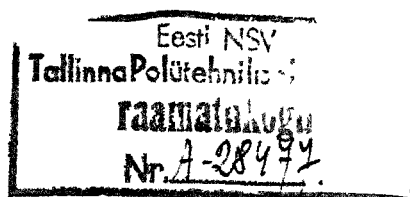


L. KAALMAN

# MÄETÖÖD



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1950 TARTU

Käesolev raamat haarab kõigi nende küsimuste kompleksi, mis on seotud maa-  
varade kaevandamisega, nagu: geoloogia algmõisted, varapaikade avamine, puurimis- ja  
lõhkamistöed, kaeveõõnsuste rajamine, kaevandamise viisid, tähtsamad mäemasinad,  
kaevandamistöede mehhaniseerimine, vee kõrvaldamine, tuulutamine, valgustus, pääste-  
tööd õnnetusjuhtumitel ja kaevanduste pealmaa-ehitised.

Raamat on määratud õppevahendiks Tallinna Polütehnilise Instituudi Mäeosa-  
konnale ja Tallinna Mäetehnikumile. See on kasutatav õppevahendina ka mäemeistrite  
kvalifikatsiooni tõstmise kursustel ja mineerijate ettevalmistamisel.

## SISSEJUHATUS.

Mäetööstus ulatub kaugesse minevikku. Juba eelajalooline inimene kasutas maapõuest saadud tulekivi ja teisi kive tööriistade ja relvade valmistamiseks. Arheoloogilistel kaevamistel on avastatud vanu kaevandamispaiku, mis kuuluvad inimühiskonna arenemise algajastusse. Kivide kaevandamisele järgnes kulla ja hõbeda kaevandamine. Ka rauatootmist tunti mitu tuhat aastat enne meie ajaarvamist.

Vanimaaegsed kulla kaevandamise kohad meie riigi piirides olid Siberis ja Altais. Kullatootmist tunti väga hästi Kaukaasias. Armeeniat peeti vanal ajal kullarikkuse poolest üheks tähtsamaks maaks maailmas. Taga-Kaukaasias Vani järve piirkonnas kaevandati vasemaaki ja toodeti vaske, millest valmistati nõusid. Sealt veeti vasknõusid välja Mesopotamiasse ja mujale Aasiasse.

Mäetööstuse tõusu alguseks Venemaal võib pidada suurvürst Ivan III aega (1462—1505). 1491. a. saadeti Petšora piirkonda ekspeditsioon, kes avastas seal rikkaid hõbeda ja vase leiukohti.

XVI sajandi lõpul leidis mäetööstust juba paljudes Venemaa piirkondades. Soolakeetmist toimetati Staraja Russas, Võtšegdas, Totjmas ja Solovetski saartel. Karjalas toodeti vilgukivi, mida kasutati aknaklaasideks ning veeti ka välismaale, kus teda nimetati muskoviidiks (Moskva järgi). Kargopolis ja Ustjug Železnõis sulatati rauda ning Volga ääres Samaara kääru lähedal toodeti väävlit.

Mäetööstus arenes kiiresti Peeter Suure ajal. Tuula sepale Demidovile anti Uuralis suured maa-alad ja tehti soodustusi rauatootmise tööstuse arendamiseks, mida ta ka energiliselt ära kasutas.

Esimeseks rauatootmise tehaseks Uuralis oli Nevjanski tehas, mis ehitati XVII saj. lõpul. Seejärel ehitati veel mitu tehast. 1640. a ehitati Uuralis esimene vasesulatamise tehas.

XVIII saj. oli vene raud kuulus kogu Euroopas. Inglismaale veeti Uuralist esmaklassilist puusütega sulatatud rauda ja malmi.

Valutööstus oli Moskvas väga kõrgel tasemel, seda tõendavad niisugused valutööstuse meistriteosed, nagu Tsar-Puška ja Tsar-Kolokol.

Moskvas valati ka Westminster'i katedraali suur kell; selles praeguses Inglise parlamendi istungite hoones oli endisel ajal klooster.

Tähtsat osa etendasid Venemaa mäetööstuse arendamisel XVIII saj. avatud erilised tehnikute koolid mäetööstuse kaadri ettevalmistamiseks. Nendest vanimad on Nižni Tagilis asuv mäemetallurgia-tehnikum, mis avati 6. detsembril 1709. a. Peeter I käsul, ja vene mäeteaduse uhkus, kuulus Leningradi Mäeinstituut, mis asutati 1773. a.

Hindamatut mõju vene mäetööstuse arendamisele avaldas suur vene teadlane M. V. Lomonossov, kes kirjutas raamatu „Первые основания металлургии или рудных дел”. See teos ilmus 1763. a. Teaduste Akadeemia kirjastusel ja sai mäeasjanduse edasise arendamise aluseks.

Kivisöetootmine Venemaal algas XVII sajandi lõpul. XIX saj. 70-ndatel aastatel hakkas kivisöetoodang seoses raudteede ulatusliku ehitamisega Venemaal kiiresti tõusma. Nii näiteks toodeti kivisütt 1870. a. — 688 000 t, 1880. a. — 3 300 000 t ja 1904. a. 19 600 000 t. Enne Esimest Maailmasõda 1913. a. toodeti Venemaal 29,1 milj. tonni kivisütt. Sellel kiiresti areneva mäetööstuse ajajärgul kasutati peaaegu ainult käsitsi kaevandamist.

Kuni Suure Oktoobrirevolutsioonini toodeti sütt peamiselt Donetsi basseinis, mille osa üldtoodangust oli 87,2%.

Esimene Maailmasõda, interventsioon ja kodusõda mõjusid Venemaa mäetööstusele laastavalt; näiteks langes kivisöetoodang 1920. a. 7,6 milj. tonnini.

Noor Nõukogude riik on oma alguspäevadest peale osutanud suurt tähelepanu mäetööstuse arendamisele, sest ilma metalli- ja söetööstuse taastamiseta ja edasise võimsa arenemiseta ei oleks olnud võimalik taastada ning arendada teisi tööstusharusid ja transporti, mis pärast imperialistlikku sõda ja interventsiooni olid samuti äärmiselt halvas seisukorras. Oli vaja taastada kütteainetööstus ja eelkõige kivisöetootmine.

V. I. Lenin ütles 1920. a. esimesel ülevenemaalisel mäetöölaliste kongressil:

„Te muidugi kõik teate, et ilma söetööstuseta ei ole mõeldav mingisugune kaasaegne tööstus, ei ole mõeldavad mingisugused vabrikud ega tehased. Süsi — see on tööstuse leib, ilma selle leivata tööstus seisab, ilma selle leivata osutub raudteetransport äärmiselt viletsas seisukorras olevaks ja mingil viisil pole võimalik teda taastada”<sup>1</sup>.

Ülesanne, mis kerkis Nõukogude valitsuse ette, oli määratu suur. Oli vaja alata maa industrialiseerimist, ilma milleta ei olnud võimalik kaitsta

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., изд. 3-е, т. XXV, стр. 131.

Suure Sotsialistliku Oktoobrirevolutsiooni võite. Mäetööstuse osa tööstuse arendamisel iseloomustas seltsimees Stalin järgmiselt:

„Pidage meeles, et süsi on Venemaal niisama tähtis kui võit Denikini üle”<sup>1</sup>.

Nii iseloomustasid nõukogude sotsialistliku riigi suured loojad V. I. Lenin ja J. V. Stalin seda suurt tähtsust, mida omab rahvamajandusele söetööstuse arendamine.

Nõukogudemaa mäetööstuse edasine arenemine kulges täielikult Lenini ja Stalini poolt ettenäidatud rada mööda. Tänu partei ja valitsuse alalisele abile ja määratu suurtele kapitalimahutustele, mis suunati uute kaevanduste ehitamiseks ja vanade rekonstrueerimiseks, täitis mäetööstus oma ülesande Nõukogudemaa industrialiseerimise alal ja rahuldab pidevalt kasvava rahvamajanduse nõuded söele.

Mäetööstuse sellist võimsat tõusu põhjustas mitte üksnes uute kaevanduste käikulaskmine, vaid selle aluseks oli ka uute masinate ja tehniliste vahendite kasutuselevõtmine, uue nõukoguliku kaadri ettevalmistamine ja kasvatamine ning juhtiva organiseerimise kindlustamine.

ÜK(b)P XVI konverentsil 1929. a. võeti vastu ja kinnitati esimene rahvamajanduse arendamise viie aasta plaan. See plaan nägi ette võimast kaevanduste ehitamist Donbassis, Uuralis, Kuzbassis ja Moskva basseinis. Partei XVI kongressil 1930. aastal püstitas seltsimees Stalin Keskkomitee poliitilises aruandes ülesande teise kivisöe-metallurgiabaasi — Uural-Kuzbassi — loomise kohta idas.

Üheaegselt Uurali ja Kuzbassi mäetööstuse arendamisega algas esimesel viisaastakul see areng ka mujal. Näiteks alustati samal ajal NSV Liidu kolmanda söebaasi — Karaganda — kiiretempolist väljaehitamist.

Teise viisaastaku vältel kasvas söetööstus suure kiirusega eriti uutes söetööstuse rajoonides, mille tagajärjel Donbassi osatähtsus üldtoodangus vähenes, vaatamata sellele, et ka Donbassi toodang oli ennenägematult tõusnud.

Kolmandal viisaastakul toimus mäetööstuse edasine tõus peamiselt kaevanduste järjest kasvava mehhaniseerimise tõttu.

ÜK(b)P XVIII kongress määras kivisöetööstuse järjekordsed põhimised ülesanded järgmiselt:

„Arendada söetootmist niisuguse tasemeni, mis kindlustab mitte ainult riigi jooksvate tarviduste katmist, vaid võimaldab ka moodustada majan-

<sup>1</sup> J. V. Stalin, Teosed, 4. köide. RK „Poliitiline Kirjandus”, Tallinn, 1948, lk. 287.

duslikke varusid ja riiklikke reserve. Kindlustada sõetootmise võimalikult kõrge tempo sõerajoonides...”

„Moodustada uued kohaliku sõe tootmise baasid riigi kõigis rajoonides, kus on kas või väikesedki leiukohad, ja nende arendamisel viia kohaliku tööstuse ettevõtted, kommunaalettevõtted, koolid, haiglad ja asutised kaugelt veetavalt kütteinelt üle kohalikule kütteenainele”<sup>1</sup>.

Kaevanduste rekonstrueerimine ja uute moodsate masinate kasutuselevõtmine muutis põhiliselt kaevandustöölise töötingimusi, tõi pöörded kaevandustööde organiseerimisse ja soodustas tööliste kultuurilise taseme kiiret tõusu.

Kui varem vanades kaevandustes käsitsi töötamisel domineerisid kvalifitseerimata töölised, siis kaevanduste mehhaniseerimise tagajärjel muutus tööliste koosseis põhjalikult — töölised muutusid oskustööliseks. Tekkis uus, kvalifitseeritud tööliste kaader, kuhu kuulusid soonimismasinade masinistid, elektrivedurite masinistid, elektrikud-lukksepad ja teised.

Kaevuri töö kergenes tunduvalt, muutus raskest mehhaniseerimata tööst, nagu see oli olnud tsaari-Venemaal, kõrgesti kvalifitseeritud ja mehhaniseeritud tööks.

Tehnika võimas arenemine, masinate laialdane kasutuselevõtmine ja tööliste kõrge kultuuriline tase võimaldasid tööviljakuse enneolematut tõusu. Kümne aastaga tõusis tööliste tööviljakus enam kui kaks korda. Säärast tõusu ei ole kunagi saavutanud ükski kapitalistlik riik.

Sotsialistlik suhtumine töösse kutsus 1935. a. esile stahhaanovliku liikumise. Stahhaanovlik liikumine levis kiiresti üle kogu Nõukogudemaa ja haaras eranditult kõik meie tööstused ja põllumajanduse. Selles liikumises kehastus eksploatatsioonist vaba inimtöö, mis on võimalik ainult sotsialistlikus ühiskonnas.

Esimesel üleliidulisel stahhaanovlaste nõupidamisel peetud kõnes 17. novembril 1935. a. ütles seltsimees Stalin: „See liikumine purustab vanad vaated tehnikale, purustab vanu tehnilisi norme, vanu projekteeritud võimsusi, vanu tootmisplaane ja nõuab uute, kõrgemate tehniliste normide, projekteeritud võimsuste ja tootmisplaanide loomist. Tema ülesandeks on revolutsioneerida meie tööstus. Just sellepärast on stahhaanovlik liikumine oma põhjaluselt sügavalt revolutsiooniline”<sup>2</sup>.

Stalinlike viisaastakuplaanide teostamine tõstis mäetööstuse niisugusele tasemele, mis võimaldas metallitööstuses enneolematut tõusu ja kogu

<sup>1</sup> ВКП(б) в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК Часть II, изд. 6-е, стр. 731.

<sup>2</sup> J. Stalin, Leninismi küsimusi, RK „Poliitiline Kirjandus”, Tallinn, 1945, lk. 436.

NSV Liidu industrialiseerimist, rahuldab tööstuse nõuded kivisöe alal ja võimaldas luua ka vajalikud riiklikud reservid.

Mäetööstuse sotsialistlik arenemine ja mehhaniseerimine oli võimalik ainult kodumaiste mäetööstusmasinate ehitamise alusel. Mäetööstusmasinate ja tehnilise varustuse võimas baas, mis loodi NSV Liidus kolme esimese stalinliku viisaastaku vältel, võimaldas meie riigi mäetööstusel tõusta mehhaniseerimise poolest esimesele kohale maailmas.

Mäetööstusmasinate ehitamine ei soikunud meil ka Suure Isamaasõja päevil. Sõjajärgsetel aastatel hakkas see aga iseäranis hoogsalt tõusma. Meie söekaevandusi varustatakse järjest moodsama, üha täiuslikuma tehnikaga, mis on suunatud kõikide kaevandamistööde täielikule mehhaniseerimisele.

Saksa fašistlikud röövvalitajad, kes ajutiselt okupeerisid Donbassi ja Moskva basseini, purustasid ja hävitasid plaanikindlalt kaevandusi — nõukogude rahva vara, mida rahvas oma kangelasliku tööga oli ehitanud.

Täielikult hävitati kõik kaevanduste maapealsed ehitised, purustati šahtide suudmed, lõhuti tõstemasinad, ventilatsiooniseadmed, kompressoriid, elektri-alajaamad ning uputati kaevandused. Donbassis purustati täielikult 44% vertikaalsetest šahtidest ja kõik ülejäänud vigastati. Uputati ja purustati üle 2800 km peamisi allmaa-kaeveõõnsusi. Purustati üle 8 milj. m<sup>3</sup> tööstuslikke hooneid. Töölise elamuid, linnu ja asulaid purustati 90% ulatuses; samuti purustati ka kõik klubid, kultuurimajad ja koolid.

Moskva basseinis purustati üle 50% vertikaalsetest šahtidest ja hävitati täielikult üle 55 km peamisi kaeveõõnsusi. Uputatud kaevandustes oli üle 2 milj. m<sup>3</sup> vett. Peaaegu kõik tehnilised hooned ja seadeldised purustati täielikult. Töölisasulad said ka siin suuresti kannatada.

Selle hävitustööga lootsid hitlerlased hävitada meie rahvamajanduse aluse — kütteainete baasi — ja sellega nõrgestada meie tööstust. Nende arvestuse järgi oli lähemate aastate jooksul võimatu taastada ja uuesti üles ehitada purustatud söetööstust. Kuid okupantide lootused ei täitunud.

Tööstus, mis oli seltsimees Stalini initsiatiivil ja nõukogude rahva tahtel ehitatud kolme stalinliku viisaastaku vältel Uuralisse, Siberisse ja mujale idarajoonidesse, oli võimas. Sellele lisandusid evakueeritud tehased ja vabrikud. Meie söetööstuse idapoolsed baasid — Kuzbass, Karaganda ja teised väiksemad — varustasid tööstust ja transporti söega. Kõik see võimaldas Suure Isamaasõja ajal varustada meie Nõukogude Armeed kõige vajalikuga ja hävitada vaenlane.

Tänu suurele abile, mida annab partei ja valitsus ning isiklikult seltsimees Stalin meie söetööstusele, toimub kaevanduste ja asulate taastamine enneolematu kiirusega. Maailma tehnika ajaloos ei tunta niisugust

ülesehitustööde ulatust ja tempot, mis on saavutatud meil sõjajärgsetel aastatel. See on osutunud võimalikuks ainult sotsialistliku majandussüsteemi eeliste ning Nõukogudemaa rahvahulkade patriotismi tõttu.

Sõetööstus on juba kaugelt ületanud sõjaeelse toodangu. Suurim sõetööstuse bassein — Donbass — on kerkinud varemeist ja annab suuremat toodangut kui ükski teine bassein riigis.

Sõetoodangu tõus tugineb kaevanduste pidevale mehhaniseerimisele. Sõetööstuse mehhaniseerimine ületas juba 1948. a. tunduvalt sõjaeelse taseme. Hoogne mehhaniseerimine, tööprotsessi ja tööjõu organiseerimine tagavad tööliste tootlikkuse edasise tõusu. On valmistatud hulgaliselt uut tüüpi masinaid, mis on mäetööstuse tehnilise ümberkorralduse aluseks.

Kõige rohkem tööjõudu nõudev ja kõige raskemini mehhaniseeritav tööprotsess on kaevanduses lahtimurtud sõe laadimine. Nüüd on sõetööstuses masinaid ja mehhanisme, millede abil võib lahtimurtud sütt laadida mehhaniseeritult. Peale selle omab sõetööstus tänapäeval niisuguseid kõrge tootlikkusega masinaid, nagu söekombainid, söesahad, soonimislaadimismasinad, uut tüüpi transportöörid, sõe- ja aherkivimi laadimise masinad, rasked elektrivedurid, võimsad ekskavaatorid jne.

Sõekaevandamise tehnilise varustuse ulatuslik uuendamine võimaldas juba 1949. aastal viia mitmeid suuremaid Donbassi, Kuzbassi ja Moskva basseini kaevandusi komplekssele mehhaniseerimisele. Nendes kaevandustes on mehhaniseeritud kõik tööd, alates sõe lahtimurdmisest kuni raudteevagunitesse laadimiseni.

Sõetööstuse edasise mehhaniseerimise ja sõe kvaliteedi tõstmise kohta on öeldud NSV Liidu rahvamajanduse taastamise ja arendamise viie aasta plaani seaduses 1946.—1950. järgmist:

„Sõetootmise, ehitustöö ja tööjõudluse suurendamise kindlaksmääratud programmi täitmiseks igati mehhaniseerida palju tööd nõudvad protsessid sõetööstuses, kindlustades eriti laialdaste tööde teostamist sõe väljavõtmise ja pealelaadimise mehhaniseerimise alal. Vastavalt sellele suurendada mehhanismide arvu sõetööstuses 3—4 korda sõjaeelse tasemega võrreldes... Rakendada sõetööstuses laialdaselt metall- ja raudbetooni teostamist puutugede asemel...”

„Sõetööstuse tähtsaimaks ülesandeks pidada sõe kvaliteedi otsustavat parandamist tema hüvendamise, sorteerimise ja brikettimise teel.”

Nõukogude korra kehtestamine avas ka Eesti NSV mäetööstusele piiramatud arenemisvõimalused. Pidevalt rajatakse ja lastakse käiku meie põlevkivibasseinis uusi moodsaid kaevandusi, mis varustatakse uusimate masinatega. Samuti laiendatakse vanu, kodanlikul ajal ehitatud kaevandusi, mis



olid määratud peamiselt käsitsi töötamiseks. Ka suureneb pidevalt Eesti NSV teine mäetööstuse haru — fosforiiditööstus. Sotsialistlikule majapidamisviisile siirdunud Eesti NSV põllumajanduses suurenevad üha nõuded selle väärtusliku väetussaine järele. Suuremate ehitusrajoonide läheduses tekivad masinatega varustatud mäetööstuslikud ettevõtted looduslike ehitusmaterjalide tootmiseks. See enneolematult kiire mäetööstusettevõtete kasv ja üleminek mehhaniseeritud töötamisviisile nõuavad laiaulatuslikku uue kaadri ettevalmistamist mäetööstusele ja olemasoleva kaadri kvalifikatsiooni pidevat tõstmist.

Kaasaegse mäetööstuse väljaarendamisel on töötanud paljud suured vene ja nõukogude teadlased. Iga mäemees tunneb professorite M. M. Protodjakonovi ja B. J. Boki, akadeemikute A. A. Skotšinski, A. M. Terpigorevi ja L. D. Ševjakovi nime.

Prof. M. M. Protodjakonovi (1874—1930) arvukatest uurimistöödest on tähtsaimad mäerõhu ja kivimite kõvaduse kohta kirjutatud tööd. Tema poolt koostatud kivimite kõvaduse skaala leiab veel praegugi üldist tunnistust ja kasutamist.

Prof. A. J. Boki (1873—1927) pani aluse teadusliku analüüsi kasutamisele mäetööstuslike küsimuste lahendamisel. Tema teos „Аналитический курс горного искусства”, mis ilmus täielikult 1929. aastal, annab teaduslikud lähtealused kaevanduste projekteerimiseks. Analüütilise meetodi tarvituselevõtmisega mäetehniliste ülesannete lahendamisel andis ta võimaluse mäeteaduses kasutada matemaatilist ja tehnilis-ökonomilist analüüsi.

Tänu B. J. Boki ja tema järglaste töödele, kes süvendasid ja arendasid analüütilist meetodit, jõudis meie kodumaine mäeteadus kaugemale ette välismaisest.

