

POPULAARTEADUSLIK
SARI

A. Pogumirski ja B. Kaverin

TOOTMISJONIS



2/22279

A-16558 III

A. I. POGUMIRSKI
TEHNILISTE TEADUSTE KANDIDAAT

B. P. KAVERIN
TEHNILISTE TEADUSTE KANDIDAAT

TOOTMISJONIS



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1954

Originaali tiitel:

А. И. Погумирский,
кандидат технических наук

Б. П. Каверин,
кандидат технических наук

Производственный чертёж

Государственное издательство
технико-теоретической литературы
Москва 1951 Ленинград

Tõlkinud V. Alver

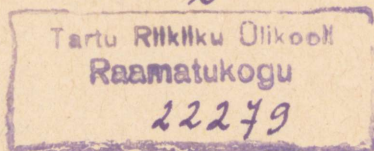
Autori nõusolekul on tõlkes tehtud
venekeelse teise trüki järgi mõningaid
muudatusi.

LUGEJALE

Populaarteadusliku kirjanduse toimetus
palub hinnangud ja arvamused teose
kohta, samuti teoses kasutatud termino-
loogia kohta saata aadressil:

Tallinn, Pärnu mnt. 10,
Eesti Riikliku Kirjastuse
populaarteadusliku kirjanduse toimetus.

2



EESSONA

Graafiliste kujutistega tuleb tegemist teha igal sammul. Esmakordselt kohtub inimene nendega juba lapsepõlves, kui teda hakkavad huvitama piltidega lasteraamatud. Koolis tutvub ta geograafilise kaardiga. Joonistustundides ta joonistab ning geomeetriatundides joonestab ta geomeetrisi kujundeid. Pilt, kaart, joonistus, geomeetrisi kujundi joonis — need kõik on graafiliste kujundite mitmesugused liigid.

Graafilisi kujutisi kasutatakse nii õpikuis kui ka teaduslikes artiklis. Peaaegu ükski populaarteaduslik raamat ei saa nendeta läbi. Neid leidub meie ajalehtede ja ajakirjade tekstis ja nad aitavad lektoril selgitada ettekande sisu.

Suur tähtsus on neil maalikunstis ja arhitektuuris. Kuid samuti nagu maalikunstnik ja arhitekt, kasutab neid laialt ka lendur ja meresõitja, luuregeoloog ja suurtükiväelane.

Mitte väiksem tähtsus ei ole graafilistel kujutistel tööstustehnikas, kus neid nimetatakse joonisteks. Tänapäeva kvalifitseeritud tööline, tehnik, insener — kõik nad peavad põhjalikult tundma joonist. See on nende jaoks samasuguse tähtsusega kui näiteks laevajuhile kompass ja merekaart.

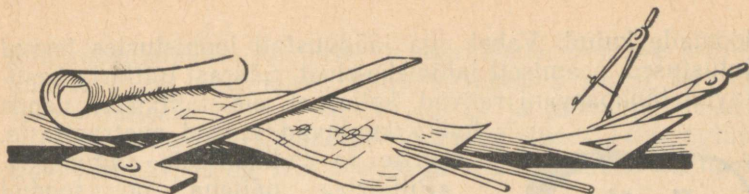
Lühidalt: meie päevil pole enam kerge nimetada inimese sellist tegevusharu, kus ei tuleks suuremal või vähemal määral tarvitada graafiliste kujutiste abi. Maismaal ja merel, õhus ja maapõue sügavustes, loova töö tingimustes ja lahinguväljadel — kõikjal saadavad nad inimest.

Mis on siis õieti graafilised kujutised?

Vaatamata suurtele erinevustele nende juures, on neil ka palju ühist. Nende konstrueerimise kõik enamlevinud viisid rajanevad sisuliselt üsna vähestele teoreetilistele alustele. Vastuse andmiseks küsimusele «mis on graafiline kujutis», piisab seepärast mistahes üksiku liigi vaatlemisest nende hulgast.

Peatugem tänapäeva tootmisjoonisel. See kujutiste liik omandab eriti suure tähtsuse seoses maailmas seninägematu tehnilise õitsenguga meie maal. Peale selle on joonis huvipakkuv ka oma ajaloolise arenemise seisukohalt. Tõepoolest, need kujutamisevõtted, mis kaasnevad joonise valmistamisega, olid omal ajal aluseks, millele ehitati terve teadusala — teadus graafilistest kujutistest.

Sellest, mis on «joonis», kuidas teda valmistatakse ja loetakse, jutustabki meie raamatuke.



I. SISSEJUHATUS

Oskus mõista joonistust ja joonist kergendab määratult tööriista, tööpingi, masina ja igasuguste keeruliste agregaatide tundmaõppimist.

M. I. Kalinin.

1. TÄNAPÄEVA KIRJAKUNST JA ÜRGAEGNE KIRI

Kui me räägime, loeme või kirjutame, siis vaevalt tavatseme järele mõelda selle üle, kuidas kõne ja kirjakunst omandasid praeguse kuju. Ometi on kõne ja kirjakunst läbinud pika arenemistee, ja selle arenemise ajalugu pakub mõndagi huvitavat.

Mõtete edasiandmiseks tarvitatakse tähtkirja. Tähtkirjas vastavad meie kõne häälikutele teatud märgid — tähed. Märkides tähtedega üksikud häälikud, millest koosnevad sõnad, saame võimaluse üles kirjutada oma mõtteid, muuhulgas ka ühe või teise eseme nimetusi.

Kuid oma mõtete kirjalikuks edasiandmiseks on võimalik kasutada ka teist, nii-öelda otsest teed. On kerge endale ette kujutada säärast kirja kuju, kus mõtted esemete kohta avaldatakse esemete kujutiste abil. Just seda teed on käinud kirjakunsti areng.

Raske on öelda, millal tekkisid üksikud kujutiste liigid. Igal juhul on nad tähtkirjast tunduvalt vanemad. Esialgu inimene joonistas esemeid ja õppis neid alles hiljem sõnadega kirjeldama. Niisiis oli ürgaegne kiri tegelikult piltkiri.

Eelajaloolise inimese asulates läbiviidud kaevamised on võimaldanud uurida seda kirjakunsti varajasemat ajajärku. Sageli väga oskuslikult tehtud joonistuste abil anti edasi nii igapäevaste tarbeesemete kujutised kui ka inimeste ja

loomade kujud. Vahel aga jäädvustati joonistustes terved jutustused, peamiselt jahimehe-elust. Säärast piltkirja kasutavad tänapäevani rahvad, kellel ei ole tähtkirja: nende hulka kuuluvad mõned austraallaste, neegrite ja indiaanlaste suguharud.

«Piltkirja» näitena on toodud joon. 1. See kujutab hauaplaati ühe indiaanipealiku eluloo kirjeldusega.

Vaevarikaste uurimuste ja võrdluste kaudu õnnestus teadlastel hauakivile raiutud «kirja» lugeda.

Ümberpööratud põdra kujutis ülal on surnu esivanemate austamise tähiseks ja tähendab ühtlasi ka hukkunu nime. Võib oletada, et ta nimeks oli «välejalgne põder». Rõhtkriipsud mõlemal pool plaati tähendavad lahinguid, millistest kadunu osa võttis, ja kolm vertikaalkriipsu ümberpööratud põdra kujutise all märgivad pealiku haavatasaamise kordi. Põdra pea ja päikese kujutised annavad tunnistust hukkunud pealiku kuulsusest ja kütiaust. Allpool paikneva tomahooki ehk sõjakirve ja kahe kuu-



Joon. 1. Piltkiri.

sirbi kujutised räägivad viimasest lahingust ja selle kestusest. Lõpuks ümberpööratud põdra kaju plaadi vasakpoolses nurgas jutustab pealiku surmast viimases lahingus.

Piltkirja jäljed on säilinud nüüdisajani. Nende hulka kuuluvad näiteks hoiatavad pealkirjad — kujutised trafohoonetel ja elektri kõrgepingeliinide postidel. Siia kuuluvad ka mõned liiklusemärgid, mis aitavad suurlinnas tänavaliiklust reguleerida. Samuti leiame tihti suunanäitajaid, millel on inimese kätt kujutav joonistus. Sedaliiki kirja hulka tuleb arvata ka meile koolist tuntud geomeetriliste mõistete märgid: \sphericalangle — nurk, \triangle — kolmnurk, \square — ruut, \circ — ring jne.

Koos inimeste ühiskondlik-majandusliku elu arenemisega süvenesid ja avardusid ka nendevahelised suhted, ja koos sellega arenes ja täienes ka keel, kiirenes ja lihtsustus kiri. Esemete kujutamiseks hakati piltkujutiste asemel tarvitama tingmärke. Seda piltkirja eriliiki nimetatakse i d e o g r a a f i a k s. Meil on ta tuntud matemaatikas, füüsikas ja kee-

mias kasutatavate numbrite ja märkidena. Sellesse eriliiki kuuluvad ka lühendused, mida kirjakeeles sageli tarvita- takse, näiteks: «s. o.», «jne.», «s. t.» ja mõningad teised.

Ideograafia oli rakendatud Vana-Egiptuses («hieroglüü- fid», joon. 2), ja on veel praegu tarvitusel Hiinas. On huvi-



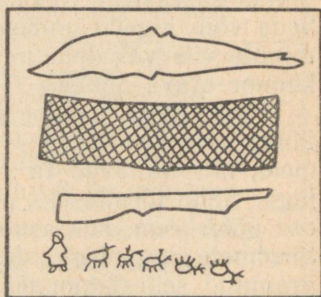
Joon. 2. Hieroglüüfidega kirjutatud nimi „Kleopatra“.

tav märkida, et hiina kirja loevad ka jaapanlased ja korea- lased, kumbki muidugi oma keeles. Niisiis tähistavad selle kirja tingmärgid ehk ideogrammid erinevates keeltes iga- suguseid mõisteid. Samad eelised on ka joonisel, nagu edaspidi näeme.

Enne Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni olid mitmed rahvad meie Põhjas ja Siberis peaaegu viimseni kirjaoskamatud. Alles nõukogude võimu tulekul said need rahvad oma tähtkirja ja ühes sellega võimaluse kasutada suure vene rahva kultuuririkkusi. Pika aja vältel tuli neil aga kasutada ürgaegset piltkirja.

Toome kaks näidet sellisest kirjast.

Joonisel 3 on toodud midagi «meelespea taolist», millega üks neenets ligi veerand sajandit tagasi sõitis Jamala poolsaarelt oblastilinna. Kuidas «lugeda» sellel meelespeal esitatud graafi- lisi kujutisi?

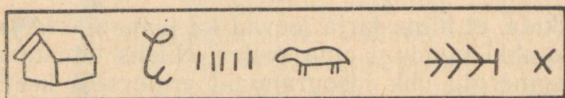


Joon. 3. Jamala poolsaare elaniku meelespea.

Kala kujutis räägib selle küllusest Jamala poolsaart pii- ravais vetes. Allpool joonistatud võrk ja püss tuletavad meelde vajadust muretseda kalapüügiiristu ja laskemoona jahi jaoks. Viie põdra kujutised, millistest kolm seisavad, kaks aga lamavad, ja inimese kujutis nende kõrval, tähen- davad, et sõratõve tagajärjel hukub osa põdrakarjadest ja sellepärast on loomaarst vajalik.

Teine näide on toodud äärmiselt huvitavaist korjakkide märkmikest. Korjakid elavad Habarovski krai Korjaki rahvusringkonnas Kamenski külas.

Korjakid kirjutasid nendesse märkmikesse, kellele ja mida nad võlgnesid ja kes mida võlgnes neile enestele. Oma üleskirjutustes rakendasid nad üsna omapärase võtte, mis seisnes hieroglüüfide ja piltkirja märkide ühises tarvitamises. Näiteks, puumaja kujutis tähendas korjakkide juures Penžina jõe orus Korjaki rahvusringkonnas asuva Penžino küla elanikku, silmusekujuline kõverjoon tähendas lõpnud või tapetud emase karuslooma väljalahatud poja nahka, kuuse-sarnane kuju — oravat jne.



Joon. 4. Korjakkide võlakohustuse näidis.

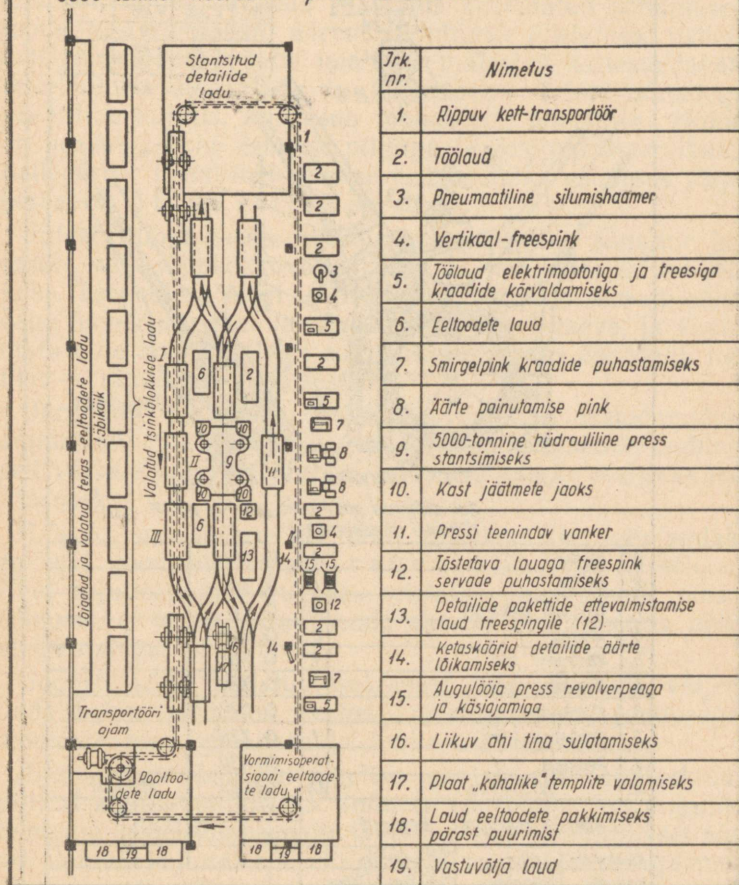
Üks säärastest võlakohustustest on toodud joonisel 4. Seda võib lugeda umbes järgmiselt: «penžinolane võlgneb minule viis väljalahatud poja nahka, ühe rebase naha ja kümme orava nahka.»

Tagasi tulles joonise juurde, märgime järgmist. Joonise kõige vanemas kujus — plaanis — pole raske leida sümptomeid, mis näitavad ta sugulust pilt- ja ideograafilise kirjaga. Selle tõenduseks on joonis 5. Seal on toodud tsehhi osa põhiskeem, kus asub 5000-tonnine hüdrauliline press. Seadmete tingmärgid skeemil ei ole midagi muud kui ideogrammid sellest omapärasest «kirjast», mida kujutab joonis. Et selles veenduda, on küllaldane, kui võrdleme joonist 5 varemtoodud joonistega, eriti joonisega 4.

2. JOONIS KUJUTAVA KIRJA ERILIIGINA

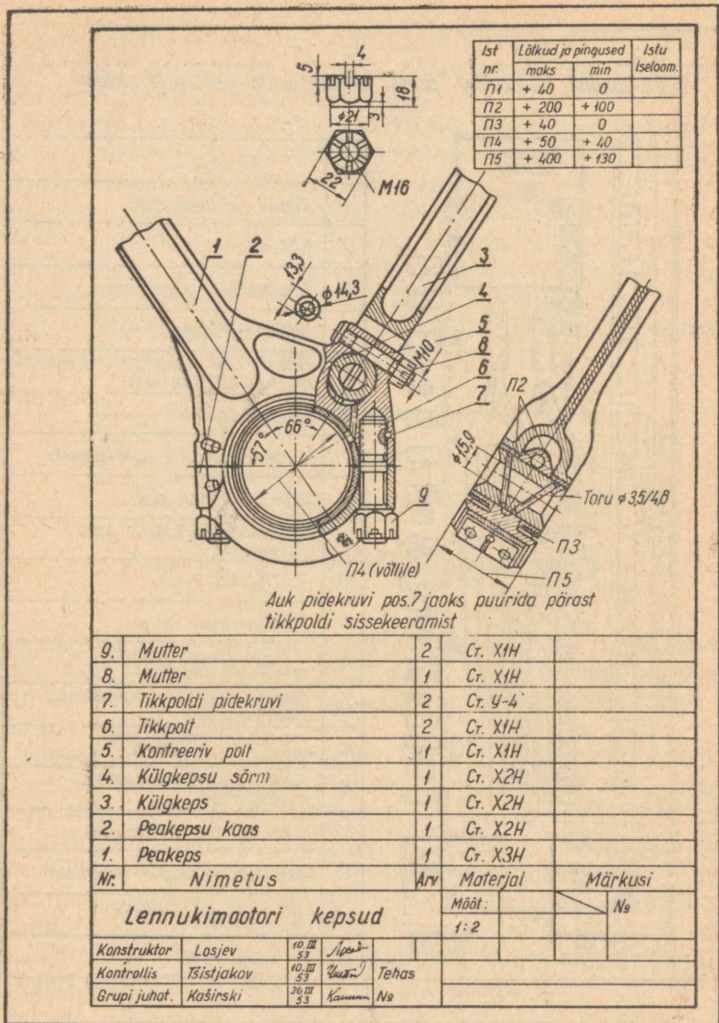
Kaasaegse tehnilise joonise näiteks võib olla joon. 6. See on lennukimootori sõlme kujutav joonis. Seda vaadates saame juba teatud esialgse kujutluse joonisest ja võib olla märkame ka vahet sellise graafilise kujutise liigi ja joonisel 5 toodud skeemi vahel.

5000-tonnist hüdraulilist pressi teenindavate seadmete skeem



Joon. 5. Tehase tsehhi seadmete paigutuse põhiskeem. Üksikud seadmed on märgitud skeemil ja selle kõrval on tabelis samade arvudega.

Joon. 6 on V-kujulise lennukimootori pea- ja külgepeesu alumise sõlme jooniseks. V-kujuliseks nimetatakse mootorit, mille silindrid asetsevad tähe V kujuliselt. Selles sõlmes on abikeps ühendatud peakepsuga.



