)$, joon. 2.4;
- sirge kaks ristprojektsiooni, millest kumbki ei ole risti kaksvaate teljega $s(s', s'')$, joon. 2.5.

Sirglõigu kujutamisel antakse tavaliselt sirglõigu otspunktide projektsioonid ($AB(A'B', A''A''')$). Sirglõigul asetseva mis tahes kolmanda punkti C projektsioonid paiknevad sirglõigu vastavatel projektsioonidel ($C' \in A'B'$ ja $C'' \in A''A'''$), kusjuures sirglõigu jaotussuhe $AC:CB$ säilib ka vastavatel projekt- sioonidel:

$$\frac{AC}{CB} = \frac{A'C'}{C'B'} = \frac{A''C''}{C''B''}$$

Seda omadust nimetatakse sirglõigu jao- tussuhete invariantseks.

Kordamisküsimused

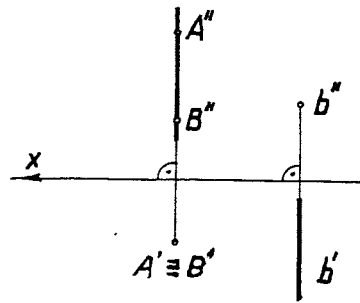
1. Kuidas paiknevad mis tahes punkti pealt- ja eestvaade kaksvaatel?
2. Näidake, kuidas leitakse kolmvaatel punkti A pealtvaade A' , kui on antud A'' ja A'''' ?
3. Milles seisneb kolmvaate peomadus?
4. Millist projekteerimismeetodit nimetatakse esimese nurga meetodiks?

Sõltuvalt asendist ekraanide suhtes eris- tatakse üldasendilisi ja eriasendilisi sirgeid. Üldasendiline sirge on kõikide ekraanide suhtes kaldu, joon. 2.4 ja 2.5. Eriasendiline sirge on vähemalt ühe ekraaniga paralleelne. (Kui eriasendiline sirge on mingi ekraaniga risti, siis on ta paralleelne kahe ülejäänud ekraaniga).

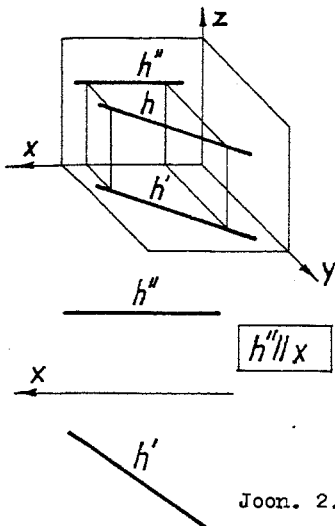
Eriasendilist sirget, mis on ekraaniga risti, nimetatakse ekraani suhtes projekteerivaks sirgeks ja ta projekteerub sellel ekraanil punktkujutiseks, joon. 2.6.

Ekraaniga paralleelset sirget nimetatakse selle ekraani nivoosirgeks.

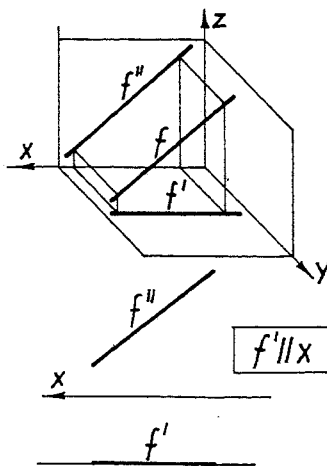
Põhiekraani nivoosirget nimetatakse horisontaaliks (h), joon. 2.7, esiekraani nivoosirget nimetatakse frontaaliks (f), joon. 2.8 ja külgekraani nivoosirget nimetatakse profiilsirgeks (r), joon. 2.9.



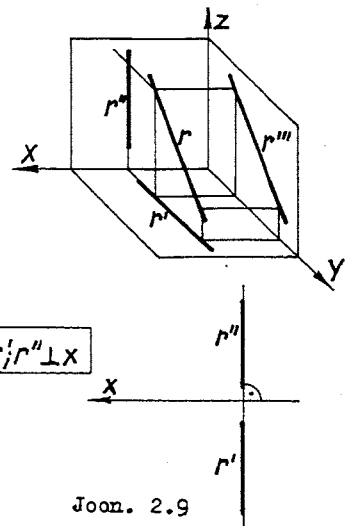
Joon. 2.6



Joon. 2.7



Joon. 2.8



Joon. 2.9

Nagu on näha jooniselt 2.9, ei määra profiilsirge pealt- ja eestvaade sirge asendit ruumis üheselt. Profiilsirge asendi üheseks määramiseks on vaja esitada selle sirge kahe punkti kaksvaade või sirge kolmvaade.

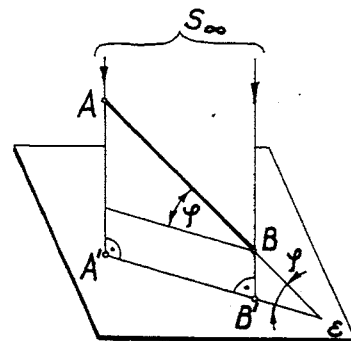
2.2.2. Sirglõigu kaldemurgad, moondetegur ja pikkus

Sirglõigu kaldemurgaks ekraani suhtes nimetatakse murka sirglõigu ja tema ristprojektsiooni vahel sellel ekraanil, joon. 2. 10.

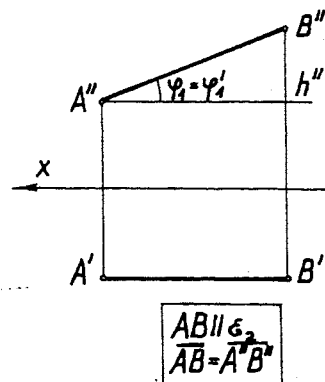
Nagu jooniselt nähtub, kehtib ristprojektsiooni puhul seos $A'B':AB = \cos \varphi$.

Sirglõigu kaldemurka põhiekraani suhtes nimetatakse põhikaldemurgaks - φ_1 ja esiekraani suhtes esikaldemurgaks - φ_2 .

Eriasendilise sirglõigu tegelik pikkus ja kaldemurgad on vahetult mõõdetavad sellelt ekraanilt, millega antud sirglõik on paralleelne, joon. 2.11.



Joon. 2.10

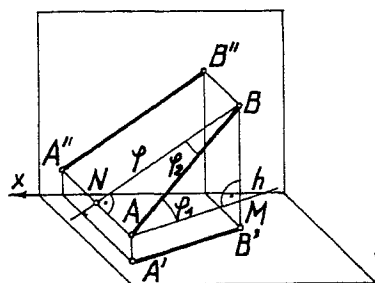


Joon. 2.11

Üldasendilise sirglõigu ristprojektsioonid on sirglõigu tegelikust pikkusest lühemad (kaldenurgad ekraanide suhtes aga tegelikest suuremad). Teisiti veldes - üldasendiline sirglõik projekteerub moondega.

Suhet $m = A'B':AB$ nimetatakse sirglõigu AB moondeteguriks. Ristprojektsiooni puhul $0 < m < 1$.

Sirglõigu tegelikku pikkust on võimalik määrata nn. täisnurkse kolmnurga reegli abil. Nagu nähtub jooniselt 2.12, on sirglõigu AB tegelik pikkus kas:

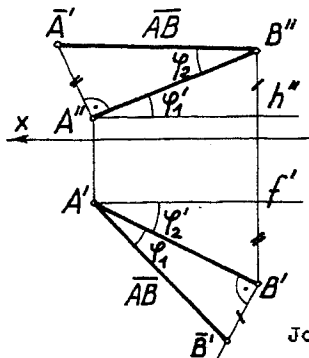


Joon.2.12

- hüpotenuus täisnurkses kolmnurgas, mille üheks kaatetiks on sirglõigu pealtvaate pikkus $AM = A'B'$ ja teiseks kaatetiks sirglõigu otspunktide kauguste vahe põhiekraanist $BM = z_A - z_B$ või

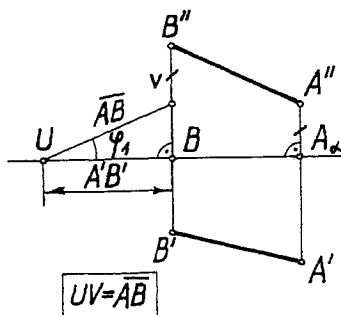
- hüpotenuus täisnurkses kolmnurgas, mille üheks kaatetiks on sirglõigu eestvaate pikkus $A''B''$ ja teiseks kaatetiks sirglõigu otspunktide kauguste vahe ekraanist $AN = y_B - y_A$.

Ülaltoodud reegli rakendust kaksvaatel illustreerib joon. 2.13. Siin avalduvad ka sirglõigu kaldenurkade φ_1 ja φ_2 tegelikud suurused.



Joon. 2.13

Sirglõigu tegeliku pikkuse konstruktsioonil lihtsustamiseks kasutatakse ära joonisel olemasolevat täisnurka, joon. 2.14. Kandes sirkliga täisnurga haaradele lõigud $A'B'$ ja lahutades lõigust $B''B_x$ lõigu $A''A_x$, saame mõõta



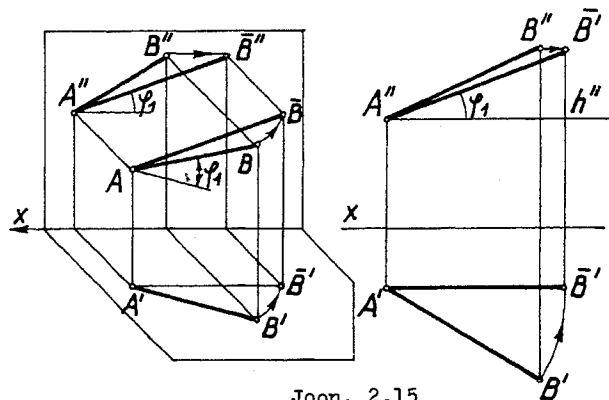
Joon. 2.14

sirglõigu tegeliku pikkuse kui punktide U ja V vahelise kauguse.

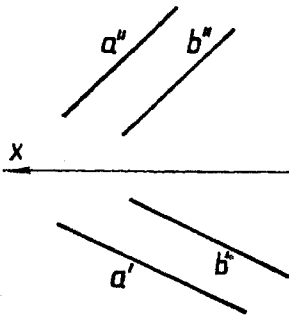
Konstruktsioon lihtsustuks veelgi, kui sirglõigu üks otspunktidest paikneks näiteks põhiekraanil.

Kõik ülalkirjeldatud konstruktsioonid on teostatavad sirkli abil, mistõttu võtet nimetatakse sirkli võtteks.