Akadeemik A. A. Skotšinski on kaevanduste tuulutamisviiside kodumaise uurimise algataja ja arendaja. Ta on ligi 50 aastat uurinud kaevandusgaase ja -tolmu, kaevanduste tulikahjude tekkimise põhjusi, õhu liikumist kaeveõõnsustes, mäerõhku ja isegi šahtide rajamise eriviise. Tema tähtsamad teosed on kirjutatud õhu liikumise kohta kaeveõõnsustes. Need klassikalised uurimised ja teoreetilised läbitöötamised põhinevad aerodünaamilikal.

Akadeemik A. M. Terpigorevi töid iseloomustavad sügavad teaduslikud üldistused mäetehniliste küsimuste alal. Need on võimaldanud lahendada tähtsaid mäetehnilisi ülesandeid ja teaduslikult selgitada mäetööstuse praktika põhialuseid. Ta on paljude õpperaamatute ja teaduslike tööde autor. Tema teosed „Пути развития механизации в каменноугольной промышленности”, „Научные проблемы в горной промышленности в третьей

пятилетке" ja teised leidsid kasutamist meie mäetööstuse viisaastakuplaanide koostamisel.

Akadeemik L. D. Ševjakov on väljapaistvaim teadlane kiht-varapaikade kaevandamise alal. Tema sulest on ilmunud kapitaalne teos, õppegaamat „Разработка пластовых месторождений”, mis on juba enam kui 10 aastat olnud põhiliseks õpikuks kiht-varapaikade kaevandamise alal meie kõrgemates koolides.

Nõukogude eesrindlik teadus ja tehnika ning mäetööstuse ala töötajate ennastsalgav töö tagavad meie mäetööstuse kiire edasise arenemise

## MINERALOOGIA. GEOLOOGIA.

## 1. Üldmõisted. Sagedaimini esinevad mineraalid.

Maapind, millel elame, muutub alatasa. Juba inimelu kestel võib tähele panna, kuidas näiteks sood kuivavad või ümberpöörduvalt — heinamaad ja metsad soostuvad, kuidas jõed-järved lõhuvad ühte kallast ja veekogu laiendavad, teist kallast aga täidavad liivakuhjatistega. Liivalademeid kannab tuul ühest kohast teise (luited), jne. Ei ole mõeldav, et kunagi on olnud aeg, kus maakeral mingeid seda laadi muutusi ei toimunud. Jälgede järgi, mis on jätnud säärased muutused, võib koostada tõenäolise muutuste käigu. Selle ülesande kallal töötab teadusharu, mille nimi on geoloogia.

Et märkida muutusi maakeral, peab tundma neid aineid, mis muutuvad. Nende seas on näiteks liiva-, savilademed, põllumuld, turvas, paelademed, ränikivid. Selliste, maakoort moodustavate kivimite uurimist teostab petrograafia. Kuid kivimid koosnevad harilikult mitmesugustest osadest. Neid üksikuid, juba ühtlasest aimest koosnevaid kivimite osi nimetatakse mineraalideks ja neid uurib mineraloogia.

Ka mineraalid pole enamikus lihtsa koostisega, nad sisaldavad harilikult mitut algainet. Et saada säärasest mineraalist kätte tarvilikku ainet, näiteks rauda, vaske, on tarvis viimased lahutada teistest mineraalis olevatest ainetest mineraali sulatamise, põletamise või lahustamise teel. Metalle andvaid mineraale või kivimeid nimetatakse maakideks.

Peale metalli saamise kasutatakse mineraale või kivimeid keemiatöötuses, ehituse, energeetika jne. otstarveteks.

Mineraalide mehhaanilistest omadustest omab tegelikkuses eeskätt tähtsust kõvadus, mida määratakse ligikaudselt, kriimustades mineraale üksteisega: kriimustav mineraal on kõvem kriimustatavast.

Mineraalide määramisel on tähtsaks tunnuseks ka kuju, milles teatav mineraal esineb. Kvarts näiteks esineb harilikult teradena (räniliivana),

kuid teda leidub ka teisel kujul — kuueta huliste prismade ja püramiidide näol. Viimane on kvartsi kristalne kujud. Säärast reeglipäraselt tasapindadega piiratud kujud omavad peaaegu kõik mineraalid.

Järgnevalt on lühidalt kirjeldatud mõningaid peamisi kivimeid moodustavaid ja eriti Eesti NSV-s sagedasti esinevaid mineraale.

Kvarts ehk ränikivi on metalloidi siliitsiumi oksüüd (ühend hapnikuga, ränihapend). Liivana tarvitatakse teda teede sillutamisel ja klaasi valmistamisel, ehitustel savi-, lubja- ja tsemendisegudeks. Vesiselge, läbipaistev kvarts esineb mäekristallina harilikult kuueta huliste prismade ja püramiidide näol kivimites leiduvates õõnsustes. Kohati esineb sama mäekristall mustana või hallina ja kannab suitsukvartsi nime; kohati on ta lilla ja teda nimetatakse siis ametüstiks, mis moodustab ühe alamata järku kalliskivi. Kollakat või mustjaspruuni kumerapinnaliselt lõhenevat ränikiviliiki nimetatakse tulekiviks; triibuline samalaadne mineraal on ahhaat, millega ligidalt sarnaneb opaal, mis, omades erilist värvimängu, on I. klassi kalliskivi.

Ränikivi on kõvem terasest ja paljudest teistest mineraalidest. Sellepärast tarvitatakse ränikivi ja ränikat liivakivi lihvimiseks, käiaadeks, luisukudeks.

Päevakivi ehk põldpaju leidub meil rändkivides ja nende lagunemisel tekkinud kruusas nurgeliste siledapinnaliste tükikeste ja tahvlikeste näol. Harilik värvus on kas valkjashall või roosakaspunane, vahel ka rohekashall. Meil erilist tarvitamist ei leia. Kohtades, kus põldpaju võidakse puhtalt toota, kasutatakse teda jahvatatult portselani (ja klaasi) segudeks, sest tema keemilises koostises esinevad peamiselt ka ränihape ja alumiiniumoksüüd, s. o. saviollused; saviks muutubki päevakivi, lagunedes aja jooksul ilmastiku mõjul.

Vilk. Valget läbipaistvat vilku nimetatakse muskoviidiks, musta — biotiidiks; viimane annab lagunemisel „kassihõbeda” ja „kassikulla” litrikesi. Ta on peamiselt ränihapest ja alumiiniumoksüüdist koosnev mineraal; pehme, laguneb kergesti õhukesteks painduvateks lehekesteks ja litrikesteks. Leidub rändkivides, kuid ei puudu ka harilikus liivas ja savis. Petrooleumikõõkide aknakesed on muskoviidist; samuti tarvitatakse vilku elektri-isolatsiooniks.

Glaukoniit on samuti ränihappe, alumiiniumoksüüdi ja raua ühend. Esineb roheliste terakestena liivakivis, savis, merglis, andes neile rohelist värvuse. Sageli sisaldab glaukoniit palju kaaliumi ja teda võib siis kasutada väetusainena.

Korund on puhas alumiiniumoksüüd. Kristalne, selge ja ilusavärviline, annab I. klassi kalliskive — safiiri (sinine) ja rubiini

(punane). Kõvadus on väga suur, mistõttu korundipuru tarvitatakse lihvimiseks. Smirgel on korundi segu teiste mineraalidega.

Kaoliin — portselansavi, on ränihappe ja alumiiniumoksüüdi ühend veega. Mitme teise mineraali lagunemisprodukt. Harilik savi on enamasti kaoliini segu muude ainetega (liiv, muda jne.). Teatava hulga veega segatult on ta vormitav. Ei lase vett läbi.

Pürokseenid ja amfiboolid. Harilikult tumerohedad kuni mustad mineraalid, sisaldavad ränihapet koos magneesium-, kaltsium- ja raudoksüüdiga. Koos biotiidiga tingivad nad meie rändkivide tumeda värvuse. Kõvadus on väiksem kui põldpaol.

Magnetiit on raudoksüüd. Eesti NSV-s leidub teda kohati merevõi järvekalda liivas raskete tumedate terakeste kujul. Seal, kus ta esineb koondatud kujul (tervete mägedena), on ta kasutatav rauamaak (näit. Magnitogorskis Uralis).

Limoniit on samuti raudoksüüd, kuid ühenduses veega. Roostevärvi ja ka tumedamate kooriku- või mugulataoliste moodustistena leidub ka meil limoniiti mitmel pool rohukamara all ja soodes ning järvede põhjas (soo-rauamaak), mõnes paigas ka mulla (pulbri) — ookri näol. Kus teda on rohkesti, sulatatakse ka temast rauda.

Püriit. Raua ja väävli ühend. Valge või kollaka metalliläikega. Kõvadus on suurem kui terasel (annab vastu terast sädemeid). Harilikult kristalse välimusega, kuid leidub ka tiheda massina. Eesti NSV-s leidub üksikute pesakestena ja peene pulbrina kõigis lubjakivides; ei puudu ka liivakivides. Kihina esineb meie vaesema õlikivi — diktüoneema-kiltkivi põhjas.

Kaltsiit on süsihapu kaltsium. Puhtal kujul vesiselged kristallid, esinevad sagedasti lubjapae õõnsustes ja lõhedes. Kaltsiiditerakestest koosneb marmor, samuti koosneb enamik lubjakive kaltsiidist. Kui kaltsiumile lisandub rohkesti magneesiumi, kannab kivim dolomiidi või dolomiitse lubjakivi nime. Kui kivimis koos kaltsiidiga leidub ka rohkesti saviollust, nimetatakse kivimit mergliks. Ka kriit koosneb kaltsiidist. Kui kaltsiiti kuumendada üle 900°, aurub süsihappegaas ja järele jääb kaltsiumoksüüd — „põletatud lubi”, mis veega niisutatult annab „kustutatud lubja”.

Kips on väävelhapu kaltsium ühenduses veega. Täiesti puhtana kristalliseerunult on ta vesiselge, kuid harilikult on ta lisanditega värvitud halliks, kollakaks, roosakaks. Sagedasti kiuline. Enamasti tarvitatakse kipsi kuumendatult ja jahvatatult krohvikipsiks.

Apatiit on fosforhapu kaltsium, kloori või fluori lisandiga. Puhtalt vesiselge, kristalne, harilikult teiste ainetega segatud ja värviline. Kõva-

dus nagu akn klaasil. Mikroskoopiliste nõelakeste kujul väga sagedane lisand teistes mineraalides. Eesti NSV-s on ta muistsete karploomakeste karpide kivistusmaterjaliks, moodustades meie fosforiidilademed.

**T e e m a n t** on puhas kristalne süsinik. Süsinikku leidub looduses veel grafiidi ja kivisõe näol, millede tohutu suured varud leiduvad Nõukogude Liidus. Eesti NSV-s on mineraalseist sütest olemas ainult turvas — sõestumise algastme saadus.

Süsinikku sisaldab ka meie põlevkivi — kukersiit, mis osutub väärtuslikuks kütte- ja õlisaamise aineks.

## 2. Kivimid.

Harva moodustab üksainus mineraal maakoore suurema osa, harilikult esineb neid mitu koos, moodustades mitmesuguseid üksusi — kivimeid, milledest oli juttu juba eespool. Kivimid jaotatakse kolme suuremasse rühma:

1) tardkivimid, mis on tekkinud tulikumast sulatisest, nn. **m a g m a s t**, tema hangumisel;

2) setekivimid, mis on sadestunud veekogude põhja või kuhjunud maismaal mitmesuguste geoloogiliste välistegurite mõjul;

3) moone- ehk muutekivimid (kristall-kiltkivid), mis on tekkinud tard- või setekivimitest, tehes läbi erilisi muutusi suure rõhumise, kuumuse jne. mõjul.

Tardkivimid Eesti NSV-s maapinnale suurte massidena ei kerki, neid leidub ainult rändkividena. Kuid võib esineda suuri alasid, mille pind koosneb ainult neist, näiteks Soomes.

Tuntumaid tardkivimeid on **g r a n i i t**, mis koosneb peamiselt kaaliumi sisaldavast põldpaost, kvartsist ja vilgust, sageli pürokseeni või amfibooli või ka mõne muu mineraali lisandusega. Põldpao värvus määrab graniidi värvuse, mis on sagedamini punakas või hall.

Kui kivimi koostisest kaob räni, siis nimetatakse seda kivimit **s ü e n i i d i k s**.

Kaalium-päevakivita ja graniidi juures loetletud lisamineraale sisaldavad **d i o r i i t** ja **g a b r o**; viimaste õigeks määramiseks on sagedasti tarvis mikroskoobi abi.

Mineraalid, mis esinevad senini nimetatud tardkivimites, on kõik täielikult kristalliseerunud kas terakeste või lehekeste kujul, kuid on ka liik kivimeid, milles leidub suuremaid mineraaliteri ühtlase põhimassi sees, mis on puudulikult kristalliseerunud. Siia kuulub **p o r f ü ü r**, mille põhimassis

ilmnevad põldpao ja vähemal määral ka kvartsi kristallid. Puudub kvarts, siis kannab kivim tr a h h ü ü d i nime.

Kui tardkivim koosneb peaaegu ainult ühtlasest tumedavärvilisest massist, milles siiski on ära tunda põldpaod ja augiidid või amfiboolid, on tegemist enamikul juhtudel b a s a l d i g a.

Maapinda moodustavad kivimid murenevad (lagunevad) mitmesuguste väliste mõjude, nagu külma ja sooja, niiskuse ja kuivuse vaheldumisel, osalise keemilise lahustumise tõttu, millele aitavad kaasa taimed ja loomad. Kõva kivim muutub nende mõjustuste tõttu pehmeks, koredaks, temast eralduvad suuremad või väiksemad tükid. Uued tegurid hakkavad neid transportima.

Esimene neist tegureist on raskustung: järsemalt kallakuilt variseb osa lagunenu materjalist alla, jäädes peatuma tasasele või väiksema kallakusega pinnale.

Peene tolmu, ka liiva kannab tekkekohalt ära õhuvool — tuul (teine transportiv tegur); kui tuule kiirus raugab või tolmu saab märjaks, langeb ta maa peale, setib; samuti jääb maa peale liiv või muu materjal, mida tuul mööda maapinda edasi veeretab. Nii tekivad tolmulademed, mis on tuntud lõssi nime all, ja liivaluited (meilgi mere ja suuremate järvede ümbruses).

Maapinnale, ka kõrgematele mägedele sademetena langev vesi voolab alati võimalikult madalamasse kohta. Voolates võtab ta kaasa oma voolusängi osi osalt lahustatuna, osalt hõljuvana, osalt veeretades edasi jõepõhjapidi. Voolav vesi (kolmas transportiv tegur) süvendab ja laiendab oma sängi, nii et tekivad orud, kuristikud.

Kui veevool püsib karedana (langus suur) kuni tema suubumiseni rahulikku veekogusse (meri, järv), siis viib ta sinna peaaegu kogu temasse tee peal sattunud materjali. Toodud materjal vajub seal põhja — jämedam kalda lähedal, peenem kaugemal. Aja jooksul täitub mere või järve jõesuu-esine osa setematerjaliga, nii et selle kuhjatis tõuseb üle mere (järve) pinna. Materjali omaduste tõttu on harilikult säärase kuhjatise pind lame.

Voolavate vete tegevuse tagajärjel ongi kujundatud enamik lauskmaid, mis algavad mägede jalal ja laskuvad merepinna alla. Kuid mõningates kohtades on vesi säärast transportimist ja lihvimist toimetanud külmunud kujul, j ä ä n a. Seal, kus soojust on nii vähe, et aasta jooksul lumena langevad sademed ei jõua ära sulada, korjuvad lumelademed, mis aja jooksul vajuvad kokku jääks. See jää hakkab aluspõhja kallakuse suunas libisema ja moodustab nõndanimetatud jääliustikke. Jääliustikud „kännavad” üles oma põhja moodustavat pinda ja viivad kaasa sellest pinnast eralduva materjali, alates majasuurustest rändrahnude mürakatest kuni peene tol-

muni Kogu see materjal jääb sinna lamama, kus liustiku jää sulab, ilma et see materjal oleks sorteeritud terapeenuse järgi, nagu see harilikult on vee või tuule poolt transporditud materjali puhul.

Veekogudes, eriti meredes, on nii taime- kui ka loomariik rikas. Mõned neist valmistavad oma elu kestel kõvu osi, mis pärast nende surma püsivad: teo- ja „konna“-karbid, korallide ehitised, kalade luud ja soomused. Materjali nendeks osadeks saavad nad vees lahustunud sooladest. Need taimede ja loomade jäänused on siis ka üheks veekogude põhja koguneva (settiva) materjali allikaks. Harukordadel setivad vees lahustunud soolad ka ilma elusolendite kaasabitä (keedusool ja kaalisoolad, kips jt.). Ühes mandrilt toodud tolmu, muda ja liivaga langevad ka elusolendite jäänused ja soolad merepõhja, kattes teda kohtadel, kus veevool või lainetus neid ära ei uha, pideva korräga. Et aastatuhandete kestel veekogude füüsikaliskeemilised tingimused muutuvad, muutub ka vette sattunud materjal ja see põhja kattev kord osutub kihiliseks: näiteks lubjase materjali peale koguneb kord liiva, savi jne. Aastamiljonite kestel koguneb neid kihte nii pak-sult, et pealmiste kihtide rõhumisel alumised surutakse kokku kõvaks kiviks. Kõvenemisele aitab kaasa ka soojus, mis valitseb maa sügävuses.

Need, enamasti kihilised kuhjatised, mis kogunevad maapinnale või veekogude põhja, moodustavad setekivimid. Nende hulgas eraldatäse terasuuruse poolest:

1) Savi. Tema peaaineks on nii peened terakesed ja liblekeseä, et neid ka mikroskoobi all eraldada ei saa. Keemiliselt on tegemist peamiselt ränihappe, alumiiniumoksüüdi ja vee ühenditega. Lisanditena leiame harilikus savis räniliiva, süsihaput lupja, rauaühendeid jne.

2) Liiv. Tuhkteralisest liivast peale kuni jämedama kruusani kuulub selle nimetuse alla teraline, sõmer materjal, mille teradel puudub side. Harilik liivaterade materjal on kvarts, kuid sageli esinevad liivas ka vilgukivi-libled, magnetiiditerad jne.; vahel sisaldavad liivalademed savi (savigas liiv), üle minnes liivakale savile. Liiv, mis pole kaugelt transporditud, on teravaservaliste teradega, kuna sagedasti liigutatud või pikka maad ühest paigast teise kantud liiva terad on enam-vähem ümardatud.

3) Veeristeks (munakivideks) nimetatakse ümarate servadega kivimitükke, mis on kruusateradest suuremad. Niisugused kivid moodustavad kohati ka terveid lademeid, kus nende vahed on harilikult täidetud savi või liivaga. Ka teravaservalised tükid võivad moodustada lademeid, mida nimetatakse rä h a k s (rähk).

Taime- ja loomajäänustest moodustunud muda (kõntsa) ja surnud tigude, karploomade jne. karbikuhjatised, samuti tulemägedest väljaheide-



tav tuhk ning õhus hanguvad laavaraasukesed moodustavad pudedaid, tsementeerimata kivimeid.

Suur rõhumine, kuumenemine, uute mineraalide tekkimine võib sääraseid pudeda materjali kogumikke muuta kõvadeks, seotud kivimiteks. Savine materjal surutakse nõnda kokku killkiviks, mis peale savi võib sisaldada ka muid aineid ja ilmutada erinevaid omadusi, millede järgi siis ka eristatakse tahvel-, katuse-, lubjakat ja bituumenist killkivi. Viimasesse liiki kuulub ka meie põlevkivi ja diklõoneema-killkivi.

Liiv muutub liivakiviks, kui tema terad tsementeeruvad mõne sideainega. Viimaseks võib olla lubi, savi, rauaühendid, kips, ränihape jt. Liivakivi mehhaaniline tugevus sõltub peamiselt sideaine kõvadusest. Alates pehmest, pudedast liivakivist, mis näppude vahel puruneb, kuni kristalliseerunud ränihapnega liidetud kvartsiidini, mis on niisama tugev kui ränikivi ise, esinevad igasugused vahepealse kõvadusega liivakivid.

Kivimit, mis sisaldab peamiselt veeriseid, liidetud mõne sideainega, nimetatakse konglomeraadiks. Kui nõnda on tsementeerunud rähkjast, teravaservaline materjal, siis nimetatakse sellist kivimit bretšaks.

Setekivimite hulka kuuluvad ka lubjakivid. Harilikult on nende peamiseks materjaliks organismide jäänused: lubjased koorikud, luud, teokarbid, eriti suurt osa etendavad aga mikroskoopilised algloomad ja -taimed, mis elutsevad lubjastes „puurikestes” ja peale surma langevad merepõhja, moodustades seal kihte, millest tekib kriit. Kriit on laialdaselt esinev kivim ja üks settimisele järgnevatel muutustel kõige vähem mõjustatud lubjakiviliike.

Teistest lubjakiviliikidest olgu veel nimetatud:

1) tihe lubjakivi, milles ei ole võimalik eraldada üksikuid kaltsiiditeri ka suurendusklaasi abil;

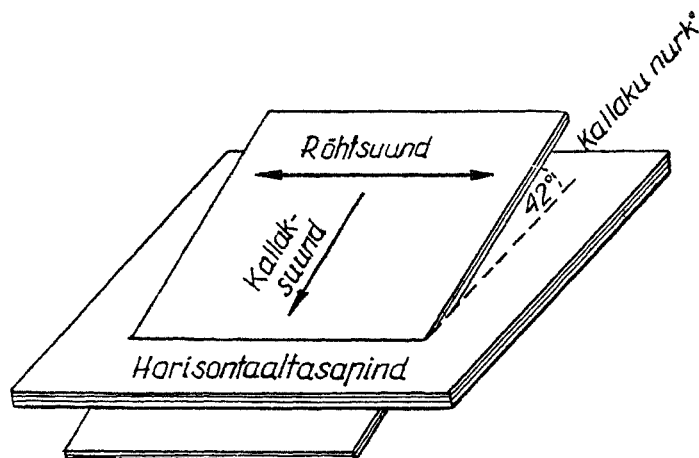
2) kristallne lubjakivi, milles kaltsiidikristallid on näha. Puhata ja sobivate mehhaaniliste omadustega kristalse lubjakivi sordid kannavad marmorinime.