Joon. 6. Lennukimootori pea- ja külgeksu alumise pea sõlm.

Igasuguste esemete ja nende vastastikuse asendi kirjeldamisel on joonisel vaieldamatud eelised võrreldes tähtkirjaga. Kõigepealt märgime, et see, mis tegelikkuses eksisteerib üheaegselt, tuuakse kirjas ette väga suure ajalise vahega, s. t. üksteise järel.

Tõepoolest, kui loeme raamatut, siis loome endale järkjärgult kujutluse ühe või teise tegelase välisilmest ja keskonnast, milles kulgesid raamatus kirjeldatud sündmused, joonis aga võimaldab äärmiselt lühidalt ühelainsal paberilehel kirjeldada ja teha laialdase materjali kättesaadavaks selle kiireks ülevaateks ja lugemiseks. Teiste sõnadega, graafiline kujutis, mis asub jooniselehe ühelainsal pinnal, on haaratav kohe esimese pilguga ja sealjuures tervikuna. Sellepärast loetaksegi joonise eeliste hulka esimeses järjekorras ta ülevaatlikkus.

Edasi, mingi eseme kuitahes üksikasjaline sõnaline kirjeldus võib lõppkokkuvõttes osutada kaugelgtki mittetäielikuks. Tõepoolest, isegi joonisel 5 antud lihtsa skeemi sõnadega ümberjutustamine nõuaks väga suurt vaeva, ja vaatamata oma kogukusele ei suudaks see ikkagi asendada joonist — rääkimata joonisest 6.

Järelilikult on eseme tootmiseks vajaliku iseloomustuse ammendav täielikkus — kujutamisinõude suhteliselt väikese kulutuse juures — joonise teiseks oluliseks iseärasuseks.

Lõpuks on vaatluse all oleva kujutiste liigi kolmandaks eeliseks joonisele omane rahvusvaheline iseloom. Neid kujutisi oskab «lugeda» mistahes maa tehnik ainsal eeldusel, et ta on tuttav nende aluseks oleva teooria põhi-elementidega.

Joonise kõiki loetletud iseärasusi võib lühidalt väljendada kolme järgmise kergelt meelespeetava tunnusega: momentaansus, detailsus ja internatsionaalsus.

Inimkultuuri koidikul algelise joonistusena esilekerkinud piltkiri arenes tähtkirjaks. Inimese edaspidise loominguilise tegevuse kestel toimus selle taassünd uuel kvalitatiivsel alusel. Võtnud kujundkirja eriliigi kuju, teenib see praegu meid tänapäeva tehniliste jooniste näol.

3. JOONISE ARENEMISE AJALOOST

Kümnete sajandite vältel piirdus joonise sisu ainuüksi plaaniga, s. o. kujutisega, milles ese antakse edasi sellisena, nagu me näeme teda ülalt vaadates. Kodumaise tehnika arenemise ajalugu, alates Kiievi-Venest, annab küllalt näiteid sedaliiki kujutistest. See joonise eriliik võlg-

neb oma täiustamise eest palju vene «juurdlejate»¹, nagu vanasti nimetati insenere, geeniusele. On huvitav märkida, et juba «Puškari-prikaasis»², mis Ivan IV poolt asutati suurtüki- ja inseneriväeasjanduse valitsemiseks, olid olemas jooniseid valmistavad eri-isikud. Tol ajal nad kandsid «joonseppade»³ nimetust. Joonestamist ennast nimetati tol ajal «tähistamiseks»⁴.

Aja jooksul hakati plaanidel kujutama ehituste fassaade ehk eestvateid. Ühel kujutamispinnal kahe kujutiste liigi niisuguse ühendamise näiteks on bojaaride maakõlvikute joonised, mis leiduvad vanades vene maavalduse kinnituskirjades, samuti paleede kujutised mõnel Vana-Egiptuse papüürusel.

Vene graafilisest kultuurist annavad tunnistust mitmed säilinud vanaaja mälestusmärgid. On küllaldane, kui nimetada Pskovi linna plaani, Godunovi Moskva joonist 1619. aastast ja sellist silmapaistvat tööd, nagu «Jooniste raamat Siberi linnadest ja maadest» (1701. a.), mis valmistati Peeter I ukaasi põhjal Semjon Remezovi poolt.

Mõningaid andmeid tehnilise graafika olukorrast seitsmeteistkümnenda sajandi algul võib saada Onissim Mihhailovi poolt 1607. aastal koostatud «Sõjaväe-, suurtüki- ja muu asjanduse määrustikust». Selles «Määrustikus» on näiteks eri peatükk joonestusvahendeist: nagu sirklitest, nurgikutest ja mitmesugustest nurgamõõteriistadest.

1725. aastal ilmus raamat (tundmata autorilt) pealkirja all «Sirkli ja joonlaua võtted, ehk väljavalitud algteadus matemaatilistes kunstides, ehk kuidas võimalikult lihtsal ja uuel viisil mõista maamõõtmist ja teisi temast tuletatud kunste». Selles raamatus näidatakse mitte ainult, kuidas kasutada joonestusvahendeid ja -tarbeid, vaid esitatakse ka mõningate praktiliste ülesannete graafilised lahendused.

Kaheksateistkümnenda sajandi keskpaiku erinesid graafilised kujutised tänapäevastest juba väga vähe.

Peale «masinaehituslike» jooniste (joon.6) kohtame tihti «arhitektuur-ehitusjooniseid». Nii nimetatakse elu- ja tööstushoonete ehitamiseks vajalikke jooniseid. Üldkujutluse nendest joonistest võib anda projekt aastast 1748, mis on

¹ vene keeles «размысел» — arhailine väljendus. Tõlkija.

² prikaasiks nimetati Venemaal XV sajandi lõpust kuni XVIII sajandini praegusele ministeeriumile vastavat valitsemisorganit. Tõlkija.

³ vene keeles «чертежник» — rahvalik-arhailine väljendus. Tõlkija.

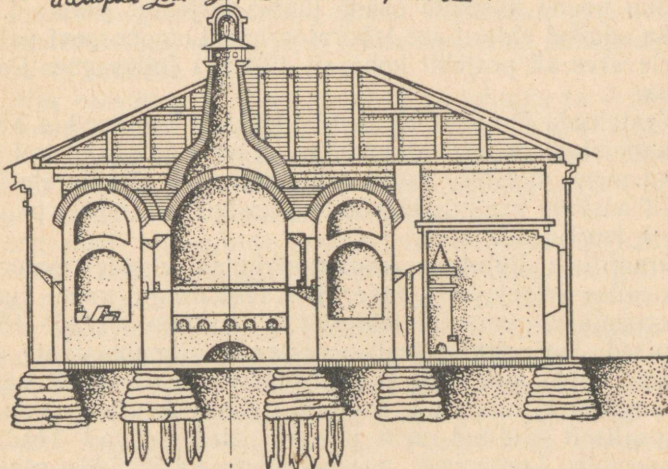
⁴ vene keeles «знаменование» — arhailine väljendus. Tõlkija.

A Кухня

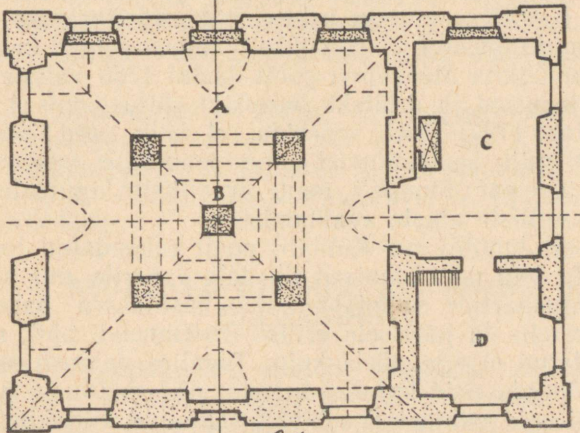
B ограда

C Камера для Спиритной лампы и для содейств. Метод. иль срод.
Методов и др. вещей и др. стених лануи.

D камера для хранения Материалов...



Профиль



Планъ



кошмада ка.б. РЖЕНЪ

Joon. 7. Lomonossovi laboratooriumi hoone põhiplaan ja vertikaallõige.

huvitav selle poolest, et selle järgi ehitati esimene keemia-laboratoorium Venemaal, kus pidas oma loenguid suur Lomonossov. Joonisel 7 on esitatud ainult osa projektist, nimelt laboratooriumi hoone profiil, ehk nagu me praegu ütleksime — vertikaal-lõige, ja plaan. Joonisest kõrgemal on toodud hoone üksikute osade lühike kirjeldus. Sama 1748. aasta sügisel ehitati see laboratoorium Lomonossovi vahetu järelevalve all projekti kohaselt (joon.7) tolleaegses Peterburis.

Vaatamata jooniste võrdlemisi kõrgele kvaliteedile XVIII sajandi algul ja eriti keskpaigas, ei ole nad siiski veel joonised meie mõistes, kuna nad osutuvad ainult üksikute eraldiseisvate praktiliste võtete kogumikuks, millel puudub ühine teoreetiline alus.

Graafiliste kujutiste konstrueerimise viiside ajaloolise arenemise seisukohast on erilise tähtsusega meie kuulska kaasmaalase, geniaalse leiduri I. P. Kulibini (1735—1818) joonised. Iseõppimise teel saavutas ta silmapaistvaid edusamme, mida aga tema eluajal tsaarivalitsuse poolt vajalikul määral ei hinnatud. Kulibini paljude leiutuste joonised on osaliselt säilinud meie päevini. Nad asuvad Teaduste Akadeemia Leningradi raamatukogu käsikirjade osakonnas ja raamatukogu teistes asutustes. Need joonised on silmapaistvad oma täiuslikkuse poolest ja nad on teostatud täielikus kooskõlas praegu kehtivate konstrueerimise reeglitega. Samasuguseid väärtuslikke omadusi evivad ka sõjaväeinsener Nikita Muravjovi poolt aastal 1750 valmistatud suurtüki-joonised ja arhitekt Jeropkini ehitusjoonised (trepid) aastast 1757. Tuleb märkida, et kõik need joonised valmistati mitu aastakümnet enne prantsuse inseneri ja teadlase Gaspar Monge'i poolt graafiliste kujutuste teaduse teoreetiliste aluste avaldamist.

Äärmiselt huvitav on Kulibini poolt rakendatud joonestusviis. Ta tegi oma joonised tihedale paberile, mis sarnanes mängukaartide valmistamiseks kasutatava paberiga. Jooned kandis ta joonisele erilise instrumendi abil, millel oli nüristatud otsaga nõela kuju. Tavalise valgustuse juures oli võimatu neid kujutisi lugeda; nad muutusid nähtavaiks, kui neid valgustati sobivalt suunatud kiirtekimbuga. Selleks otstarbeks Kulibin leiutas isegi erilambi, mis meenutab tänapäeva prožektorit. Mõnikord tõmbas ta nii valgustatud jooniste jooned hiljem tindiga üle.

Joonise geomeetriselised alused on küllalt lihtsad. Ese

projekteeritakse kõigepealt kahele vastastikku risti olevale tasapinnale; peale projekteerimist pööratakse need tasapinnad teineteise peale ümber nende lõikejoone. See võte avaldati esmakordselt 1799. aastal Monge'i poolt ja algul andis see kogu sisu uuele teadusharule, mida hakati nimetama «kujutavaks geomeetriaks», s. o. teaduseks graafilistest kujutistest. Alles hiljem võeti sinna sisse veel teisi praktilisi kujutiste saamise viise.

Välja kasvanud areneva tööstuse ja tehnika tarvidustest, omandas kujutav geomeetria erakordselt suure tähtsuse. Tänu selle teaduse tekkimisele leidsid graafilised kujutised nii laialdast ja mitmekülgset rakendamist, nagu see on omane tänapäeva tehnilisele joonisele.

Meie maal oli kujutav geomeetria oma arengu esimestel aastatel tihedalt seotud Teedeinseneride Korpuse Instituudiga, mis asutati 1809. aastal Peterburis, ja võlgnes oma leviku selle instituudi professorile — J. A. Sevastjanovile. Sevastjanovi töödest pakub meile erilist huvi tema sulest aastal 1821 ilmunud raamat «Kujutava geomeetria alused». See töö oli trükist ilmumise aja seisukohalt esimeseks venekeelseks raamatuks sellel erialal. Pärast seda ilmub terve rida kujutava geomeetria õpikuid, kursus muutub sunduslikuks kõikide kõrgemate tehniliste õppeasutuste üliõpilastele. Nende õpikute hulgast väärivad väljatõstmist prof. V. J. Kurdjumovi (1853—1904) tööd. Tema «Kujutava geomeetria kursus» on tänapäevani selle aine õpikute eeskujuks.

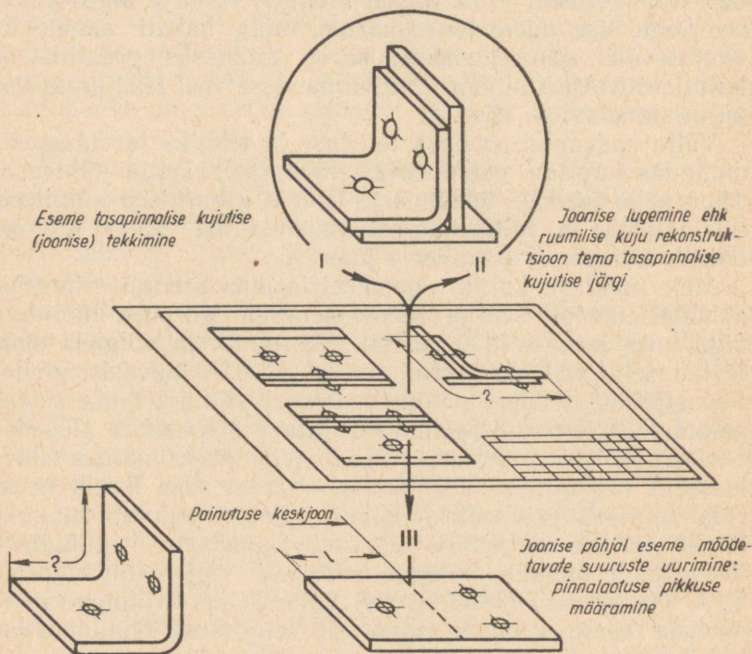
Eriti silmapaistev on olnud kujutava geomeetria aremine Nõukogude Liidus. Sel alal on tuntud A. K. Vlassovi, N. A. Glagolevi, M. A. Deševõi, A. I. Dobrjakovi, D. I. Kargini, N. A. Rõnini, E. S. Fjodorovi, N. F. Tšetveruhhini ja teiste tööd.

4. KUJUTAVA GEOMEETRIA AINEST JA ÜLESANDEIST

Kujutav geomeetria õpetab kujutama ruumkujundeid tasapinnal, kasutades projekteerimise meetodit. Erinevalt geomeetriast, mida õpitakse koolis, toimub siin ruumiliste kujundite tundmaõppimine graafiliselt — kujundite vastavate kujutiste abil. Selgitame kõigepealt, milles seisneb raskus sellise õppimise juures.

Nagu teada, on igal ruumilisel esemel kolm mõõdet —

pikkus, laius ja kõrgus; tasapind aga, millele kujutised joonestatakse, on kahemõõteline, s. t. temal on ainult pikkus ja laius. On loomulik, et nendes tingimustes ruumiliste ese-



Joon. 8. Kujutava geomeetria kolm põhiülesannet lennukiehituse praktika näite varal. Joonisel on need ülesanded tähistatud numbritega I, II ja III. Numbriga I märgitud nool joonisel tähendab, et lähtudes esemest me konstrueerime tema kujutise tasapinnal, s. o. lahendame esimese ülesande. Nool numbriga II näitab teise ülesande lahendamist: ruumilise eseme kuju rekonstrueerimist tema tasapinnalise kujutise põhjal. Numbriga III näidatud suund kuulub kolmandale mõõtmisülesandele, mis on seotud joonise põhjal mitmesuguste suuruste: pikkuste, nurkade ja pindade graafilise määramisega.

mete kujutise konstrueerimisele kaasneb alati nende kuju vältimatu m o o n u t u s: ühele kolmest mõõtest ei ole tasapinnal kohta. Märgive, et tarvitusel olevatest kujutamiskiividest ühed annavad suurema, teised väiksema moonutuse, aga moonutusest täiesti vabaneda pole võimalik.

Kõige lihtsam on konstrueerida tasapinnal kujundeid, nagu ring, ruut jne.

Tunduvalt raskem on tuletada mingi geomeetrilise keha tasapinnalist kujutist. Võtame näiteks kuubi, kõik tema tahud osutuvad võrdseteks ruutudeks. Ühe neist tahkudest võime kujutada tasapinnal ruuduna, selle tahuga kõrvuti olevad tahud aga tulevad joonisele moonutatult. Seda selgitab joon. 9 analoogilise tikutoosi näite varal.

Anda praktiliselt kasutamiskõlblikke konstrueerimise võtteid, mis lubaksid tuletada ruumiliste esemete tasapinnalisi kujutisi, ja ühtlasi õpetada neid võtteid kasutama — see on kujutava geomeetria esimene põhiülesanne.

Teine ülesanne on esimesele vastupidine. Kujutav geomeetria peab meid õpetama eseme kujutise järgi kujutlema eset ennast ja tema üksikute osade vastastikust asetust.

Lõpuks, kolmas — mõõtmisülesanne, mis on seotud mitmesuguste mõõtmistega, seisab esiteks selliste suuruste leidmises nagu nurgad, pikkused ja pindalad; need suurused leitakse kujutavas geomeetrias mitte arvutuste teel, vaid graafiliselt, eseme kujutisel teostatavate sellekohaste konstruktsioonide abil. Teiseks sisaldab mõõtmisülesanne eseme mõõtmete kindlakstegemist joonisel.

Kõik nimetatud ülesanded on praktilises joonestamises suure tähtsusega. Nende valdamise astmest sõltubki töö edu. Tõepoolest, esimese ülesandega kohtume kujutiste valmistamisel (projekteerimisülesanne), teisega — valmis joonise lugemisel (tootmisülesanne), kolmandaga aga — mõõtmisülesandega — tuleb tegemist teha nii ühel kui teisel juhul.