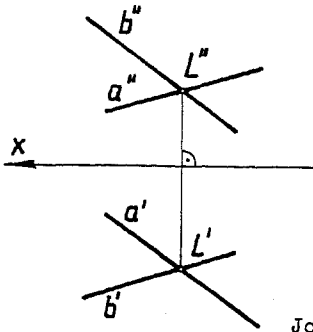
Teine võimalus sirglõigu pikkuse (ja ka kaldenurga) leidmiseks on pöörata sirglõik paralleelseks ühega ekraanidest, ümber sirglõigu otspunkti läbiva teise ekraani ristsirge, s.t. viia sirglõik üldasendist eriasendisse. Selleks vajalikud graafilised konstruktsioonid on esitatud joonisel 2.15.



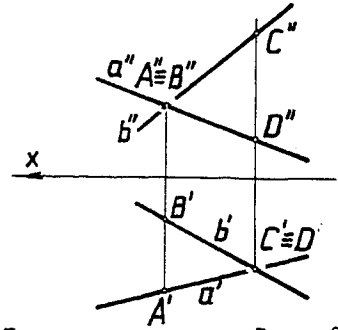
Joon. 2.15



Joon. 2.16



Joon. 2.17



Joon. 2.18

2.2.3. Sirgete vastastikune asend

Kaks sirget võivad olla ruumis kas paralleelsed, lõikuvad või kiivsed.

Sirged on paralleelsed, kui nende samanimelised projektsioonid on paralleelsed ja ei ole risti kaksvaate teljega, joon. 2.16.

Sirged lõikuvad, kui nende samanimeliste projektsioonide lõikepunktid asuvad ühel sidejoonel ($L'L'' \perp x$) ning kummagi sirge projektsioonid ei ole risti kaksvaate teljega, joon. 2.17.

Sirged on kiivsed, kui nad ei lõiku ja ei ole ka paralleelsed, joon. 2.18. Kiivsirgete puhul pakub huvi nn. "kiivsirgete nähtavuse" küsimus, s.t. küsimus, kumb sirgetest paikneb ruumis sirgete samanimeliste projektsioonide lõikepunkti kohal vaatajale lähemal (sirged paiknevad vaataja ja ekraani vahel). Tähistame kiivsirgete a ja b eestvaadete lõikepunktis kattuvad punktid $A'' \subset a$ ja $B'' \subset b$ ja tõmbame sidejoone pealtvaatele. Näeme, et A' paikneb x teljest kaugemal kui B' . Seega punkt A varjab eestvaatel punkti B ja tema tähis kirjutatakse enne p. B tähist, joon. 2.18. Punkte, mille projektsioonid kattuvad, nimetatakse konkureerivateks punktideks.

2.2.4. Lõikuvate sirgete vaheline nurk

Sõltuvalt nurga tasapinna asendist ekraani suhtes, võib nurga ristprojektsiooni suurus võrrelda nurga tegeliku suurusega (kui nurga tasapind on antud ekraaniga paralleelne), olla sellest suurem või väiksem. Seega võib ükskõik

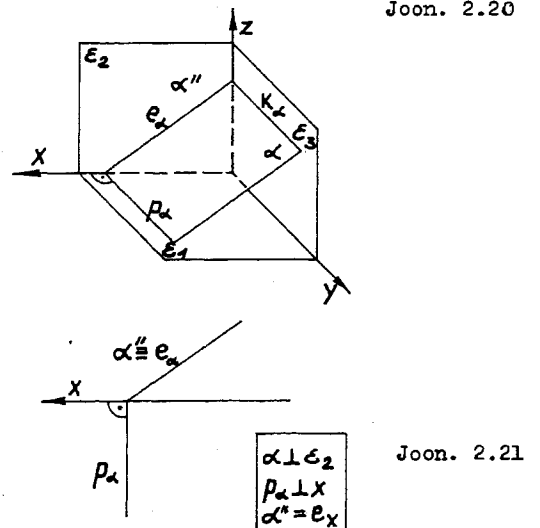
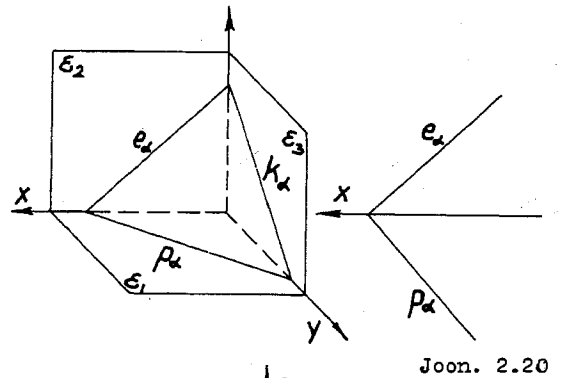
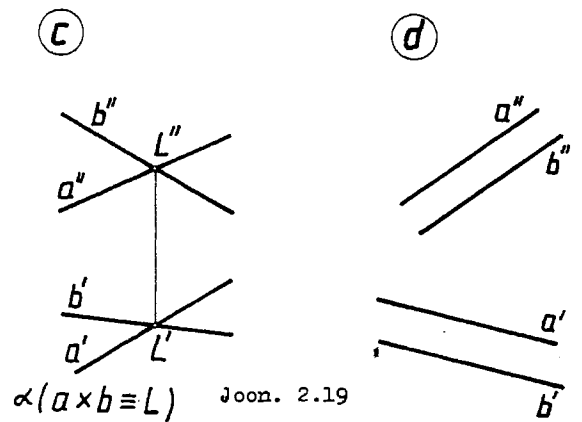
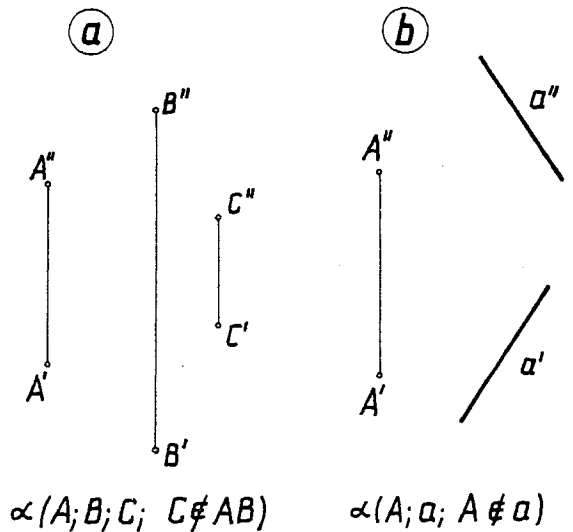
millise nurga ristprojektsiooni suurus muutuda nurga asendist sõltuvalt piires $0^\circ \dots 180^\circ$.

Oluline on teada, et teatud tingimustel võib täisnurk projekteeruda täisnurgaks ka siis, kui tema tasapind ei ole ekraaniga paralleelne. Täisnurga ristprojektsiooniks on täisnurk, kui täisnurga üks haar asetseb ekraanil või on sellega paralleelne ja teine haar ei ole selle ekraaniga risti.

Kordamisküsimused

1. Millal on sirgjoone ristprojektsiooniks punkt?
2. Kus asub mingile joonele kuuluva punkti projektsioon?
3. Millist sirget nimetatakse üldasendiliseks, eriasendiliseks, nivoosirgeks?
4. Kuidas muutub projekteerimisel sirglõigu üksikute osade vaheline suhe?
5. Mis on sirglõigu moondetegur?
6. Millistes piirides võib muutuda sirglõigu moondeteguri väärtus ristprojektsiooni puhul?
7. Millist nurka nimetatakse sirglõigu kaldemurgaks?
8. Kuidas avaldub sirglõigu ristprojektsiooni pikkus selle lõigu kaldemurga ja pikkuse kaudu?
9. Missugust sirget nimetatakse horisontaaliks, frontaaliks, profiilsirgeks?
10. Milline on küsimuses 9 nimetatud sirgete tunnus kaksvaatel?

11. Sõnastage sirglõigu pikkuse leidmise eeskiri kaksvaate alusel.
12. Sõnastage sirgete paralleelsuse tunnus kaksvaate alusel.
13. Sõnastage sirgete lõikumise tunnus kaksvaate alusel.
14. Skitseerige kahe kiivsirge (a ja b) kaksvaade ja näidake konkureerivate punktide nähtavus mõlemas vaates.
15. Millistes piirides võib muutuda teravnurga ristprojektsiooni suurus?
16. Sõnastage lause täismurga ristprojektsiooni kohta.



2.3. Tasapind

2.3.1. Tasapinna määramistingimused

Tasapinna määravad

- kolm punkti, mis ei asetse ühel sirgel;
- punkt ja sirge, mis ei läbi seda punkti;
- kaks lõikuvat sirget;
- kaks paralleelset sirget, joon. 2.19, a,

b, c, d.

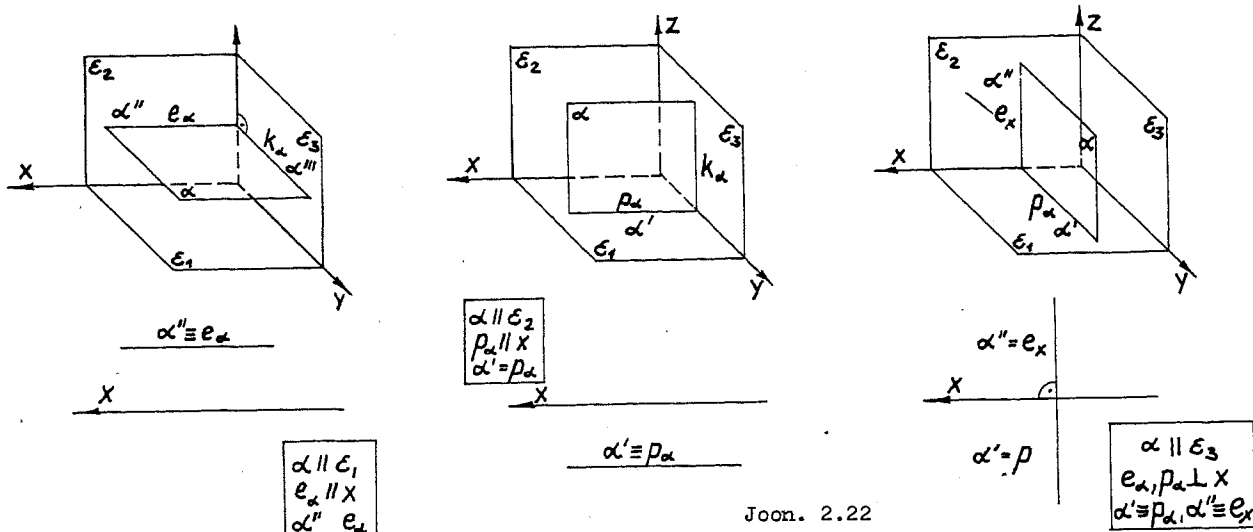
Tasapind on määratud ka mis tahes tasapinnalise kujundi kaksvaatega või tasapinna jälgedega. Tasapinna jälgedeks nimetatakse tasapinna ja ekraanide lõikesirgeid, joon. 2.20 (p - põhijalg, e - esijalg, k - küljalg).