Kui lubjakivis ühes kaltsiumiga umbes võrdselt esineb ka magneesiumi, on tegemist dolomiidiga.

Tulemägedest väljapaisatud tuhk, laavaraasud jne. moodustavad tsementeerudes vulkaanilise tuffi.

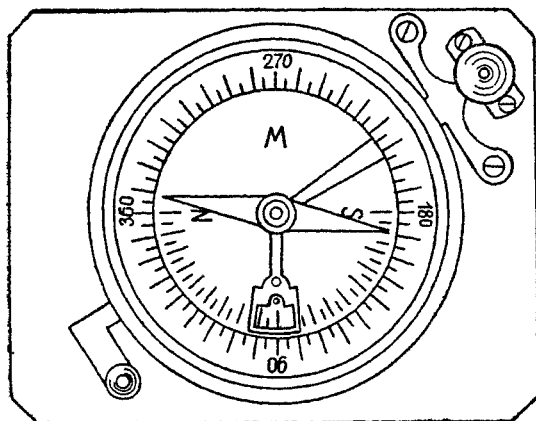
Nii tard- kui ka setekivimites toimuvad mitmesuguste tegurite mõjul samalaadsed muutused nagu metallilehes või -kangis, mida valtsitakse, venitatakse või pressitakse: materjal tiheneb, omandab kiudja või kordse siseehituse ja ühtlasi muutub ka osalt tema keemiline koostis. Järelikult muutuvad ka kivimite omadused kõrge soojuse ja mehhaanilise jõu mõjul: ka nendes toimub tihenemine, eralduspindade kujunemine sageli suunas,

mis lõikub loomuliku kihisusega. Niisugust valekihisust nimetatakse klivaažiks; eriti on ta omane kiltkividele.



Joon. 1. Kivi rõhtsuund, kallak-suund ja kallaku nurk (antud juhul  $42^\circ$ ).

Samalaadsed muutused, nagu tekivad raua tsementiitumisel või malmi pehmemdamisel, kuumutades neid segus sõe või mõne teise ainega, toimuvad ka kivimitega, kui kõrgel temperatuuril puutuvad kokku eri mine-



Joon 2. Mäekompass

raalid. Niisugune juhtum esineb näiteks siis, kui vedel magma tungib üles, hangunud maakoosse. Siis muutuvad mõlemad — nii magma kui ka teda ümbritsev materjal; mitmed ained lahkuvad ühe koostisest ja lähevad teise, tekitades uusi mineraale, mida neis enne ei olnud.

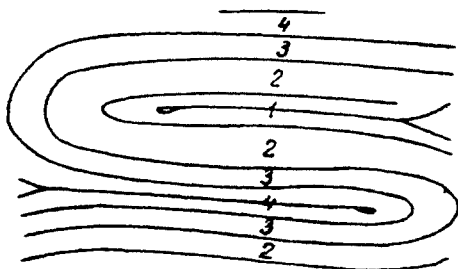
Kõik säärased muutused tekitavad kivimite tüüpe, mis moodustavad moonekivimite rühma. Tuntumad neist on:

- 1) gneiss, mis on peamiselt kihiliseks „valtsitud” graniit, kuid mis võib tekkida ka mõnest setekivimist;
- 2) vilgu-kiltkivi, mis koosneb peamiselt kvartsiteradega vahelduvast vilgukivist, ja

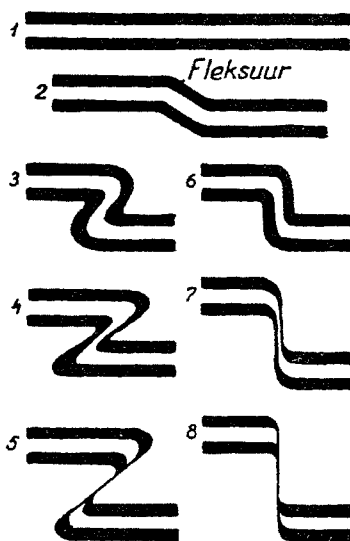
3) fülliit, mis koosneb peaaegu samast materjalist, millest eelminegi, kuid märksa peeneteralisemast (peenelibelisemast), mistõttu ta on ka tihedam ja ühtlasem.

Nagu on eespool mainitud, esinevad kivimid, eriti setekivimid, kordadena — kihtidena, mis mõnikord muutumatult püsivad sadade kilomeetrite ulatusel, mõnikord aga lõpevad vähese maa taga. Iga kiht on eraldatud teistest kahe, kas sileda, lainja või krobelise kihipinnaga — alumise ehk põhjaga ja ülemise ehk laega.

Harva säilitavad kihid esialgse horisontaalse asendi; sagedamini on nad mitut viisi kallutatud, kurrutatud, murrustatud, nn. tektoonili-



Joon. 3. Lamav kurd. Arvud märgivad kihtide suhtelist vanust: 1 — kõige vanem.



Joon. 4. Fleksuurist pealenihke (1–5) ja murranglõhe (1, 2, 6–8) arenemine.

selt muudetud. Kallaka kihi asend määratakse tema kallakuga ja rõhtsuunaga, s. o. sihiga, mis moodustab kihipinnas horisontaaljoone (joon. 1). Kallakust mõõdetakse mäekompassi abil (joon. 2), mis on varustatud nurgamõõtjaga.

Seal, kus kihtide kallaksuund muutub, on meil tegemist kurdudega. Harilikult on kurrul kaks tiiba ja telgtasapind, mis lõikub maapinnaga telgjoones. Kui kihtide kallaksuund kurrus on telgjoonest eemale, on tegemist antiklinaliga, kui telgjoone poole — sünklinaliga.

Kurrud võivad olla lamedad või järsud, sümmeetrilised või ebasümmeetrilised, ümbervisatud või koguni lamavad (joon. 3).

Esineb kurde, mille tiivad on paksuselt erinevad (joon. 4, 4). Säärane õhenemine läheb mõnikord nii kaugemale, et kaob kõgu tiib; kihid on siin rebenenud, murdunud ja murdepindapidi ära nihkunud. Sel juhul räägitakse pealenihetest (joon. 4, 5).

Murrangud (joon. 5) on samuti sagedased nähtused maakera koores. Mingisuguse jõu mõjul tekib kusagil kivimites lõhe, mis on vahel kümnete ja sadade kilomeetrite ulatuses jälgitav; lõhega eraldatud kivimite virnad võivad nihkuda üksteise suhtes igas mõeldavas suunas, nii et varem ühe kihi moodustanud kivimid võivad eemalduda üksteisest, alates vaevalt märgatavast ulatusest kuni sadade meetriteni. Murranglõhe võib olla püstloodis või igasuguse nurga all horisontaalpinna suhtes. Murrangu liike eristatakse, arvesse võttes lõhe seinte vastastikuse liikumise suunda ja ulatust.



Joon 5. Murrangud

Murranglõhed esinevad sagedasti rühmadena, mis on rööpsed või lõikuvad. Kui lõhed on ligikaudu püstloodis, võivad maakoore osad mõne lõhepaari vahel olla kas alla vajunud või püsinud kõrgel, sel ajal kui naaberlavad vajusid. Esimesel juhul on tegemist geoloogilise alanguga, teisel juhul ülanuga.

### 3. Ajalooline geoloogia.

Veekogu põhjas tekkinud setete kihtidest on iga allpool lamav kiht varem kui pealpool asetsevad kihid. Sel alusel võib rääkida suhtelisest kihtide vanusest. Kogu maailmas teostatud uurimiste abil on oma loomulikus olekus püsinud kihtide järgi määratud kihtide järjekord kõige vanematest kuni kõige nooremateni. Uurimiste kestel märgati, et igale kihtide rühmale on iseloomustav taime- ja loomajäänuste kogu ja et taime- ning loomariik on maakera vanematest aegadest alates arenenud teatavas suunas. See asjaolu annab geoloogidele võimaluse määrata maakoore kihtide võrdlevat vanust ka siis, kui on tegemist kohaliselt eraldatud kihtide pal-

jandumisega, — kui aga kihtides leidub iseloomustavaid organismide jää-nuseid. Jäänused on enamasti kaotanud orgaanilise osa, mis on asendunud mineraalainega; öeldakse, et jäänus on kivistunud, muutunud kivisti-seks. Mõnikord on säilinud ainult jäänuse seesmine või väline jäljend, mis on vajutatud jäänust ümbritsevasse (või ka teda täitvasse) setemater-jali, kuna jäänuse enese aines on lahustunud ja lahusega ära viidud. Kivis-tiste uurimine on eri teadusharu — p a l e o n t o l o o g i a — ülesanne.

Mitmesuguste tunnuste põhjal on kivimikihtide rühmad koondatud üksustesse, milledele on antud nimed, harilikult koha nime järgi, kus need kihid kõige paremini paljanduvad või kus neid esmakordselt on uuritud. Mäekaevanduste piirkondades kannab koguni iga üksik kiht ise nime või numbrit. Suuremaile üksustele, mis koondavad hulga väiksemaid, on antud kindlad teaduslikud nimed. Järgnevalt on esitatud kõige üldisem ajaloolise geoloogia jaotus, et oleks selge Eesti NSV-s esinevate lademetes kuuluvus üldises ajaloolise geoloogia süsteemis.

V. Kainozoikum (uusaeg).

Kvaternaar.

Tertsiaar.

IV. Mesozoikum (keskaeg).

Kriit.

Juura.

Triias.

III. Paleozoikum (vanaaeg).

Perm.

Karbon.

Devon.

Silur.

Kambrium.

II. Eozoikum.

I. Arhaikum.

Silur algab *Obolus*-liivakiviga, mis kohati põhjas on konglomeraatne ja milles leiduvad käsijalgsete karbid koosnevad fosforhapust lubjast, nii et neid kaevandatakse ja turustatakse vääristatult ning jahvatatult põllu-väetisena.

*Obolus*-liivakivil lasub bituumenine diktüoneema-kiltkivi, mis algab kohati püriidikihihikesega. Võib olla, et tulevikus nii püriit kui ka diktüo-neema-kiltkivi osutuvad kaevandamisvääriks.

Diktüoneema-kiltkivil lasub glaukoniitliiva kord. Liivas on võrdlemisi palju kaalit, mistõttu teda võib ka põlluväetisena kasutada.

Siis järgneb paks rühm lubjakive, mida murtakse ehituskivideks ja lubja põletamiseks.

Nendel lubjakividel lasub Kukuruse lade, milles vahelduvad lubjakivi ja põlevkivi (kukersiit).

Kukuruse ladet katavad lubjakivid ja dolomiidid umbes 150 meetri paksuses, mis arvatakse veel alamsilurisse ehk ordoviitsiumisse; siis järg-

neb umbes 200 m paksune, samuti dolomiidi ja lubjakivide rühm, mis kuulub juba ülemsilurisse.

Devoni alumise osa kihte Eesti NSV-s ei tunta. Kõige vanemateks devoni lademeteks osutuvad meil punased pehmed liivakivid, harva saviste vahekihtidega. Neil lasuvad dolomiidid ja lubjakivid, mis on kaetud savi- ja dolomiidikihtidega; nende vahel esineb kips.

Nende kihtidega lõpevad meie geoloogiliselt vanimad lademed. Nende kallakus on keskmiselt umbes 3 meetrit ühe kilomeetri kohta lõuna suunas, mispärast põhjast lõuna poole minnes esinevad ikka nooremad kihid.

Lademeid, mis kuuluksid devonist nooremasse paleozoikumi, mesozoi-kumi ja tertsiari, Eesti NSV-s ei leidu. Kvaternaari kuuluvad mitmesugu- sed mannerjäa-setted, mis moodustavad sorteerimata ja osalt ka sortee- ritud savi, liiva, kruusa, veeriste ja rändrahnude kuhjatisi, esinedes sagedasti iseloomustavate pinnavormidena.

Jõgede ja järvede savi, liiva, kruusa ja veeriste enam-vähem sortee- ritud setted on uuema aja sünnitised, samuti turvas ja luiteliiva kuhjatised. Kohati sisaldavad need setted rauaühendite kuhjumist soorauamaagi ja ookri kujul; samuti on lubi kohati settinud koreda tufina. Ka mustmulla (huumuse) tekkimine on üks nooremaid geoloogilistest nähtustest.

#### 4. Varapaikade tüübid.

Maakera välimine koor koosneb kivimitest, milledest tööstuslikult kasu- tatakse alles üsna väikest osa inimkonna tarviduste rahuldamiseks. Kuid teaduse ja tööstuse arenemisega suureneb see arv pidevalt. Kõiki maakoos- tes leiduvaid aineid, mida inimene võib kasutada kas otsekohe või ümber- töötatult, nimetatakse m a a v a r a d e k s. Maavarad esinevad tahkes (põlev- kivi, kivisüsi, kivisool, maagid jne.), vedelas (nafta, vesi, soolade lahused jne.) või gaasilises (maagaasid) olekus.

Neid kivimeid, mis katavad ja ümbritsevad toodetavat maavara ja mida sel juhul ei kasutata, nimetatakse a h e r k i v i m i t e k s. Teatavates tingimustes võib üks kivim olla kas maavara või aheraine. Näiteks lubja- kivi on maavara, kui teda toodetakse lubja põletamiseks või ehituse tarvis. Sama kvaliteediga lubjakivi nimetatakse aga aherkivimiks, kui teda ollakse sunnitud kõrvaldama kaeveõõnsuste rajamisel mõne teise maavara kaevan- damiseks.

Maavarade kogumeid nimetatakse varapaikadeks (maardlateks). Vara- paigad võivad olla väga mitmekesise vormiga: k o r r a p ä r a t u d — stokid, pesad, läätsed; k o r r a p ä r a s e d — kihid, kihitaolised lademed ja soo-

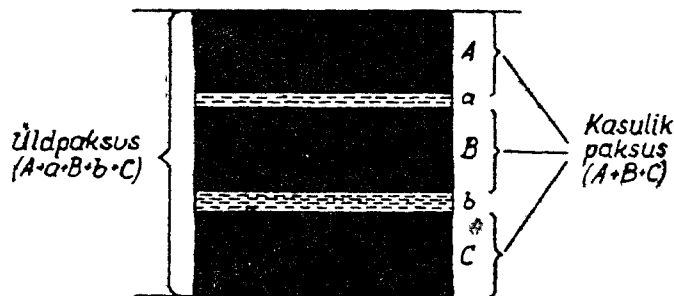
ned. Rõhuv enamik kihte omab kallakust (joon. 1), mis võib muutuda 0° kuni 90°.

Ühenduses kiht-varapaikade kaevandamise tingimustega jagatakse kihid kallakuse suhtes kolme gruppi:

- 1) laued — kallakusega kuni 25°;
- 2) kallakad — „ 25° „ 45°;
- 3) järsud — „ 45° „ 90°.

Kivimeid, mille vahel lasub maavarakiht, nimetatakse *n a a b e r k i v i m i t e k s*. Kihi paksust mõõdetakse perpendikulaarse joonega seda kihti moodustavate välimiste pindade vahel.

Maavarade kihid võivad olla ühtlased kogu oma paksuses, kuid enamasti nad jagunevad mitmesuguse paksusega alakihtideks ehk korradeks.



Joon. 6. Kihi kasulik paksus.

Kui maavarakiht sisaldab õhukesi aheraine-vahekihte, siis tarvitatakse kaht kihi paksusmõõtu: *ü l d i n e p a k s u s* — paksus kihi väliste pindade vahel, ja *k a s u l i k p a k s u s* — üldpaksus, millest on maha arvatud aherkivimi vahekihtide paksused (joon. 6).

Paksuse järgi jagatakse kihid järgmiselt:

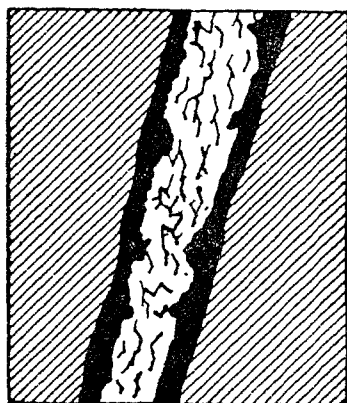
- 1) v ä g a õ h u k e s e d — kuni 0,5 m;
- 2) õ h u k e s e d — 0,5 kuni 1,3 m;
- 3) k e s k m i s e d — 1,3 kuni 3,5 m;
- 4) p a k s u d — üle 3,5 m.

Osa kihist, mis ulatub maapinnale või on maapinna läheduses kaetud noorte katekivimitega, nimetatakse kihi *a v a m u s e k s*. Mõned maavarad (kivisüsi, põlevkivi jne.) on avamuspaikades murenenud, muutnud vee, õhu ja ilmastiku mõjul oma esialgset koostist ja osutuvad seega nendes paikades sageli tootmiskõlbmatuks.

Kihitaoliseks lasuks nimetatakse maavara niisugust kogumit, mis üldiselt sarnaneb kihiga, kuid erineb temast väiksemate mõõtmete poolest, ja mille paksus on muutlikum kui kihil

Sooneks (joon 7) nimetatakse maakoores tekkinud ja mineraalainega täitunud pragu või lõhet.

Maakoores tekkivad lõhed püsivad harukordadel lahtistena. Osalt täidavad neid lõhe seintelt varisevad tükid, kuid peamiselt täituvad nad materjaliga, mida toovad juurde gaasid või vedelikud, mis tarvitavad lõhesid oma vooluteeks: magma, nafta ja eeskätt vesi; neist setib lõhesse mitmesugust materjali, mis erineb lõhe seinte materjalist. Niisugused täitunud



Joon 7 a -- soon (maagi kogum),  
b -- maagi- ja aherkivimi-segused puute-  
pinnad, c — aherkivim



Joon 8 Stokk

lõhed kannavad soonte nime. Sageli leidub soontes vääristunud maake, nii et soonte sisu leiab mäetööstuslikku tootmist.

Samuti nagu kihti, iseloomustavad kivisoont tema paksus, suund ja kallakus, kuid need näitajad on soonel muutlikumad.

Stokid ja pesad omavad juhuslikku kuju, olles tekkinud kivimitesse vedelate masside sissetungimise ja maakoores leiduvate ebakorrapäraste õõnsuste mineraalainetega täitumise tagajärjel. Stokid ja pesad erinevad teineteisest ainult suuruselt. Nende pinnad on ebakorrapärased ning nende läbimõõt on väga muutlik (joon. 8).

Kui maakmineraale sisaldavad kivimid on purunenud ja loodusjõudude (vesi, tuul jne.) poolt oma tekkimiskohast teistesse paikadesse kantud, kusjuures laialipuistunud maakmineraalid on kogunenud kihitaolistesse



lasudesse kontsentreeritumalt, kui nad olid emakivimis, nimetatakse tekkinud varapaiku puiste- ehk uhtevarpaikadeks.

Puiste-varapaiku moodustavad murenemisprotsessi produktid, nagu liiva, kruusa ja savi segud, milles leidub mõnd hinnalist metalli või mineraali, nagu kulda, platinat, kalliskive, tina ja volframimineraale.

Puiste-varapaigad omavad enamasti võõna pikaks venitatud kihitaolise lasu kuju ja on kaetud tavaliselt võrdlemisi õhukeste hilisemate murenemisproduktidega.

## II OSA.

### KAEVEÕÕNSUSED, MÄETÖÖD JA MÄEMASINAD.

#### A. Kaeveõõnsused.

##### 1. Üldmõisted.

Maavarad võivad inimkonnale kasulikuks saada ainult siis, kui nad on eraldatud üldisest maapõues olevast kogumist (varapaigast) ja välja toodud tootmiskohast maapinnale, kus neid on võimalik kasutada või töödelda. Maavara või aherkivimi üldmassist eraldamise töid nimetatakse mäetöödeks; tööriistu ja masinaid, mida seejuures tarvitatakse — mäetööriistadeks ja mäemasinateks. Ka tarvitatakse mäetööl laialdaselt lõhkeaineid ja teisi energiaallikaid.

Mäetööde tegemisel tekivad maakoos tühikud — kaeveõõnsused. Kaeveõõnsused võivad olla üksteisest väga erinevad oma otstarbe, suuruse, vormi ja asendi poolest ruumis.

Kaeveõõnsused jagunevad järgmiselt:

##### I. Allmaa-kaeveõõnsused.

1. Kaeveõõnsused, mis on pikad või sügavad, võrreldes nende põikilõikega.

Alajaotused: a) vertikaalsed, b) horisontaalsed, c) kallakad kaeveõõnsused.

2. Kambrid (ruumid).

3. Koristusõõnsused.

##### II. Pealmaa- ehk lahtised kaeveõõnsused.

1. Kraavid.

2. Karjäärid.

Allmaa-kaeveõõnsuste esimesse gruppi kuuluvad kõik kaeveõõnsused, mis on pikad või sügavad; nad võivad olla horisontaalsed, vertikaalsed

või kallakad. Kõik need kaeveõnsused omavad algust ehk suuet ja lõppu; oma alguse saavad nad kas maa pealt või teistest kaeveõnsustest. Need kaeveõnsused ühendavad allmaa-töökohti pealmaaga. Kogu liiklemine, kaevisse transport, materjalide vedu töökohta, õhuvahetus ja vee kõrvaldamine toimub nende kaeveõnsuste kaudu.