Selgitame neid ülesandeid näitega. Vaatleme lennuki kere kinnitamise detaili. Joonisel 8 on tema näitlik kujutis piiratud ringjoonega. Kui on olemas detail, peame oskama valmistada tema joonist, s. o. peame lahendama kujutava geomeetria esimese ülesande. Detaili joonis on joonisel 8 asetatud näitliku kujutise alla. Seda ülesannet märgime numbriga *I*. Ümberpöörduvalt, kui on antud detaili joonis, siis on vaja selle põhjal taastada eseme ruumiline kuju ja sellega lahendada teise ülesande (märgitud numbriga *II*). Kolmanda — mõõtmisülesande juurde, mis joonisel 8 on märgitud numbriga *III*, kuulub käesolevas näites kahe suuruse näitamine joonise põhjal. Need suurused on — joonisel 8 vasakus alumises nurgas eraldi näidatud painutatud osa pikkus (tähistatud küsimusmärgiga), mille pinnalao-

tus on toodud detaili joonise all, — ning paindejoone kaugus *l* pinnalaotuse vasakust äärest.

Kuna kujutav geomeetria annab teadmisi, mis on vajalikud peaaegu iga eriala edukaks omandamiseks, siis on tal peale selle veel üldhariduslik tähtsus. Kujutav geomeetria arendab ja rikastab meie ruumikujutlemise võimet.

«On vajalik arendada piltlikku mõtlemist,» ütleb N. K. Krupskaja, «see on seotud nägemistaju jõulisusega, oskusega vaadelda, nägemismälu ja piltliku ettekujutuse arenemisega. On äärmiselt tähtis, et kvalifitseeritud töölisel, tehnikul ja inseneril oleksid kõik need omadused. See mõjutab töö täpsust ja korralikkust, leiutamise arenemist ja selle kvaliteeti.»

Suundume nüüd jooniste valmistamise teooria vaatlemisele.

II. MIS ON „JONIS“?

„Kui joonis on tehnika keeleks, siis kujutav geomeetria on selle keele grammatikaks, kuna ta õpetab meid õigesti lugema võõraid mõtteid ja väljendama omi, kasutades sõnade asemel ainuüksi jooni ja punkte kui igasuguse kujutamise algelemente.“

Prof. V. I. Kurdjumov.

1. SÖNALINE «PORTREE» JA GRAAFILISED KIJUTISED

Oletame, et meilt nõutakse mingi hästituntud eseme kirjeldust. Seoses sellega tuleb meil ilmselt vastata tervele reale küsimustele, ja nimelt: mida kujutab endast see ese? Millised on tema kuju, mõõted, materjal jne.? Kõik need andmed teatavaks teha sõnadega, s. t. anda eseme sõnaline «portree», ei ole kerge, nagu me seda juba teame.

Võiks tarvitada fotoaparaadi abi ja eset lihtsalt pildistada. Foto oma ilmekusega kindlustab meile loomuliku kujutluse esemest. Sama ilmekas võib olla asjatundlikult valmistatud joonistus. Kuid sellejuures jäävad selgitamatuks eseme tõeline kuju ja tegelikud mõõted, täpsemalt rääkides, me võime need teada saada alles siis, kui on teostatud täiendavad konstruktsioonid joonisel endal. Selles seisneb niihästi foto kui ka joonistuse oluline puudus.

Selgitame öeldu eseme varal, mis on alati käepärast, näiteks tikutoos.

Joonisel 9 on antud tikutoosi nn. «tehniline joonistus» ja joonisel 10 tema tehniline joonis. Püüdke tähelepanelikult neid õigesti mõista ja kõrvutage esimene kujutis tei-



Joon. 9. Tehniline joonistus. Erinevalt kunstilisest joonistusest annab see lihtsustatud kujutise. Tikutoosi lühemad servad on siin kujutatud omavahel paralleelsete sirgetena.

sega. Nende võrdlusest võime teha niisuguse järelduse: sellal kui tehniline joonistus reprodutseerib meile tikutoosist üldpildi, annab joonis temast kolm eraldiseisvat kujutist, mis üksikult vaadatuna ei selgita tikutoosi tõelist kuju.



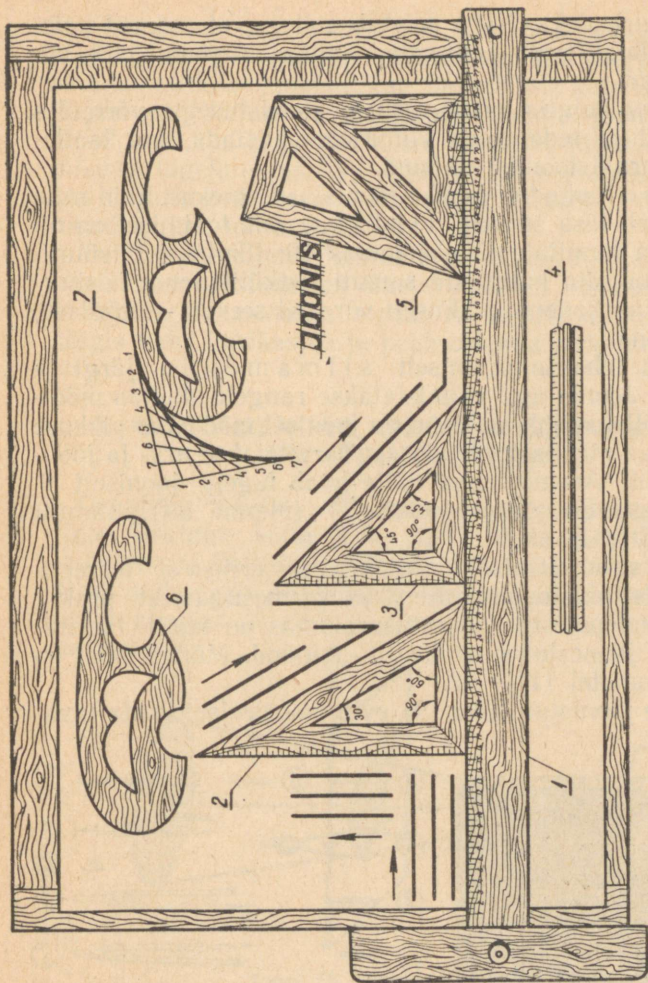
Joon. 10. Joonisel antakse tikutoosi üksikud vaated. Vaadete järgi tuleb luua endale kujutus esemest kui tervikust.

Nii näidatakse tikutoosi joonisel (joon. 10) tema vaateid: eest, ülalt ja vasakult.

Millest on tingitud see jooniste omapärasus? Milles on joonise ja joonistuse sarnasus ja milles nende erinevus?

2. TAVALINE JOONISTUS (FOTO), TEHNILINE JOONISTUS JA JOONIS

Kunstilises (mitte tehnilises) joonistuses antakse eseme kuju edasi maksimaalse lähenemisega originaalile — «portreelise» sarnasuse säilitamisega. Kuid kujutise hea ilmekusega kaasneb siin kas konstruktsioonide eneste keerulisus või, kui konstruktsioonid teostatakse käsitsi, nende äärmiselt väike täpsus.



Joon. 11. Osa joonestusvahenditest ja mõningaid näiteid nende kasutamisest. 1 — rööp-
 joonlaud ehk reissin; 2 ja 3 — joonestuskõlmnurgad sirgjoonte tõmbamiseks mitme-
 suguste nurkade all; 4 — mõõtjoonlaud; 5 — kolmnurkade asend kirjade õige kalde
 saamiseks joonisel; 6 — lekaal ehk kujujoonlaud; 7 — näide kõverjoonte joonestamisest
 lekaali abil.

Tikutoosi tehniline joonistus (joon. 9) erineb tavalisest joonistusest sellega, et ta ülemine ja külgmine tahk on kujutatud rööpkülikutena. See kujutis on samuti ilmekas, kuigi, täpsemalt võttes, silmas nii-sugust kujutist ei teki. Tegelikult muunduvad joonisel 9 näidatud asetuse juures tikutoosi ülemine ja vasakpoolne tahk tavalisel joonistusel ristkülikuist ebavõrdsete vastaskülge-

dega nelinurkadeks. Nähe seletub sellega, et esemed pais-tavad vaatlejale seda väiksemad, mida kaugemal nad sil-mast asuvad.

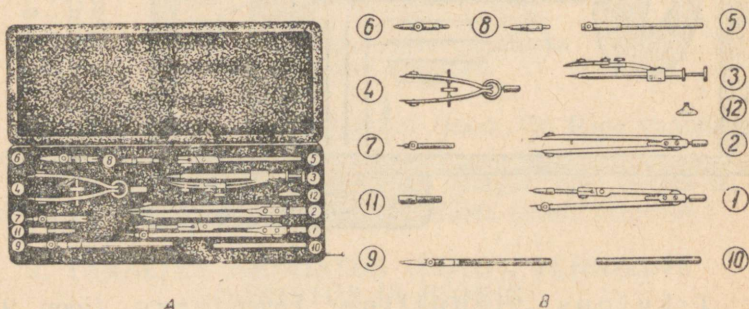
Vaadeldav kujutis on kunstilise joonistusega võrreldes lihtsustatud ja teda tuleb viimasele eelistada, kui taotle-takse konstruktsioonide lihtsust.

Joonisel puudub foto ja joonistuse ilmekus, kuid selle puuduse teeb tasa suurem lihtsus, mis tootmisel on nii tähtis. Seda kinnitab näiteks joonis 10: tikutoosi täisnurk-sed tahud on siin kujutatud samuti ristkülikutena, täisnur-gad — täisnurkadena, pikkuselt võrdsed servad — võrdsete sirglõikudena.

Joonistus tehakse peamiselt silmamõõdu järgi ja käsi. Joonis aga valmistatakse rangelt kindlas mõõt-kavas. Mõõtkava ehk mastaap on joonisel mõõdetud pikkuse suhe vastava pikkusega looduses. Tarvitatakse arv- ja joon-mõõtkavasid. Arvmõõtkava näite leiab lugeja jooniselt 6. Joonmõõtkava on toodud joonisel 7 (plaani all), samuti joonistel 16 ja 17.

Jooniste valmistamisel juhindutakse erilistest teoreetilistest konstruktsioonireeglitest ja mitmesugustest prakti-listest kokkulepetest. Joonestuspraktikas on laialt tarvitu-sel erilised joonestusvahendid ja -abinõud. Mõned neist on esitatud joonistel 11 ja 12.

Tehniline joonistus (joon. 9) evib vahepealset kohta tava-



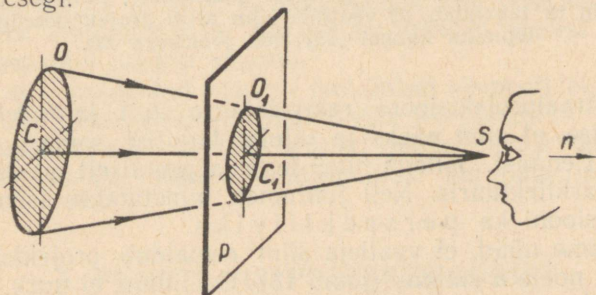
Joon. 12. Joonestusvahendite komplekt: A — sirklikarbis ja B — eraldi näidatuna. 1 — joonsirkel, 2 — mõõtsirkel, 3 — nullsirkel, 4 — mõõtsirkel mikromeeter-kruviga, 5 — sirkliharu pikendaja, 6 ja 7 — joonsirkli vahetatavad otsad, 8 — pliiatsiga vahetusots nullsirkli-le, 9 — joonsulg, 10 — pikendaja-sulepea joonsulele (6) ja pliiatsiga vahetusotsale (8) nullsirkli juurest, 11 — miinitoos, 12 — kruvikeeraja.

lise joonistuse ja joonise vahel. Ületades joonist näitlikkuse poolest, on tehniline joonistus samal ajal märgatavalt lihtsam kunstilisest joonistusest. Sellepärast kasutataksegi teda järjest sagedamini ja meelsamini nende jooniste selgitamisel, mis muidu põhjustaksid esialgsel tutvumisel eelteadmisteta lugejale raskusi. Aga tehniline joonistus kui ilme- kas kujutis evib ka omaette suurt tähtsust, eriti inseneri loomingulise töö seisukohalt.

Tuntud nõukogude lennukikonstruktor A. S. Jakovlev kirjutab oma «Jutustustes elust»: «... kui insener-konstruktor loob mingit masinat, siis peab ta kujutlema oma loomingut kõigis tema üksikasjus ja peab oskama seda kujutada paberil.»

3. MIS TÄHENDAB «PROJEKTEERIMA» JA MIS ON «PROJEKTSIOON»?

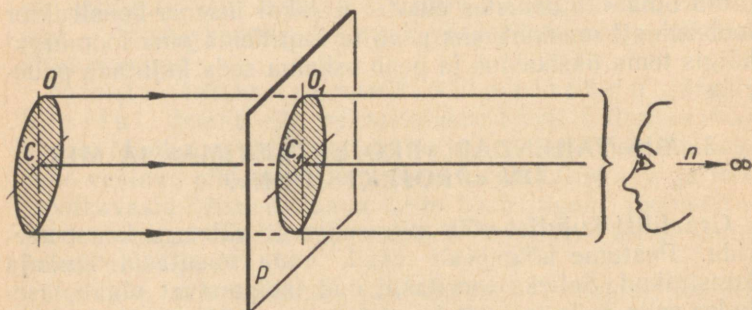
Graafilist kujutist võib mitmesuguste võtetega konstrueerida. Peatume kõigepealt viisil, mida kasutasid keskaja kunstnikud. Selleks tarvitasid nad läbipaistvat plaati, asetades selle enda ja mahajoonistatava eseme vahele. Loomulikult avaldas plaadil saadav kujutis samasuguse mulje nagu esegi.



Joon. 13. Tsentraalprojektsioon.

Selle võtte olemus selgub jooniselt 13. Kuidas me tajume valgustatud eset? Lihtsuse mõttes oletame, et selleks esemeks on papist või vineerist ketas. Valguskiired, mida peegeldavad üksikud eseme OC punktid, kogunevad silmaläätse S . Sealjuures lõikavad kiired nende teel asetsevat pinda P , kusjuures igale eseme punktile, näiteks punktile O vastab pinnal P teatud kindel punkt O_1 . Sellist kuju-

tise tuletamist tasapinnal nimetatakse projekteerimiseks. Silm S on sel juhul projekteerimiskeskpunktiks ehk -tsentriks, kujutis O_1C_1 on projektsioon ja pind P , mille peale kujutis konstrueeritakse, on projektsioonipind ehk pildipind. Sirgeid OS ja CS , mis ühendavad eseme punkte projekteerimistsentriga (silmaläätse keskpunktiga), nimetatakse projekteerivaiks kiirteks ehk kujutamiskiirteks.



Joon. 14. Paralleelprojektsiooni tuletamine. Noole n juures olev märk, mis kujult meenutab lamavat „kaheksat“, tähistab lõpmatust. Siin ta tähendab, et vaatleja silm asub projektsioonipinnast lõpmata kaugel (võrrelda joonisega 13).

Tsentraalprojektsiooni rakendatakse neil juhtudel, kui tahetakse, et silm näeks ja tajuks kujutist samasuguselt, kui eset ennast. Sellega tuleb tegelda peamiselt maalikunstis ja arhitektuuris. Neil juhtumel nimetatakse tsentraalprojektsiooni ka perspektiiviks.

Oletame nüüd, et vaatleja silm eemaldub projektsioonipinnast noole n suunas (joon. 13). On ilmne, et nurk, mille moodustavad mingisugused kaks kiirt, näiteks OS ja CS (s. o. nurk OSC), hakkab seejuures vähenema. Nurk väheneb nulliks, kui punkt S läheb pildipinnast lõpmata kaugemale. Projekteerivad kiired on siis muutunud paralleelseiks, s. t. tsentraalprojektsiooni asemele on tekkinud paralleelprojektsioon (joon. 14).

Peab märkima, et paralleelsed kujutamiskiired võivad projektsioonipinda lõigata mistahes teravnurga all, samuti ka täisnurga all, sõltuvalt pinna ja kiirte vastastikusest asendist; seoses sellega jaotatakse paralleelprojektsioon

veel vastavalt kaldprojektsiooniks ja ristprojektsiooniks.

Paralleelprojektsiooni rakendatakse nii tehniliste joonistuste (aksonomeetria), kui ka tehniliste jooniste puhul, kusjuures ta esimesel juhul võib olla kas kald- või ristprojektsioon, teisel juhul aga kasutatakse ainult rist- ehk nn. ortogonaalprojektsiooni. Milles seisab ortogonaalprojektsiooni olemus? Püüame seda selgitada kõige lihtsama geomeetrilise elemendi, punkti varal.

4. PUNKT EHK KUJUTELDAV EIMISKI

Olgu ese kuitahes keeruline, ikka on teda võimalik jaotada lihtsateks geomeetrilisteks elementideks. Selgitame sedagi väidet tikutoosi näite abil. Kujult on tikutoos risttahukas. Risttahukaks nimetatakse geomeetrilist keha, mis on kõigist kuuest küljest piiratud ristkülikutega; tahud lõikuvad paarikaupa mööda sirgeid servi, servad aga kolme-kaupa kohtuvad tippudes ehk lihtsalt punktides. Mida siis kujutab endast punkt?

Esitame siin punkti piltliku määratluse, mis leidub vanades geomeetria õpikuis: «Punkt on see, mille osa on mitte-midagi». Järelikult võib üks punkt erineda teisest ainult oma asukoha poolest ruumis.

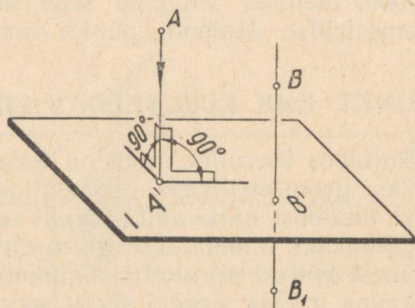
Nii siis, vaadeldud kujundi jaotamisel elementideks jõudime abstraktse geomeetrilise mõiste — punkti — juurde. Kui oskame aga tuletada punkti projektsiooni, suudame jagu saada ka raskemast ülesandest, kujutada mistahes eset.