2.3.2. Tasapindade asend ekraanide suhtes

Tasapinda nimetatakse üldasendiliseks, kui ta pole risti ühegi ekraaniga ja eriasendiliseks, kui ta on risti vähemalt ühe ekraaniga.

Ekraani ristsasapinda nimetatakse ka selle ekraani suhtes projekteerivaks tasapinnaks (projekteerub joonkujutiseks, tasapinnaline kujund - sirglõiguks), joon. 2.21.

Kui tasapind on ekraaniga paralleelne (järelilikult on ta kahe ülejäänud ekraaniga risti), siis nimetatakse teda üldiselt nivopinnaks.



Joon. 2.22

Põhiekraani nivoopinda nimetatakse horisontaalpinnaks, esiekraani nivoopinda nimetatakse frontaalpinnaks ja külgekraani nivoopinda nimetatakse profiilpinnaks, joon. 2.22.

2.3.3. Punkt ja sirge tasapinnal

Punkt asub tasapinnal, kui ta asub selle tasapinna mingil sirgel (punkti tasapinnal asumise tingimus).

Sirge asub tasapinnal, kui ta läbib kahte tasapinna punkti või kui ta läbib ühte tasapinna punkti ja on paralleelne tasapinnal oleva sirgega (sirge tasapinnal asumise tingimus).

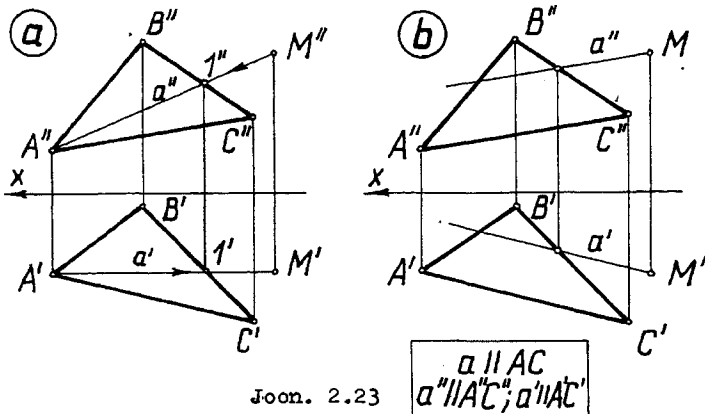
Ülaltoodud tingimustel põhineb võtte, mille abil on võimalik konstrueerida tasapinna punkti puuduvat projektsiooni (abisirge võtte).

Olgu antud tasapinna α (ABC) ja sellel paikneva punkti M eestvaade M'' , joon. 2.23, a. Punkti M pealtvaate leidmiseks võtame tasapinnal α abisirge a, mis läbib punkti M ($a \subset \alpha$, sest $A, l \subset \alpha$). Sidejoonte abil leiame l' , mis koos A' -ga määravad a' . M' leiame a' -lt sidejoone abil.

Sama ülesande lahendus, kasutades abisirgena sirget, mis läbib punkti M ja on paralleelne kolmnurga küljega AC, on esitatud joonisel 2.23, b.

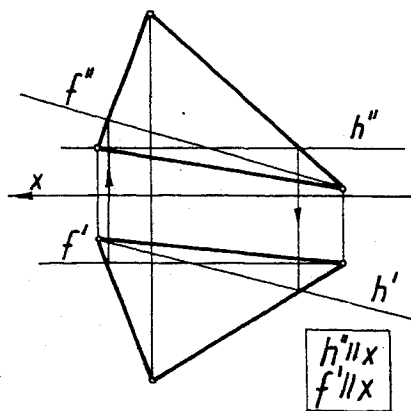
2.3.4. Tasapinna nivoosirged

Belpool käsitlesime nivoosirgeid kui sir-



Joon. 2.23

geid omaette, mis ei kuulunud ühelegi konkreetsele tasapinnale. Antud tasapinnale kuuluvat nivoosirget nimetatakse selle tasapinna nivoosirgeks. Eristatakse tasapinna horisontaali (h), tasapinna frontaali (f) ja tasapinna profiilsirget (r), joon. 2.24. (Profiilsirget ei ole joonisel näidatud.)



Joon. 2.24

Kordamisküsimused

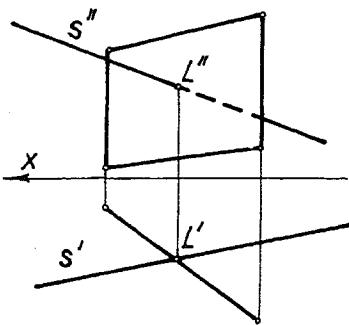
1. Sõnastage kõik tasapinna määramise võimalused.
2. Missugust tasapinda nimetatakse üldasendiliseks?
3. Millal projekteerub tasapinnaline kujund sirglõiguks?
4. Sõnastage punkti tasapinnal asetsemise tingimus.
5. Sõnastage sirge tasapinnal asetsemise tingimus.
6. Mis on tasapinna nivoosirge, horisontaal, frontaal?

2.4. Sirge ja tasapinna lõikumine

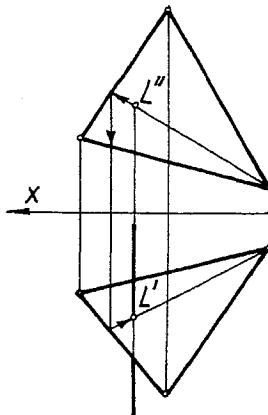
2.4.1. Sirge ja tasapinna lõikumise erijuhtumid

Üldasendilise sirge lõikumisel ekraani risttasapinnaga on lõikepunkti üks vaade vahetult leitav, kui tasapinna joonkujutise ja sirge vastava projektsiooni lõikepunkt. Lõikepunkti teine projektsioon leitakse sidejoone abil kui sirgel paikneva punkti puuduv projektsioon, joon. 2.25.

Ekraani ristsirge ja üldasendilise tasapinna lõikepunkti üks projektsioon ühtub sirge punkt kujutisega. Lõikepunkti teine projektsioon leitakse abisirge võttega kui tasapinnal oleva punkti puuduv projektsioon (vt. 2.3.3), joon. 2.26.



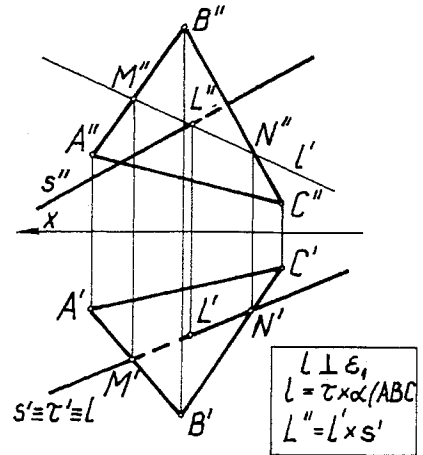
Joon. 2.25



Joon. 2.26

2.4.2. Üldasendilise sirge ja tasapinna lõikumine

Üldasendilise sirge s ja üldasendilise tasapinna α (ABC) lõikepunkti L leidmiseks võetakse esmalt abitasapind, mis läbib antud sirget ja on risti ühega ekraanidest ($\tau \perp \epsilon_1, a \subset \tau$). Leitakse tasapindade α ja τ lõikejoon l . Sirge l on määratud punktidega M ja N ($M \in AB$ ja $N \in AC$). Lõikepunkti L eestvaade $L' \in l' \times a'$. Lõikepunkti pealtvaade leiame sidejoone abil, joon. 2.27.



Joon. 2.27

3. LISAPROJEKTSIOONIDE TULETAMINE

Objekti projektsioonid kolmel omavahel ristuvale ekraanil ei tarvitse alati olla mingi konkreetse ülesande lahendamise seisukohalt kõige sobivamad. Vajaduse korral on võimalik konstrueerida objektist lisakujutisi, kasutades selleks pöörämismõtet või lisaekraanivõtet.

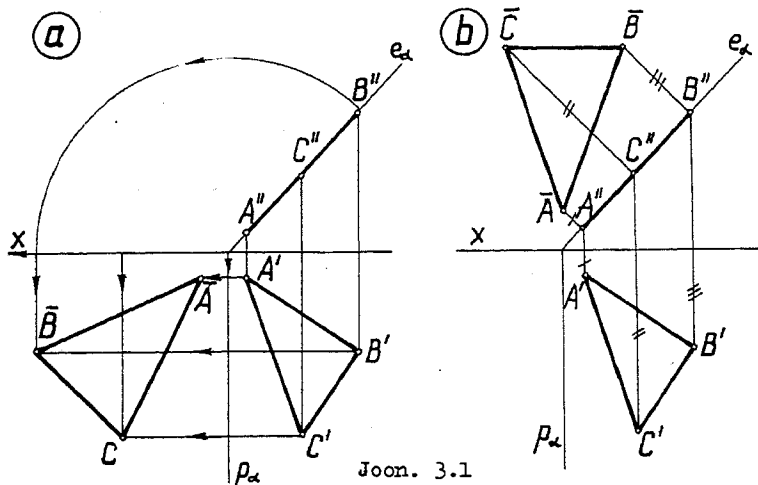
3.1. Pöörämismõte

Sirglõigu pöörämist ümber ekraani ristsirge käsitlesime juba eespool seoses sirglõigu pikkuse määramisega (p. 2.2.2).

Pöörämismõtet on eriti otstarbekohane kasutada ekraani risttasapinnal asetsevate kujundite tegeliku kuju leidmiseks.

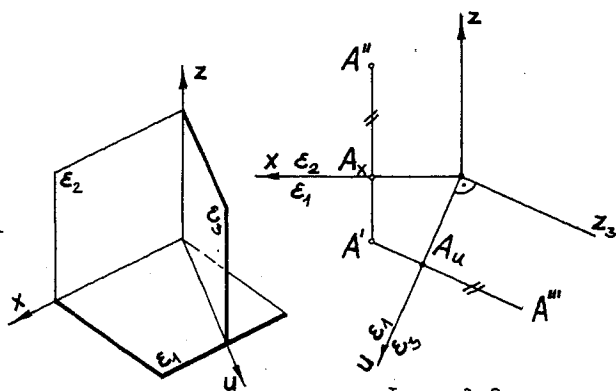
Vaatleme näitena esiekraaniga ristuvale tasapinnal ($\alpha \perp \epsilon_2$) asetseva kolmnurga ABC tegeliku kuju leidmist pöörämise teel põhiekraan-

nile ümber tasapinna põhijälje (P_α), joon. 3.1, a. Pööramisel punktid A, B ja C liiguvad mööda ringjooni pööramistelje risttasapindades, s.t. paralleelselt esiekraaniga. Ringjoonte raadiusteks on punktide kaugused pööramisteljest, mis on antud juhul projekteerunud esiekraanile ilma moondata.