Kui kallaka või püstloodse kaeveõnsuse lõppu kasutatakse vee kogumiseks, siis kannab see *s u m b a* nimetust.

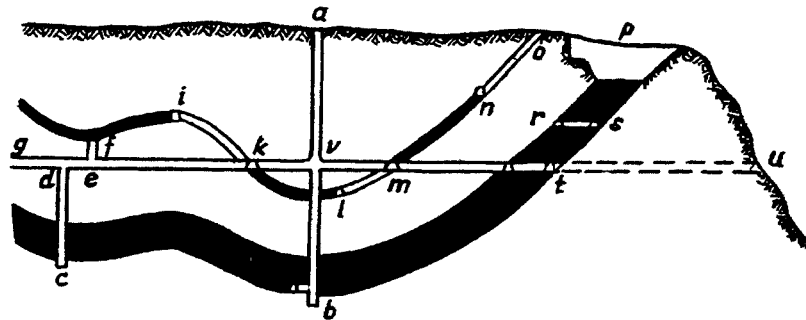
Kaeveõnsuse lõppu nimetatakse *e e k s*, kui ta nihkub kaevetööde tulemusena edasi. Samuti kannab ee nime iga töökoht, kus tehakse kaevetöid.

Kaeveõnsus omab külgi ehk *s e i n u*, *l a g e* ja *p õ h j a*.

## 2. Vertikaalsed kaeveõnsused.

Sellesse gruppi kuuluvad šahtid, uurimisšahtid, pimeshahtid, šurfid, gesengid ja kaevud.

Šahtiks (joon. 9, *ab*) nimetatakse vertikaalset, maapinnale suubuvat kaeveõnsust, millel võrreldes oma põikilõike mõõtmetega on suur



Joon. 9. Kaeveõnsuste skeem: *ab* — šaht, *no* — kallakšaht, *v* — šahti õu, *cd* — pimeshaht, *ef* — gesenk, *tu* — stoll, *vt* — kveršlag, *i, k, l, m, n, r, s, t* — strekid, *rs* — ort, *ik* — bremsberg, *ml* — tõstekallak, *p* — karjäär.

sügavus ja mis on rajatud allmaatööde jaoks. Šahtid võivad olla eri ülesannete järgi mitmesugused, nagu tõstešaht, veekõrvaldamisšaht, tuulutus(ventilatsiooni-) šaht jne. Arvestades šahti ehitamise kõrget hinda, langeb harilikult ühele šahtile mitu ülesannet. Näiteks tõstešahti kasutatakse ühtlasi värsket õhu kaevandusse juhtimiseks ja vee kõrvaldamiseks ning tuulutusšahti — inimeste allalaskmiseks ja ülestõstmiseks.

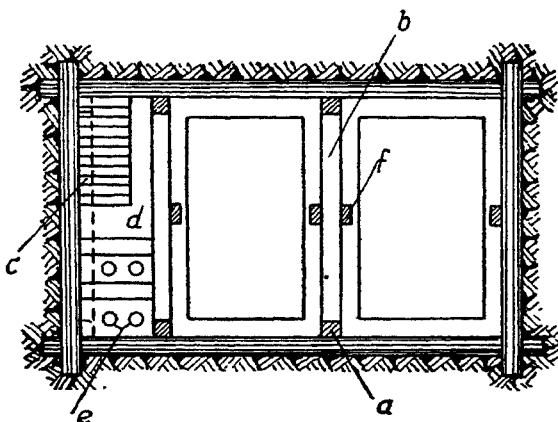
Kaevanduse tõstešahti nimetatakse *p e a š a h t i k s* ja kõiki teisi (kui neid on mitu) *a b i š a h t i d e k s*. Peašahti seadeldised on harilikult võim-

samad, põikilõige suurem ja vahel on ta ka sügavam. Enamikul allmaakaevandustel on kaks šahti.

Šahtide põikilõiked on nelinurksed (joon. 10), ringikujulised (joon. 11), elliptilised (joon. 12) ja erikujulised (näiteks joon. 13). Harilikult on šahtid kas nelinurkse või ringikujulise põikilõikega, kuna teisi vorme tarvatakse erandina.

Madalaid ja väiksema põikilõikega šahte, mis rajatakse püsivatesse kivimitesse ja mille iga on alla 12—15 aastat, toestatakse puitmaterjaliga ja nende põikilõikele antakse seetõttu nelinurkne kuju (joon. 10).

Kui kaevandus on sügav ja pikaaline, siis antakse šahtile ringikujuline põikilõige. Ka antakse šahtile ringikujuline põikilõige siis, kui šaht



Joon. 10. Nelinurkse šahti põikilõige (puittoestiku puhul): *a* — põõnad, *b* — vahetoed, *c* — redel, *d* — redelite lahter, *e* — torud, *f* — kongi juhtlatt.

läbib pudedaid kivimeid. Neil juhtudel kasutatakse toestamiseks kivimaterjali (tellised, tahatud kivid, betoonplokid, valatud betoon, sardbetoon) ja metalli.

Elliptiline või erikujuline põikilõige antakse šahtile mõnel erijuhul, näiteks kui puiduga toestatud šaht ehitatakse ümber ja toestatakse ülaltähendatud kivimaterjaliga.

Šaht jagatakse kogu pikkuses tema ülesannete kohaselt mitmesse ossa —

lahtrisse (joon. 11), kusjuures peale tõstekongide või skippide eraldatakse veel lahtrid torustiku, redelite jm. jaoks.

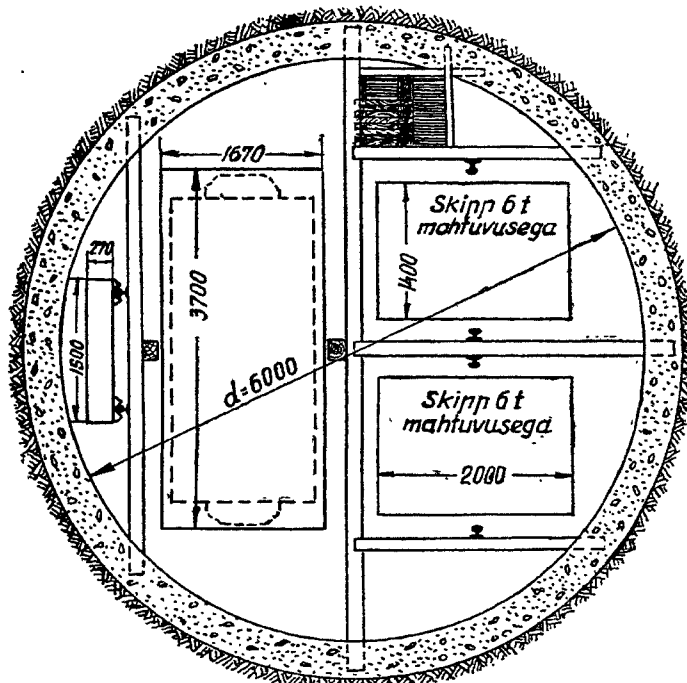
Šahti põikilõike suurus oleneb eelkõige tarvitataivate tõsteabinõude ja muude seadeldiste mõõtmetest. Need mõõtmed, kantuna graafiliselt paberile ja paigutatuna vastava korra järgi, määravad kindlaks šahti põikilõike mõõtmed.

Nõukogude Liidus on ringikujulise põikilõikega šahtide jaoks välja töötatud standardid diameetriga 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5 ja 8 meetrit, mis märksa kergendavad projekteerija tööd.

Mõnikord šaht ei suubu maapinnale, kui ta on rajatud teistest allmaakaevandustest, millel on ühendus pealmaaga, kas sobiva reljeefi puudumise tõttu või mõnel muul põhjusel. Säärast šahti nimetatakse p i m e -

šahtiks (joon. 9, cd). Pimesaht sarnaneb ülejäänud osas täielikult šahtiga ja täidab samu ülesandeid, mis šahtki.

Šurfiks nimetatakse vertikaalset allmaa-kaeveõõnsust (harilikult väikese põikilõikega ja väikese sügavusega), mis suubub maapinnale ja on määratud varapaikade uurimiseks, massilisteks lõhkamistöodeks ja allmaatöödeks maapinnalähedastes osades. Nõrkades kivimites on tema põikilõige harilikult nelinurkne ja toestik puidust. Püsivates kivimites šurfi harilikult ei toestata ja tema põikilõikele antakse ringi kuju.



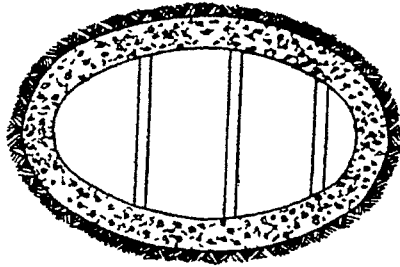
Joon. 11. Ringikujuline šahti põikilõige.

Uurimisšahtiks nimetatakse šahtitaolist kaeveõõnsust, millel on maapealne suue ja mis on rajatud leiukoha laialdase ja põhjaliku uurimise eesmärgil. Uurimisšahtist tehakse maavarakihtidesse rida õõnsusi, mille abil võib selgitada varapaiga omadusi ja väärtust. Uurimisšahti toestatakse samuti nagu šurfi ja tema põikilõige on harilikult nelinurkne.

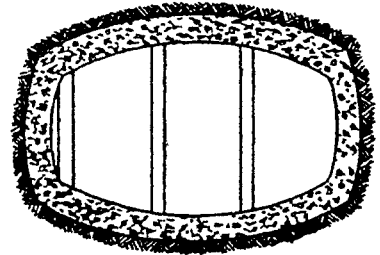
Kaevuks nimetatakse šahtitaolist kaeveõõnsust, millel on maapealne suue ja mis on rajatud vedela maavara tootmiseks. Kaevud võivad olla kas nelinurkse või ringikujulise põikilõikega. Kaevust kõrvalõõnsusi ei rajata.

Gesengiks (joon. 9, *ef*) nimetatakse vertikaalset kaeveõõnsust, mis ei suubu maapinnale ja mida kasutatakse kaevisse allalaskmiseks, kaevanduse tuulutamiseks või inimeste liiklemiseks.

Kui kaevis lastakse alla vagonettidega või muude riistadega, siis varustatakse gesenk pidurseadisega ja nimetatakse teda pidurgesengiks. Allalastud kaevis transporditakse kuni tõstešahtini või stollini ja



Joon 12 Elliptiline šahti põikilõige



Joon 13. Erikujuline šahti põikilõige.

sealt edasi maa peale. Harilikult omavad gesengid ajutist iseloomu, mis on seoses kaevandusvalja teatava osa väljatöötamise ajaga, ja seepärast sarnanevad nende toestik ja läbilõiked šurfide omadega. Juhul, kui gesenki tarvitatakse kogu kaevanduse kestuse ajal, toestatakse ta ka vastavalt ja nimetatakse kapitaalgesengiks.

### 3. Horisontaalsed kaeveõõnsused (käigud) <sup>1</sup>.

Horisontaalsete kaeveõõnsuste hulka kuuluvad stollid, tunnelid, strekid, kveršlagid, ordid ja tuulutustõõrid.

Stolliks (joon. 14, *a*) nimetatakse horisontaalset kaeveõõnsust, mis suubub maa peale. Stolle kasutatakse, nagu šahtegi, maavara väljatoomiseks, kaevanduse tuulutamiseks, vee kõrvaldamiseks, materjalide kaevandusse toimetamiseks ja inimeste liiklemiseks. Kui stolle on kaevanduses mitu, siis kannab üks neist peastolli nime.

Nagu ülaltähendatust selgub, võib stoll teatavail tingimustel täielikult asendada šahti ja tema kasutamine vähendab kulusid tõstemasinat ja pumpade arvel. Stolle kasutatakse peasjalikult mägisel maal ja murd-

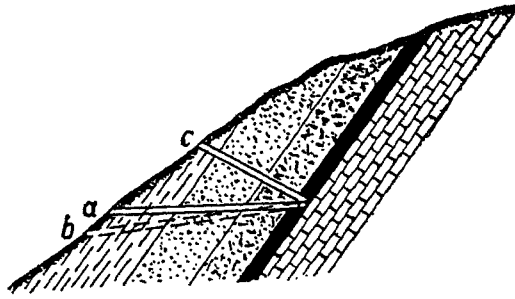
<sup>1</sup> Nimetatud horisontaalsed kaeveõõnsused ei ole oma suures enamikus horisontaalsed selle sõna täpses mõttes. Neile antakse väike kallak (3—5 tuhandikku, s o 3—5 m ühe kilomeetri kohta) šahti suunas, mis hõlbustab vee äravoolu ja kergendab vedu

maastikul. Mõnikord rajatakse stolle laugel maastikul pealmaatööde lõpetamisel karjääridest, kui edasine kaevandamine toimub allmaatööde abil.

Tunneliks (joon. 15) nimetatakse horisontaalset kaeveõõnsust, mille mõlemad otsad (suudmed) ulatuvad maapinnale ja mida kasutatakse ühendusteks suudmete ees olevate maa-alade vahel.

Kveršlagiks nimetatakse allmaa-kaeveõõnsust, mis maapinnale ei suubu ja mis läbib aherkivimeid risti nende rõhtsuunaga (joon. 9, *vg* ja *vt*). Kveršlagi tarvitatakse kaevise ja materjalide veoks, inimeste liiklemiseks, vee kõrvaldamiseks jne.

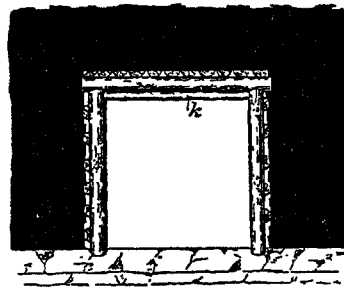
Strekiks (joon. 9, *t*, *l*, *k*) nimetatakse horisontaalset allmaa-kaeveõõnsust, mis ei suubu maapinnale ja mis rajatakse maavarakihti või -soonde tema rõhtsuunas. Kui maavarakiht asetseb horisontaalselt, siis kaotab rõhtsuund oma mõiste ja strekke võib rajada ükskõik missuguses suunas. Strekki kasutatakse



Joon. 14. Stoll ja kallakšaht: *a* — stoll, *b* — kallakstoll, *c* — kallakšaht.



Joon. 15. Tunnel.



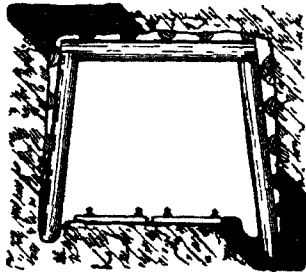
Joon. 16. Horisontaalse kaeveõõnsuse täisnurkne põikilõige; *k* — vahetugi.

samadeks otstarveteks kui kveršlagigi. Strekid on kaevandustes laialdaselt tarvitusel, neil on tihti oma erinevad nimetused, mis on ühenduses nende eriülesannetega, milledega tutvume kaevanduste lähema kirjelduse puhul.

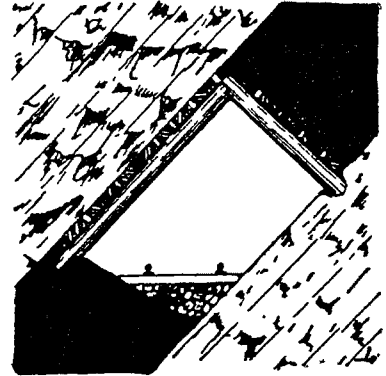
Harilikult rajatakse strekid varapaika mööda. Erijuhtudel, kui strekid rajatakse aherkivimitesse, antakse neile välisstreki nimetus.

Ordiks (joon. 9, *rs*) nimetatakse horisontaalset allmaa-kaeveõõnsust, mis maapinnale ei suubu ja mis rajatakse maavarasse teatava nurga all tema rõhtsuunaga. Ort ei ulatu välja maavarakihist või -lasust.

Horisontaalsete kaeveõõnsuste põikilõiked on vastavalt nende eale, tähtsusele ja ümbritsevate kivimite omadustele suuresti erinevad. Kõige



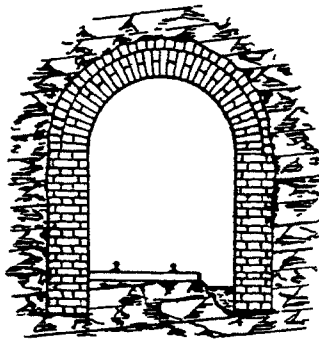
Joon. 17. Horisontaalse kaeveõõnsuse trapetsikujuline põikilõige.



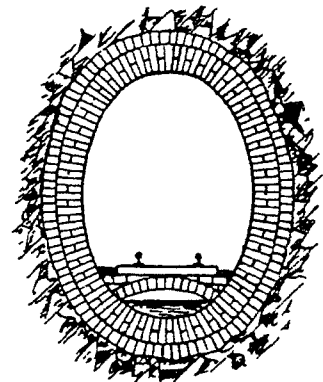
Joon. 18. Horisontaalse kaeveõõnsuse viltune põikilõige.

tarvitavamad põikilõiked on: täisnurksed (joon. 16), trapetsikujulised (joon. 17), viltused (joon. 18), võlvikujulised (joon. 19), elliptilised (joon. 20) jne.

Horisontaalsete kaeveõõnsuste toestamiseks tarvitatakse puitu, telliseid, kive, betooni, metalli jne. Puittoestik on harilikult odavam, kuid tema iga



Joon. 19. Horisontaalse võlvitud kaeveõõnsuse põikilõige.



Joon. 20. Horisontaalse kaeveõõnsuse elliptiline põikilõige.



on võrdlemisi lühike ja vastupidavus ümbritsevate kivimite survele palju väiksem. Pikeaalised kaeveõõnsused ja tähtsamad kohad kaevandustes toestatakse kas kivi-, betoon- või metalltoestikuga. Üsna tihti tarvitatakse ka segatoestikku, kus esineb metall koos puudu, kivi või betooniga.

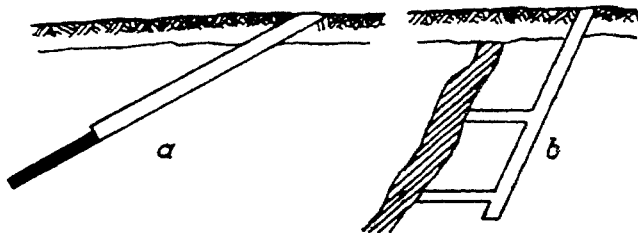
Kaeveõõnsuste põikilõigete suurus oleneb neis liikuvate vagonettide ja vedurite mõõtmetest, tuulutusvõimalustest, määrustikkudes ettenähtud kõrgusest ja veereva koosseisu gabariidi ja toestiku vahede suurusest.

#### 4. Kallakad kaeveõõnsused.

Kallakad kaeveõõnsused omavad palju ühiseid tunnuseid eespoolkirjeldatud kaeveõõnsustega. Neid võib jagada kahte gruppi: maapealse suudmega ja ilma selleta.

Maa peale suubuvate kallakate kaeveõõnsuste hulka kuuluvad kallakšurfid, kallakad uurimisšahtid, kallakšahtid ja kallakstollid.

Kõik tähendatud kaeveõõnsused omavad vastavate samanimeliste püstloodsete või horisontaalsete kaeveõõnsuste tunnuseid ja ülesandeid. Vahe on ainult nende kallakas asendis. Kallakad uurimisšahtid ja šurfid kaeva-

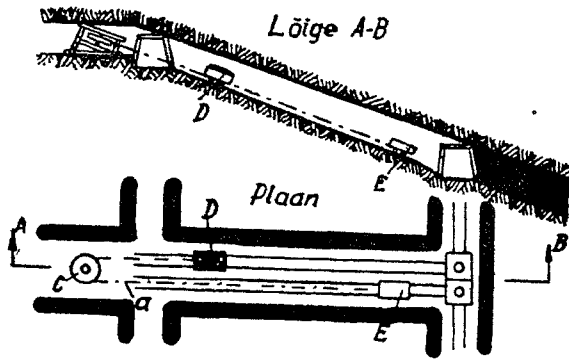


Joon. 21. Kallakšahtid: *a* — maavarakihis, *b* — aherkivimis.

takse maapinna lähedale ulatuvasse varapaiga osasse, kusjuures viimase kallaksuund määrab ära nende kaeveõõnsuste kallakuse. Kallaka uurimisõõnsuse abil, mis rajatakse maavarasse, on parem selgitada viimase omadusi ja väärtust, kuid seejuures jäävad uurimata tema katekivimid, mille omadused on küllalt tähtsad maavara kaevandamise protsessis. Kumba uurimisõõnsust tarvitada, kas püstloodset või kallakat, oleneb varapaiga ja teda ümbritsevate kivimite iseloomust ja neist ülesannetest, mida on vaja lahendada.

Kallakšahte võib rajada kas maavarakihti-pidi tema kallaksuunas või aherkivimitesse (joon. 21). Viimast viisi kasutatakse juhul, kui maavara on ebapüsiv, kui pole soovitatav jätta tervikuid šahti kaitseks või kui aher-

kivimites on soodsamad rajamistingmused, või juhul, kui maavarakihi kallakus ei ühti kallakšahti kallakusega. Arvutused näitavad, et horisontaalset maavarakihti võib edukalt töödelda kallakšahtiga kuni 100 m vertikaalse sügavuseni maapinnalt.