5. PUNKTI RISTPROJEKTSIOONIST

Põhiliseks suunaks maakeral loetakse tavaliselt raskustungi suunda. Selles suunas kukuvad esemed, millel puudub tugi. Ettekujutuse sellest suunast annab nõörloe nõõri suund. Nõõrlood kujutab endast nõõri otsa riputatud raskust. Selle lihtsa vahendiga kontrollivad näiteks müürsepad nende poolt püstitatavate seinte vertikaalsust.

Mistahes tasapinda, mis läbib püstsirget või on sellega rööbiti, nimetatakse püstpinnaks ehk vertikaalseks pinnaks. Tasapind aga, mis on püstpinnaga risti, kannab

rõht- ehk horisontaalpinna nimetust. Märgime rõhtpinna numbriga I ja mingi punkti tema kohal tähega A (joon. 15). Siis nimetatakse punktist A sellele pinnale tõmmatud püstjoone AA' aluspunkti A' (loetakse A -prim) — antud punkti ristprojektsiooniks. Kuna pind I on horisontaalne, siis nimetatakse saadud ristprojektsiooni veel horisontaalprojektsiooniks.



Joon. 15. Punktide ristprojektsioonid. A' — punktist A horisontaalpinna I tõmmatud ristjoone aluspunkt. Sirge $B'B$ — ristjoon, mis püstitatud samale tasapinnale punktist B' .

Kui on aga antud mingisuguse punkti horisontaalprojektsioon B' (joon. 15), siis ainult selle projektsiooni järgi me ei saa leida ruumpunkti ennast. Miks? Sellepärast et punkti B' võime vaadelda mitte üksnes kui punktide B ja B_1 , vaid ka kui paljude teiste punktide ristprojektsiooni. Ei ole raske mõista, et need punktid asetsevad ühel ja samal ristjoonel, mis on tõmmatud läbi horisontaalsel projektsioonipinnal asuva punkti B' .

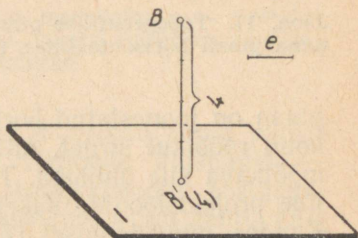
Niisiis, punkti üheainsa projektsiooni põhjal ei või veel otsustada selle üle, kus asetseb otsitav punkt: ülevalpool või allpool projektsioonipinda ja nimelt kui kaugel viimast? Selle määramatuse vältimiseks on tarvitusel kaks võtet, mõlemaid neid rakendatakse praktikas.

Esimene võtte on järgmine. Olgu B' endiselt ruumpunkti ristprojektsioon, ja näidaku ruumpunkti kaugust rõhtpinnast ülespoole mingisugune arv, ütleme 4, mis on asetatud punkti B' kõrvale (nn. «kvoot») (joon. 16). Sel juhul

leiame punkti B asukoha ruumis igasuguse raskuseta. Selleks kanname ristjoonele $B'B$ neli pikkuse mõõtühikut e (näiteks 4 cm). Neljanda märgitava mõõtühiku lõpp-punkt annab meile soovitud vastuse. Seda võtet kujutiste konstrueerimiseks nimetatakse «projektsiooniks märkarvudega» ehk «kvooditud projektsiooniks».¹

Kvooditud projektsiooni kasutatakse kujutiste erilise konstrueerimisviisi — horisontaalide meetodi — puhul. Selle viisi järgi teostatud kujutist nimetatakse plaaniks horisontaalides.

Eriti laialt levines horisontaalide meetod topograafias — teaduses, mis tegeleb maapinna reljeefi kujutamise-ga. Maapinna kuju on äärmiselt mitmekesine. Vaatleme näiteks süvendit, mis oma kujult tuletab meelde lehtrit. Maapinna reljeefina kannab ta nimetust — nõgu. Nõu skemaatiline kujutis on antud joonisel 17, *a*. Vaatleme, kuidas säärast süvendit kujutatakse plaanil horisontaalides. Selleks lõigatakse



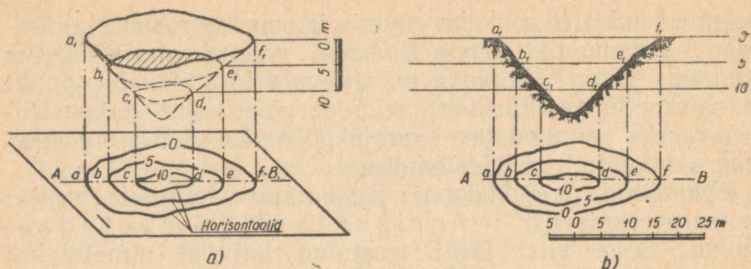
Joon. 16. Kvooditud projektsiooni meetodi olemus. Punkt B konstrueerimine antud märkarvu ehk kvoodi (4) ja projektsiooni B' järgi; e — mõõtühik.

nõgu mõne omavahel paralleelse rõhttasapinnaga. Oletame, et niisuguseid tasapindu on kolm. Olgu teine tasapind esimesest ja kolmas teisest võrdsel kaugusel, näiteks viis meetrit. Need tasapinnad lõikavad süvendi pinda mööda kõverjooni — nimelt mööda horisontaale.

Piltlikult võime kujutleda horisontaale kui vee piirjooni kaldal, mis tekivad nõu täitumisel veega ühe või teise tasemeni (märgini). Neid tasemeid on meie juhul kolm. Nad on joonisel 17, *a* märgitud arvudega 0, 5 ja 10. Kui projekteerida need kõverad (horisontaalid) numbriga 1 märgitud tasapinnale, siis saame neist projektsioonid, mis on ruumis olevate horisontaalidega ühekujulised. Nii tekib nõu kujutis kvooditud projektsioonina.

Joon. 17, *b* selgitab süvendi vertikaal-lõike ehk profiili konstrueerimist kohal AB . Arvestades mõõtkava, kus

¹ Ladinakeelsest sõnast: quot — kui palju? Tõlkija.



Joon. 17. Topograafilise pinna näide: a — nõ (lehtri) kujutis ja tema plaan horisontaalides, b — süvendi profiil antud kohalt AB.

plaan on joonestatud horisontaalides, tõmbame joonele AB kolm rööbikut sirget, millede omavaheline kaugus võrdub mõõtkava viie ühikuga. Tähistame sirge AB ja horisontaalide projektsioonide lõikepunktid tähtedega a, b, c, d, e, f. Kandes nüüd joonisel 17, b näidatud viisil need punktid arvudega 0, 5 ja 10 märgitud sirgetele, saame neil rea punkte, millised ühendame sujuva kõverjoonega. See kõverjoon kujutabki otsitavat profiili.

Masinaehitusealaseks joonestamiseks on plaan horisontaalides vähe sobiv. Tuleb võtta tarvitusele teine kujutamiseviis, millega hakkamegi kohe tegelema.

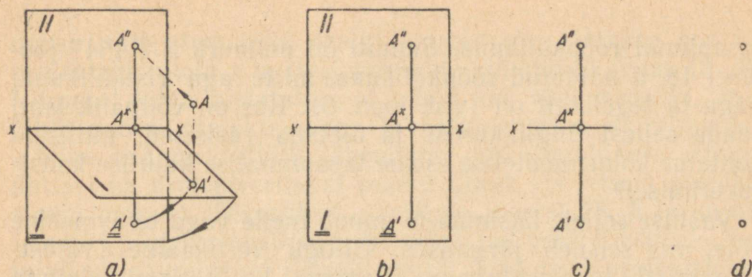
6. KAHE PROJEKTSIOONIPINNA SÜSTEEM

Kujutleme täisnurkset kahetahulist nurka. Olgu tema tahkudeks näiteks toa põrand ja üks sein. Kasulik oleks valmistada endale ise niisugune ristuvate pindade mudel vineerist, papist või paksust paberist.

Joonisel 18, a on numbriga I märgitud meile juba tuntud horisontaalpind. Nagu teame, nimetatakse mistahes tema suhtes risti olevat pinda vertikaalpinnaks. Joonisel on see pind märgitud numbriga II.

Mõlema pinna lõikejoont nimetatakse projektsiooniteljeks, ehk — lühemalt — x-teljeks (loe «iks-telg»).

Kujutleme, et horisontaal- ja vertikaalpinnast moodustatud täisnurga sees asub mingi punkt A. Konstrueerime tema ristprojektsioonid. Tõmbame läbi punkti A ühe kiire risti esimese ja teise kiire risti teise tasapinnaga (neid kiiri nimetatakse projekteerivaiks ehk kujutamiskiir-



Joon. 18. Kaks vastastikku risti olevat tasapinda: a — projektioonipindade piltlik kujutis, b, c ja d — punkti epüürjoonise järkjärguline lihtsustamine.

teks). Esimese ristjoone aluspunkt A' osutub antud punkti horisontaalprojektsiooniks, teise ristjoone aluspunkt — vertikaalprojektsiooniks. Vertikaalprojektsiooni eraldamiseks horisontaalprojektsioonist kasutame samu tähti, kuid nüüd juba kahe kriipsukesega: A'' (loetakse: «A sekund»).

Kasutades oma projektioonipindade mudelit, võime läbi viidud konstruktsioone muuta näitlikumaks. Kujutleme antud punkti A väikese puust kuulikese keskkohana; kuulikesse olgu raadiusi mööda puuritud kaks omavahel risti olevat auku. Asetame kuulikese kahe peenikese vardaga otsa ja paigutame nii, et vardad oleksid kujutamiskiirte kohal. Kui nüüd joonestame projektioonipindadele pliiatsiga või kriidiga varraste paralleelid, sirgjooned $A'A^x$ ja $A''A^x$, siis olemegi tegelikult saanud punkti A ristprojektsioonid esimesele ja teisele tasapinnale (punktid A' , A'') ja veel punkti A ristprojektsiooni x -teljele, s. o. punkt A^x (joon. 18, a). Ühe ja sama punkti A kahe antud ristprojektsiooni A' ja A'' põhjal saab juba leida punkti A ruumis. Punkt A peab ühtaegu asuma sirgetel $A'A$ ja $A''A$, seega ta on nende sirgete lõikepunkt.

7. EPÜÜR — JOONISE GEOMEETRILINE ALUS

Projektsioonipindade mudeli juures on meil tegemist kolme mõõtega: pikkus, kõrgus ja sügavus; ühelainsal tasapinnal (joonise pinnal) aga sügavus p u u d u b. Sellepärast pidime kasutama kahe lõikuva tasapinna poolt moodustatud kahetahulise nurga kujutise joonestamisel tingvõtet — nimelt kujutama mudeli horisontaalpinna servad joonise

tasapinnal rööpkülikuna. Samuti on nelinurk $AA'A^*A''$ joonisel 18, *a* näidatud rööpkülikuna, mitte aga ristkülikuna, nagu ta tegelikult on (vrd. joon. 9). Kas on võimalik lahti saada sellest tinglikkusest ja ületada raskused, milliseid kohtame kolmemõõtelise eseme tasapinnalise kujutise konstrueerimisel?

Vastuse sellele küsimusele annab meile väga teravmeelne võte, mis seisneb järgmises. Ühtigu vertikaalne projektsioonipind joonisepinnaga. Paneme ka horisontaalpinna ühtima joonisepinnaga. Selleks pöörame horisontaalpinda ümber oma ja vertikaalpinna löikejoone. Siis satuvad projektsioonipindadest moodustatud kahetahulise nurga mõlemad tahud ühele tasapinnale — joonisepinna le. Senise horisontaalse pinna ja punkti *A* horisontaalprojektsiooni asend, mis nüüd ühtib vertikaalpinna ga, on endiselt märgitud vastavalt numbriga *I* ja tähega *A'*, kuid kaks korda allakriipsutatult. Sellega meenutatakse, et tasapindade ühtimine on saavutatud just vertikaalsel projektsioonipinnal, mida me tähistasime numbriga *II*. Vastav konstruktsioon on näidatud joonisel 18, *b*. Ringnooled joonisel 18, *a* näitavad horisontaalpinna pööramise suunda. Väga kasulik on mudeli juurde kasutada tasapindu, kas või täisnurgi kokkuvolditud paksu paberi näol, ja teostada nende ühteviimine tegelikult. See hõlbustab tunduvalt järgnevast materjalist arusaamist.

Eseme epüüri moodustavad tema kaks kokkukuuluvat ristprojektsiooni, mis on tuletatud kahel ristuvale projektsioonipinnal, pärast nende pindade pöörämist teineteise peale. On tarvis hästi meeles pidada epüüri järgmist omadust. Epüüril kui tasapinnalisel kujundil on kaks mõõdet (ruumi kolmas mõõde on kõrvaldatud). Järelikult esitab epüür vaid seda, mis asub horisontaal- ja vertikaalpinnal. See võimaldab asendada mingi ruumilise kujundi uurimist tema projektsioonide uurimisega epüüril. Näiteks võime tikutoosi kuju ja mõõteid tundma õppida tema joonise kaudu (joon. 10).

Võrreldes joonisel 18 osa *b* osaga *a*, võime väita järgmist. Ühe ja sama punkti horisontaal- ja vertikaalprojektsioonid asetsevad epüüril ühisel *x*-telje ristjoonel.

Tavaliselt joonestatakse epüür nii, nagu on näidatud joon. 18, *c*, s. o. ilma projektsioonitasapindu piirava raamita ja tasapindu tähistamata. Joonestuslikus praktikas min-

nakse lihtsustamisega veelgi kaugemale: jäetakse ära ka projektsioonitelg x ja isegi punktide tähistused (joon. 18, d). Viimasel juhul oletatakse, et x -telg on risti sirgega, mis läbib punkti projektsioone. On kerge mõista, et nihutades x -telge endaga rööbiti, lähendame või eemaldame sellega ühtlasi ka projekteeritavat punkti ühest või teisest projektsiooni pinnast. Tõepoolest, vaatleme joonist 18, b ja kujutleme, et projektsioonitelg x on nihutatud veidi ülespoole. Sel juhul on suurenenud ilmselt punkti A esimese projektsiooni A' kaugus sellest teljest ning on vähenenud teise — A'' oma. Võrreldes joon. 18, b joonisega 18, a näeme, et punkt A ise läheneb seejuures horisontaalpinnale ja eemaldub vertikaalpinnast. Kuid eseme paigaltnihkumisel rööbiti endaga mingi tasapinna suhtes ei muutu tema ristprojektsiooni kuju ega suurus sellel pinnal. Sellepärast saadaksegi joonistel läbi ilma x -teljeta.

Epüür on vähem näitlik, kui joonisel 18, a toodud kujutis, kuna ta ei anna tasapindade ja punkti omavahelise asetuse ruumilist pilti. Selles veendumiseks on küllaldane, kui võrrelda joonisel 18 osa a osadega b , c ja eriti d . Kuid selle eest kergendab see jooniselt mitmesuguste kauguste mõõtmist. Punkti vaadeldud projekteerimisviisi nimetatakse tavaliselt ortogonaalsete projektsioonide meetodiks ehk epüürmeetodiks.

Töö ja aja kokkuhoid, järelikult ka tootmiskulude vähenemine, mida saavutati kujutiste konstrueerimisel selle meetodiga, on põhjustanud tema üldise leviku tööstuses. Nende eeliste juures tuleb aga leppida epüür-kujutiste vähese näitlikkusega.

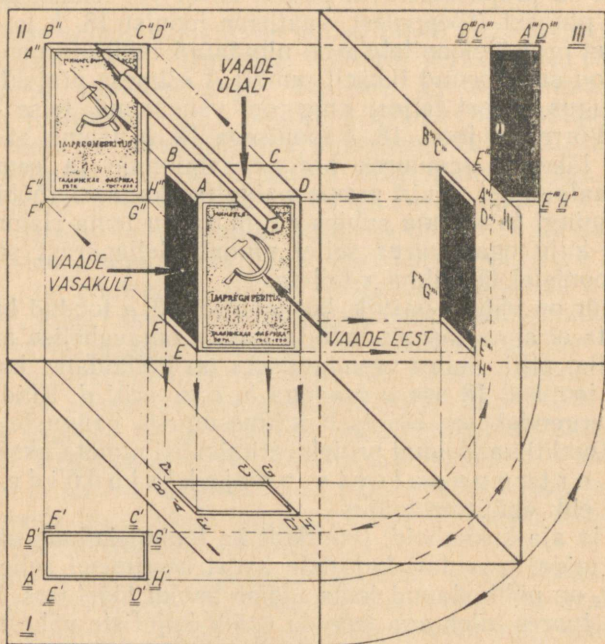
Vaadeldud võtet tuleb meil hiljem korduvalt kasutada.

8. KUIDAS KONSTRUEERITAKSE TIKUTOOSI JOONIS

Nagu juba kindlaks tegime, määravad horisontaalne ja vertikaalne projektsioon täielikult punkti asukoha ruumis. Praktikas kasutatakse ruumiliste esemete kujutamisel sageli veel kolmandat projektsioonipinda — külgpinda ehk profiilpinda. See valitakse risti mõlema eelmise pinnaga. Kõik seni kahepinna süsteemi kohta öeldu on õige ka kolmepinna süsteemi kohta.

Kuid enne tootmisjooniste konstrueerimisele ja lugemi-

sele asumist tuleme tagasi ülesande juurde, mille seadsime endale käesoleva peatüki alguses. Selgitame, kuidas saadi üksikud vaated, mis esinevad tikutoosi joonisel (vt. joon. 10). Nüüd teame juba, et need vaated on tikutoosi ristprojektsioonid kolmel omavahel risti oleval tasapinnal. Vahe-



Joon. 19. Esemee üksikute vaadete saamine tema projekteerimisel kolmele pinnale: I—II—III — projektsioonipindade märkimine näitlikul kujutamisel, I—II—III — samad pinnad, kuid pööratuina joonise-pinnale.

tegemiseks punkti külprojektsiooni ja tema rõht- ning püstprojektsioonide vahel tähistatakse näiteks punkti A projektsiooni külgpinnal A''' (hääldatakse « A terts»). Jääb üle vaadelda, kuidas toimub üleminek ruumilisest kolmepinnalisest süsteemist tasapinnalisele epüürile.