Joon. 3.1

projekteeriva kiire ekraanile ϵ_j , saame viimasel punkti A lisavaate A''' . Seejuures $A''A_x = A'''A_u = Z_A$. Näeme, et kolmvaate peaomadus kehtib ka lisaekraani kasutamise puhul.



Joon. 3.2

Sama ülesande lahendus pööramise teel ümber tasapinna esijälje on esitatud joonisel 3.1, b.

Pööramisteljena võib kasutada ka kujundi tasapinna nivoojooni. Sel juhul pööratakse kujund ekraaniga paralleelseks.

Pööramisvõtet on võimalik kasutada ka üldasendiliste tasapinnaliste kujundite tege-liku kuju leidmiseks, kuid sel juhul on graafilised konstruktsioonid eeltoodutest tunduvalt keerukamad.

3.2. Lisaekraani võte

Lisaekraani võte võimaldab tuletada objektist uusi kujutisi, lähtudes objekti kaksvaatest. Lisaekraan paigutatakse objekti suhtes antud konkreetse ülesande lahendamise seisukohalt sobivasse asendisse, seejuures peab lisaekraan olema ühega antud ekraanidest risti.

Olgu antud punkti A kaksvaate ja lisaekraan ϵ_j , joon. 3.2. Ekraanide lõikesirget u nimetatakse uueks teljeks. Suunates punkti A

4. KÕVERJOOSED

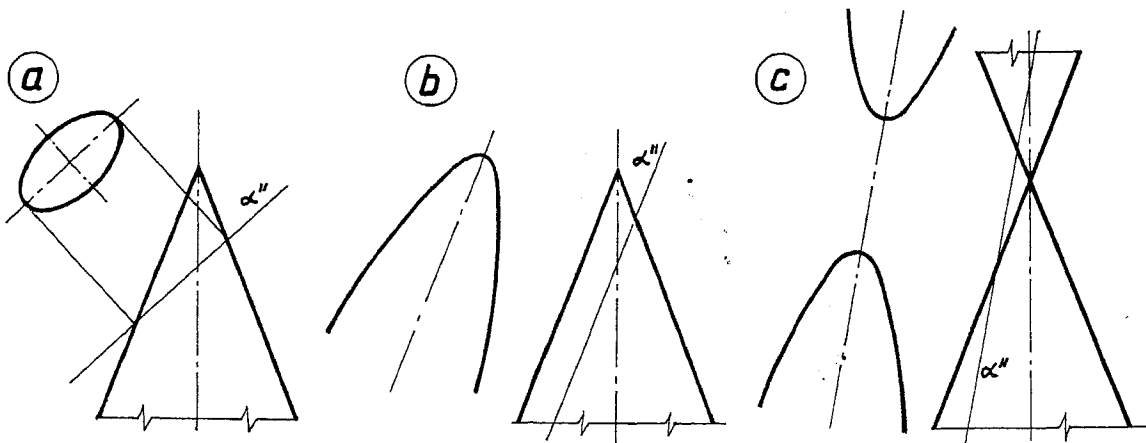
4.1. Kõverjoonte liigitus. Joone järgu mõiste

Kõverjoont võib käsitleda liikuva punkti trajektoorina või kahe pinna lõikejoonena. Kõverjooni võib jaotada tasakõverateks ja ruumikõverateks.

Tasakõveratest on tuntumad ringjoon, ellips, hüperbool ja parabool, ruumikõveratest - kruvijoon.

Võrranditega kirjeldatavaid jooni nimetatakse analüütilisteks. Viimased jagunevad omakorda algebraalisteks ja transsendentseteks (kirjeldatakse mittealgebraaliste võrranditega, näit. $y = \sin x$). Kõverjooni, mida saab esitada ainult graafiliselt, nimetatakse graafilisteks kõverateks.

Geomeetrilises tõlgenduses tähendab algebraalse tasakõvera järk selle joone ja sirgjoone maksimaalset lõikepunktide arvu, algebraalse ruumikõvera järk aga selle kõvera ja tasapinna lõikepunktide arvu.



Joon.4.1

4.2. Teist järku jooned

Teist järku jooned on ellips (ka ringjoon kui ellipsi erijuhtum), parabool ja hüperbool. Kõiki neid jooni on võimalik saada koonuse ja tasapinna lõikejoontena, seetõttu nimetatakse neid ka koonuselõigeteks, joon. 4.1.

Ellips tekib, kui tasapind lõikab koonuse kõiki moodustajaid (ringjoon tekib, kui tasapind on seejuures risti pöördkoonuse teljega).

Parabool tekib, kui lõikav tasapind on paralleelne koonuse ühe moodustajaga.

Hüperbool tekib, kui lõikav tasapind on paralleelne koonuse kahe moodustajaga

Teist järku joone projektsiooniks on samanimeline teist järku joon, kui aga joon asub projekteerival tasapinnal - sirge. Ringjoone projektsiooniks võib olla ellips ja vastupidi.

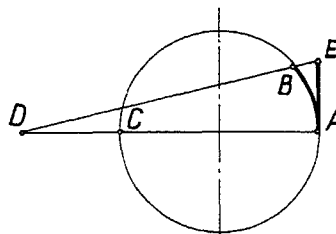
4.3. Tasakõverate sirgestamine

Mitmesuguste ülesannete lahendamisel võib tekkida vajadus kõverjoone sirgestamiseks või tema ülekandmiseks teisele kõverjoonele.

Mis tahes kõverjoont saab ligikaudselt sirgestada, asendades ta kõõlmurdjoonega ja kandes kõõlud seejärel sirkli abil sirgele. Kõõlu pikkus valitakse sedavõrd väike, et kõõlu ja tema vastava kaare pikkus oluliselt ei erineks.

Ringjoone graafiliseks sirgestamiseks

võib kasutada lähikonstruktsiooni, joon. 4.2. Sirgestatava ringjoone kaare AB otspunktist A tõmmatakse ringjoone puutuja ja diameeter, mida pikendatakse raadiuse pikkuse võrra ($CD=r$). Lõigaku sirge DB puutujat punktis E, siis lõik AE ongi kaare AB sirgestatud pikkuseks. Kirjeldatud konstruktsiooni võib kasutada kaarte sirgestamiseks, mille suurus ei ületa 60° .



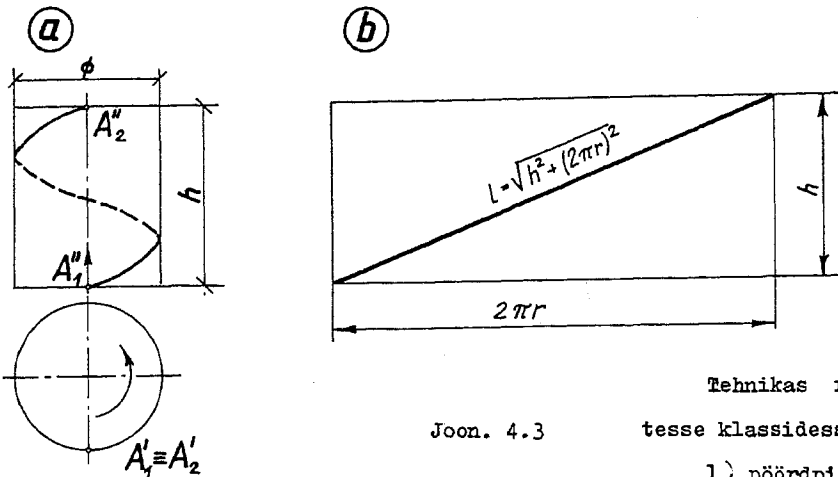
Joon. 4.2

4.4. Silindriline kruvijoon

Silindriline e. harilik kruvijoon on ruumikõver, mis tekib punkti ühtlasel liikumisel piki silindri moodustajat, kui silinder pöörleb ühtlaselt ümber telje, joon. 4.3, a.

Kruviyoone osa, mis vastab punkti ühele täispöördele nimetatakse kruviyoone keeruks. Keeru otspunktide vahelist kaugust nimetatakse kruviyoone sammuks (h). Eristatakse parema- ja vasakukäelist kruviyoont. Kui punkt eemaldub vaatajast mööda kruviyoont, pööreldes kellaosuti liikumise suunas, siis on tegemist paremakäelise kruviyoonega.

Kruviyoon on määratud raadiuse, sammu ja käelisusega.



Joon. 4.3

Silindri pinnalaotusel saame hariliku kruvijoone igast keerust sirglõigu. Keeru pikkus (1) on avaldatav kui täisnurkse kolmnurga hüpotenuus, joon. 4.3,b.

$$L = \sqrt{h^2 + (2\pi r)^2}$$

Kordamisküsimused

1. Mille poolest erineb tasakõver ruumikõverast?
2. Milline on algebraalse kõvera järku geomeetiline tõlgendus?
3. Milliseid teist järku jooni te teate?
4. Kuidas tekivad ellips, parabool ja hüperbool kui koonuselõiked?
5. Kuidas tekib silindriline kruvijoone?
6. Mida nimetatakse silindrilise kruvijoone sammuks?
7. Milliste parameetritega on määratud silindriline kruvijoone?
8. Kuidas avaldub kruvijoone ühe keeru pikkus sammu ja raadiuse kaudu?

5. KÕVERPINNAD

5.1. Liigitus. Pinna järk

Kõverpindu liigitatakse moodustaja kuju, moodustaja liikumise seaduse, järku ja muude tunnuste alusel.

Pinna järku mõistet kasutatakse algebra-
liste võrranditega kirjeldatavate pindade puhul. Geomeetriselt võrdub pinna järk selle pinna ja tasapinna lõikejoone järguga (vt. 4.1.1).

Tehnikas rakendatakse peamiselt järgmistesse klassidesse kuuluvaid pindu:

- 1.) pöördpinnad;
- 2.) üldised teist järku pinnad;
- 3.) joonpinnad;
- 4.) kruvipinnad;
- 5.) karkasspinnad;
- 6.) tsüklilised pinnad.