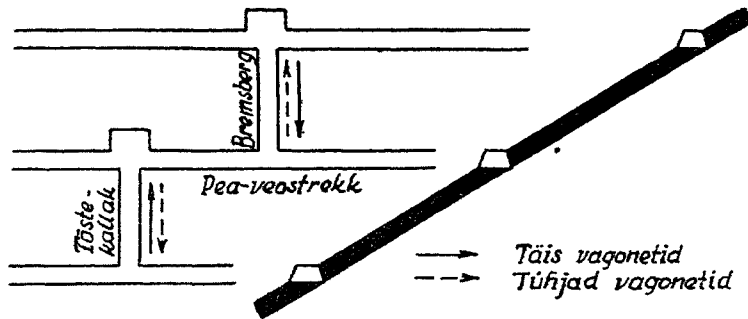


Joon. 22. Bremsberg: C — vints või piduritega varustatud kõieratas; a — köis; D — vagonet maavaraga; E — tühi vagonet.

Kallakšaht ja kallakstoll erinevad teineteisest sellega, et esimene läheb kallakuga maa pealt alla, kuna teine omab kallakust maa pealt ülespoole (joon. 14), mida võib rajada ainult mägisel maastikul. Kallakstolle esineb mäetööde praktikas harva.

Kallakate kaeveõõnsuste hulka, millel ei ole maapealset suuet, kuuluvad bremsbergid, tõstekallakud, liud (sõnast „liug”), inimkäigud, kallakgesengid ja diagonaalstrekid.

Bremsbergiks nimetatakse kallakat allmaa-kaeveõõnsust, mis maa peale ei suubu ja mida kasutatakse kaevise allalaskmiseks mehha-



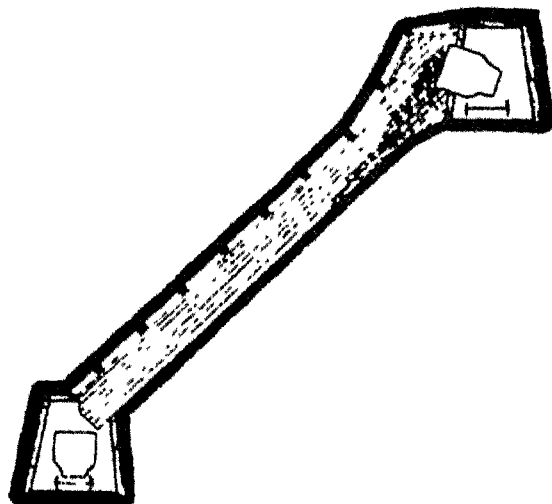
Joon. 23 Tõstekallak ja bremsberg.

niliste seadeldiste abil (joon. 22). Harilikult rajatakse bremsberg maavarakihti tema kallaksuunas.

Tõstekallakuks nimetatakse niisugust kallakat allmaa-kaeveõõnsust, mis ei suubu maa peale ja mida tarvitatakse kaevise tõstmiseks mehhaaniliste seadeldiste abil (joon. 23). Kiht-varapaikade kaevandamisel rajatakse tõstekallak kihtipidi kihi kallaksuunas.

Liuks nimetatakse niisugust kallakat kaeveõõnsust, mis ei suubu maa peale ja mida kasutatakse kaevise allalaskmiseks tema raskuse mõjul mehhaaniliste seadeldisteta. Kihti rajatavat liugu saab kasutada ainult siis, kui maavarakihi kallakus on küllalt suur selleks, et kaevis võiks oma raskuse mõjul alla libiseda (joon. 24).

Inimkäiguks või lihtsalt käiguks nimetatakse säärast allmaakaevõõnsust, mis on rajatud inimestele liiklemiseks ja kaeveõõnsustevaheliste ühenduste korraldamiseks abiülesannete puhul. Inimkäigud rajatakse harilikult rööbiti bremsbergidega, tõstekallakutega, kallaksahtidega ja liugudega, sest tähendatud kaeveõõnsustes on inimeste liiklemine keelatud (juhul, kui neis kaevist transportitakse konveieriga, on neis ka inimeste liiklemine lubatud).



Joon. 24. Liug.

Diagonaalstrekiks nimetatakse strekki, mis on rajatud nurga all kihi rõht- ja kallaksuunale. Neid strekke kasutatakse kallaknurga vähendamise eesmärgil ja nad on tingitud transportioludest.

Diagonaalstreкке kasutatakse väga laugete kihtide eksploateerimisel.

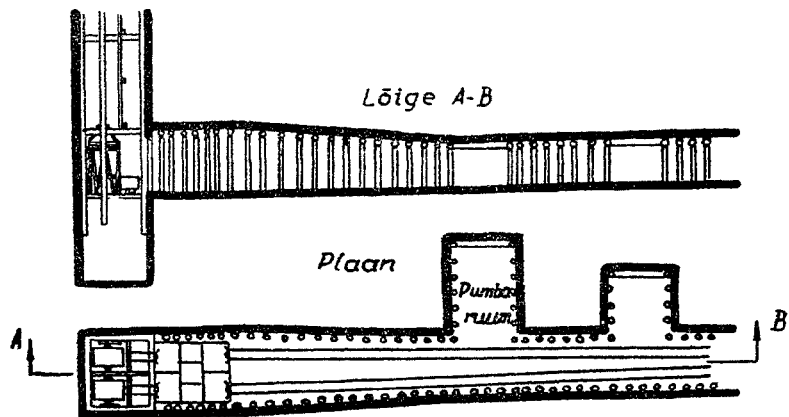
### 5. Kambrid (ruumid).

Kambriks nimetatakse kaeveõõnsust, mille pikkus, võrreldes tema poikumootmetega, ei ole suur. Kambrid sarnanevad tubadega. Need on ruumid, kuhu asetatakse masinaid, mahutatakse ladusid, kogutakse vett jne.

Kambri nime kannavad sahtilähised kaeveõõnsused, nagu pumbaruum, veduridepoo, masinaruum, lohkeainete ladu, ooteruum, esmaabiruum, hobusetall, dispetseri ruum, tööriistade ladu jne.

Sahtliroueks nimetatakse allmaa-majanduse teenundamiseks ja peaveo ning tulutuskaevõõnsuste sahtliga ühendamiseks määratud kaeveõõnsuste kogumit.

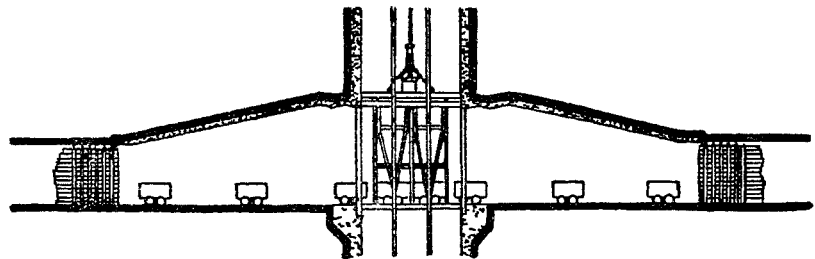
Kui kaevist tõstetakse vagonettides tõstekongide abil, siis lükatakse šahti õues tühjad vagonetid kongist välja ja asendatakse täitega Tühjadest vagonetidest seatakse kokku rongid ja saadetakse kaevandamiskohtadesse, kust kaevisega täidetud vagonetid pöörduvad tagasi šahti õue



Joon 25 Ühepoolne uurimisšahti õu

Kui kaevist tõstetakse skippidega, siis tuhendatakse vagonetid šahti õues kallutaja abil punkrisse, kust skipid tartuvad automaatselt, või tühjendatakse vagonetid otse skippidesse

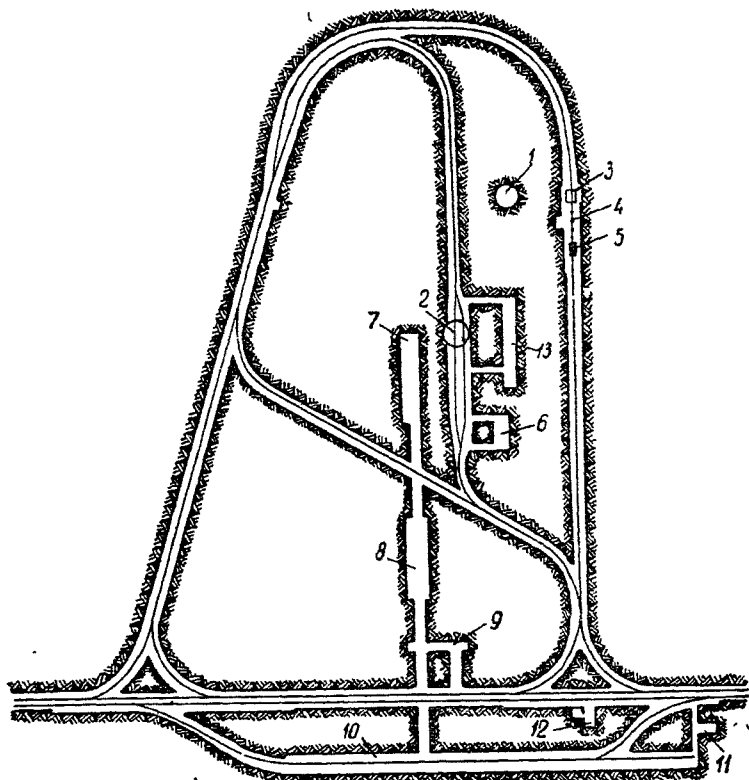
Et oleks võimalik kaevandusse toimetada pikki rõopaid ja puitmaterjali, selleks tehakse šahti õue lagi tema ühinemiskohal šahtiga kõrgem kui



Joon 26 Kahepoolne šahti õu

mujal. Šahtist kaugemal muutuvad temaga liituvad kaevõõnsused madalamaks ja kitsamaks, kuni nad võtavad selle kaevõõnsuse mõõtmed, millega nad ühinevad. Šahti õu võib olla kas ühepoolne või kahepoolne.

Ühepoolseks (joon. 25) nimetatakse šahti õue, kui tühjad vagonetid tõmmatakse kongist välja samale poolele, kust paigutatakse täis vagonetid kongi, ja kahepoolseks (joon. 26) — kui tühjad vagonetid tõmmatakse välja vastaspoolsele küljele. Viimasel juhul toimub laadimisoperatsioon kaks korda kiiremini. Ühepoolseid šahti õuesid esineb harva. Šahti õuest algab kas kveršlag või strekk.



Joon. 27. Šahti õue skeem: 1 — peašaht, 2 — abišaht, 3 — kallutaja, 4 — tõukur, 5 — kaalud, 6 — esmaabiruum, 7 — pumbaruum, 8 — elektri-alajaam, 9 — avarii-tõrje-abinõude kamber, 10 — veduridepoo, 11 — laoruum, 12 — dispetseri ruum, 13 — ooteruum.

Suurtes kaevandustes on šahti õued suured ja keerukate šahtilähiste kaeveõnsustega (joon. 27).

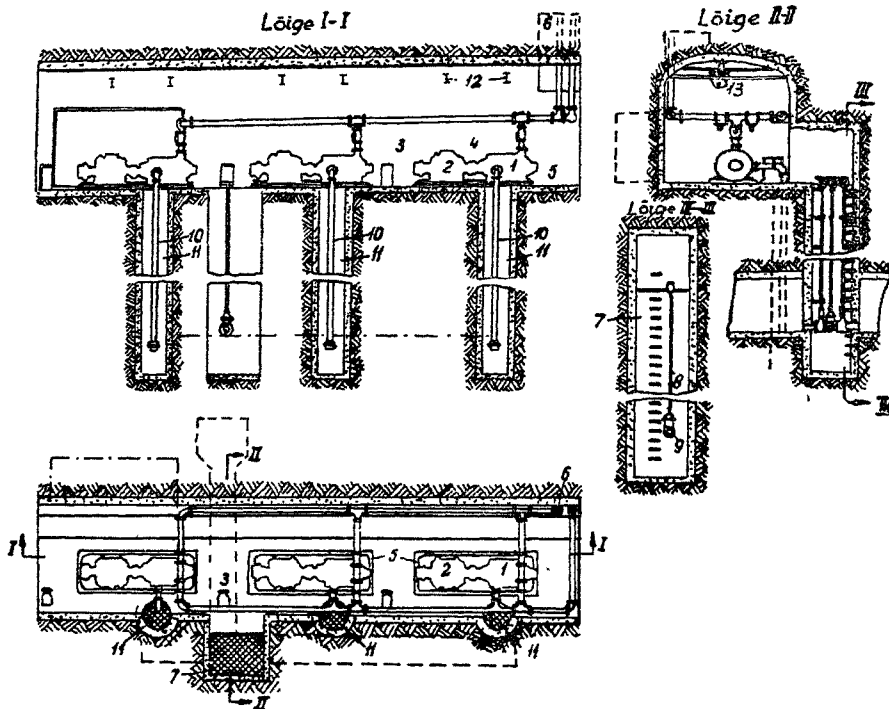
Pumbaruum (joon. 28) asetatakse šahti lähedusse, mille kaudu veetorustik väljub maapinnale.

Pumbaruumi asetatakse pumbad, millede võimsus on küllaldane kaevandusse voolava veehulga väljapumpamiseks. Igas pumbaruumis peab olema peale töösolevate pumpade vähemalt üks korrasolev varupump ja

teine remontimise võimaldamiseks, milliseid võib käiku lasta avarii korral. Pumbaruumi põrand peab olema 0,5 m kõrgemal rööpa peast šahti õues, mis avarii juhtudel hoiab vett pumbaruumi voolamast.

Pumbaruumi läheduses, allpool tema põrandat, on veekogumise ruum, mida nimetatakse veekogujaks.

Veekoguja rajatakse 3–4 m madalamale šahtilähiste kaevetõõnsuste põhjast ja temasse juhitakse vesi kokku kogu kaevandusest. Pumbaruum



Joon. 28. Kaevanduse pumbaruum: 1 — tsentrifugaalpump, 2 — mootor, 3 — käivitusseadmed, 4 — ühendusmuhv, 5 — alusplaadid, 6 — kaevetõõnsus survetorude jaoks, 7 — redel, 8 — jaotuskaev, 9 — siiber vee juhtimise reguleerimiseks, 10 — imemistor, 11 — imemiskaev, 12 — talad talide jaoks, 13 — talid.

ühendatakse veekogujaga pumpade imemiskaevude abil. Imemiskaevudesse paigutatakse pumpade imemistorud. Et pumbad normaalselt töötaksid, piiratakse pumpade imemiskõrgust, mis ei tohi ületada 5,5 m. Kui kaevanduses on raske teostada vee kokkuvoolu ühte punkti, siis kogutakse vesi abikogujasse, kust ta juhitakse edasi pumpade ja torustiku või kraavi abil peaveekogujasse. Kui maavara kaevandatakse maapinna lähedal, siis võib soodsal juhul abiveekogujast juhtida vett maapinnale šurfi kaudu.

Veduridepoo asetatakse šahti õue kaugemasse ossa. Veduridepoo juures on remonditöökooda, kus tehakse vedurite ja muude masinate väiksemad remondid, ilma et oleks vaja neid kaevandusest välja tuua.

Masinaruume tarvitatakse mitmesuguste masinate, nagu tõstekallakute vintside, suruõhu-kompressorite ja elektri-alajaama seadmete paigutamiseks.

Lõhkeainete ladu ehitatakse lõhkeainete ja lõhkamisvahendite hoidmiseks kõrgis sügavates allmaakaevandustes, kus toimetatakse lõhkamistõid. Reeglite kohaselt peab lõhkeainete ladu olema kõrvalises kohas, šahtile mitte lähemal kui 100 m, liiklemisõõnsustele mitte lähemal kui 25 m ja maapinnale mitte lähemal kui 30 m. Juurdepääse peab olema kaks, mis peavad olema ehitatud eri viisil ja tuulutamine peab olema intensiivne.

Ooteruum (joon. 27, 13) asetatakse šahtile lähimasse šahti õue ossa. Ooteruum on sisustatud pinkidega ja muude tarvilike esemetega. Kõik töölised, kellel ei ole otsest tööd šahti õues ja ootavad ülestõstmist, peavad astuma ooteruumi, et mitte segada tõstekorraldaja ja tema abilise tööd.

Esmaabiruum (joon. 27, 6), kus antakse esmaabi tööõnnetuste ja haavamiste korral, sisustatakse vastava mööbliga ja varustatakse arstitega. Esmaabiruumis peab olema alaline arstlik valve.

Hobusetall on sisustatud vastavalt maapealsetele hobusetallidele. Talli tuulutatakse intensiivselt ja koristatakse sõnnikust võimalikult tihti. Hobusetall ehitatakse kaevandustes, kus vedu toimub hobustega. Hobuvedu esineb tänapäeval harva.

Dispetšeri ruum (joon. 27, 12) paigutatakse peaveokäigu juurde. Sellesse ruumi on koondatud kaevanduse kogu signalisatsioon ja šahtilähedase liiklemise juhtimine. Dispetšeri ruumil on telefoniühendus kaevanduse iga rajooniga, šahti õuega ja pealmaaga.

Tööriistade ladu (joon. 27, 11) paigutatakse šahti lähedusse; sinna jätavad töölised pärast töö lõpetamist tööriistad, et tööle tulles neid sealt jälle võtta. Piikvasaraid ja puurmasinaid puhastatakse ja kontrollitakse vahepeal selleks määratud oskustöölise poolt. Igale töölisel antakse tööle tulles tema isiklikus kasutuses olevad tööriistad.

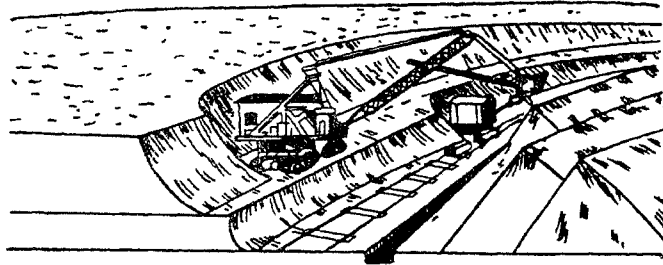
## 6. Koristusõõnsused.

Koristusõõnsused on väga mitmesugused nii vormilt kui ka suuruselt, olenedes töömeetoditest, varapaiga suuruselt, tema vormist ja asendist ruumis. Koristusõõnsused tekivad otse maavara tootmise (kaevandamise) tagajärjel ja seepärast on otstarbekohane nendega tutvuda koos koristustööde kirjeldamisega.

## 7. Lahtised kaeveõnsused.

Lahtised kaeveõnsused tekivad lahtiste (pealmaa-) kaevetööde tegemisel. Lahtisi töid saab teha juhul, kui varapaik ulatub maapinnale või kui katekivimite paksus, võrreldes varapaiga paksusega, pole suur, nii et viimaste kõrvaldamine koos maavara kaevandamisega lahtiste tööde meetodil on vähem kulukas kui allmaatöödega vastava hulga maavara tootmine. Lahtised kaevandused on lihtsamad kui allmaakaevandused ja sellepärast on nende kaeveõnsuste arv palju väiksem. Lahtised kaeveõnsused on karjäär ja kraav.

Karjäär (joon. 29) on lahtiste töödega maavara kaevandamisel tekkinud kaeveõnsus. Ta on varustatud sellekohaste seadmetega ning võib kuuluda iseseisva tööstuslik-majandusliku üksusena kaevanduse juurde. Mõni-



Joon. 29. Karjäär.

kord antakse karjäärile nimetus selle maavara järgi, mida toodetakse, nagu paemurd, kivimurd jne.

Kraav on kaeveõnsus, mis võrreldes oma suure pikkusega omab väikest laiust ja sügavust ning on harilikult trapetsikujulise põikilõikega. Kraavid võivad olla lahtiste tööde puhul: sõidukraavid, mis on vajalikud karjäärile juurdepääsu-sõiduteede ehitamiseks; alg- ehk lõikekraavid, mis rajatakse normaalsete kaevetööde alustamiseks teatava karjääri horisondil; vee kõrvaldamiskraavid, mis kaevatakse karjäärist vee ärajuhtimiseks, kui maapinna reljeef seda võimaldab.

## 8. Puuraugud.

Puuraukudeks nimetatakse harilikult puurimise teel rajatud väikese ringikujulise põikilõikega auke ja kaeveõnsusi. Puurauke puuritakse kivimite uurimise, vedelate ja gaasiliste maavarade tootmise, lõhkamistöde ja ehitustööde otstarbel.



Kus puuraugud tulevad madalad ja kus töö maht on väike, kasutatakse käsipuurimis-seadiseid. Käsitsi puurimise abinõusid saab aga kasutada ainult pudedates ja pehmetes kivimites. Rähksetes ja kõvades kivimites ning sügavate puuraukude puurimisel kasutatakse mehhaanilisi puurimis-seadiseid.

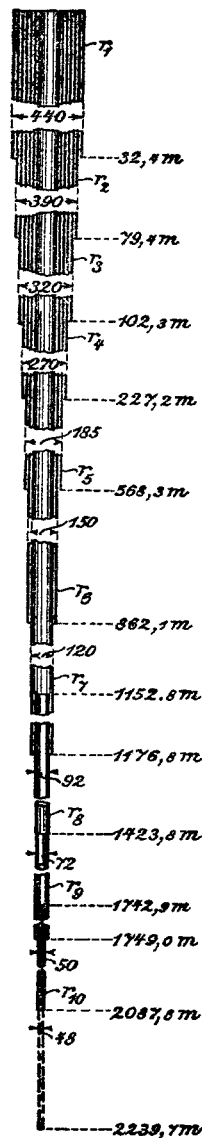
Olenevalt puurriista tegevuse laadist kivimi purustamisel puuraugus tuntakse kaht liiki puurimist: keerdpuurimine ja löökpuurimine. Keerdpuurimisel tarvitatakse maa pealt puurriistani ulatuvaid puurvardaid. Löökpuurimisel tarvitatakse puurriista ühendamiseks maapealse puurseadisega kas puurvardaid või köit. Varraste allalaskmiseks ja ülestõstmiseks seatakse käsipuurimisel puuraugu kohale üles vinnaga puurkolmjalg. Kolmjala kõrgus peab olema suurem kui üksiku varda pikkus. Sellepärast ehitatakse sügavamate puuraukude puurimiseks tugevad kolme või nelja jalaga tornid, kõrgusega 10 või rohkem meetrit.