Lepime endiselt kokku, et vertikaalpind on ühtlasi joonise-pind. Paneme selle pinnaga ühtima ka ülejäänud

kaks: horisontaalpinna ja külpinna. Selleks pöörame kumbagi neist joonise pinna suunas kuni ühtimiseni, kasutades pöördeteljena ühe ja teise pinna löikejoont vertikaalpinnaga. Pindade pööramissuunad on joonisel 19 näidatud ringnooltega. Horisontaalse ja külpinna asendid peale pööramist on sellel joonisel märgitud kaks korda allakriipsutatud numbritega *I* ja *III*. Samuti on allakriipsutatud tikutoosi horisontaal- ja vertikaalprojektsioonide tähised seal, kuhu nad on sattunud peale pööramist.

Nii teostatud pindade ühtepööramise tulemuseks ongi epüür. Käesoleval juhul vastab ta mitte kahe- vaid kolmepinna süsteemile. Kuna epüüris meil on tegemist ühe ja sama eseme üksikute vaadete koguga, siis säärast kujutist on viimasel ajal hakatud nimetama kompleksseks jooniseks ristprojektsioonis.

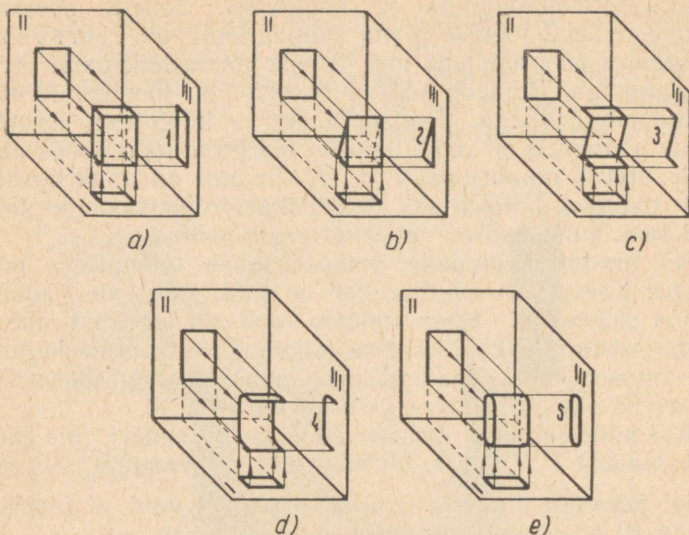
Kui nüüd näidata joonisel 19 esinevat epüüri, mis koosneb osadest *I*, *II* ja *III*, lihtsustatult, s. t. raamita, siis saamegi jooniselt 10 tuttava pildi. Märgime vaid, et joonised 19 ja 10 on joonestatud erinevas mõotkavas.

Nüüd tunneme juba teed, mille kaudu jõutakse eseme juurest tema joonise juurde. Aga kuidas on lugu pöördülesandega, nimelt valmis joonise lugemisega? On ilmne, et selleks on tarvis äsjakirjeldatud konstruktsioonid läbi teha ümberpööratud järjekorras. Muutes joonisel 19 noolte suunad vastupidisteks, saame eseme kompleksse joonise varal kujutleda ka eset ennast.

9. KAS ESEME KAHE ANTUD PROJEKTSIOONI PÕHJAL ON KERGE KONSTRUEERIDA TEMA KOLMAS VAADE ?

Ühe ja sama punkti kahe antud projektsiooni järgi leiame alati tema asukoha ruumis. Kuid võttes punkti asemel geomeetrilise keha, võivad kaks projektsiooni osutuda mitteküllaldasteks keha kaju täielikuks määramiseks.

Tõepoolest, joonisel 19 näidatud asendi puhul projekteerub tikutoos horisontaal- kui ka vertikaalpinnale risküliku näol. Esimene projektsioon osutub väiksemaks riskülikuks, teine aga suuremaks. Kuid need kaks nimetatud riskülikut, vaadelduna ühe ja sama ruumikujundi ortogonaalprojektsioonidena, võivad olla mitte ainult risttahuka-kujulise karbi projektsioonid, vaid ka paljude muude kujutiste omad.



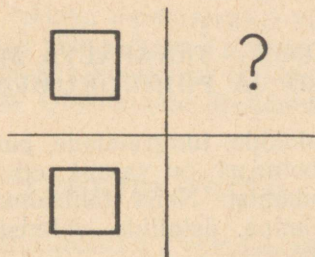
Joon. 20. Ruumilise kuju taastamine antud (*a*, *b*, *c*, *d* ja *e*) horisontaal- ja vertikaalprojektsiooni järgi. Numbritega 1, 2, 3, 4 ja 5 on näidatud vaid mõned võimalikest lahendustest. Tegelikult on neid palju rohkem.

Joonisel 20 on esitatud vaid mõned üksikud võimalikest variantidest. Neid on aga tegelikult lõpmata palju! Nende seas ei ole mitte üksnes hulktahukad (*a* ja *b*) ja mitmetahulised pindkujundid (*c*), vaid ka kõverpinnad (*d*), ja isegi ümarad kehad (*e*).

Pärast joonisel 20 toodud näidet on kasulik lahendada kas või niisugune ülesanne. Antud on kaks ruutu. Käsitades neid mingi geomeetrilise keha horisontaal- ja vertikaalprojektsioonidena, konstrueerida selle keha kolmas vaade (joon. 21).

Kohe tekib mõte, et kolmandaks projektsiooniks peaks olema ka ruut ja seega otsitav ese on kuup. Kuid see on ainult üks paljudest võimalikest lahendustest. Nende hulgas leidub ka päris ootamatuid lahendusi. Meid üllatab näiteks lahendus, mille järgi kolmandaks vaateks on ring! Ometi näeb täpselt niimoodi välja silindri külgsilindri projektsioon, mille läbimõõt võrdub kõrgusega ja telg on asetatud rööbiti *x*-teljega. Seda lahendust pole just väga kerge leida, sest meie tähelepanu on antud projektsioonide sirgjoontest

niivõrd tugevasti mõjutatud, et raske on kujutleda nende järgi midagi kõverat. Samal ajal on ruudu kuju meie kujutluses ikka seotud kuubi tahkudega. Muutub arusaadavaks, miks oli vaja niipalju pingutust selle lahenduse leidmiseks, et ületada seda omapärast «mõtte inertsi».



Joon. 21. Lugege seda joonist. Missuguse kujundiga asendaksite teie küsimärgi kolmanda vaate kohal?

Niisiis selleks, et saada joonise põhjal täielikku kujutlust ühe või teise eseme kujust, ei piisa tihti kahest projektsioonist. Joonist on vaja täiendada eseme kolmanda vaatega. Tõepoolest, kui oleks teada joonisel 20 kujutatud geomeetriliste kehade ja pindade kolm projektsiooni, mitte aga kaks, olnuks märksa kergem määrata igaühe ruumilist kuju. Just sellepärast vaatlesimegi rööbiti kahe projektsioonipinnaga ka juhust kolme pinnaga.

III. DETAILIST TEMA TÖÖJONISENI

Lennukeid „ehitatakse“ alati esiteks paberil, sest palju kergem ja odavam on kustutada ja välja joonestada jooni joonisel, kui ümber teha lennuki osi.

1. DETAILI JOONIS — TÄNAPÄEVA MASINAEHITUSE ALG- JA PÕHIDOKUMENT

Masinate (tööpinkide, tungraudade, pumpade, traktorite, lennukite jne.) tootmisel on vajalik ette näha terve rea ülesannete lahendamist. Neist tähtsaimad on järgmised kolm: konstrueerimine, detailide valmistamine ja nende kokkumonteerimine.

Esimene ülesanne on seotud projekteerimisega, s. t. mingi konstruktsiooni või masina projekti koostamisega. Seda ülesannet lahendab eriasutus — konstruktsiooni-büroo. Detailide valmistamine ja kokkumonteerimine aga teostub alati tehases. Siinjuures tuleb märkida, et ühe või teise tootmisharu lõplikku tootmisprodukti nimetatakse tooteks. Autotööstuses on sääraseks tooteks auto, tööpingi-ehituses — tööpink jne. Detaili nimetus omistatakse aga masinaehituse praktikas tavaliselt niisugusele toote koostisosale, mida valmistatakse ühest materjali tükist (näiteks: spindel, hammasratas, puurihoidja kere).

Saades projekt-ülesande, töötab konstruktsiooni-büroo välja nn. tehnilise projekti, ja pärast selle kinnitamist asub tööjooniste valmistamisele.

Tööjoonise koostamine on eriti vastutusrikas osa tööst. Piisab sellest, kui ütleme, et tööjooniste valmistamise käigus mõeldakse läbi ja täpsustatakse sääraseid tähtsaid küsimused, nagu projekteeritud masina otstarbekohasus ja ökonoomsus, tema mõõted, kokkumonteerimise lihtsus ja rida teisi. Niiviisi samm-sammult edasi liikudes, jõuame projekt-ülesandest detaili jooniseni, mis on tänapäeva masinaehituse alg- ja põhidokumendiks. Detailide jooniseid kujutavad meie raamatus joonised 34 ja 35.

Iga lõpetatud tööprojekti jooniste hulka peavad kuuluma ka toote üldvate joonised, mis näitavad toote detailide vastastikust asetust. Need joonised kergendavad masina õiget kokkumonteerimist. Neid nimetatakse mon-

taažjoonisteks. Montaažjoonise näiteks võib olla joon. 6.

Detail- ja montaažjooniste ühiseks nimetuseks on «tööjoonised», kuna nende abil kindlustatakse masina osade valmistamine ja nende kokkupanek.

Masina detailide ja sõlmede ebaõige või ebatäpse kujutamise tagajärjel tekkiva tootmispraagi vältimiseks valmistatakse tööjooniseid võimalikult hoolsalt. Joonised aga peavad olema täielikus kooskõlas masinaehituse joonistele ettenähtud Riiklike Üleliiduliste Standarditega.

2. MIS ON «ГОСТ»?

Nüüdisaja tootmisjooniste valmistamisel juhindutakse ühelt poolt üldreeglitest — neist oli jutt eelmises peatükis —, teiselt poolt praktilistest juhistest, milledega tutvume siin. Need juhised puudutavad jooniste vormistamise kahte külge ja sellepärast on otstarbekas jaotada nad kahte ossa: üld- ja eriosa.

Üldosas vaadeldakse niisuguseid küsimusi, nagu joonestuspaberi mõõted ehk formaadid, mõõtkavad, üksikute vaadete (projektsioonide) paigutus joonisel, sõnalised tähistused, jooniste jooned ja nende väljatõmbamine, kirjad joonistel jne.

Eriossa kuuluvad peamiselt need juhised, mis puudutavad vahetult joonisel kujutatud esemete töötlemist.

Varematel aastatel lahendas peaaegu iga suur tehas iseisvalt kõik jooniste vormistamisse puutuvad küsimused. Selle tulemuseks oli tarvitavate tingmärkide ja tähistuste suur mitmekesisus. See andis graafilistele kujutistele ebasoovitava kirjususe ja tegi nende praktilise kasutamise keeruliseks. Ikka enam tekkis vajadus mõningate, kogu masinaehituslikule joonestamisele ühiste põhisätete väljatöötamiseks ja kehtestamiseks. See erakorraliselt tähtis ülesanne lahendati lõplikult alles nõukogude ajal, kui töötati välja ja pandi kehtima vastavad standardid. Sellega sai joonis ühise «keeles».

Õige ja ühesugune jooniste vormistamine kergendab nende valmistamist ja järelikult ka nende mõistmist, suurendab joonestustöö ökonoomsust ja — mis eriti tähtis — kergendab ja lihtsustab jooniste edaspidist kasutamist. Tõepoolest, ühesugune jooniste vormistamine võimaldab

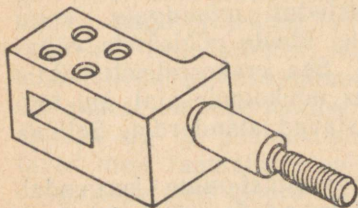
neid kasutada sama hästi ühes kui ka teises tehases. See on eriti tähtis meie maa oludes, kus laialdane kogemuste vahetamine tööstusettevõtete vahel on muutunud nende igapäevase tootmistöö oluliseks osaks.

1953. aastal ilmus trükist nende standardite uus ametlik väljaanne nimetusega ГОСТ 3450-52—3456-52, 3457-46, 3458-52—3462-52, 3465-52, 3466-52 ja 2940-52. Sõna «ГОСТ» on koostatud täieliku venekeelse nimetuse — «Государственный общесоюзный стандарт» algtähtedest. Neljakohalised arvud näitavad üksikute standardite numbreid, aga kahekohalised arvud nende kõrval — kinnitamise aastat. Alates 1. aprillist 1953. a. on nendest ГОСТ'idest kinnipidamine kohustuslik igasuguste masinaehitusjooniste puhul. Käsitlemise hõlbustamiseks on üksikud standardite lehed õmmeldud ühte vihikusse pealkirjaga «Joonised masinaehituses». Selliselt nad moodustavad graafilise keele algupärase teatmeteose, mis on lahutamatuks käsiraamatuks igäihele, kellel tuleb tegemist teha tänapäeva tootmisjoonisega. Edaspidi tuleb meil tihti viidata nendele ГОСТ'idele.

3. MILLEST ALGAB JOONISE VALMISTAMINE?

Joonis seob konstruktori mõtte tootmisega. Ta märgib teed konstruktori poolt mõeldud vormidest nende valmistamiseni. Jälgime selle tee esimest osa. Oletame, et meil on olemas mingi lihtne ese, näiteks treimisel kasutatav lõike-terade hoidja. Joonis 22 kujutab terahoidja tehnilist joonistust. Vaja valmistada tema tööjoonis!

Jooniselt loetakse esmalt detaili välis- ja sisekontuurid. Sellepärast peab graafiline kujutis ammendava täiusega esile tooma eseme kuju. Ühtaegu peab joonis olema näitlik, lihtne ja täpne. Peale selle peab ta sisaldama kõik vajalikud mõõted, samuti andmed pinna töötlemisest ja muud detaili valmistamist määravad juhendid. Lõpuks peab joonis olema standardiselt vormistatud ja varustatud nende isikute allkirjadega, kes tema kvaliteedi eest vastutavad.



Joon. 22. Treimisel ühe levinumat tüüpi terahoidja üldvaade.

Kõigi loetletud tingimuste täitmist soodustab töö õige organiseerimine jooniste valmistamisel. Esmalt vaadeldakse hoolega antud detaili ja kogutakse kõik vajalikud andmed tema kohta. Siis määratakse eseme kujust täieliku ettekujutuse saamiseks vajalik vaadete (projektsioonide) arv. Pärast seda valmistatakse detaili joonise visand (ehk eskiis) vabal käel ja silmamõõdu järgi. Sellele märgitakse tingimata ka kõik vajalikud mõõted, selgitavad pealkirjad ja tähised. Visandi lõpetamise järele võib alles asuda joonise konstrueerimisele.

Niisiis tuleb töö läbi viia järgmises järjekorras:

1. Andmete kogumine detaili kohta.
2. Vajalike vaadete valik.
3. Valitud vaadete alusel visandi koostamine.
4. Joonise enda valmistamine.

4. KUIDAS JOONISTEL MÄRGITAKSE MATERJALI, SELLE KÕVADUST JA DETAILI TÖÖDELDAVATE PINDADE SILEDUST

Terahoidja valmistatakse konstruktsioon-süsinikterasest. Olgu teada, et antud juhul sisaldab teras 0,50% süsinikku. Joonistel tähistatakse säärane terase mark numbriga «50».

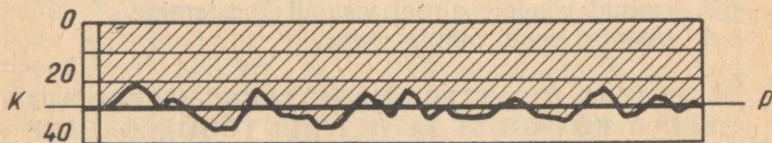
Terahoidja kogu pind, välja arvatud saba, kuulub ГОСТ 2789-51 põhjal nõndanimetatud poolsiledade pindade hulka (vähemärgatavate töötlemise jälgedega). Säärast pinda tähistatakse joonistel kahe ühesuuruse võrdkülgse kolmnurga abil, tippudega allpool. Terahoidja saba pind aga on hästi sile (lihvitud). Seda märgitakse kolme samasuguse kolmnurgaga. Pinnatöötlemismärgid kantakse terahoidja vastavate pindade kujutistele ja peale selle märgitakse joonise paremas nurgas. Sealjuures valdava töötlemisviisi märk — meie juhul kaks kolmnurka — asetatakse kõigi teiste pinnatöötlemismärkide ette (vt. joonised 31 ja 34, lk. 49 ja 53).

Kolmnurkadega tähistatakse töödeldud pinna siledus rühma. Edaspidine täpsustamine nõuab juba pinna võrdlemist eri näidistega ehk etaloonidega. Etaloonil jagatakse iga rühm, sõltuvalt nõutavast töötlemise siledusest, klassideks.

Oletame, et terahoidja kere pind peab kuuluma viiendasse siledusklassi, saba aga seitsmendasse. Siis esimese pinna töötlemismärgile tuleb lisada number 5, teisele number 7.

Mida tähendavad need arvud? Selgitame seda näite varal. Võtame habemenoa tera lõikeserva. Meile näib, et ta on päris sirge. Tegelikult see nii ei ole. Kui vaatame lõikeserva mikroskoobi all, siis näeme h a m b u l i s t joont, mis koosneb teravikest ja nende vahel olevaist süvendeist. See on habemenoa tera konarluste profiil. Niisuguse profiili joonistust nimetatakse tavaliselt profiilogrammiks.

Joonisel 23 on esitatud treipingil töödeldud terase pinna konarluse profiili skemaatiline kujutis. Kujutis on valmistatud umbes 350 korda suurendatud foto järgi. Arvud, mis asetsevad ülesvõtte vasakul poolel, näitavad kaugusi mikronites (mikron on tuhandik millimeetrit).



Joon. 23. Treipingil töödeldud terase pinna profiilogramm.