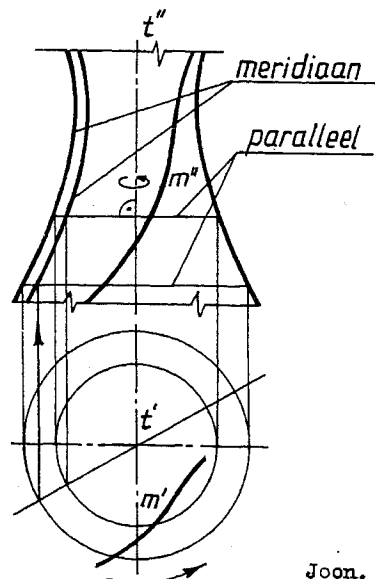
Käesolevas kursuses käsitletakse üksikasjalikumalt ainult tehnikas enamkasutatavaid pöördpindu ja kruvipinda.

5.2. Pöördpinnad

5.2.1. Üldmõisted

Pöördpind tekib mingi joone (moodustaja (m)) pöörlemisel ümber paigalseisva telje, joon.

5.1. Pöörlemisel moodustaja iga punkt liigub mööda ringjoont, mida nimetatakse pöördpinna paralleeliks. Suurima ja väiksema raadiusega paralleele nimetatakse vastavalt pöördpinna



Joon. 5.1

ekvaatoriks ja kaelaks. Kahe paralleeli vahelist pöörpinda osa nimetatakse vööks. Pöörpinda lõikamisel telge läbivate tasapindadega, saadakse kongruentsed lõikejooned, mida nimetatakse meridiaanideks.

5.2.2. Teist järku pöörpinnad

5.2.2.1. Liigitus

Teist järku pöörpind tekib teist järku joone pöörlemisel ümber oma sümmeetriatelje. Teist järku pöörpindu on 8:

1) piklik pöördellipsoid, joon. 5.2,a;

2) lapik pöördellipsoid, joon. 5.2,b;

3) pöörparaboloid, joon. 5.2,c;

4) ühekatteline pöörhüperboloid, joon. 5.2,d;

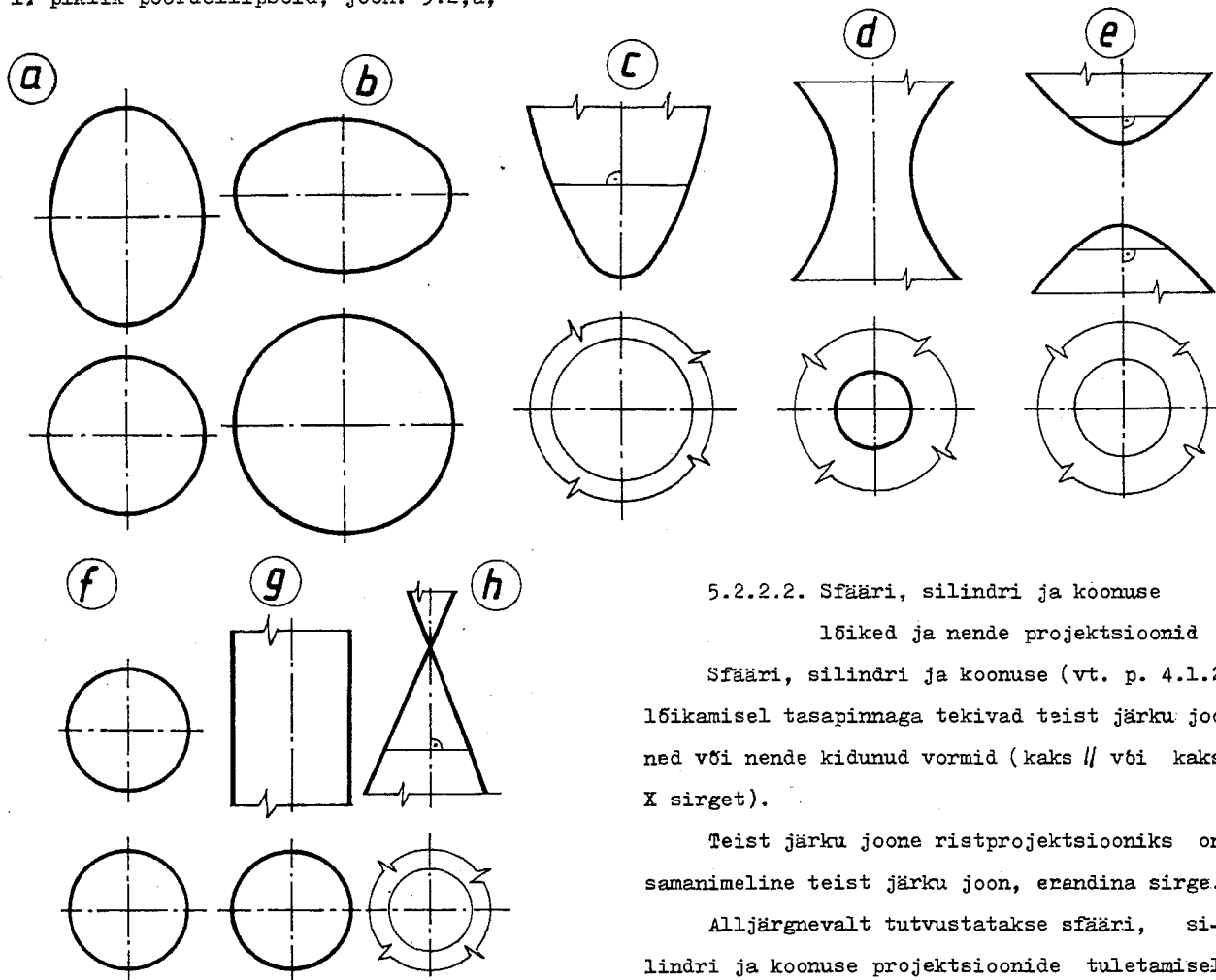
5) kahekatteline pöörhüperboloid, joon.5.2,e;

6) sfäär kui pöördellipsoidi erijuhtum, joon. 5.2,f;

7) pöördsilinder, joon. 5.2.g;

8) pöördkoonus, joon. 5.2,h kui ühekattelise pöörhüperboloidi erijuhtumid.

Lühiduse huvides kasutatakse allpool teist järku pöörpindade nimetusi ilma eesliiteta.



Joon. 5.2

5.2.2.2. Sfääri, silindri ja koonuse

lõiked ja nende projektsioonid

Sfääri, silindri ja koonuse (vt. p. 4.1.2) lõikamisel tasapinnaga tekivad teist järku jooned või nende kidunud vormid (kaks // või kaks X sirget).

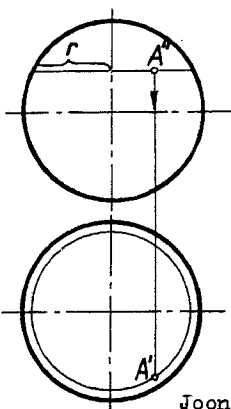
Teist järku joone ristprojektsiooniks on samanimeline teist järku joon, erandina sirge.

Alljärgnevalt tutvustatakse sfääri, silindri ja koonuse projektsioonide tuletamisel kasutatavaid võtteid.

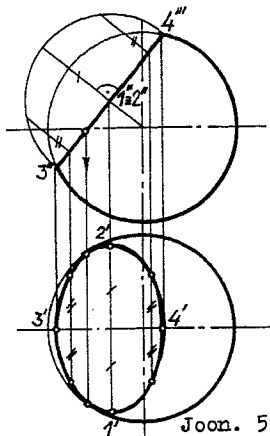
Sfäär. Sfääri tasapinnaline lõige on ringjoon. Sfääri pinnal oleva punkti projektsioonide konstrueerimiseks saab kasutada abijoone - na antud punkti läbivat horisontaalset või frontaalset sfääri pinnal asuvat ringjoont.

Näide. Olgu antud sfääri nähtaval küljel asuva punkti eestvaade A'' , joon. 5.3. Pealtvaate A' leiame kui sidejoone ja punkti lähiva horisontaalse ringjoone pealtvaate lõikepunkti. Ringjoone raadiuse mõõdame eestvaatelt (horisontaalne ringjoon projekteerub siin sirg-
lõiguks läbi A'').

Ekraani suhtes kaldu paikneva ringjoone projektsiooniks on ellips. Ringjoone projektsiooniellipsit on lihtne konstrueerida, kasutades ringjoone pöörendilt mõõdetavate moondevabalt projekteeruvate (ruumis ekraaniga paralleelsete) poolkõõlude pikkusi, joon. 5.4.



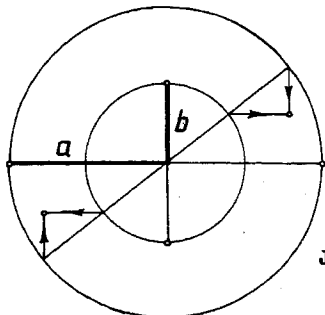
Joon. 5.3



Joon. 5.4

Kui esmalt konstrueerida ellipsi teljed (joonisel 5.4. projekteeruvad ellipsi telgedeks ringjoone diameetrid 1,2 ja 3,4) võib ellipsi konstrueerimiseks kasutada telgringjoonte võtet.

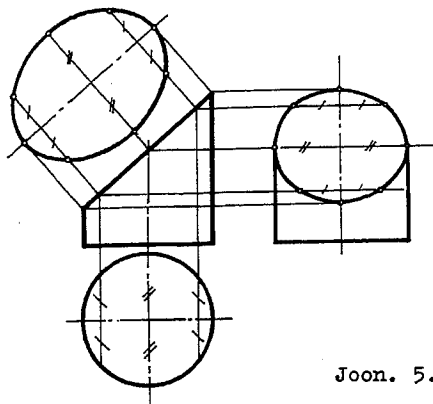
Olgu antud ellipsi poolteljed a ja b , joon. 5.5. Joonestame ringjooned, mille raadiusteks on a ja b . Ellipsi punktideks on mis tahes diameetri ja ringjoone lõikepunktidest joonisel kujutatud viisil tõmmatud sirgete lõikepunktid.



Joon. 5.5

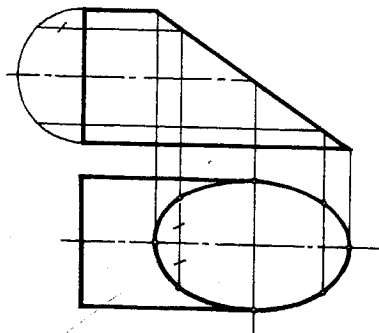
Silinder. Silindri ja tasapinna lõikejoon teks võivad olla ringjoon ($\alpha \perp t$, t -silindri telg), ellips ($\alpha \perp t, H' t$) või kaks paralleelset sirget ($\alpha \parallel t$).