Kaasaegsete puurimis-seadiste ja -masinate abil on puuritud üle 5000 m sügavusi auke. Aukude diameeter kõigub 20 mm kuni ühe m piirides. Sügavad puuraugud puuritakse algul jämedatena; et sügavate aukude seinte kindlustamiseks tarvitatakse torusid, siis tuleb pärast iga torusamba paigutamist tarvitada väiksemaid puurriistu, mistõttu puurauk muutub kord-korralt peenemaks (joon. 30).

Nafta saamiseks laialt tarvitatav puurimisviis on rootorpuurimine, mis on iseloomult keerd-uhtpuurimine. Kivimit löikab siin teraspeitel, kõvematel kihtides volfram-koobalt-karbiidteradega või kooniliste hammasrullidega puurriist, ja puurimispuuru uhtmisvahendiks on kaunis sitke savikört.

Puuraukude puurimist võib toimetada maa pealt ja allmaakaevandustest igas suunas.

Puurimisega rajatakse ka šahte diameetriga kuni 5 meetrit. Nõukogude eesrindlik tehnika on teinud sellel alal märkimisväärseid edusamme. Näiteks Moskva basseinis ja mujal on rajatud puurimise teel heade tagajärgedega hulk šahte (vt. „Šahtide rajamine”).



Joon. 30. Mantel-torude paigutus sügavas puuraugus.

## B. Mäetööd.

### 1. Üldmõisted.

Nagu tähendatud, nimetatakse mäetöödeks töid, mida tehakse maavara või kivimi eraldamiseks ja väljavõtmiseks üldmassist.

Mäetöid võib liigitada kivimi eraldamise ja väljavõtmise operatsioonide järgi: 1) põhitöödeks, mille all mõistetakse kaevamist, lahtimurdmist ja lõhkamist, ning 2) abitöödeks, kuhu kuuluvad lahtimurdud kaevise kobestamine, laadimine transpordivahenditesse jne.

Neid töid võib teostada käsitsi, kus töö toimub tööliste lihaste jõul, või masinatega, kus tööline ainult hoiab või juhib masinat, või vahetult jõuallikatega (näit. lõhkamine). Vanasti, kui kõik tööd tehti käsitsi, liigitati tööd nende tööriistade järgi, millega tööd tehti, nagu labidatöö, kõplatöö, kirka-(meisli-)töö, kiilu- ja kangitöö. Praegusel ajal on käsitöö osatähtsus, võrreldes masinatööga, mäetööl väike ja seepärast tuleb endist liigitust pidada vananenuks. Peale mitmesuguste suurte ja raskete masinate on nüüd kaevuril kasutada palju käsimasinaid, nagu elektripuur, suruõhupuur, piikvasar, pneumaatiline labidas (vasaralabidas) jne. Masinatööde tegemiseks on vaja jõudu, mis masinaid käitab. Jõuallikatena kasutatakse selleks käsimasinate jaoks suruõhku ja elektrit; raskeid masinaid käitatakse peale elektri ja suruõhu veel auru, vee, bensiini ja mitmesuguste teiste energiaallikatega.

Nii kasutatakse mäetööde tegemiseks peaaegu kõiki tähtsamaid jõuallikaid, mis on tuntud tehnika kaasaegsel arengul. Järelikult kasutatakse mäetööstuses samadel põhimõtetel töötavaid masinaid, mis on võetud kasutusele teistes tööstusharudes. Siiski erinevad mäemasinad suuresti teistes tööstusharudes kasutatavatest masinatest nende otstarbe, töötingimuste ja ülesannete poolest.

Vahetult rakendatavate jõuallikatena kasutatakse mäetööl väga laialdaselt lõhkeainete energiat ja vähemal määral veejoa dünaamilist toimet, vedeldatud gaaside energiat nende uuesti gaasiks muutumisel, tule toimet mineraalidele, mäerõhku ja raskustungi. On mõeldav, et lähemas tulevikus võiks mäetööstuses kasutamisele tulla võimas aatomienergia.

Jõuallikate vahetu rakendamine mäetööl nõuab selleks ettevalmistustööde tegemist, kusjuures need tööd tehakse nii käsitsi kui ka masinatega.

Arvestades lõhkeainete kasutamise suurt osatähtsust mäetööl on nende kirjeldus käesolevas raamatus antud eri peatüki all.

## 2. Kivimite omadused ja liigitamine.

Mäetööde edukuses etendavad suurt osa kivimite omadused. Erinevate omadustega kivimid nõuavad isesuguste tööriistade, abinõude ja tööviiside rakendamist. Õige tööviisi valik oleneb eelkõige kivimite vastupanust osade eraldamisele. Toodetavuse järgi jaotatakse kõik kivimid järgmisse viide klassi: 1) pudedad, 2) pehmed, 3) haprad, 4) kõvad, 5) väga kõvad.

**P u d e d a t e k s** nimetatakse niisuguseid kivimeid, mille osakestel ei ole omavahelist sidet või see side on väga nõrk (liiv, muld, turvas). Mõned sellesse klassi kuuluvad kivimid (peen savisegune liiv), kui nad on ohtralt veega läbi imbunud, saavad voolava vedeliku omadused ja kannavad vesiliiva nime. Kui sellist vesiliiva kihti läbitakse kaeveõõnsusega, voolab vesiliiv õõnsusse ja tekitab palju raskusi töö teostamisel.

**P e h m e t e k s** nimetatakse niisuguseid kivimeid, mille osakesed on küll üksteisega seotud (savi, kriit), kuid see side on nii nõrk, et ei takista tööriista (näit. labida) sissetungimist.

**H a b r a s t e k s** ehk rabedateks nimetatakse selliseid kivimeid, mille üksikud osad võivad olla üsna kõvad, kuid võrdlemisi kergesti purunevad (on võimalik eraldada kõpla abil) või eralduvad nendes olevate lõhede ja mörade tõttu (kiltkivi, möranenud paekivi, põlevkivi, kivisüsi, liivakivi jt.).

**K õ v a d e k s** nimetatakse niisuguseid kivimeid, millest tükki eraldamine on raske (kõva liivakivi, graniit, magnetiit, kõvad paekivid jt.).

**V ä g a k õ v a d e k s** nimetatakse niisuguseid kivimeid, milledest tükki eraldamine vajab eriti suurt jõukulutust (basalt, kvartsiit, diabaas jt.).

See jaotus põhjeneb kivimite füüsikalistel omadustel — kõvadusel, elastsusel ja sitkusel. Üldiste tunnuste suhtes kivimite klassidesse jaotamiseks on uurijad eri arvamusel, seepärast esineb ka teisi jaotusviise. Raske on täpselt ära märkida ühe või teise kivimi vastupanu suurust, sest ühe ja sama kivimi omadused võivad olla väga muutlikud.

Peale ülaltoodu on veel teisi kivimite jaotusi nende kõvaduse järgi. Üks kõige põhjalikumaid neist on prof. M. M. Protodjakonovi poolt koostatud kivimite tabel (tabel 1), milles kivimid jagatakse kõvaduse järgi 10 kategooriasse. Iga kivimiliigi kõvaduse iseloomustamiseks on võetud tarvitusele kõvaduse koefitsient, s. o. kivimi survetugevus  $\text{kg/cm}^2$  jagatud 100-ga. Neid koefitsiente võib välja arvutada rea tööstuslike ja laboratoorsete katsete abil. Kuid esiteks on täpsed arvutused ja katsed seotud raskus-

Tabel 1

M. M. Protodjakonovi kivimite kõvaduse võrdlustabel.

Kivimi kategooria kõvaduse järgi	Kivimi kõvadus- aste	K i v i m i d	Võrdlev kõvaduse koefitsient <i>f</i>
I	Kõige suurema kõvadusega kivi- mid	Kõige kõvemad, tihedamad ja sitke- mad kvartsiidid ja basaldid. Muud kõige kõvemad kivimid . . . . .	20
II	Väga kõvad kivi- mid	Väga kõvad graniitkivimid, kuid väiksema kõvadusega kui eelmainitud kvartsiidid: kvartsporfüür, väga kõva graniit, ränikiltkivi. Kõige kõvemad liivakivid ja lubjakivid . . . . .	15
III	Kõvad kivimid	Tihe graniit ja graniitkivim. Väga kõvad liivakivid ja lubjakivid. Kvart- si- ja maagisooned. Kõva konglo- meraat. Väga kõvad rauamaagid .	10
III a	"	Kõvad lubjakivid. Mittekõva gra- niit. Kõvad liivakivid. Kõva marmor, dolomiit, püriidid . . . . .	8
IV	Üsna kõvad kivi- mid	Harilik liivakivi. Rauamaagid . .	6
IV a	"	Liivakad savikiltkivid. Liivakilt- kivid . . . . .	5
V	Keskmise kõva- dusega kivimid	Kõva savikiltkivi. Mittekõva liiva- kivi ja lubjakivi, pehme konglome- raat . . . . .	4
V a	"	Mitmesugused mittekõvad kiltkivid. Tihe mergel . . . . .	3
VI	Üsna pehmed kivimid	Pehme kiltkivi, väga pehme lubja- kivi, kriit, kivisool, kips. Külmunud maapind, antratsiit, kivisüsi. Mergel, harilik. Purunenud liivakivi, tsemen- teerunud kruus ja killustik, kivine maapind . . . . .	2
VI a	"	Killustikune maapind. Purunenud kiltkivi. Lamanud kruus ja killustik, kõva kivisüsi, kõvastunud savi . . .	1,5
VII	Pehmed kivimid	Savi (plink). Pehme kivisüsi. Kõva maapind. Savine maapind . . . . .	1,0
VII a	"	Kerge liivane savi, lõss, kruus . .	0,8

Kivimi kategorია kõvaduse järgi	Kivimi kõvadusaste	K i v i m i d	Võrdlev kõvaduse koefitsient <i>f</i>
VIII	Muldsed kivimid	Muld. Turvas. Kerge savikas liiv. Märg liiv . . . . .	0,6
IX	Pudedad kivimid	Liiv, peenike kruus, pude muld, toodetud kivisüsi . . . . .	0,5
X	Vesiliivsed kivi- mid	Vesiliiv. Soomuda. Vedel lõss ja teised maapinna vedeldatud kivimid	0,3

tega ja teiseks iseloomustab täpselt väljaarvutatud koefitsient kivimit ainult selles kohas, kust proovid on võetud, kuna seesama kivim võib mõni meeter kaugemal olla suuresti erinev. Vaatamata sellele, et neid koefitsientide võib kasutada ainult teatava ligikaudsusega, kergendavad nad siiski meie tööviiside valikut ja annavad selgema ettekujutuse kivimite kõvadusest. Peamiseks puuduseks selles klassifikatsioonis on kivimi puuritavust, sitkust ja abrasiivsust näitavate tegurite mitteamestamine. Üksikasjalisem kivimite klassifikatsioon nende puuritavuse järgi on toodud osas „Puurimistööd”.

### 3. Käsitsi tehtavad mäetööd.

Varemalt kasutati peaaegu eranditult inimjõudu pudedate, pehmete ja habraste kivimite kaevandamisel. Kõvu ja väga kõvu kivimeid kaevandati lõhkamise abil, kuid ettevalmistustööd selleks, nagu aukude puurimine jne., tehti ikkagi käsitsi.

Viimasel ajal püütakse kõikjal asendada käsitsi tehtavaid töid masinate tööga. Iseäranis suured on saavutused mäetööde mehhaniseerimise alal Nõukogude Liidus, kus kaevandused on muudetud eeskujulikult mehhaniseeritud tööstusteks.

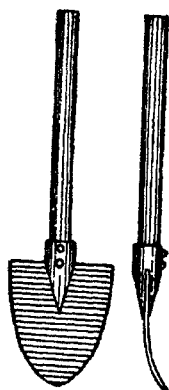
Praegusel ajal kasutatakse käsitsitööd energiabaasidest kaugel asuvas paikades uurimistöödel ja osaliselt neis uutes rajoonides, kus tuleb alles luua energiabaas.

Järgnevalt on kirjeldatud käsitsi tehtavate tööde puhul tarvitata- vaid tööriistu.

Labidat võib kasutada kas iseseisva või abitööriistana. Esimesel juhul eraldatakse labida abil kivimi osad üldmassist ja tõstetakse eralda-

miskohast mõnevõrra kaugemale, teisel juhul aga üldmassist eraldamist labida abil ei toimu.

Labidat tarvitatakse iseseisva tööriistana pudedate ja pehmete kivimite kaevandamisel (liiv, muld, turvas, savi). Kaevamislabida leht on varrega peaaegu ühel joonel ja lehe ääred ei ole ülespoole keeratud (joon. 31). Abitööriistana võib labidat tarvitada igasuguse kõvadusega kivimite puhul. Allmaatöödel kasutatakse labidat abitööriistana kaevise ühest kohast teise kühveldamiseks, vagonettidesse ja konveieritele laadimiseks. Laadimislabida (kühvli) varrepoonsed ääred on ülespoole keeratud ja vars moodustab lehega 120—150° nurga (joon. 32).



Joon. 31. Kaevamislabidas.

Et labidaga töötavad töölised üksteist ei segaks, peaks nende vahe olema 2 m. Allmaatöödel vähendatakse seda vahemaad ruumipuuduse pärast, mis mõnevõrra vähendab tööviljakust. Tööviljakus laadimistööl on kõige suurem, kui labidatäis kaalub 8—9 kg. Et kaevise erikaal on mitmesugune, siis valmistatakse labidaid mitmesuguses suuruses.

Üks allmaa-tööline võib 8-tunnise tööpäevaga 15—20 t kaevist labidaga vagonetti laadida, pealmaatööline sama ajaga 20—25 t. Peab hoolitsema, et töölisel ei tuleks käia täis labidaga, mis tunduvalt alandab tööviljakust. Konveierid ja vagonetid peavad olema eraldatud kaevise lähedal.

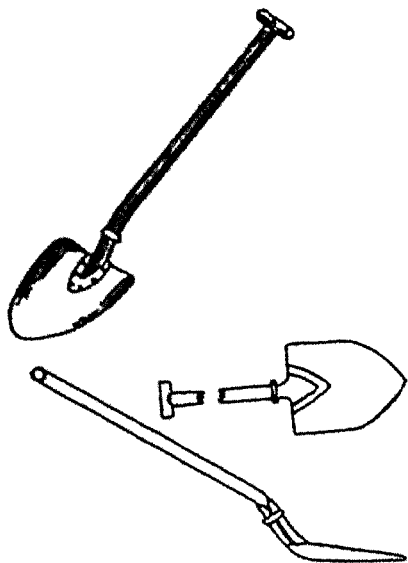
Kaevanduskõblast kasutatakse iseseisvalt pehmete ja habraste kivimite kaevandamisel ning abitööriistana kõvemate kivimite puhul, mida pärast lõhkamist on vaja peenendada ja kobedamaks muuta, et pärast labidaga kergem oleks töötada.

Kõplaga töötamine seisneb selles, et tööline lööb tema terava otsa kivimisse ja murrab suuremaid või väiksemaid tükke lahti.

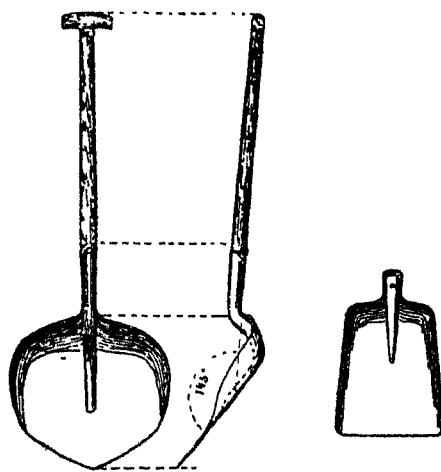
Töö kergendamiseks tehakse harilikult alguses eesse 0,5—0,75 m sügavuselt soon (murre) ja alustatakse siis tükkide murdmist (joon. 34).

Kõplad võivad olla ühepoonsed (joon. 35), kahepoonsed (joon. 36) ja vahetatavate teradega (joon. 37). Viimastel on see hea omadus, et nüriks muutunud tera võib kergesti vahetada. Enamikus Nõukogude Liidu söekaevandustes tarvitatakse ühepoonsed vahetatava teraga kõplaid (joon. 38), mille vahetatavat tera nimetatakse hambaks. Maapealsetel töödel pehmes kivimis tarvitatakse laia teraga kõblast, mille tera asetseb risti kõpla varrega (joon. 39).

Kõpla suurus valitakse kivimite kõvaduse kohaselt. — mida kõvem kivim, seda suurem (raskem) peab olema kõblas. Eesti kaevandustes tarvatakse raskemaid kõplaid ja neid nimetatakse seal kirkadeks.

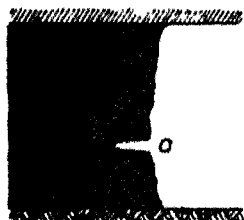


Joon. 32. Laadimislabidas (kühvel) kõvade kivimite laadimiseks.



Joon. 33. Kivisõe laadimise labidas.

Kõblaste varred valmistatakse harilikult kasepuust ja nad peavad olema siledad. Et kõblas kindlamini varre otsas püsiks, antakse kõpla



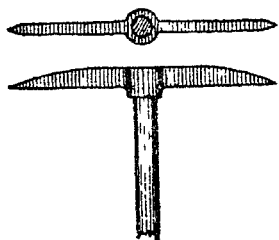
Joon. 34. Kõpla abil tehtud soon (a) kivisõekihis.



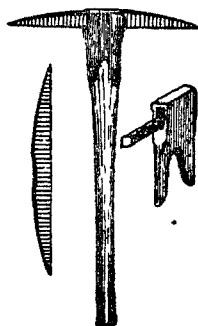
Joon. 35. Lihtne ühepoolne kõblas.

silmale koonusetaoline kuju laiema poolega ettepoole. Kõpla varre külge kinnitamisel liüakse vars eest tahapoole silmast läbi, kusjuures cespoolne jämedam varre ots kinnitub kindlalt silma koonusesse.

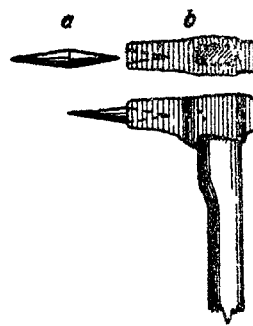
Kivimeisliks (kirkaks) nimetatakse sirget kandilist või ümarikku teraspulka, mille üks ots on püramiidikujuliselt teritatud (joon. 40). Kivimeisel võib olla varrega või ilma. Varrega kivimeisel erineb ainult sellega, et tal on auk varre jaoks. Vart tarvitatakse ainult meisli hoidmiseks.



Joon. 36. Lihtne kahepoolne kõblas



Joon. 37. Vahetatava teraga kahepoolne kõblas.

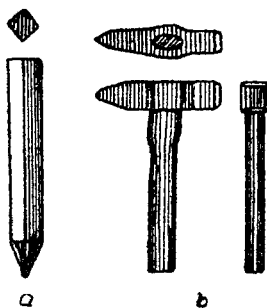


Joon. 38. Vahetatava teraga ühepoolne kõblas: *a* — hammas, *b* — kõblas ilma hambata

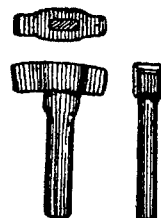
Töö kivimeisliga seisneb selles, et tema terav ots hoitakse ühe käega kivimi peal, kuhu soovitakse anda löök, ja teises käes oleva vasaraga (joon. 41) lüüakse meisli tõmbile otsale; nii eraldatakse tükikesi kõvast kivimist.



Joon. 39. Laia teraga kõblas.



Joon. 40. Kivimeislid: *a* — varreta kivimeisel, *b* — varrega kivimeisel.



Joon. 41. Vasar kivimeislile pealelöömiseks.

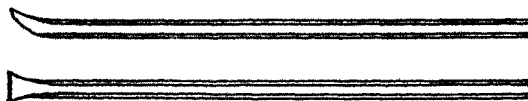
Meisli abil toodeti varem kõvu kivimeid; nüüd on need tööd asendatud lõhkamistöödega. Meislit tarvitatakse veel proovide võtmisel, kaeveõnustuste seinte tasandamisel, toestiku pesade sisseraiumisel, skulptuuritöödel ja ehituskivide tahumisel.



Kiilu ja kangi kasutatakse iseseisvalt haprate ja pragunenud kivimite kaevandamisel. Kiiluga töötamisel tarvitatakse: 1) kiilu (joon. 42), mis valmistatakse kas neljakandilisest või ümarikust teraslatist, teritades ta üht otsa laperguselt või püramiidikujuliselt ja tehes teise otsa lõmbiks; 2) vasarat (joon. 41) — ühe käe jaoks 1—3 kg raskust ja kahe käe jaoks 5—8 kg raskust; 3) kangi (joon. 43), mis valmistatakse harilikult ümarikust teraslatist 2,5--3,75 cm jämedusega ja



Joon. 42. Kiil.



Joon. 43. Kang.

1—1,5 m pikkusega. Kangi üks ots on kiilutaoliselt teritatud ja teine on tõmp. Kiiluga töötamine seisneb selles, et kiil lüüakse vasara abil kivimi prakku ja nii eraldatakse suuremaid või väiksemaid tükke. Kang lüüakse samuti kas oma raskusega või raske vasara abil kivimi prakku ja muratakse tükid lahti.

Käsimehanismide või mehhaaniliste instrumentide kirjeldus on antud allpool.