Joonestame konarluste profiilile keskjoone. See joon on joonisel 23 märgitud tähtedega *KP*. Profiili keskjoon tõmmatakse nii, et keskjoonest mõlemal pool asuvate pindalade summad on omavahel võrdsed. Siis profiili pinna konarluste keskmine kõrvalekaldumise suurus keskjoonest iseloomustab pinna kvaliteeti. Mida väiksem on keskmine kõrvalekaldumine, seda siledamalt on pind töödeldud. Meie näites on terahoidja pind arvatud viiendasse siledusklassi, saba pind seitsmendasse. GOCT 2789-51 põhjal tähendab see, et konarluste keskmine kõrvalekaldumine profiili keskjoonest on esimesel juhul piirides 6,3 kuni 3,2 mikronit, teisel juhul aga piirides 1,6 kuni 0,8 mikronit.

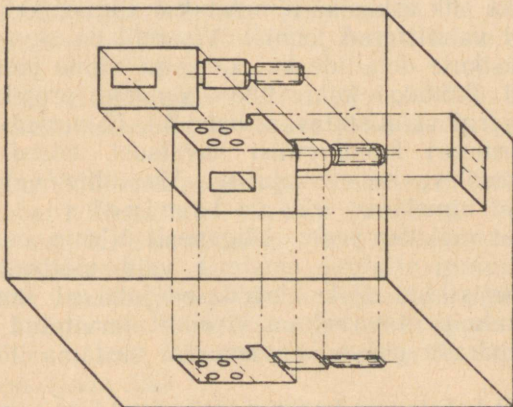
Pindade sileduse teooria töötati esmakordselt välja vene teadlase V. L. Tšebõševi poolt, kes oli kuulsa matemaatiku ja mehaaniku P. L. Tšebõševi vend. Ettekande sel teemal tegi V. L. Tšebõšev 16. aprillil 1874. a., s. o. 60 aastat enne vastavate tööde ilmumist välismaal.

Tulles tagasi meie näite juurde, märgime, et terahoidja saba töödeldakse tavaliselt terminiliselt — teda karastatakse, s. o. kuumutatakse ja pärast jahutatakse kiiresti vedelikus. Sellepärast on joonisel vajalik peale pinnatöötlemise sileduse märkida ka materjali kõvadus.

Kõvaduse proovimist teostatakse eriaparaatidega, mis on tehaste praktikas leidnud laialdast kasutamist. Levinum nendest on aparaat, kus teraskuulike või teemantkoonuslastakse teatud koormuse all tungida proovitava sse tootesse. Sealjuures hakkab pöörlema aparadi osuti. Kui osuti jääb seisma, eemaldatakse koormus ja indikaatori skaalalt loetakse kõvadus. Oletame, et nõutav kõvadus peab olema nimetatud skaala 40—50 jaotuse piirides. Sel puhul ГOCT 2940-52 põhjal tuleb teha joonisele märke «R_c 40—50». Kõvadust tähistavate arvude järgi võib otsustada materjali mehaaniliste omaduste üle, näiteks tõmbetugevuse üle.

5. MITU ÜSIKUT VAADET (PROJEKTSIOONI) ON VAJALIK JOONISEL NÄIDATA?

Vajalike projektsioonide arv sõltub sellest, kuidas asetatakse projekteeritav detail projektsioonipindade suhtes. Sobivalt valitud asetus võimaldab läbi saada vähima vaa-



Joon. 24. Detaili asendi õige valik projektsioonipindade suhtes. Selle asendi puhul saab läbi vajalike ja ühtlasi lihtsamate vaadete minimaalse hulgaga.

dete hulgaga, kahjustamata nende kaudu edasiantava kuju mõistmist joonise lugemisel.

Vajalike vaadete määramisel võetakse aluseks esipind (püstpind). Ese asetatakse selle pinna suhtes nii, et projekt-

sioon temal annaks võimalikult selge ettekujutuse eseme kujust ja mõõdetest. Just sellepärast nimetataksegi esivaadet ka peavaateks. Joonise juures on ta põhiline.

Peavaatena tuleb eelistada detaili tööasendit (s. t. asendit, mis temal on valmis- ja kokkumonteeritud mehhanismis). Muide, kui detail valmistatakse ühel, mitte mitmel tööpingil, siis loetakse tööasendiks see asend, mis kergendab töölisel detaili valmistamist.

Jättes siinkohal otsustamata, kas kolm vaadet on antud juhul tarvilikud, esitame siiski kõik kolm vaadet, et saada täielikku (kompleksset) kujutist terahoidjast. Silmas pidades kujutistele esitatavat lihtsuse nõuet, paigutame terahoidja projektsioonipindade suhtes nii, nagu näha joonisel 24.

Nüüd aga vaatleme lähemalt visandit.

6. VISANDAMINE JA TEMALE ESITATAVAD NÕUDED

Visandiks ehk eskiisiks nimetatakse silmamõõdu järgi ja vabal käel valmistatud joonist. Visandil on otsustav tähtsus nii üksikute detailide kui ka kogu sõlme jooniste valmistamisel. Tuntakse kahte liiki visandeid: projektvisandid ja eseme järgi valmistatavad visandid. Esimesed väljendavad konstruktori loomingulisi kavatsusi, teised annavad juba olemasoleva eseme kujutise. Visandite valmistamist on hakatud nimetama visandamiseks.

Visandist rääkides peame kõigepealt ütleva, et visand ei ole mitte mingi esialgne mustend, vaid tööjoonis, ainult käsitsi valmistatud. Pole haruldased juhused, kus aja või raha kokkuhoiu otstarbel on visandit tarvitatud tööjoonisenä. Seepärast peavadki visandid vastama tööjooniste nõuetele.

Erinevalt kujutatavast kunstist, kus visand on samuti laialt tarvitusel, kaasneb joonestuspraktikas visandite valmistamisele alati eseme kõigi vajalike mõõdete märkimine visandile.

Visandi valmistamise tööd viiakse läbi järgmises järjekorras. Esiteks valitakse vastava suurusega paber (formaat). Siis tõmmatakse paberile raamjoon, mis piirab visandi töövälja. Lõpuks paigutatakse nii ettevalmistatud paberi paremasse alumisse nurka kirjanurk. Kirjanurk peab sisaldama rea kohustuslikke andmeid: asutuse nimetuse,

joonestatud detaili ja samuti toote nimetuse, mille juurde detail kuulub, joonise numbri jne. Et mitte iga kord uuesti joonestada kirjanurka tema šabloonsete lahtritega, kasutatakse tihti tema valmisvormi, mis lüüakse joonisele kummi-stambiga või trükitakse jooniselehtedele.

Kirjanurga üksikute lahtrite täitmisega lõpeb jooniselehte ettevalmistus. Nüüd asutakse projektsioonide ehk üksikute vaadete paigutamisele.

Selleks tuleb kõigepealt selgusele jõuda iga vaate põhielementide suhtes, alustades peavaatega. Põhielemendi mõistet on kõige kergem endale selgeks teha näite varal. Meie poolt vaadeldaval terahoidjal on põhielemendiks kere.

Kere on kujult rööptahukas, milles on üks kandiline täisnurkne läbiulatuv ava ja neli keermestatud auku. Hoidja lisaelementideks võib lugeda jämendatud osa, mis sujuvalt liitub kerega, ja silindrilist vart — saba. Pärast põhielemendi kujutamist esimeses projektsioonis (peavaates) on tarvis veel selgitada, millise kuju ta võtab ülejäänud kahes projektsioonis, ja alles siis võib asuda ta kujutamisele. Samas järjekorras teostatakse ka detaili teiste osade kujutamine.

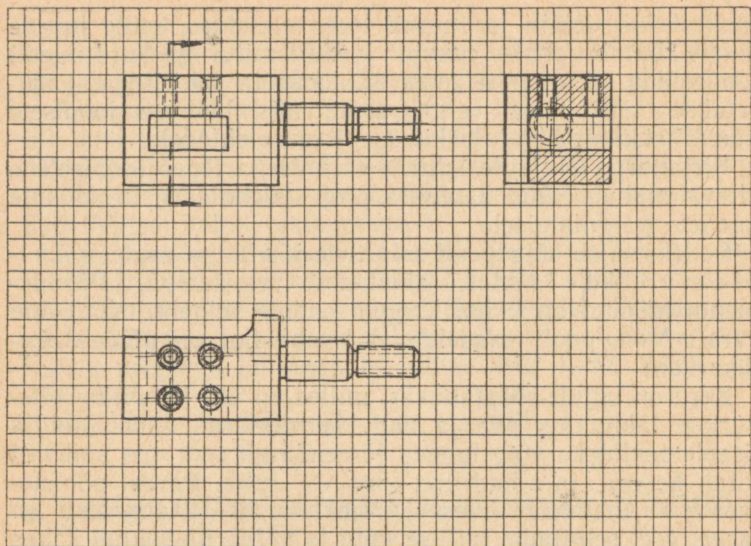
Alles siis, kui üks element on näidatud kõigis kasutatavates projektsioonides, võib hakata joonestama järgmisi elemente.

Joonestustööd võib seejuures lihtsustada, tarvitades ruudulist paberit. Kasutades ruutude jooni, on kerge käega tõmmata sirgeid, samuti anda ka õiged suurusvahekorrad eseme üksikosadele.

Üksikute vaadete joonestamine algab telgjoonte tõmbamisega. Telgjooned esitatakse joonisel kriipspunktjoontena, s. t. joontena, mis koosnevad vahelduvalt kriipsudest ja punktidest (joon. 25).

Telgjoonega kujutatakse joonisel eseme sümmeetrilisi telgi ja igasuguseid muid geomeetrilisi telgi.

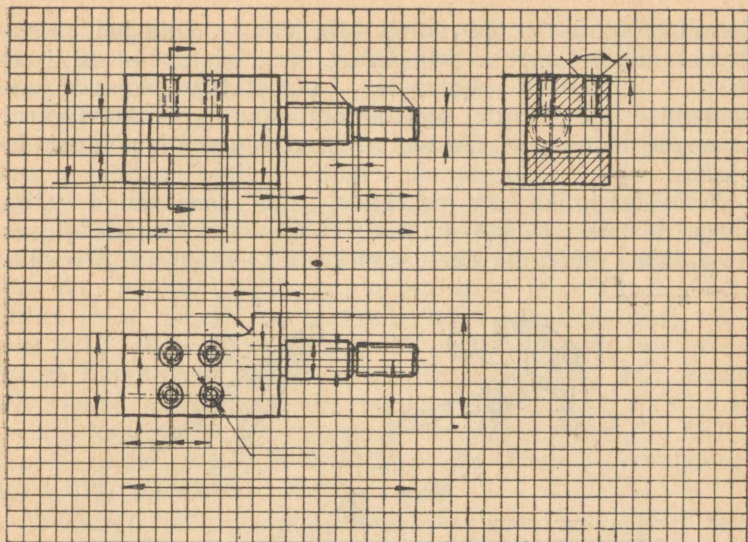
Eseme nähtamatuid kontuure, s. o. detaili sees või tema tagaküljel asuvate osade piirjooni, märgitakse joonisel kriipsjoontega, s. t. ainult kriipsukestest koosneva joonega. Olgu tähendatud, et kujutatava eseme sisemiste kontuuride selgitamiseks eelistatakse kasutada teistsugust võtet — lõike teostamist. ГОСТ 3453-52 järgi nimetatakse lõikeks eseme säärast leppelist kujutamist, kus vaatleja silma ja eset lõikava pinna (lõikepinna) vahel asuv eseme



Joon. 25. Lõpetamata visand pärast seda, kui sellel on: 1) määratud valitud projektsioonide gabariidid (äärmised piirjooned), 2) tõmmatud kõik telgjooned, 3) peale kantud nähtavate ja nähtamatute kontuuride jooned ja 4) välja selgitatud lõigete tegemise kohad ja need ära näidatud. Visandil on suurusvanekorrad projektsiooni üksikute osade vahel, samuti detaili osade projektsioonide vahel kõik määratud silmamõõdulise hinnangu alusel.

osa on mõttes kõrvaldatud ja joonestatakse välja ainult see, mis asub lõikepinnal ja lõikepinna taga. Erinevalt lõikest sama ГОСТ põhjal mõeldakse pindlõike all ainult lõiketasapinnale jäävate eseme kontuuride kujutist. Selgitame lõike ja pindlõike erinevust veel igapäevasest elust võetud näitega. Lõikame laual oleva pliatsi poolpõiki kaheks osaks ja viskame ühe osa ära. Kujutades joonisel lõikepinda, mille läbis tera, saame pindlõike. Kui aga lisaks sellele näidatakse joonisel ka pliatsi ülejäänud osa, siis kujutis muutub lõikeks.

Terahoidja sisemise ehituse selgitamiseks võtame lõikepinna läbi kahe vasakpoolse (või läbi kahe parempoolse) augu kere ülemises osas (vt. joon. 24). Suurema näitlikkuse saavutamiseks kujutleme, et terahoidja kere on läbi saetud (joonisel 25 on saagimise koht märgitud kahe noolega). Heites kõrvale vasakpoolse osa ja vaadeldes noolte



Joon. 26. Mõõtjoonte pealekandmine visandile. Võrreldes eelmisega, on see kujutis täienenud mõõtjoontega. Mõõtjoonte tõmbamisel juhitudagu ühelt poolt sellest, et ei oleks antud üleliigseid ega korduvaid mõõte, teiselt poolt — et märgitud mõõted kindlustaksid eseme valmistamise võimaluse ja töö mugavuse.

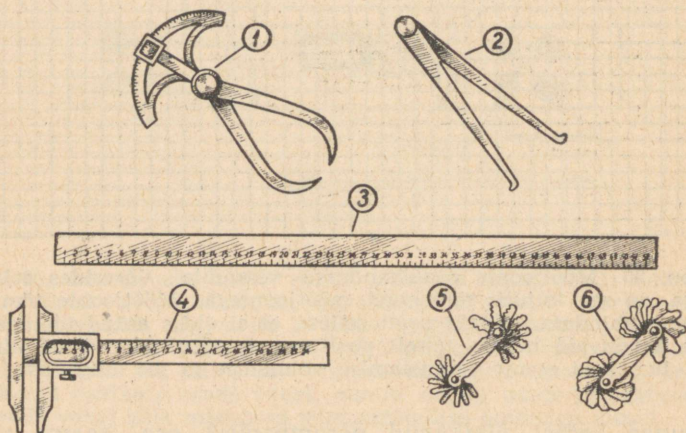
suunas kerest ülejäänud parempoolset osa, saame peavaatest paremal esitatud kujutise (joon. 25). See on küljjoonis vaatena vasakult, kujutatud lõikes. Aukude kontuurid on seal antud pidevjoontega, mitte kriipsjoontega nagu peavaates (aukude piirjooned muutusid lõikes nähtavaiks!). Läbisaetud pind ise on viirutatud. Viirutus näitab joonisel neid eseme alasid, mis jäävad lõiketapasinnale.

Lõpetanud põhikujude joonestamise igas vaates, asume üksikasjade kujutamisele. Käesoleval juhul võib nende hulka arvata ümardused, sooned, faasid sabal, koonilised väljalõiked kere aukudes ja keermestused. Sellega omandab pliiatsis ja vabal käel valmistatud visand joonisel 25 näidatud kuju. Joonistel 25 ja 26 on formaadi raamjood ja kirjanurk ära jäetud.

Jääb üle peale kanda kõik vajalikud mõõtjooned (joon. 26). See tehakse nimelt enne mõõtmist. Mõõtjoonteks nimetatakse jooni, millel märgitakse eseme üksikute osade mõõted. Alles pärast nende joonte tõmbamist võib asuda

detaili mõõtmisele. On nimelt vaja kinni pidada just niisugusest tööjärjekorrast sellepärast, et küsimus — millised mõõted on joonisel vaja anda — otsustatakse visandi joonestamise ajal, mitte aga mõõtmistoimingu läbiviimisel ja nende toimingute üheaegne läbiviimine võib põhjustada vigu.

Mõõtmistehnika on praegusel ajal saavutanud väga kõrge taseme. Piisab näitest, et instrumentaal-tööstuses teostatakse mõõtmist täpsusega kuni 0,1 mikronit. See suu-



Joon. 27. Lihtsamad mõõteriistad: 1 — taster, 2 — sisetaster, 3 — metallist mõõtjoonlaud, 4 — nihkkaliiber nooniuselga, 5 — keermemõõtja, 6 — ketaste komplekt ringjoone raadiuse mõõtmiseks.

rus on niisama palju kordi väiksem ühest millimeetrist, kui mitu korda üks millimeeter on väiksem kümnest meetrist! Nii suurt täpsust on võimalik saavutada ainult eriaparaatide abil.

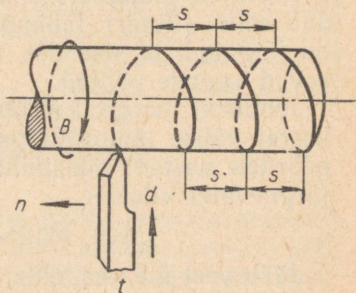
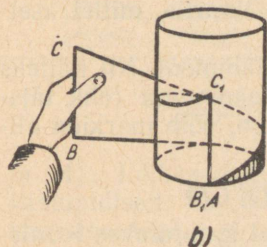
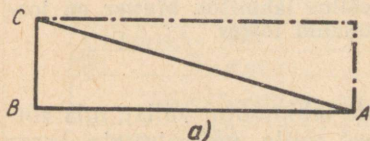
Kasutades tavalist terasjoonlauda jaotustega iga 0,5 millimeetri järel ja tavalist tastrit, nurgikut ja sisetastrit (joon. 27) võime teostada mõõtmisi täpsusega kuni pool millimeetrit, see täpsus vastab joonlaua ühele jaotusele. Kasutades terasjoonlaua asemel nihkkaliibrit, mis on varustatud sellekohase eriseadeldisega, nooniuselga, saab tõsta mõõtmiste täpsust 0,1 millimeetrini ja rohkem.

Ümarduste raadiusi mõõdetakse ketaste komplekti abil, kus igal kettal on kindla raadiusega tehtud ümardus. Joo-

nistel märgitakse raadiusi tähega R . Mis puutub keermeisse, siis neid mõõdetakse eriliste šabloonide (keerme kammide) komplekti abil (joonisel 27 märgitud numbriga 5).