Kui silindri üheks projektsiooniks kaksvaatel on silindri otsvaade (ringjoon), siis saab silindri kaldlõike kolmanda vaate ja kaldlõike tegeliku kuju konstrueerimiseks kasutada otsvaatele moondevabalt projekteeruvate poolkõõlude pikkusi, joon. 5.6.



Joon. 5.6

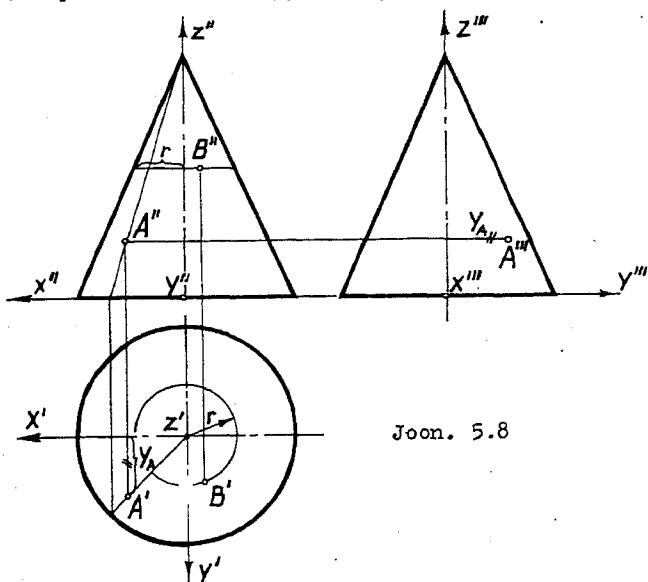
Kui silindri kaksvaade ei sisalda silindri otsvaadet, siis tuleb analoogilise ülesande lahendamisel otsvaade täiendavalt konstrueerida või täiendada olemasolevat kujutist silindri ristlõike pöörendiga. Kuna mõõdetakse poolkõõla, siis joonestatakse tavaliselt välja vaid pool ringjoonest, joon. 5.7.



Joon. 5.7

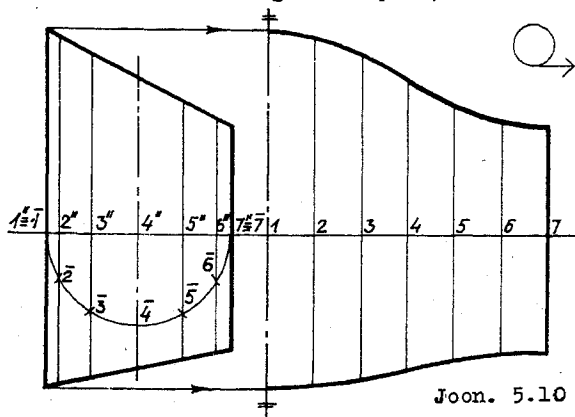
Koonus. Koonuse ja tasapinna lõikejoonteks võivad olla ringjoon, ellips, parabool, hüperbool ja kaks lõikuvat sirget (vt. p. 4.1.2). Koonuselõigete projektsioonid konstrueeritakse reeglina punkthaaval, kasutades selleks koonuse pinnal oleva punkti projektsioonide konstrueerimise võtteid.

Koonuse pinnal oleva punkti teiste projektsioonide leidmiseks on võimalik kasutada abijoonena punkti läbivat moodustajat (joon. 5.8 punkt A) või ringjoont (joon. 5.8 punkt B).



Joon. 5.8

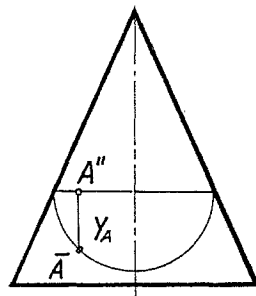
Punkti A vasakultvaate konstrueeritakse nagu tavalisel kolmvaatel, kasutades y-koordinaatlõiku. Ringjoone kasutamine abijoonena omab mõningaid eeliseid, sest moodustaja abil ei ole võimalik üle kanda punkte, mille projektsioonid langevad eestvaatel koonuse telje projektsioonile. Telje lähedale langevate punktide konstruktsioonid on aga ebatäpsed, kuna side-



Joon. 5.10

joon ja moodustaja projektsioonid lõikuvad väikeste nurkade all.

Punkti vasakultvaate saab konstrueerida ka ilma pealtvaate abita, leides punkti y-koordinaatlõigu punkti läbiva ringjoone pöörendilt vahetult eestvaates, joon. 5.9.



Joon. 5.9

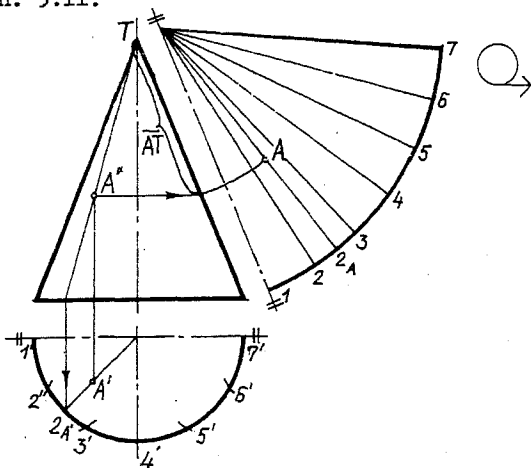
5.2.2.3. Silindri, koonuse ja sfääri pinnalaotused

Pinnalaotuste konstrueerimise seisukohalt võib kõik pinnad jagada laotuvateks ja mitte-laotuvateks. Laotuvateks nimetatakse selliseid pindu, mida saab painutada tasapinnale, ilma et pind seejuures deformeeruks.

Silindriline ja kooniline pind kuuluvad laotuvate pindade hulka.

Laotuvatest pindadest on põhimõtteliselt võimalik konstrueerida täpseid pinnalaotusi. Praktikas asendatakse kõverpind tavaliselt teada võimalikult hästi lähendava tahkpinnaga:

- silindripind prismalise pinnaga, joon. 5.10;
- kooniline pind püramiidilise pinnaga, joon. 5.11.

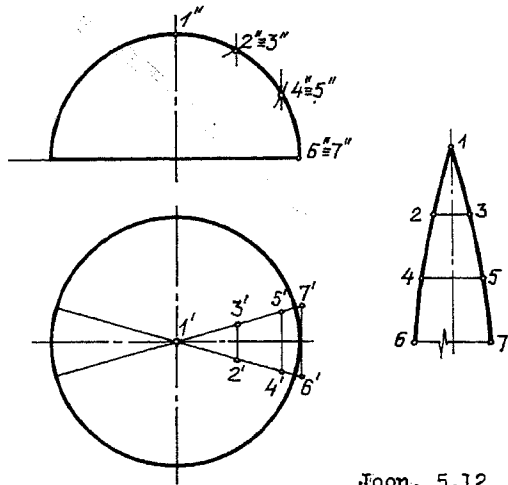


Joon. 5.11

Nii saadud lähislaotus on seda täpsem, mida lähem on silindri (või koonuse) ristlõikel valitud kõõlu pikkus. Antud näidetel on poolring jagatud sirkli abil kuueks võrdseks osaks.

Mittelaotuvatest pindadest saab konstrueerida samal põhimõttel nn. tinglaotusi. Joonisel 5.12 on esitatud poolsfääri tinglaotuse ühe elemendi konstruktsioon.

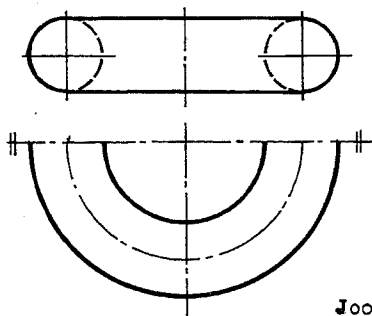
Lõikude 23, 45 ja 67 tegelikud pikkused mõõdame pealtvaatelt, nendevahelised kaugused - eestvaatelt.



Joon. 5.12

5.2.3. Rõngaspind

Rõngaspind tekib ringjoone pöörlemisel ümber telje, mis asetseb ringjoone tasapinnas, kuid ei läbi ringjoone keskpunkti, joon. 5.13. Rõngaspind on neljandat järku pind.



Joon. 5.13

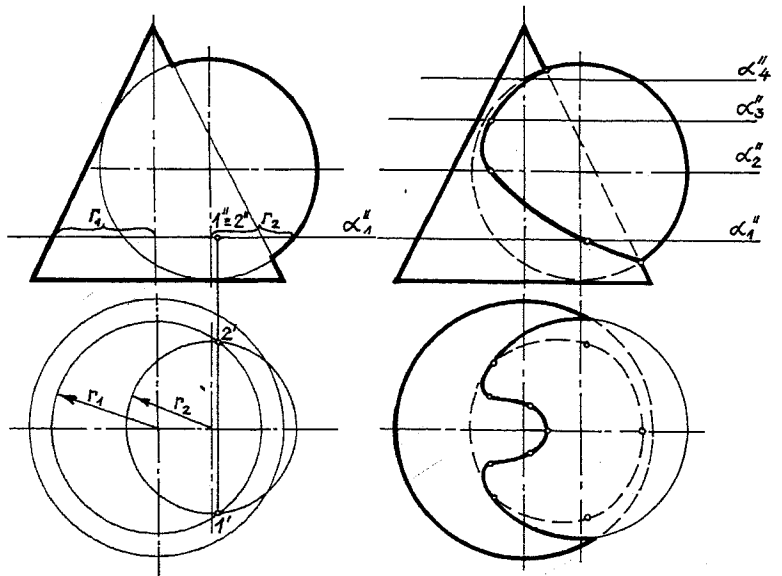
5.2.4. Pöörpindade lõikumine

Pöörpindade lõikejoon on üldjuhul ruumikõver, mille järk võrdub pöörpindade järgu korrutisega. Kahe pöörpindanna (ka pöörpindanna ja

tahuka) lõikejoone konstrueerimiseks kasutatakse tavaliselt kas abitaspindade või abisfääride võtte.

5.2.4.1. Abitaspindade võtte

Võtte idee seisneb selles, et kahe pöörpindanna ja tasapindanna lõikumisel tekkivate lõikejoonte (abilõikejooned) ühised punktid on ühtlasi pöörpindade lõikejoone punktid. Abitaspindade asend (kas horisontaalne või frontaalne) valitakse nii, et abilõikejoones oleksid lihtsad jooned (sirgjooned või ringjooned).