#### 4. Jõuallikatega, mehhanismide kaasabita tehtavad mäetööd.

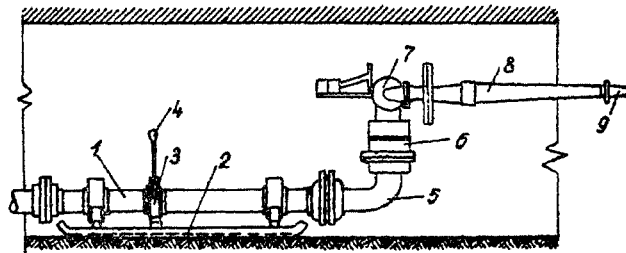
Nagu on eespool tähendatud, kuuluvad nende tööde alla esijoonel lõhkeaine, tule, surve all oleva või voolava vee rakendamine mäetöödel. Esimest liiki tööd nimetatakse lõhkamistööks, teist — põletamistööks, kolmandat hüdrauliliseks tööks. Siin kirjeldame kaht viimast tööviisi.

Põletamistööd ehk tuletööd põhinevad kivimite omadustel paisuda kuumutamisel ja sulada kõrge temperatuuril. Varemadel aegadel tarvitati põletamistöid kõvade maakide tootmiseks. See töö seisnes selles, et ees süüdati lõke, mis kuumutas kivimit. Et tulele lähemad kivimi osad kiiremini ja enam soojenesid ning paisusid kui kaugemal ja sügavamal asetsevad, siis toimus pragunemine ja tükide eraldumine üldisest massist. Temperatuuri järsu muutmise eesmärgil valati kuumendatud eele vett, mis töö tulemusi suurendas.

Põlemisgaasid on allmaakaevanduses väga ohtlikud, seepärast on põletamistööd allmaatöödel keelatud ja asendatud tagajärjekamate lõhkamis-

toodega. Mõnel pool Nõukogude Liidu põhjaosas tarvutatakse vahel külmunud maasse uurimissurfide kaevamisel ees sulatamist tulega. Igijää piirkondades asetsevates kullakaevandustes kasutatakse edukalt kuuma auru, mida juhitakse torustiku abil tootmispaikadesse vett sisaldavate pudedate kivimite ülessulatamiseks. Niisugune ülessulamine osutub siin tähtsamaks lüliks tootmisprotsessis.

Kui toodetav kivim koosneb mineraalidest, mille paisumine kuumutamisel on erinev, siis puruneb see kivim tule mõjul kergesti. Esineb arvamusi, et põletamistööd, kui nad on korraldatud viimistletud leekaparaatidega, võivad mõnikord kõvades kivimites, kus puurimine on raskendatud, võistelda lõhkamistöedega.



Joon. 44 Veepurskaja ehk monitor: 1 — veetoru, 2 — kelk, 3, 4 — toru pööramiseade, 5 — torupõlv, 6 — kere, 7 — lügend, 8 — pursketoru, 9 — kooniline otsak.

Hüdraulilise tööga toimub kivimi osade eraldamine tema üldmassist vee abil. Vee kasutamine tähendatud eesmärgil võib olla mitmesugune. Käesoleval ajal kasutatakse peaaegu eranditult ainult veejuga, kuna tema keemiliste ja füüsikaliste omaduste tarvitamine on kõrvale jäetud.

Veejuga töötamine on võrdlemisi lihtne. Eesse juhitakse võimas veejuga, mis purustab kivimit ja kisub lahti tükke. Vesi uhab selle lahtise kaevise vajalikku kohta, kust teda võib ükskõik millisel viisil edasi toimetada või kasutada.

Surve antakse veele kas pumpadega või kasutatakse selleks veebasseini ja töökoha asendi kõrguste vahet. Torustiku kaudu juhitakse surve all olev vesi veepurskajasse ehk monitorisse (joon. 44), mis moodustub erilise konstruktsiooniga toruotsakust, monteerituna alusraamile nii, et väljuvat juga on võimalik juhtida ee igasse kohta.

Veega töötamisel võib tarvitada mitmesugust survet. Allmaakaevandustes töötatakse veesurvega kuni 60 at. Vee purustusjõud oleneb pea-

miselt veeja kiirusest, mitte aga niivõrd tema hulgast. Mida püsivamad on kivimid, seda suurem peab olema monitori otsakust väljuva veeja kiirus, et neid purustada.

Veejuga hakati kaevetöödel kasutama kõigepealt kullakaevandustes. Praegusel ajal on see töötamisviis laialt levinenud. Isčaranis laialdaselt tarvitatakse teda pealmaakaevandustes (eriti puiste-varapaikade kaevandamisel) ja ehitustöödel mullatööde tegemiseks. Nõukogude Liidus tehakse kaevetöid vee abil söekaevandustes ja Siberi kullakaevandustes; seda viisi kasutatakse ka suurematel ehitustöödel.

Soola tootmiseks soolasegustest savikihtidest kasutatakse vee keemilist omadust lahustada eneses soola. Selleks puuritakse soola sisaldavatesse kihtidesse puurangud, kuhu juhitakse vesi. Töö korraldatakse nii, et ühte auku juhitakse mage vesi ja teisest pumbatakse soolaga küllastunud vesi välja. Pärast vee aurumist saadakse sool. Praegusel ajal kasutatakse niisugust soola tootmise viisi harva.

Analoogiliselt sellele töötavad kuuma vee ja mõned väävlakaevandused.

Vanasti tarvitati vee füüsilist jõudu suurte ehituskivide (monoliitide) tootmisel. Kivimüraka üldmassist eraldamiseks puuriti rida auke, mis läideti vee ja lasti vesi külmuda. Jääks muutumisel avaldas vesi augu seintele survet ja murdis kivi lahti.

## 5. Masinatega tehtavad mäetöid.

Käsitsi tehtavad mäetöid on rasked ja nõuavad suurt jõukulu, kuid sellest hoolimata on mäetööde mehhaniseerimine tihti maha jäänud teistest tööstusaladest. Mäemasinate ehitamine on võrdlemisi kallis ja nende iga on allmaa-olukorras lühike, seepärast on kapitalistlikes maades kapitalistil kasulikum palgata odavaid töökäsi kui neid asendada kallite masinatega.

Nõukogude Liidus, kus ei lähtuta kapitalistlikust kasuahnitsemise põhimõttest, vaid üldisest rahvamajanduse arendamise ja töötava rahva heaolu tõstmise põhimõttest kommunistliku korra ülesehitamise eesmärgiga, on asunud mäetööstuse täielikule mehhaniseerimisele tema kõigis osades, alates kaevise eraldamisest ees kuni pealmaa-raudteevagunisse laadimiseni. Juba on mehhaniseeritud kaevanduste põhilised tööprotsessid, mis suuresti kergendab kaevuri töid. Uute mäemasinate konstrueerimise ja ehitamise poolest on Nõukogude Liit maailmas esikohal. Viimasel ajal on ehitatud meil palju võimsaid uut tüüpi mäekombaine ja teisi masinaid, milledega on kivisöe tootmine juba paljudes kaevandustes täielikult mehhaniseeritud.

Mäemasinad on väga mitmekesised, nad erinevad üksteisest tööülesannete järgi.

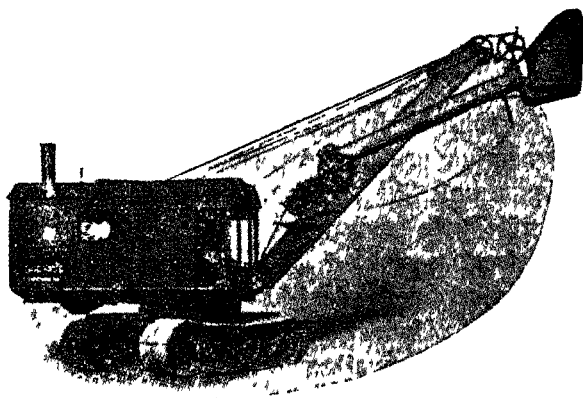
Masinatega tehtavad tööd võivad olla, samuti nagu käsitsi tehtavad tööd, kas põhitööd või abitööd.

Kui tutvuda masinatega, millede kirjeldus on toodud allpool, siis selgub, et neid rakendatakse üksikuil või mitmeil tööliikidel, mida varem teostati käsitsi. Näiteks: ekskavaatorid ja laadimismasinad vabastavad inimese labidatöödest, piikvasarad ja soonimismasinad — kõplatöödest, mäekombainid aga teevad kõik need tööd korraga. Kuid nõukogude korra tingimustes ei vabasta masinate kasutuselevõtmine töölisi mitte ainult raskest füüsilisest tööst, vaid tõstab ka lõõviljakust mitmekordselt, arendab töötajaid kultuuriliselt, tõstab nende tehnilisi teadmisi ja võimaldab võimsa stahhaanovliku liikumise edasist arenemist, lähendades seega tööliste kultuuritaset ja tehnilist oskust insener-tehniliste töötajate tasemele ja kogu Nõukogudemaad kommunismile.

## C. Ekskavaatorid.

### 1. Üldandmed.

Ekskavaatoreid tarvitatakse enamasti pealmaatöödel. Nad on liiga suured selleks, et mahtuda allmaa tavalistesse kitsastesse ja madalatesse töökohtadesse, kuid on ka selliseid allmaakaevandusi, kus on võimalik rakendada ekskavaatoreid.



Joon. 45 Ühekopaline ekskavaator (mehhaaniline labidas).

Ekskavaatori tööprotsessi osad sarnanevad töölise labidatööga, nimelt: 1) masin eraldab kivimit üldmassist, 2) tõstab ta vajalikule kõrgusele, 3) viib äraheitmis- või laadimis-kohta ja 4) puistab hunnikusse või veovahendisse. Iga operatsiooni teostamiseks on ekskavaatoril vastavad osad.

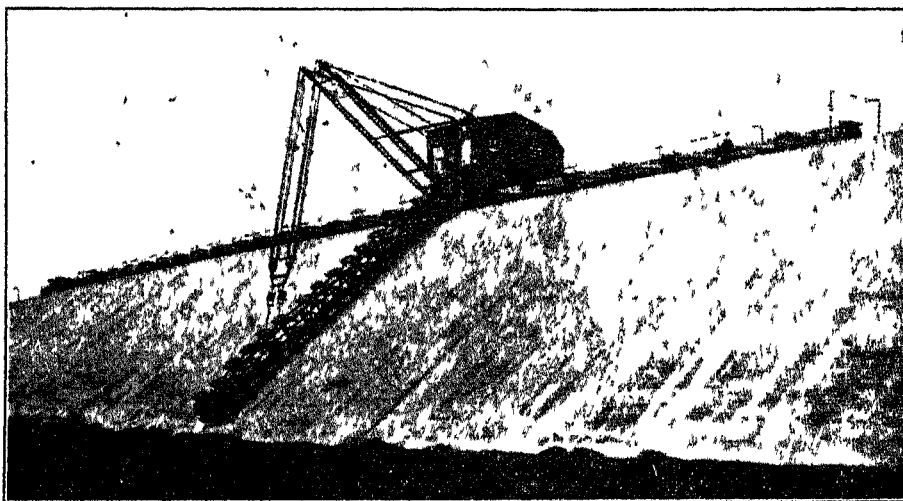
Ekskavaator koosneb kolmest põhimisest osast:

1) töotavast mehhanismist — kopast, millega võetakse kivimit üldmassist, ja osadest, mille külge kopp on kinnitatud. Kopp täitub võetud kivimiga ühtaegu selle eraldamisega üldmassist;

2) liikumisvõimelisest ratastega või roomikutega varustatud alusplatvormist, mille abil ekskavaator võib oma asendit vahetada;

3) jõuseadeldisest, mille abil pannakse liikuma (käima) ekskavaatori üksikud osad ja mis tavaliselt monteeritakse ta pealisplatvormile.

Ekskavaatorid on väga mitmesugused nii välimuse kui ka töötamisviiside poolest, kuid üldiselt jagunevad nad kahte liiki. ühekopaliselised (joon. 45) ja paljukopaliselised (joon 46).



Joon 46 Paljukopaline ekskavaator.

Mõlema liigi ekskavaatorid jagunevad oma liikumisviisi poolest rööbastel liikuvateks ehk rööbastel sõitvateks, roomikutel liikuvateks ehk roomavateks ja sammuvateks.

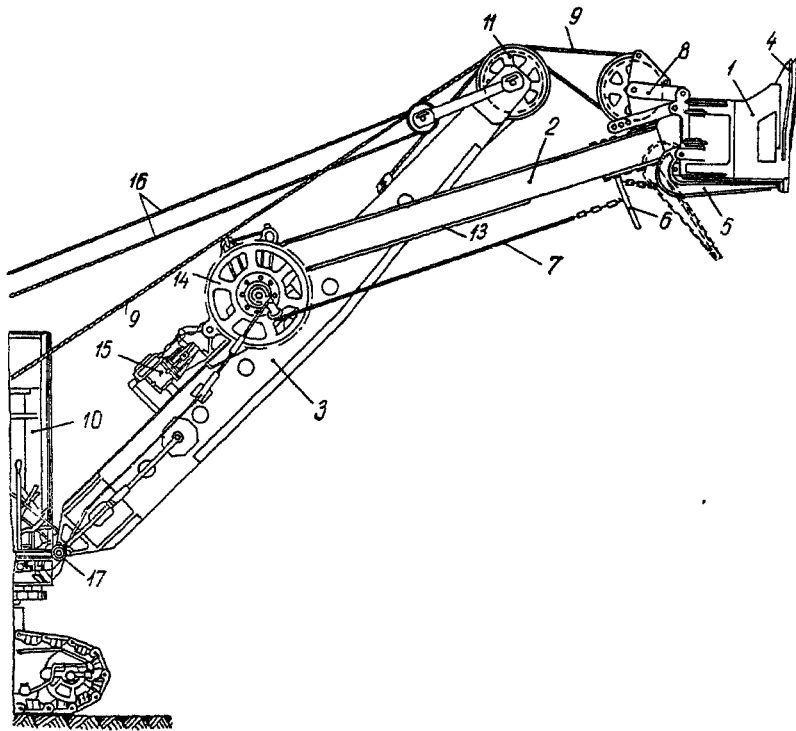
Eriliseks otstarbeks valmistatakse ka ujuvaid ühe- või paljukopalisi ekskavaatoreid, mis kannavad uime süvendaja ehk bageri, kui nende abil süvendatakse veekogu põhja, ja dredži, kui nende abil toodetakse maavara veekogude põhjast ja nad on varustatud maavara uhtmis- või vääristusseadmetega. Viimast tarvitatakse laialt kulla ja inglistina tootmiseks, kuna bagereid võib leida igas suuremas sadamas.

Ekskavaatorid võivad töötada auru, elektri, suruõhu või sise põlemismootorite abil. Suurem osa ekskavaatoreid käitatakse kas elektri- või sise põlemismootoritega.

## 2. Ühekopalised ekskavaatorid.

Ühekopaliste ekskavaatorite tüübid erinevad üksteisest kopa töötamisviiside poolest, mis on tingitud peamiselt tööülesannetest.

Mehhaaniline labidas (joon. 45). Seda tüüpi ühekopaliste ekskavaatorite töö sarnaneb labidaga töötava kaevuri tööga. Ekskavaatori töötav mehhanism (joon. 47) koosneb kopast 1, kopa varrest 2 ja poomist 3.



Joon 47 Mehhaanilise labida töötav mehhanism.  
(Numbrite seletus tekstis)

Kopa esiäär 4, mille ülesandeks on tungida kivimisse ja eraldada temast osi, on varustatud terava servaga või 3—5 kiilukujulise terasest hambaga. Kopa põhi 5 on avatav, mis võimaldab kaevise kopast väljapuistamist. Avamist juhivad masinist oma istekohalt põhjariivi lahtitõmbamisega hoova 6 ja teraskõie 7 abil. Kopa ülemise ääre külge on hingedel kinnitatud sang 8. Selle külge kinnitatakse tõstekõis 9, mis on juhitud üle poomi üle-

mises otsas oleva köieratta või plokirataste 11 kabiinis oleva tõstemasina trumlile. Kopa tõste- ja allalaskeliigutused toimuvad tõstekõie abil. Kopa vars 2, mille ühte otsa kinnitub jäigalt kopp, on valmistatud ühest või kahest aisadena töötavast teraslatist. Viimaste alumise ääre külge on kinnitatud hambulised liistud 13, mille hambad on ühenduses survevõlli 14 asetatud hammasratastega. Survevõll on paigutatud poomi keskosasse ja on varustatud erilise mootoriga või pannakse tiirlema võlli ja ekskavaatori pealisplatvormi ühendava kett- või köisajami abil.

Kirjeldatud seadeldis sunnib survevõlli tiirlemisel kopa vart (ja ühtlasi ka koppa) edasi-tagasi liikuma ja võimaldab ka tema pööramist võlli telje ümber, kui koppa tõstetakse või alla lastakse. Ehitatakse ka ekskavaatoreid, millel varre väljasurumine toimub survevõlli asemel üle plokirataste juhitud trossi abil.

Poom valmistatakse ühest või kahest tugevast teraskarptalast või sõrestikust. Poomi alumine ots paigutatakse ekskavaatori pealisplatvormile või pöördplaadile, kuna ülemist otsa hoiavad teraskõied, mis teiselt poolt kinnitatakse pealisplatvormile või raamile ehitatud puki külge. Poom seatakse üles harilikult 40—45° kallakuga. Töötingimuste kohaselt võib poomi kallakust hoidekõite abil kas suurendada või vähendada.

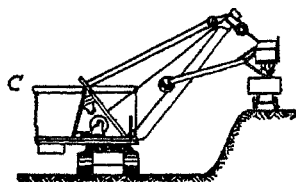
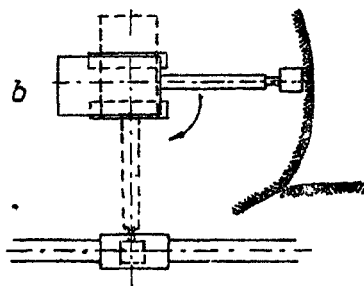
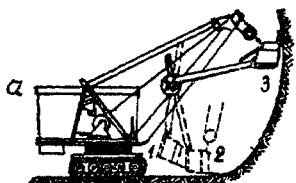
Kopa viimine tühjendamiskohta toimub töötava mehhanismi pööramisel ümber vertikaalse telje. Pööramisviiside järgi jagatakse ekskavaatorid kahte tüüpi: poolpöörduvateks ja täispöörduvateks. Esimestel on poom asetatud erilisele pöördplaadile (pealisplatvorm kui niisugune puudub), mille abil toimub töötava mehhanismi pööramine, kuna teistel on poom kinnitatud pealisplatvormi külge ja pööramine toimub koos pealisplatvormiga ja temale monteeritud jõumasinate ning kabiiniga. Viimasel juhul kinnitatakse pealisplatvorm alusplatvormile vertikaalse telje abil ja tema pöördumine toimub platvormidevahelistel rullidel.

Igal mehhaanilise labida tüüpi ekskavaatoril täheldatakse neljasugust liikumist:

- 1) kopa varre edasi-tagasi liikumist;
- 2) kopa üles-alla liikumist;
- 3) poomi pöördumist ümber püsttelje;
- 4) kogu ekskavaatori liikumist mööda maad.

Kõigi nende liikumiste teostamiseks võib olla kas üks üldine jõumasin, mida eri ühenduste abil võib lülitada ekskavaatori kõigi liikuvate osade käimapanemiseks, või iga liikumine või osa liikumisi sooritatakse eri jõumasinaga. Elektri- ja aurujõu tarvitamisel eelistatakse mitme jõumasina tarvitamist, kuna sisepelemismootoriga töötamisel tarvitatakse harilikult üht jõumasinat.

Mehhaanilise labida jõumasinad peavad koppa kivimisse suruma ja tõstma teda vajalikule kõrgusele, mille juures kopp täitub kivimiga, tõstetud ning täidetud koppa pöörama kaevise kopast väljaheitmise või laadimise kohale ja tagasi ning kogu ekskavaatorit eele ligemale või teise kohta tööle viima.



Joon. 48. Mehhaanilise labida töötamise skeem. *a* — mehhaaniline labidas kaevist löikamas: *1* — kopp vabalt rippumas, *2* — kopa surumine ee rinda, *3* — kopa äärmine tõstekõrgus; *b* — kopa pööramine tühjenduskohale, *c* — kaevise puistamine vagonetti.

puistub kopast välja (joon. 48, *c*). Pärast seda pööratakse kopp ee rinna poole ja langetatakse seisundisse *1*, et korrata kirjeldatud tsüklit. Allalange misel kõikudes lööb kopa põhi, mis on varustatud snäpperriiuga, end kinni.

Kui kivim on kopa varre ulatuses välja kaevatud, siis lülitatakse

Kõik jõumasinad paigutatakse platvormile ehitatavasse kabiini; erandiks on kopale pealesurumise mootor, mis harilikult monteeritakse survevõlli (joon. 47, 15) lähedale poomi peale.