Nüüd vaatame, kuidas näidatakse ja märgitakse joonisel keermeid, enne aga selgitame, mis nad endast kujutavad. Toome säärase näite. Võtame ümmarguse (mitte kanditud!) teeklaasi ja lõikame täisnurkse pabeririba, mille laius võrdub klaasi kõrgusega või on sellest natuke väiksem, pikkus aga vastab klaasi põhja ümbermõõdule. Lõigates riba läbi mööda diagonaali, saame kaks täisnurkset kolmnurka (joon. 28, *a*). Keerame ühe neist kolmnurkadest, näiteks ABC , ümber klaasi (joon. 28, *b*). Siis moodustab kolmnurga hüpotenuus klaasil spiraalse kõverjoone AC_1 . Seda kõverjoont nimetatakse silindriliseks kruvijooneks, kaatet BC , mis klaasil võtab asendi B_1C_1 (kusjuures punkt B_1 ühtib punktiga A), kannab kruvijoone sammu nimetust.

Treipingil võime saada kruvijoone kahe üheaegselt toimuva liikumise tagajärjena: treitava silindri pöörlemisel noole B suunas (joon. 29) ja lõiketera t edasinihkimisel noole n suunas. Surudes lõiketera suunas d , lõikub silindri kehale kruvijoonevagu, mida nimetatakse lühidalt kruvilõikeks ehk keermeks. Kruvijoonevagu kanalit, mille moodustas lõiketera, nimetatakse keermeks.

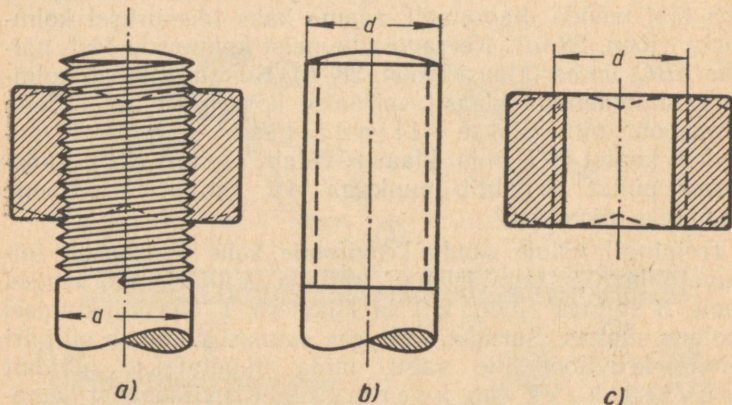


Joon. 28. Silindrilise kruvijoone moodustamine teeklaasil paberist kolmnurga abil.

Joon. 29. Kruvijoone saamise skeem treimisel; s — kruvijoone samm.

kruvijoonelist kõrgendust aga — niidiks (joon. 30, *a*). Keermestatud silindrit nimetatakse kruviks. Keermeid liigitatakse veel välimisteks ja sisemisteks, olenevalt sellest, kas keere on lõigatud silindrilise varda välispinnale või silindrilise augu sisepinnale.

Sisemise keeme näiteks on keermestatud augud terahoidja keres, välise keeme näiteks aga keere sama detaili sabal (vt. joon. 25, 26, 31 ja 34).



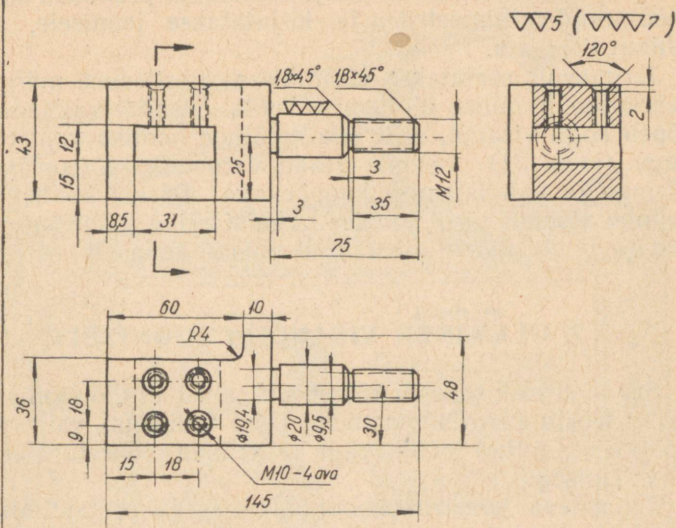
Joon. 30. Keermed: *a* — näitlik keeme kujutis poldil ja mutril, *b* — keeme leppeline kujutamise poldil, *c* — keeme leppeline kujutamise mutril; *d* — keeme väline läbimõõt. Mutter on joonistel *a* ja *c* näidatud lõikes.

Keermete juures eritleme kahte läbimõõtu: välist, mis võrdub selle silindri läbimõõduga, mille välispinnale keere on lõigatud, ja sisemist, mis vastab silindrile, millel asetsevad vagude põhjad.

Joonistel märgitakse keeme väline läbimõõt. Nii näiteks keeret välise läbimõõduga 12 mm ja sammuga (ehk täispöördele vastava edasinihkega) 1,75 mm, võib märkida alljärgnevatel viisidel:

M12, M12×1,75 ehk 12×1,75

Jäeb veel üle vaadelda, kuidas keeret kujutatakse joonistel. ГОСТ 3459-52 kohaselt näidatakse keeme välisläbimõõtu vardal (poldil) täisjoontega ja keeme siseläbimõõtu kriipsjoontega (joon. 30, *b*, vaata ka terahoidja saba joonistel 31



Servad ümardada $R=0,6$
Saba karastada $R_c 40-50$

1.	Terahoidja kere	1	Cr.50	
Jrk nr	Nimetus	Arv	Materjal	
Läiketerade hoidja			Mõõt	№2
			1:2	
Joonestab	Lasjev	4 II 53	Acro	
Kontrollis	Karenin	4 II 53	Kupen	
Kinnitas	Kaširski	6 II 53	Kamun	

Joon. 31. Detaili lõpetatud visand.

ja 34). Lõikes kujutatakse keermestatud aukude keermes vastupidiselt: täisjoontega märgitakse keermes siselähimõõt, kriipsjoontega aga välislähimõõt. Näitena vaatleme keermestatud aukusid terahoidja lõikel (joon. 31) ja mutrit joonisel 30, c.

Toote või tema üksikosade suuruse üle otsustamiseks on

mõõtarvud. Masinaehitusliku joonestamise praktikas antakse mõõtarvud millimeetrites ja kirjutatakse joonisele, mõõtühikut lisamata.

Järgnevalt asetatakse visandile pinnasileduse märgid ja märkused termilise töötlemise kohta. Visandi valmistamine lõpeb kogu visandi, eriti aga mõõtude hoolika kontrollimisega (joon. 31). Valmis visand varustatakse teostaja allkirjaga ja valmistamise kuupäevaga. Pärast kontrollimist toimub visandi järgi joonise valmistamine joonestusvahenditega ja joonistele ettenähtud nõuete kohaselt.

7. ÜLEMINEK VISANDILT JOONISELE

See üleminek seisneb kõigepealt selles, et töö joonise kaljal ei teostu enam silmamõõdu järgi ja käsitsi, vaid ranges vastavuses antud mõõtkavaga ja kõikide joonestusabinõude kasutamisega.

Tänapäeva konstruktsiooni-büroodes ja projektimis-asutustes on laialt levinud mehaanilised joonestuslaudad. Üks neist on näidatud joonisel 32. Mehaanilise joonestuslaua oluliseks osaks on mehaaniline rööpjoonlaud (nurkjoonlaud), mis on eraldi kujutatud joonisel 33.

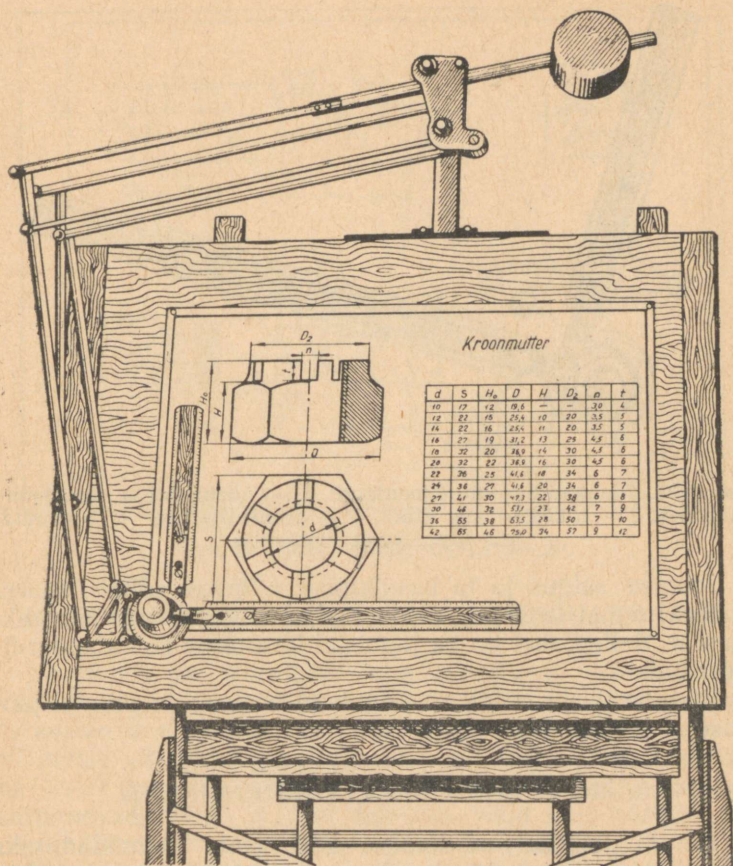
Mehaaniline joonestuslaud võimaldab tunduvalt vähendada jooniste valmistamise aega. Kinnituspead keerates võib mehaanilisele nurkjoonlauale anda joonise pinnal mistahes asendi; seetõttu muutub kolmnurkade kasutamine ülearuseks.

Oluline on veel see, et mehaanilise joonestuslaua juhtmehhanism paneb nurkjoonlaua mistahes fikseeritud lähteasendist liikuma nii, et joonlauad jäävad alati paralleelseks oma lähteasendiga.

Samuti nagu visandil, algab ka joonise valmistamine formaadi töövälja piirava raamjoone ja kirjanurga lahtrite joonestamisega. Kuid nüüd tõmmatakse jooned mitte enam vaba käega, vaid joonestusriistade abil.

Kindlaks teinud üksikute projektsioonide asukohad, tõmmatakse telg- ja kontuurjooned ning minnakse üle üksikasjade väljajoonestamisele.

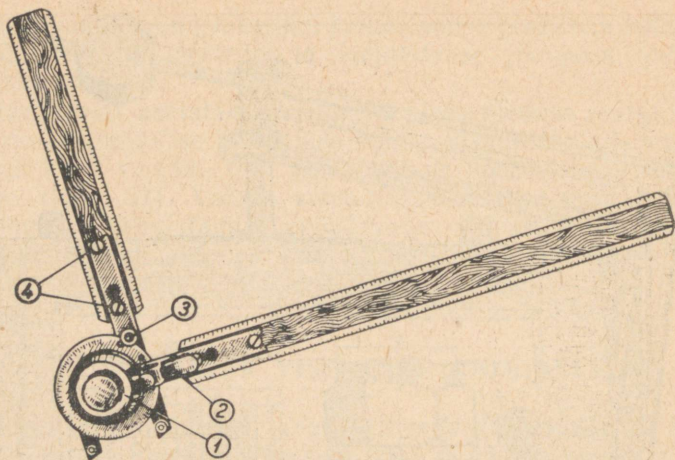
Töö võidab ajaliselt, kui joonist arendatakse teatud kindlas järjekorras. Joonestamispraktikas on välja kujunenud selline järjekord: esmalt joonestatakse ringjooned ja nende kaared ning teised kõverjooned, siis joonestatakse horison-



Joon. 32. Mehaaniline joonestuslaud.

taal-, vertikaal- ja kaldasendilised sirged ja lõpuks mõõtjooned. Siis viirutatakse lõikepinnad, kirjutatakse mõõt-
arvud ja tehakse kõik vajalikud pealkirjad. Peale selle kont-
rollitakse konstruktsioonide õigsust ja parandatakse avas-
tatud vead. Lõpuks kustutatakse jooniselt kõik abijooned ja
tõmmatakse joonisele jäävad jooned üle musta pliiatsiga
või tušiga.

Nii saame lõpptulemuseks joonise, nagu see on toodud
joonisel 34.



Joon. 33. Mehaaniline nurkjoonlaud: 1 — mehaanilise nurkjoonlaua pea, 2 — tõkesti-lõksu kukk, 3 — kinnitusmutter, 4 — kruvid, mis kinnitavad joonlauda.

Joonise selgus ja ta kasutamise hõlpsus sõltub suurel määral temal leiduvate pealkirjade ja mõõtarmude korrallikusest. Sellepärast on ka joonistel kasutatav kiri standardiseeritud.

Standardkirja näidiseid leidub selle raamatu mitmel joonisel.

8. MÕNI SÕNA MONTAAŽJONISEST

Detaili joonisel näidatakse kõik tema valmistamiseks vajalikud mõõted. Montaažjoonistel aga antakse mõõteid vähe, piirdudes eseme gabariitmõõdetega (üldine pikkus, kõrgus, laius) ja mõõdetega, mis on vajalikud toote kokkumonteerimisel või üldsüsteemi sissemonteerimisel, samuti toote tehniliseks iseloomustamiseks.

Kokkupanemisele kuuluvatele detailidele antakse järjekorranumbrid. See kergendab joonisel näidatud iga üksiku detaili leidmist. Montaažjoonistel peab leiduma ka muid vajalikke andmeid. Nende hulka kuuluvad: detailide nimetused, nende arv, materjal, kaal jms. Kõik need spetsifikatsiooniks nimetatavad andmed paigutatakse eritabelisse. Spetsifikatsioon asetatakse kirjanurga peale ja seda täidetakse suunaga alt ülespoole (vt. joon. 6).

Mõne aja, tavaliselt mitte rohkem kui 5—20 minuti möödudes võib paberi raamist välja võtta. Nüüd paigutatakse ta erikappi, kus asuvad tassikesed vedela ammoniaagiga. Valgustundlik paber ilmutatakse ammoniaagi aurudega ja paberil saadakse pruuni värvi kujutised.

Suurtes tehastes ja asutustes, kus on suur joonestustööde maht, on olemas vastavalt sisustatud ja täielikult mehhaniseeritud töökojad valguskoopiate tegemiseks.

Peale vaadeldud «kuiva» ilmutamise on veel teisi ilmutamisviise, kusjuures tarvitatakse kas varem kirjeldatud või spetsiaalseid paberisorte. Viimase ajani olid laialt levinud valguskoopiad valgete kujutistega sinisel foonil. Neid nimetati «sinisteks».

Tööstuse ja tehnika kiire arenemine meie maal esitab konstruktoritele ja tootjatele rea edasilükkamatuid ülesandeid. Tähtsaimad nende hulgas on, ikka kiiremalt projekteerida ja ehitada võimalikult suurem arv uusi tööpinke ja masinaid. Seoses sellega kerkib küsimus kiirprojekteerimisest.

Kiirprojekteerimine ei tarvitse olla ainult organisatsiooniliste abinõude tulemuseks, vaid selleks võib rakendada ka «väikemehhaniseerimine», s. t. igasuguste otstarbekate seadeldiste, šabloonide jms. kasutamine. Siia hulka kuuluvad ka jooniste kiirendatud valmistamise ja paljundamise võtted.

Tänapäeval valmistab konstruktor joonise eripaberil — pergamiinil. Pärast kinnitamist võib niisuguse joonise saata otsekohe valguskopeerimise töökotta, temast nn. diasokoopia valmistamiseks. Diasokoopia mängib käesoleval juhul kalka osa. Sellest saadakse valguskoopiaid ülalnäidatud viisil. Tarvitades diasokoopiat, väldime vajadust joonist eelnevalt käsitsi kopeerida. On kerge mõista, kuivõrd sellega kiireneb ja odavneb jooniste valmistamine.

Kõne all oleval alal on nõukogude leidurid teinud suuri edusamme.

Praegusel ajal võib erilise emulsiooni (s. o. teatava koostisega vedeliku) kasutamisega muuta läbipaistvaks (s. o. kalkaks) mitte ainult pergamiini, vaid mistahes joonestuspaberit. Emulsiooniga kaetud paber muutub läbipaistvaks, aga pliiatsiga või tušiga tehtud jooned jäävad tumedaiks.

IV. KUIDAS LOETAKSE TOOTMISJONISEID

Oskus kasutada joonist kergendab töölise tööd, soodustab tootlikkuse suurenemist ja aitab kiiremini tõsta kvalifikatsiooni.

1. MILLISES JÄRJEKORRAS TUTVUTAKSE JOONISEGA?

Eelmistes peatükkides jutustati, mida nimetatakse jooniseks, missugusel teoreetilisel alusel tuletatakse kujutised ja lõpuks, missuguses järjekorras valmistatakse tootmisjoonised. Nüüd võtame ümberpööratud ülesande. Vaatame, kuidas lugeda joonist. Kui joonis on tehnika keel, siis on vaja veel tutvuda lugemisega selles keeles. Samuti kui joonise valmistamise juures, tuleb siingi kinni pidada kindlast järjekorrast.

Lugedes joonist, peame vastama tervele reale küsimustele: kuidas nimetatakse joonisel kujutatud detaili, missuguses mõõtkavas ta on joonestatud ja millisest materjalist ta tuleb valmistada. Siis on tarvis kindlaks teha, kui palju vaateid (projektsioone) ja missugused nimelt on esemest antud, missugune on eseme väliskuju ja missugused lõiked ja pindlõiked temast on näidatud. Siis minnakse üle mõõdetega tutvumisele ja selgitatakse lubatavad kõrvalekalduused, pööratakse tähelepanu pindade töötlemise siledusele ja tutvutakse teiste detaili valmistamisel esitatavate nõudmistega.