Joon. 5.14

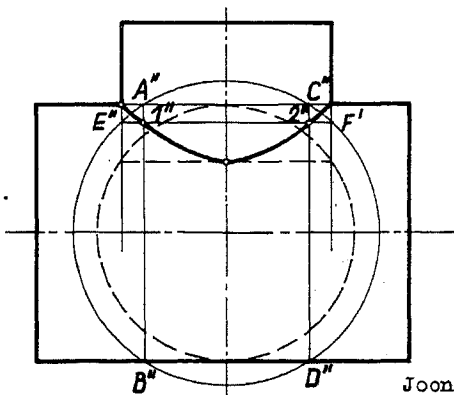
Näide. Joonisel 5.14, a esitatud pöörkoonuse ja sfääri lõikejoone konstrueerimiseks kasutame horisontaalseid abitaspindu. Esimese abitaspindanna α_1 kõrguse valime vabalt. Abilõikejooned on antud juhul ringjooned. Mõõtes eestvaatelt raadiused r_1 ja r_2 , konstrueerime abilõikejoonte pealtvaated. Nii saame lõikejoone punktid 1 ja 2 pealtvaates. Punktide eestvaated leiame siidejoone abil abitaspindanna joonkujutisel α_1'' . Sama konstruktsiooni korrates (abitaspindad $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) leiame lõikejoone väljajoonestamiseks vajaliku arvu punkte. Abitaspindade arv ja nendevahelise kaugus valitakse sõltuvalt lõikejoone kõverusest, joon. 5.14, b. (Konstruktsioone ei ole joonisel näidatud.)

5.2.4.2. Abisfääride võtte

Võtte on rakendatav lõikuvate telgedega pöördpindade puhul juhul, kui telgede tasand on ühe ekraaniga paralleelne.

Võtte idee on põhimõtteliselt sama, mis abitasapindade võtte puhul, ainult et tasapindade asemel kasutatakse abipinnana sfääre, mille tšenter paigutatakse pöördpindade telgede lõikepunkti. Abilõikejoonteks on sel juhul ringjooned, mis on vastavalt risti pöördpindade telgedega. Need ringjooned projekteeruvad telgedega paralleelsele ekraanile sirglõikudeks.

Näide. Olgu antud kaks lõikuvate telgedega silindrit, joon. 5.15. Lõikejoone punktide leidmisel kasutatavat mõttekäiku selgitame ühe abisfääri puhul. Abisfäär projekteerub eestvaatel ringjooneks, abisfääri ja mõlema silindri lõikumisel tekkivad abilõikejooned (ruumis ringjooned) aga sirglõikudeks A"B", C"D" ja E"F". Abilõikejoonte lõikepunktid 1 ja 2 on lõikejoone punktid. Muutes abisfääri raadiust ja korrates ülalkirjeldatud konstruktsioone, saab leida kui tahes palju lõikejoone punkte.



Joon. 5.15

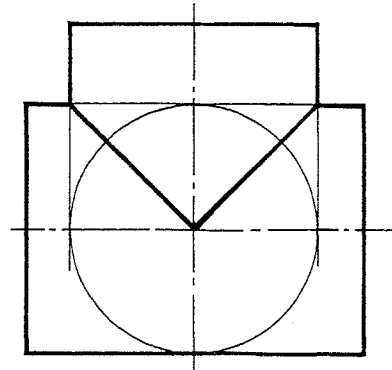
Konstruktsiooni on soovitatav alustada nn. minimaalse raadiusega abisfäärist, mis lõikab väiksemat ja puudutab suuremat pinda (joonisel 5.15, kujutatud kriipsjoonega).

Abisfääride võtte puhul konstrueeritakse lõikejoon ühel vaatel, teist vaadet kasutamata. Lõikejoone teine vaade konstrueeritakse, kasu-

tades pöördpinnal olevate punktide projektsioonide konstrueerimise võtteid (p. 5.2.2.2).

Teist järku pöördpindade lõikumise erijuhtum.

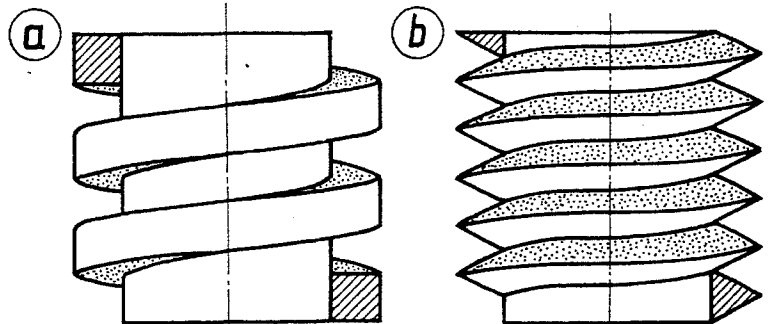
Kui kaks teist järku pöördpinda omavad ühist puutesfääri, laguneb pindade lõikejoon kaheks tasakõveraks (ellipsiks). Kui pindade teljed on seejuures ekraaniga paralleelsed, siis projekteerub lõikejoon sirglõikudeks, joon. 5.16.



Joon. 5.16

5.3. Kruvipinnad

Kruvipind tekib moodustaja kruvijoonelehel liikumisel, s.t. moodustaja kõik punktid liiguvad mööda silindrilisi kruvijooni, millel on ühine telg ja võrdne samm.



Joon. 5.17

Normaalkruvipind tekib telje ristsirge kruvijoonelehel liikumisel. Normaalkruvipinna rakendusena võib nimetada ruutkeeret, keha, mis tekib ruudu kruvijoonelehel liikumisel, joon. 5.17, a.

Kaldkruvipind tekib telje kaldlõikaja kruvijoonelehel liikumisel. Kaldkruvipinna rakendusena võib nimetada kolmnurkkeeret, keha,

mis tekib kolmnurga kruvijoonelel liikumisel, joon. 5.17, b.

Kordamisküsimused

1. Mida nimetatakse pöördpinna meridiaaniks?
2. Kuidas tekib teist järku pöördpind?
3. Nimetage kõik teist järku pöördpinnad.
4. Skitseerige kolmvaates üks teist järku pöördpind (pinna nimetuse dikteerib õppejõud).
5. Konstrueerige ellipsi punkt, kui on antud ellipsi teljed.
6. Nimetage kõik pöördsilindri ja tasapinna lõikejooned.
7. Millist pinnalaotust nimetatakse lähislaotuseks, millist tinglaotuseks?
8. Millist liikumist nimetatakse kruvijoonele liikumiseks?
9. Kuidas tekib rõngaspind, normaalkruvipind, kaldkruvipind?
10. Skitseerige rõngaspind kaksvaates.
11. Millal lõikab sfäär pöördpinda ringjooni mööda?

6. AKSONOMEETRIA

6.1. Põhimõisted

Aksonomeetriline kujutis on objekti ja temaga seotud ristteljestiku paralleel- või tsentraalprojektsioon mingile ekraanile. Aksonomeetriliste kujutiste eeliseks, võrreldes tavaliste ristprojektsioonidega, on kujutise ilmekus.

Aksonomeetrilise teljestiku kuju ja üksikute telgede moondetegurite (m_x, m_y, m_z) väärtused sõltuvad teljestiku, ekraani ja projekteerimiskiirte vastastikusest asendist. Aksonomeetriliste telgede moondetegurite vahekorral alusel jagatakse aksonomeetriad:

- isomeetristeks ($m_x = m_y = m_z$);
- diameetristeks (näit. $m_x = m_y \neq m_z$);
- trimeetristeks ($m_x \neq m_y \neq m_z$).

Projekteerimiskiirte sihist lähtudes eristatakse rist- ja kaldaksonomeetriad.

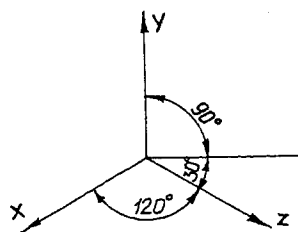
Aksonomeetriliste teljestike valikut reguleerib riiklik standard, GOST 2.317-69. Nimetatud standard soovitab viit teljestikku, need on:

- ristisomeetria;
- standardne ristdimeetria;
- frontaalne kaldidimeetria;
- frontaalne kaldisomeetria;
- horisontaalne kaldisomeetria.

Käesolevasse kursusesse kuulub kolme esimesena nimetatud aksonomeetria käsitlus.

6.2. Ristisomeetria

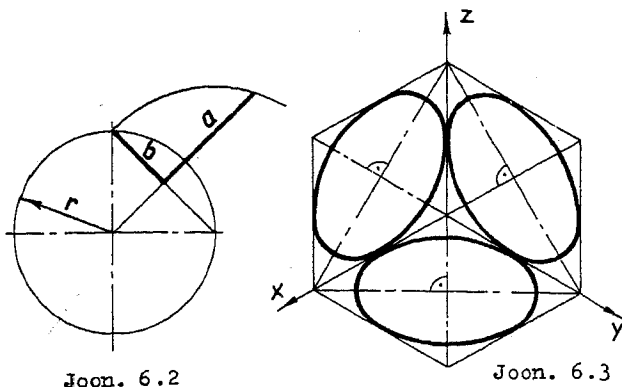
Ristisomeetriline teljestik saadakse, kui kõigi koordinaattelgedega kalle ekraani suhtes on võrdne ($35^{\circ}16'$), joon. 6.1 (telgede projektsioonide vahelised nurgad on 120°). Telgede moondetegurid $m_x = m_y = m_z = 0,82$.



Joon. 6.1

Objekti ristisomeetrilise kujutise konstrueerimisel mõeldakse koordinaattelgedega paralleelseid lõike oma tegelikes pikkustes, s.t. moondetegurit arvestamata. Seetõttu on saadud kujutis tegelikust $1:0,82 = 1,22$ korda suurem.

On kasulik teada, et ringjoon, mille tasapind on risti mingi koordinaatteljega, projekteerub ristaksonomeetrias ellipsiks, mille pikem telg on risti sama koordinaattelje kujutisega. Ellipsi pooltelgede pikkused on $a = 1,22r$ ja $b = 0,71r$, kus r on ringjoone raadius, joon. 6.2. Joonisel 6.3 on esitatud geomeetriline konstruktsioon, mille abil on võimalik leida etteantud raadiuse väärtusele vas-



Joon. 6.2

Joon. 6.3

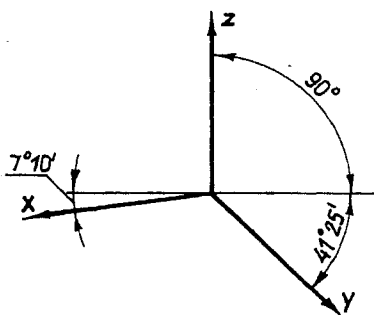
tava ellipsi pooltelgede pikkusi (see on geomeetriliselt täpne konstruktsioon).

Sfääri ristisomeetriliseks projektsiooniks on ringjoon, mille raadius on 1,22 korda tegelikust suurem.

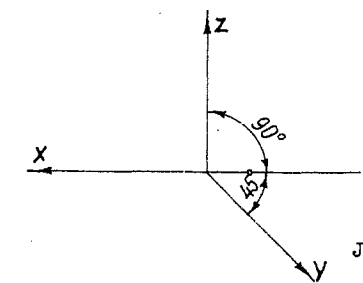
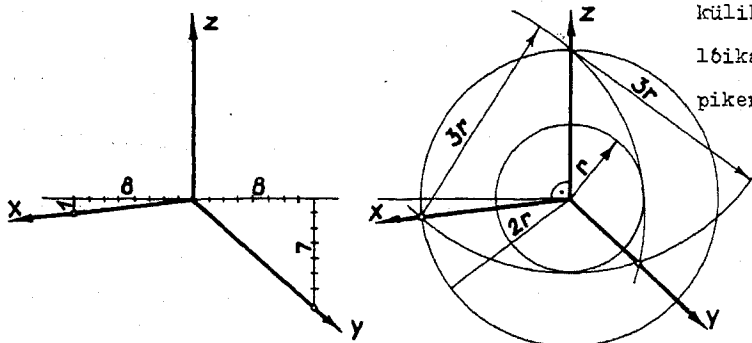
6.3. Standardne ristdimeetria

Standardse ristdimeetria puhul on telgede moondetegurite vahekorrd $m_x = m_z = 2m_y$. Moondetegurite tegelikud väärtused $m_x = m_z = 0,97$, $m_y = 0,47$. Praktikas võetakse $m_x = m_z = 1$ ja $m_y = 0,5$, mille tulemusena saadud kujutis on tegelikust 1,06 korda suurem.

Teljestiku kuju ja geomeetrilised konstruktsioonid teljestiku konstrueerimiseks on esitatud joonisel 6.4.



Joon. 6.4



Joon. 6.5.

6.4. Frontaalne kalddimeetria e. kabinetprojektsioon

Frontaalse kalddimeetrilise teljestiku (joon. 6.5) puhul

$$m_x = m_z = 2m_y.$$

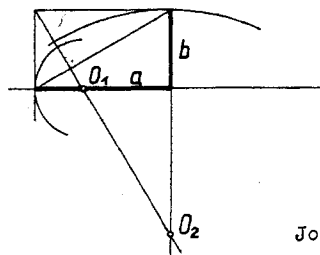
Antud juhul on moondetegurite tegelikud väärtused täpselt $m_x = m_z = 1$ ja $m_y = 0,5$. Seega on zx koordinaatpind ekraaniga paralleelne ja sellel pinnal (või sellega paralleelsel pinnal) asuvad ringjooned projekteeruvad aksonomeetrias ilma moondata. Seetõttu on kabinetprojektsioon eriti sobiv nende objektide kujutamiseks, millel on palju paralleelsetes tasapindades olevaid ringjooni.

6.5. Aksonomeetriselised kujutised tehnilises joonestamises

Tehnilises joonestamises kasutatavatel aksonomeetriselisel kujutistel esinevate ellipside konstrueerimisel on lubatud kasutada lähiskonstruktsioone. Kui on antud ellipsi teljed, siis võib kasutada: kõverusringjoonte võtet või asendada ellips ovaaliga.

Kõverusringjoonte võtte, joon. 6.6.

Ellipsi telgedele konstrueeritakse ristkülik ja telgede otspunkte ühendav diagonaal. Ristküliku tipust tõmmatud diagonaali ristsirge lõikab pooltelge a ja pooltelge b (või selle pikendust) punktides O_1 ja O_2 , millest tõmma-

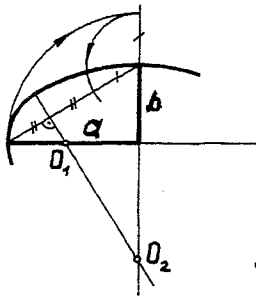


Joon. 6.6

takse ringi kaared lähi telgede otspunktide. Kaared ühendatakse omavahel lekaali abil.

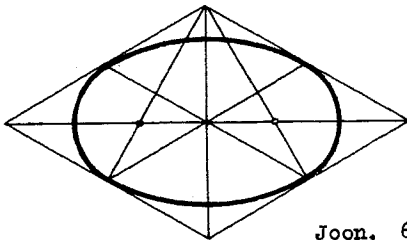
Ellipsi asendamine ovaaliga, joon. 6.7.

Ellipsi telgede otspunktid ühendatakse diagonaaliga. Diagonaalist lahutatakse telgede pikkuse vahe ($a-b$). Ülejäänud lõigu poolituspunkti tõmmatud ristsirge lõikab pooltelge a ja pooltelge b (või selle pikendust) punktides O_1 ja O_2 . Nendest punktidest tõmmatud ringikaared liituvad sujuvalt tsentreid läbivatel sirgjoontel.

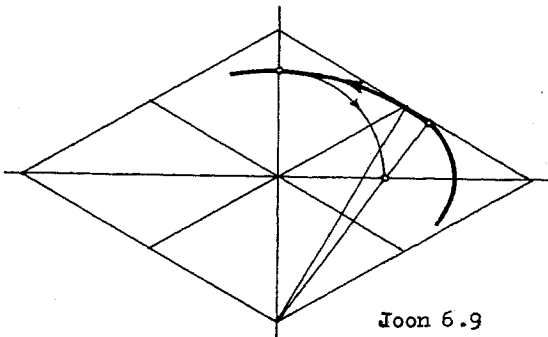


Joon. 6.7

Koolikursusest tuntud võtte ellipsi asendamiseks ovaaliga, lähtudes rombist, mis on ringjoont piirava ruudu ristisomeetriline kujutis, on esitatud joon. 6.8. Mõnevõrra täpsema ellipsi kuju, eriti horisontaalsete haripunktide juures, annab joon. 6.9. toodud konstruktsioon.



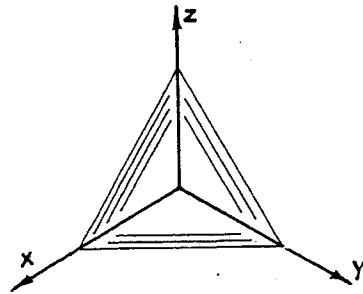
Joon. 6.8



Joon 6.9

Tehnilises joonestamises asendatakse koordinaatteljed telgjoontega (kriipspunktjoontega).

Avadega detailide siseehituse näitamiseks eemaldatakse detaili vaatajapoolne veerand. Lõikepinnad viirutatakse. Viirutuse kalle vastab 45° kaldele aksonomeetrias. Viirutuse siiget suunda on lihtsam määrata arvestades seda, et ruudu diagonaali ja külje vaheline nurk on 45° . Mõistes koordinaattelgedele vabalt valitud pikkusega sirglõigu (arvestades seejuures telgede moondetegureid) ja ühendades lõigu otspunktid omavahel, saame nn. viirutuskolmnurga, mille küljed määravad viirutuse sihi vastavatel koordinaatpindadel (ja nendega paralleelsetel pindadel), joon. 6.10.



Joon. 6.10

Kordamisküsimused

1. Kuidas liigitatakse aksonomeetriaid telgede moondetegurite suhte alusel?
2. Skitseerige standardse ristdimeetrilise teljestiku konstruktsioon.
3. Kuidas projekteeruvad ristisomeetrias koordinaatpindadel paiknevad ringjooned?
4. Milline on sfääri ristisomeetriline kujutis?
5. Skitseerige ellipsit asendava ovaali konstruktsioon, kui on antud ellipsi teljed.
6. Kuidas määratakse viirutuste siht aksonomeetrias?

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3	4. KÕVERJÕONED	12
1. PROJEKTEERIMINE	3	4.1. Kõverjoonte liigitus. Joone järgu	
1.1. Projektsiooni mõiste	3	mõiste	12
1.2. Objekti määravate jooniste saamise meetodid	3	4.2. Teist järku jooned	13
2. PUNKTI, SIRGJOONE JA TASAPINNA KUJUTAMINE MONGE'i MEEODIL	4	4.3. Tasakõverate sirgestamine	13
2.1. Meetodi olemus. Punkti mituvaade	4	4.4. Silindriline kruvijoon	13
2.2. Sirge kujutamine	5	5. KÕVERPINNAD	14
2.2.1. Sirge määramistingimused ja asend	5	5.1. Kõverpindade liigitus. Pinna järgu	
2.2.2. Sirglõigu kaldemurgad, moonde- tegur ja pikkus	6	mõiste	14
2.2.3. Sirgete vastastikune asend	8	5.2. Pöördpinnad	14
2.2.4. Lõikuvate sirgete vaheline nurk	8	5.2.1. Üldmõisted	14
2.3. Tasapind	9	5.2.2. Teist järku pöördpinnad	15
2.3.1. Tasapinna määramistingimused	9	5.2.2.1. Liigitus	15
2.3.2. Tasapindade asend ekraanide suhtes	9	5.2.2.2. Sfääri, silindri ja koomuse	
2.3.3. Punkt ja sirge tasapinnal	10	lõiked ja nende projekt-	
2.3.4. Tasapinna nivoosirged	10	sioonid	15
2.4. Sirge ja tasapinna lõikumine	11	5.2.2.3. Silindri, koomuse ja	
2.4.1. Sirge ja tasapinna lõikumise erijuhtumid	11	sfääri pinnalaotused	17
2.4.2. Üldasendilise sirge ja tasa- pinna lõikumine	11	5.2.3. Rõngaspind	18
3. LISAPROJEKTSIOONIDE TULETAMINE	11	5.2.4. Pöördpindade lõikumine	18
3.1. Põõramisvõte	11	5.2.4.1. Abitasapindade võte	18
3.2. Lisaekraani võte	12	5.2.4.1. Abisfäärade võte	19
		5.3. Kruvipinnad	19
		6. AKSONOMETRIA	20
		6.1. Põhimõisted. Liigitus	20
		6.2. Ristisomeetria	20
		6.3. Standardne ristdimeetria	21
		6.4. Frontaalne kaldidimeetria e. kabinet- projektsioon	21
		6.5. Aksonomeetrilised kujutised tehni- lises joonestamises	21

Таллинский технический университет
Кафедра графики
ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ГРАФИКУ
Методическое руководство
Составили П. Тедер, Л. Тюрн
На эстонском языке

Koostanud P. Teder, L. Törn
Vastutav toimetaja A. Teaste

Trükkimisele antud 08.08.1990. Formaat 60x84/8
Trükipg. 3,0. Tingtrükipg. 2,8. Arvestuspg. 2,1
Trükiarv 1000. Tell. nr. 739. Hind 20 kop.
Tallinna Tehnikaülikool,
200108 Tallinn, Ehitajate tee 5
TTÜ rotaprint, 200006 Tallinn, Koskla 2/9