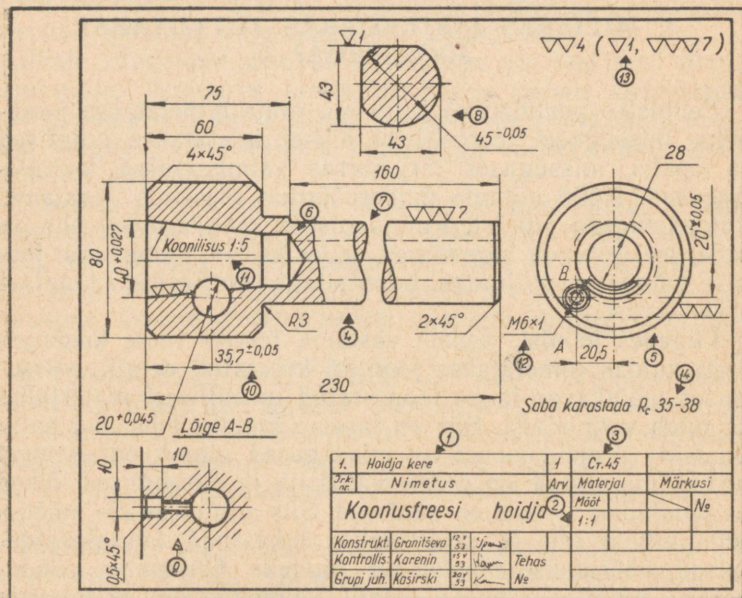
2. KIRJANURK — LÄHTEPUNKT JOONISE LUGEMISEL

Kirjanurgast (ehk nurgastambist) saame teada detaili nimetuse, joonise mõõtkava, eseme valmistamiseks tarvitava materjali nimetuse, margi ja mõningaid muid andmeid. Kirjanurk on omamoodi «passiks», millega varustatakse iga tootmisjoonis.

Oletame, et peame lugema joonisel 35 kujutatud joonist. Kõigepealt teeme kindlaks, et temal kujutatud ese on koonusfreesi hoidja kere. Koonusfreesiks nimetatakse lõikeriista, mida kasutatakse valatud detaili või sepise sisse puuritud aukude eesosa ülepuurimiseks või töötlemiseks.

Väliskujult sarnaneb koonusfrees harilikule spiraalpuurile. Hoidja ülesandeks on koonusfreesi kinnitamine treipingi kärnpukile.

Kirjanurk paikneb, nagu teame, joonise alumises paremas nurgas. Lahter, milles seisab detaili nimetus, on joo-



Joon. 35. Koonusfreesi hoidja tööjoonis.

nisel 35 märgitud numbriga 1, mida ümbritseb ringikene. Samal viisil on sellel kujutisel märgitud ka teised joonise üksikasjad, millistele lugeja leiab selgitusi tekstist vastava numbril all.

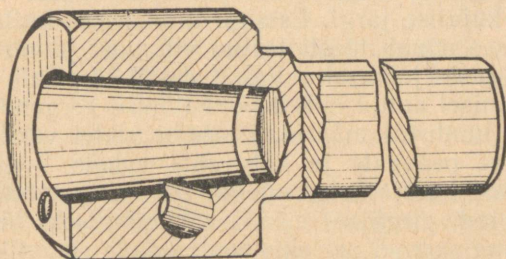
Mõõtkava on näidatud lahtris 2. Mõõtkava 1:1 tähendab, et vaadeldav detail on joonestatud loomulikus suuruses.

Materjali nimetuse loeme lahtrist 3. Mark «Cr.45» tähendab keskmiselt 0,45% süsinikku sisaldavat konstruktsiooniterast.

3. DETAILI TÕOJONISE LUGEMINE

Selgitasime juba joonisel 35 kujutatud detaili nimetuse ja materjali. Selgitasime ka, et koonusfreesi hoidja on joonestatud loomulikus suuruses. Nüüd läheme üle projektsioonide juurde ja püüame nende järgi mõista hoidja kuju.

Joonisel on antud hoidja kerest kaks vaadet (projektsiooni), mis on joonisel 35 märgitud vastavalt numbritega 4 ja 5. Numbriga 4 märgitud projektsioon on eestvaade, ühtlasi ka peavaade. See annab võimalikult täieliku kujutluse freesihoidja kujust. Teine projektsioon (5) on vaade vasakult, s. t. pea otsapoolsest küljest.



Joon. 36. Eelmisel joonisel (joon. 35) näidatud detaili tehniline joonistus.

Et näidata detaili sisekontuure on tehtud kohtlõige (6).

Koonusfreesi hoidja pea on näidatud lõikes, saba aga vaates. Kohtlõige eraldatakse vaatest kergelt lainelise vabakäe-joonisega, mis ei lange ühte kontuurjoontega. Kohtlõiget kasutatakse sageli ka keermeprofiili näitamiseks.

Ruumi säästmise otstarbel on saba joonestatud väljamurdega (7). Väljamurre on sageli tarvilusel, eriti pikkade detailide kujutamisel, mis ei mahu piiratud suurusega paberile.

Viirutatud ja mahalõigetega ring (8) on nn. väljakantud pindlõige. See pindlõige koos peavaatega näitab, et saba on oma kujult silinder, mis on kahest küljest lõigatud tasapindadega — nn. lamendustega.

Külgvaates on hoidja otsa sees all vasakul nelja kontsentrilise ringjoonega näidatud väike auk. Nende ringjoonte põhjal aga ei ole veel võimalik otsustada augu tõelise kuju

üle. Sellepärast on peavaate all antud täiendav, joonisel 35 numbriga 9 tähistatud lõige. Nagu kohtlõige (6), on ka tema osaline, ja peale selle, erinevalt kohtlõikest, on ta väljakantud lõige. Peame kujutlema, et see lõige on tehtud järgmiselt. Lõikepind on asetatud läbi augu telje, külgvaatel tähtedega *A* ja *B* märgitud seisus. Heites hoidja kerest ära lõikepinnast paremale jääva osa ja jättes vasakust poolest järele ainult augu, vaadeldes teda paremalt, saamegi joonisel kirjanurgast vasakul näidatud kujutise.

Kasutades hoidja projektsioone, püüame kujutleda selle kuju, s. o. lahendada joonise konstrueerimisele vastupidise ülesande. Selleks on tarvis täita seda, mida ütlesime eesimeses peatükis ruumilise eseme kujutlemisest tema tasapinnalise kujutise järgi. Esialgu tundub see ülesanne väga raskena; see nõuab tõesti teatud vilumust jooniste lugemisel. Kuid meie joonisel esitatud detail ei kuulu keeruliste hulka. Joonisel antud lõiked ja ristlõiked kergendavad meie ülesannet tunduval määral. Peatume sellel veidi pikemalt.

Tõmbame peavaate ja külgvaate vahele sirgjoone risti koonusfreesi hoidja telgjoonega. Murrame mõttes joonestuspaberi seda sirgjoont mööda kahetahuliseks täisnurgaks. Nüüd oleme saanud projektsioonipindade ruumilise mudeli, kusjuures peavaade on vertikaalprojektsiooniks ja vaade vasakult — külprojektsiooniks.

Kui joonisel 19 (lk. 32) heita kõrvale horisontaalne projektsioonipind, siis saame oma mudeli näitliku kujutise. Näites, mis tollel joonisel esitatud, asub tipp *A* vastavalt teise ja kolmanda projektsioonipinnaga risti olevate kiirte *A''A* ja *A'''A* lõikepunktis; tipp *B* — kiirte *B''B* ja *B'''B* lõikepunktis jne. Leides nii ruumist eseme *i s e l o o m u s t a v a m a d* punktid, pole enam raske kujutleda eset tervikuna. Täpselt samuti peab toimima ka antud juhul.

Määrates joon. 35 põhjal, et temal kujutatud detail on treitud, võime kergesti kujutleda detaili kuju. Nagu juba öeldud, üles väljakantud ristlõige ja kohtlõige peavaatel kergendavad tunduvalt selle ülesande lahendamist.

Joonisel 36 on koonusfreesi hoidjast antud ilmekam kujutis — tehniline joonistus.

Asume nüüd joonisel märgitud mõõdete läbivaatamisele.

Tavaliselt hakatakse eset mõõtma alates mingist detaili töödeldud pinnast, mis võetakse mõõtmiste lähte-
b a a s i k s.

Selliseks lähtebaasiks on joonisel 35 hoidja pea otspind. Joonisele peale kantud mõõtardud tähendavad millimeetreid ja näitavad detaili tegelikku suurust, mitte aga mõõtkavast sõltuvat suurust joonisel. Sääraseid mõõteid nimetatakse nominaalmõõteks ehk nimi-mõõteks. Arvesse võttes, et tegelikult on võimatu detaili valmistamisel saavutada täielikku ühtumist joonisel märgitud mõõdetega, osutub joonistel vajalikuks näidata lubatavaid kõrvalekaldumisi ehk tolerantse.

Nii näiteks freesihoidja pead läbiva ava keskkoha kaugus pea otsmisest pinnast on antud nominaalse mõõtena 35,7 mm (joon. 35—10). Kõrvalekaldumise ülemiseks pii-riks on +0,05 mm, alumiseks —0,05. Järelikult võrdub tolerant 0,05+0,05=0,10 mm.

Selle detaili valmistamisel ei tohi see mõõde olla suurem kui 35,7+0,05=35,75 mm ega väiksem kui 35,7—0,05=35,65 mm.

Tolerantsid kantakse joonisele vastavalt ГОСТ 3457-46 järgi.

Tingmärki «Ø» tarvitatakse joonistel läbimõõtu tähendavate mõõdete puhul. Vajadus selle järele tekib neil juhtudel, kui ringjoon antud projektsioonis kujutub sirglõigu näol (mõõted 80 ja 10 joonisel 35). Kui aga ringjoon on projekteerimisel jäänud ikka ringjooneks, siis seda tingmärki harilikult ei kasutata (näiteks mõõt 28)¹.

Koonilisus on joonisel 35 märgitud sümbooliga 1:5 (number 11). See iseloomustab hoidja jämedamas osas olevat auku, millel on tüvikoonuse kuju. Mida tähendab siin kirjutis 1:5? See on koonuse suurema (40 mm) ja väiksema (28 mm) põhja läbimõõtude vahe ja kõrguse (60 mm) suhe.

Tõepoolest, läbi teinud nõutava arvutuse, saame: (40—28):60=12:60=1:5.

M6×1, nagu juba teame, tähendab meeterkeeret, mille väline läbimõõt võrdub 6 mm ja samm 1 mm. Käesoleval juhul on tegemist augu (12) juurde kuuluva keermega.

Läheme üle pinnatöötlemismärkide juurde (13). Klambrite ette on asetatud kaks võrdkülgset kolmnurka. See tähendab, et domineerivaks pinna töötlemise liigiks on poolpuhas ehk silutud pind. Kuid klambrites ühe ja kolme kolm-

¹ Kooskõlas ГОСТ'i uue väljaandega («Masinaehituse joonised») «on tingmärki «Ø» kasutamine läbimõõtu tähistavate mõõtardude ees nõutav» (vt. ГОСТ 3458-52).

nurga näitamine tähendab ühtlasi, et meie näites esineb ka teistsuguseid pindu — jämedalt töödeldud ehk kooritud pindu ja puhtaid (lihvitud) pindu.

Joonisel asetatakse need märgid ka iga töötlemisele kuuluva pinna külge. Kolmnurkadele lisatud numbrid 4, 1 ja 7 tähendavad pinnasileduse klassi.

GOCT 2789-51 põhjal pindade konarluste keskmised kõrvalekaldumised nende profiili keskjoonest asetsevad piirides:

esimese juhu jaoks (siledusklass 4) — 12,5 kuni 6,3 mikronit,

teise juhu jaoks (siledusklass 1) — 100 kuni 50 mikronit,

kolmanda juhu jaoks (siledusklass 7) — 1,6 kuni 0,8 mikronit.

Kirjast nurgastambi kohal järeldame, et koonusfreesi hoidja saba peab minema karastamisele.

R_c 35—38 (joon. 35—14) on meile juba tuttav kõvaduse märk.

Tutvumisel teiste masinaehituse joonistega tuleb põhiliselt kinni pidada samast korrast, mida rakendasime koonusfreesi hoidja tööjoonise vaatlemisel.

JÄRELSÖNA

Meie lühike ekskursioon tootmisjooniste valdkonda on lõppenud. Ta tutvustas meid mitme huvitava ja tähtsa asjaga.

Me nägime, kuidas aegade jooksul täiustus graafiline keel. Ürginimese toorest joonistusest «piltkirja» juurde ja piltkirjast tähtkirja kaudu joonise juurde — niisugune oli ta arenemise tee.

See sündis paljude sajandite jooksul. Selle aja vältel muutus ka inimühiskond. Ilmusid klassid, arenes eraomandusõigus tootmisvahenditele ja -abinõudele. Tekkis vastuolu füüsilise ja vaimse töö vahel. Vaimne töö muutus jõukate privileegiumiks, aga rahva tohtu enamik oli mõistetud tegema rasket füüsilist tööd. Tehnika arenemist kasutati töötajate ekspluateerimise suurendamiseks.

Ainult meil, Nõukogude Liidus, hakati töörahva võimuletku järel teaduse ja tehnika saavutusi suunama töö kergendamisele ja tööjõudluse tõstmisele.

J. V. Stalin rääkis, et kuristikku füüsilise ja vaimse töö vahel on võimalik hävitada tööliste ja talupoegade kultuuri ja tehnilise taseme tõstmisel insener-tehniliste töötajate tasemeni: «Tahame teha kõiki töölisi ja kõiki talupoegi kultuurseiks ja harituiks, ja me teeme seda aja jooksul.»

J. V. Stalini sõnad on muutumas tõeks. Meie maa töötajad tõstavad oma kvalifikatsiooni. See aitab neil omandada tänapäeva tehnikat ja seda edasi viia.

Laiendades oma teadmisi, muutuvad töölisel lihtsast töötegijaist loojaiks. Nad esitavad ratsionaliseerimissetpanekuid ja rikastavad tehnikat väärtuslike leiutistega.

See kõik kustutab piirid füüsilise ja vaimse töö vahel ja lähendab aega, mil kaob jaotus «musta» ja «puhta» töö vahel, mil meie rahvas partei ja valitsuse juhtimisel jõuab kommunismini.

KIRJANDUS

Selles väikeses raamatukeses ei olnud muidugi võimalik haarata kõiki küsimusi, mis kuuluvad masinaehitusealase joonestuse valdkonda. Valisime nendest vaid tähtsamad ja põhilisemad.

Kui käesolev raamat äratav tähelepanu vaadeldud küsimustele, kutsub välja huvi nende vastu ja kui lugejad tahavad saada täiendavaid andmeid nende kohta, siis tuleb kasutada vastavat kirjandust. Toome allpool loetelu raamatuid, mida võib kasutada edaspidiseks, üksikasjalisemaks tutvumiseks joonisega:

1. O. Rünk, Joonestustehnika ja geomeetiline joonestamine, RK «Pedagoogiline Kirjandus», Tallinn, 1948.

2. A. Humal, O. Rünk, A. Garšnek, Kujutatav geomeetria I—III osa, RK «Teaduslik Kirjandus», Tartu, 1946—1949.

3. E. Targo, Joonestaja käsiraamat, Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1953.

4. Б. Г. Абугов и В. Я. Козарев, Сборник задач и упражнений по чтению машиностроительных чертежей, Трудрезервиздат, 1952.

5. А. А. Матвеев и Д. М. Блялякин, Черчение, Трудрезервиздат, 1952.

6. М. А. Князьков и А. Д. Красильников, Основы начертательной геометрии и графики, Стройиздат, 1948.

7. Д. А. Круглов, Курс черчения, Гостехиздат Украины, 1950.

8. С. В. Розов, Курс черчения, Машгиз, 1950.

9. И. М. Шидарев, Черчение, Сельхозгиз, 1949.

10. В. И. Каменев, Курс машиностроительного черчения, Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, Москва, 1951.

11. В. А. Федоренко и А. И. Шошин, Справочник по машиностроительному черчению, Машгиз, М.—Л., 1953.

12. И. М. Могильный, Техническое черчение, Машгиз Киев — М., 1952.

13. В. О. Гордон и М. А. Селинцов—Огиевский, Курс начертательной геометрии, М.—Л. Гостехиздат, 1952.

SISUKORD

Eessõna	3
I. Sissejuhatus	5
1. Tänapäeva kirjakunst ja ürgaegne kiri	5
2. Joonis kujutava kirja eriliigina	8
3. Joonise arenemise ajaloost	11
4. Kujutava geomeetria ainekst ja ülesandest	15
II. Mis on «joonis»?	19
1. Sõnaline «portree» ja graafilised kujutised	19
2. Tavaline joonistus (foto), tehniline joonistus ja joonis	20
3. Mis tähendab «projekteerima» ja mis on «projektsioon»?	23
4. Punkt ehk kujuteldav eimiski	25
5. Punkti ristprojektsioonist	25
6. Kahe projektsioonipinna süsteem	28
7. Epüür — joonise geomeetriline alus	29
8. Kuidas konstrueeritakse tikutoosi joonis	31
9. Kas eseme kahe antud projektsiooni põhjal on kerge konstrueerida tema kolmas vaade?	33
III. Detailist tema tööjooniseni	36
1. Detaili joonis — tänapäeva masinaehituse alg- ja põhidokument	36
2. Mis on ΓCCT?	37
3. Millest algab joonise valmistamine?	38
4. Kuidas joonistel märgitakse materjali, selle kõvadust ja detaili töödeldavate pindade siledust	39
5. Mitu üksikut vaadet (projektsiooni) on vajalik joonisel näidata?	41
6. Visandamine ja temale esitatavad nõuded	42
7. Üleminek visandilt joonisele	50
8. Mõni sõna montaažjoonisest	52
9. Jooniste kopeerimine ja valguskoopia	53
IV. Kuidas loetakse tootmisjooniseid	55
1. Millises järjekorras tutvutakse joonisega?	55
2. Kirjanurk — lähtepunkt joonise lugemisel	55
3. Detaili tööjoonise lugemine	57
Järeisõna	61
Kirjandus	62

Toimetaja H. Rehemaa

Kaane kujundus V. Tolli

Tehniline toimetaja E. Plaks

Korrektorid P. Hiie ja M. Sepp

Ladumisele antud 26. XII 1953.
Trükkimisele antud 18. II 1954.
Paber 54×84 sm, 1/16. Trükiarv
5000. Trükipoognaid 4. Formaa-
dile 60×92 kohaldatud trüki-
poognaid 3,28. Arvutuspoognaid
3,34. Tellimise nr. 2370. MB-07038.
Trükikoda «Punane Täht», Tal-
linn, Pikk t. 54/58.

На эстонском языке.

Hind rbl. 1.—

Rbl. 1.—

A-16558 ^{III}

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00812789 8