Mehhaaniline labidas töötab järgmiselt: kui poom on pööratud ee rinna poole, lõdvendatakse järsku kopa külge kinnitatud tõstekõit ja lühendatakse mõnevõrra kopa varre etteulatuvust, mispeale kopp oma raskuse mõjul vajub kiiresti asendisse *1* (joon. 48, *a*). Siis lülitatakse tõstemasin tõstele ja ühteaegu surutakse survemasinaga kopp ettepoole, nii et tema esiäär tungib vajaliku sügavuseni ee rinda (seisund *2*). Tõstmist ja pealesurumist jätkatakse, kuni kopp on täis või tõusnud ee rinna ülemise ääreni (mis ühtlasi võib olla kopa äärmine tõstekõrgus (seisund *3*). Nii löikab kopp tõustes ee rinnast laastu ja täitub kaevisega. Kopa täitumise järel lülitatakse tööle pööramismasin ja kopp pööratakse tühjendamis kohale (joon. 48, *b*), kusjuures nõutav kaugus saavutatakse kopa varre väljasurumisega või tagasitõmbamisega. Kui kopp on viidud kaevise väljapuistamise kohta, avab masinajuht nõõrist tõmmates kopa põhja ja kaevise



käiku liikumismehhanism ja ekskavaator liigub ee rinnale lähemale. Rööbastel sõitva ekskavaatori ees jätkatakse enne liikumist rööbasteed.

Ekskavaatori tootlikkust arvestatakse ühe ajaühiku (tund, minut) vältel väljakaevatud kivimi kantmeetritega (tervikus), mis oleneb kopa mahust ja kopa täitmise-tühjendamise tsükli teostamise ajast.

Mehhaanilisi labidaid valmistatakse väga mitmesuguses suuruses kopadega, alates 0,35—30 m<sup>3</sup>. Laiemat tarvitamist mäetöodel on leidnud mehhaanilised labidad, mille kopa maht on 1,5—6 m<sup>3</sup>. Mehhaanilised labidad kõlbavad igasuguste kivimite jaoks, kuid lõhkeainetega purustatud kaljuste kivimite puhul soovitatakse kasutada ekskavaatoreid kopa mahuga mitte alla 1,5 m<sup>3</sup>. Väiksemaid ekskavaatoreid kasutatakse kaevandustes harilikult abitöödeks.

Ekskavaatori töö ühe tsükli kestus oleneb tema suurusest ja tüübist ning kõigub 15—45 sek. vahel.

Kui võtame teatava kopa mahuga ekskavaatori ja jagame tema mahu ajaga, mis tal kulub ühe tsükli teostamiseks, saame selle ekskavaatori teoreetilise töövõime ajaühikus. Näiteks võtame ekskavaatori, mille kopa maht on 6 m<sup>3</sup> ja tsükli kestus 30 sek.;  $6 \text{ m}^3 : 30 \text{ sek.} = 0,2 \text{ m}^3/\text{sek.}$  ehk 720 m<sup>3</sup> tunnis. Tegelik tööviljakus on teoreetilisest alati väiksem järgmistel põhjustel: 1) kopp harilikult ei täitu täie mahutavuseni ja kivimite tükkidé vahele jääb suuri vahesid; 2) mitmesugused töötakistused (viivitused) pikendavad üksikute tsüklite kestust, millest tingitult tsükli keskmine tegelik kestus on suurem kui teoreetiline.

Peale ülaltähendatu avaldavad ekskavaatori tööviljakusele suurt mõju ka kivimite omadused. Pudedad kivimid (liiv, kruus) võimaldavad suuremat tootlikkust kui haprad ja lõhkeainete abil purustatud kaljused kivimid.

Pudedate kivimite puhul oleneb kaevandatava astme (ee) kõrgus ekskavaatori kopa tõstekõrgusest, mis võimsamatel ekskavaatoritel on harilikult suurem.

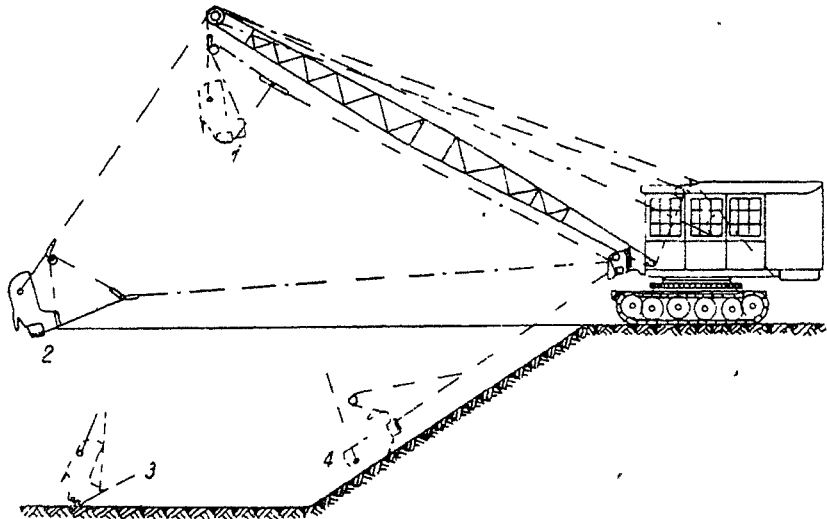
Mehhaanilist labidat iseloomustavad tema poomi ja kopa varre pikkus, kopa maht ja tõstemasina võimsus.

Kõisekskavaatorid. Kõisekskavaatorid erinevad mehhaanilistest labidatest selle poolest, et nende kopp on ainult kahe teraskõie abil ekskavaatoriga ühendatud (painduv ühendus). Kopa külge kinnitatud kõied lähevad üle poomi otsas olevate kõierataste või läbi poomi alumises osas olevate juhrullide ja mähitakse masina trumlitele.

Kõisekskavaatoreid valmistatakse kahte tüüpi: lohistustäitmisega — draglainid (joon. 49) ja haardetäitmisega — greiferid (joon. 50).

Peale märgitud põhimise erinevuse on kõisekskavaatoritel veel teisigi konstruktiivseid iseärasusi, mis neid eraldavad mehhaanilistest labidatest.

Draglaini (joon. 49) kopp sarnaneb pealt ja eest lahtise kastiga, mille külgi ühendab ülalt, kopa lahtise otsa lähedalt, tugev look. Kopa alumine eesmine äär on kohandatud kivimisse tungimiseks. Rippudes on kopa lahtine ots suunatud ekskavaatori poole. Kopp ühendatakse tõstekõiega kas kettide või erilise sanga abil, mis kinnitatakse kahele poole kopa külgedele, keskkohast veidi tahapoole, et kopp vabalt tõstekõie küljes rippudes oma lahtise otsaga vajuks allapoole.



Joon. 49. Draglaini töötamise skeem: 1 — kopa lohistuskõis lõdvendatud, 2 ja 3 — kopa viimine tööasendisse, 4 — kopa täitumine ekskavaatori poole tõmbamisel.

Lohistuskõis kinnitatakse kopa lahtise otsa külge kaheharulise kõie või keti abil, nii et lohistuskõie pingutamisel kopp pöörduks selle otsaga ekskavaatori poole ja võtaks tööasendi. Kui lohistuskõis lastakse lõdvaks, siis ripub ülestõstetud kopp lahtise otsaga allapoole ja kopa sisu puisutub välja (joon. 49, asend 1). Lohistuskõie ja kopa looga vahel on veel üle tõstekõie külge kinnitatud plokiratta juhitud tasakaalustuskõie ots. Viimane hoiab koppa horisontaalsena, kui lohistus- ja tõstekõis on mõlemad pingul.

On ka selliseid lohistustäitmisega ekskavaatorite koppasid, mille tühendamiseks tarvitatakse eri kōit.

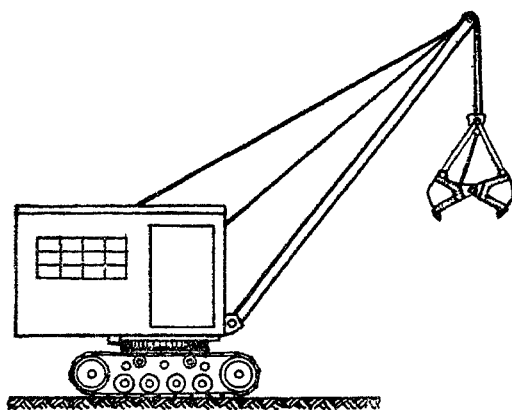
Draglain töötab järgmiselt. Kopp tõstetakse puistamiskohal poomi ülemise otsa lähedale ja vabastatakse lohistusköis, siis lülitatakse sisse pöörämismasin ja ühtlasi pikendatakse tõsteköit vajalikul määral. Pöörämisel tekkinud tsentrifugaaljõud viib kopa väljapoole poomi ulatuspiiri nii kaugemale, kui tõste- ja tõmbekõied lubavad. Nii paisatakse kopp vajalikku kohta (joon. 49, asend 2 ja 3) ja lülitatakse töösse lohistusmasin, mis lohistusköit lühendades tõmbab kopa ekskavaatori suunas (joon. 49, asend 4). Lohistamisel tungib kopp maasse ja täitub kivimiga. Täitunud kopp tõstetakse tõsteköie abil poomi ülemise otsa juurde, kusjuures lohistusköis hoitakse kogu aja pingul, ja pööratakse poom ühes kopaga puistamiskohale, kus vabastatakse lohistusköis, mille tagajärjel kopa lahtine ots vajub alla ja sisu puistub välja.

Võrreldes mehhaanilise labidaga on draglaini erinevuseks see, et ta on võimeline võtma oma asendist madalamal asuvat kivimit ning omab suuremat töötamisraadiust. Draglaini poom saab tunduvalt pikem olla seepärast, et kopa täitmiseks vajalik jõud ei kandu poomile. Draglain võib töötada ka siis, kui esi on veega üle ujutatud. Kuid draglain võib töötada ainult pehmetes ja lõhkamisega purustatud habrastes kivimites, kuna mehhaaniline labidas töötab igasugustes kivimites.

Draglainil töötamine nõuab masinistilt suuri kogemusi. Juhul, kui on vaja väljakaevatud kivimit vagunitesse laadida, tekivad raskused, sest draglaini kopa tühjendamine vaguni kohal nõuab osavust ja pikemat aega.

Greifer (joon. 50) erineb draglainist kopa konstruktsiooni ja tööviisi poolest. Greiferi kopp koosneb harilikult kahest sarnasest, liigendi abil ühendatud ja vastamisi kokkukäivast osast — lõugadest, mis kokkusurutult moodustavad kopa. Eriülesannete jaoks valmistatakse greiferi kopsasid, mis koosnevad paljudest haardeosadest.

Greiferi kopp on ühendatud tõste- ja kinnitõmbekõitega, mis on juhitud üle poomi otsa asetatud kõierataste vastavatele trumlitele. Greifer



Joon. 50. Greifer.

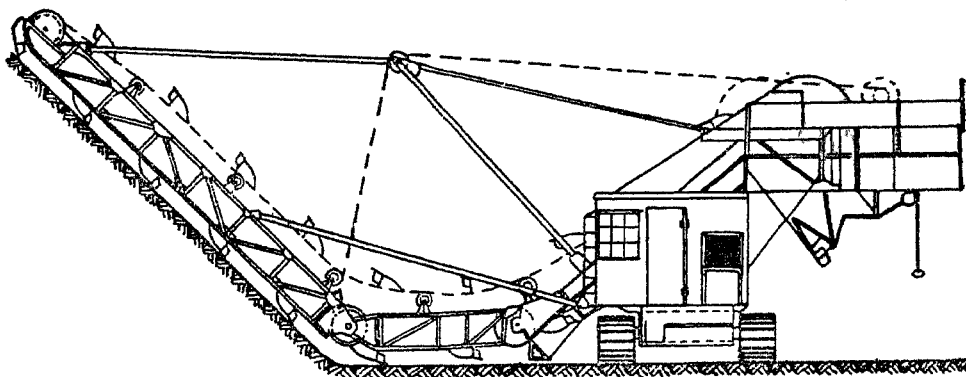
töötab järgmiselt kopp avatakse täielikult ja seatakse poomi pööramisega kaevamispunkti kohale, siis langetatakse lahtine kopp tõstekõie järsu vabastamisega kaevandatavale kivimile. Raskuse ja kiire langemise mõjul tungivad kopa lahtised lõuad kivimisse, mispeale haardelõuad suletakse kinnitõmbekõie pingutamiseega. Kopa sulgemisel haaratakse kivim koppa. Täidetud kopp tõstetakse tõstekõie abil vajalikule kõrgusele ja pööratakse laadimiskohale, kus kopp avatakse ja ta sisu välja puistub. Kopa avamine toimub raskuse jõul, kui kinnitõmbekõit antakse järele.

Greifer võib tõsta oma asendist tunduvalt madalamal asuvat kuiva, märga või veega kaetud kivimit. Koppa saab juhtida täite- ja tühjendamiskohta niisama täpselt nagu mehhaanilist labidat. Greiferit võib tarvitada pehmete ja lõhkeainetega purustatud väiksematükiliste ja ühtlase tükisuurusega kivimite kaevandamisel või ümberlaadimisel. Greiferit kasutatakse enamasti ladudes.

Suurem osa väiksemaid ühekopalisi ekskavaatoreid valmistatakse universaalsetena, s. t. nende töötavaid mehhanisme võib vajaduse korral väikeste ümberkorraldustega vahetada ja ekskavaatoreid kasutada nagu mehhaanilisi labidaid, draglaine, greifereid või teisi.

### 3. Paljukopalised ekskavaatorid.

Paljukopalise ekskavaatori (joon. 51) töötavaks mehhanismiks on otsata kett, mille külge on kinnitatud teatava vahemaa järel kopad. Kett



Joon. 51. Ülemise töötamisega paljukopaline ekskavaator.

on asetatud raamile, mida kõite ja poomi abil võib seada vajalikku asendisse. Koppade keti raam on liigendi abil ühendatud ekskavaatori pealispilvformiga, mille peale kabiini on asetatud kõik ekskavaatori jõumasinad

ja seadeldised. Paljukopalised ekskavaatorid võivad liikuda kas rööbasteei või roomikutel.

Rööbastel liikuv ekskavaator toetub 6—64 rattale, mis liiguvad 2—4 rööpal piki ett. Roomikutele asetamine ei nõua ekskavaatori üldkonstruktsiooni muutmist.

Paljukopuline ekskavaator töötab järgmiselt: raam otsata ketiga, mille küljes on kopad, lastakse hoideköite abil vastu ee rinda, nii et kopad liikudes kraabiks endasse kivimit. Samal ajal pannakse ekskavaator liikuma piki ett, mistõttu kopad pidevalt lõikavad ee rinnast tellitud paksusega laastu.

Lõigatava laastu paksus kõigub 10—30 cm piirides, mis oleneb eelkõige kivimi kõvadusest ja ekskavaatori võimsusest; ka koppade suurus ja ee kõrgus tuleb seejuures arvesse võtta.

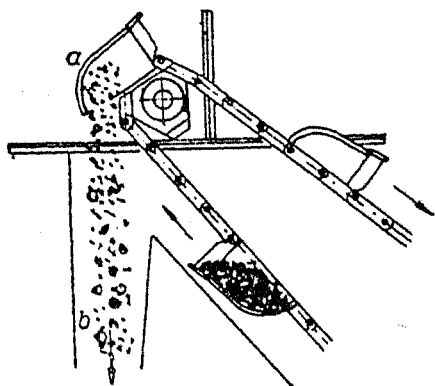
Koppadest puistub kaevis ekskavaatori kabiinis olevasse punkrisse, kust ta transportööri abil toimetatakse väljatöötatud alasse või lastakse otsekohe vagunitesse vajalikku kohta vedamiseks. Koppade tühjendamine toimub kopaketi liikumisel punkri kohale asetatud pöörleval juhtrattal (joon. 52).

Paljukopalised ekskavaatorid on kas alumise töötamisega (joon. 46), s. o. sel juhul, kui ekskavaator asub ee rinnast kõrgemal, või ülemise töötamisega (joon. 51), kui ee rind on ekskavaatori aluspinnast kõrgemal.

Leidub ekskavaatoreid, mis on varustatud kahe koparaamiga, nimelt ülemise ja alumise töötamise jaoks, või täispöörduva pealisplatvormiga, mille juures koparaami võib rakendada kas alumiseks või ülemiseks töötamiseks.

Ekskavaatori tasakaalustamiseks paigutatakse koparaami vastaspoolele küljele vastukaaluks tõstemasinad (joon. 51) või muud seadeldised.

Paljukopalist ekskavaatorite kopad on tunduvalt väiksemad kui ühekopalist ekskavaatorite omad (maht kõigub 0,035—1,2 m<sup>3</sup> vahel), kuid esimeste tootlikkus on koppade suure arvu tõttu tihti suurem. Harilikult



Joon. 52. Paljukopalise ekskavaatori koppade tühjendamise skeem: *a* — tühjenev kopp, *b* — toru kaevise juhtimiseks.

töötavad paljukopalised ekskavaatorid elektri jõul, kuid nad võivad töötada ka auru jõul ja diiseljõumasinatega.

Paljukopalised ekskavaatorid võivad töötada ainult VII—X kategeoria kivimites (Protodjakonovi järgi), kuhu kuuluvad liiv, kruus, liivane savi, muld jne., milles ei ole kive ega kände. See asjaolu piirab paljukopalisteks ekskavaatorite tarvitamist. Laiemat tarvitust on leidnud paljukopalised ekskavaatorid lahtistes pruunsöe-, rauamaagi- ja fosforiidi-kaevandustes.

## D. Laadimismasinad.

### 1. Üldandmed.

Laadimismasinaid tarvitatakse allmaatöödel lahtimurtud kaevisel laadimisel transpordivahenditesse ja maa peal — kaevisel laadimisel ladudest raudteevagunitesse. Allmaatöödel tarvitavad laadimismasinad erinevad teistest, nagu kõik allmaamasinad, oma väikeste gabariitidega ja võimalikult kiire osadeks jaotamise ja uuesti kokkupanemise võimaldamisega.

Laadimine on tähtis ja palju jõudu kulutav tööliik maavarade tootmisprotsessis. Laadimistööde kiirusest oleneb esiteks kaeveõnnsuste kiire rajamine ja teiseks kaevurite kõrge tööviljakus.

Laadimismasinad võib jagada üldiselt kolme rühma:

- 1) käsitsi laadimist kergendavad masinad ehk ümberlaadijad;
- 2) kaeveõnnsuste rajamise ja kitsaste ete laadimismasinad;
- 3) pikkade ete laadimismasinad.

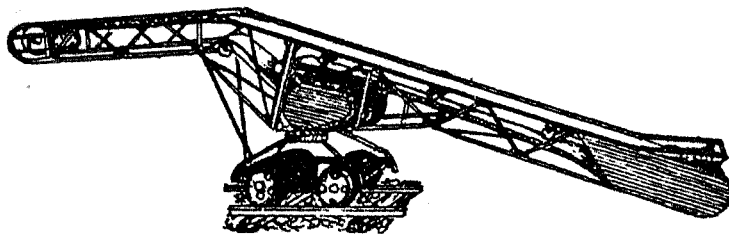
### 2. Ümberlaadijad.

Ümberlaadija meenutab kallakat lint- või kraapkonveierit<sup>1</sup>, mille alumine ots on asetatud maapinnale ja ülemine nii kõrgele, et vagonetid tema alla mahuvad (joon. 53). Need masinad on lihtsad ja odavad ja kergendavad käsitsi laadimist, seepärast tuntakse neid ümberlaadijate (kaevandusvagoneti laadija) nime all. Et kiiresti ja kergesti paigutada ümberlaadijat ühest kohast teise, selleks on kogu seadeldis monteeritud ratastel liikuvale platvormile. Viimasel ajal on valmistatud ka kergeid

<sup>1</sup> Lintkonveieri töötavaks mehhanismiks on otsata lint, mille ülemine haru transporteerib temale laaditud materjali; kraapkonveier koosneb plekkrennist, mille põhjas liigub otsata kett ühes tema külge kinnitatud kraapidega; kraabid viivad liikudes kaasa transporteeritava materjali.

(80—100 kg) kantavaid ja üksikutest lülidest kokkupandavaid ümberlaadijaid.

Laaditav materjal loobitakse labidatega või toimetatakse mõnel muul viisil masina alumisele otsale ja sealt tõstab ümberlaadija selle oma kaldpinda mööda üles vagonetti.



Joon. 53. Ümberlaadija.

Ümberlaadija tarvitamine kiirendab ja kergendab kaevise laadimist, sest töolistel ei tule tõsta kaevist labidaga vagoneti kõrgusele, vaid ainult ümberlaadija otsale 300—400 mm kõrgusele. Tegelike andmete kohaselt tõuseb töölise tööviljakus 40—45 t-ni vahetuses.

Ümberlaadijate tehniline iseloomustus on toodud tabelis 2.

Tabel 2.

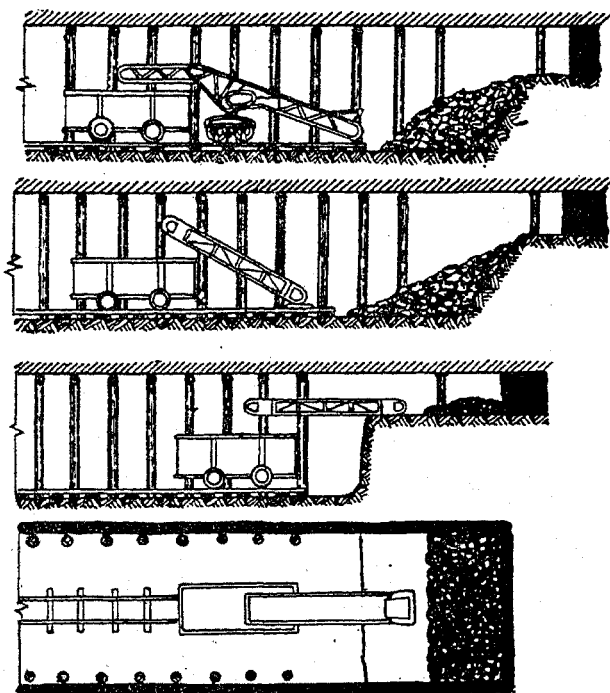
Ümberlaadijate iseloomustus.

Tehniline iseloomustus	Masina tüüp	II-4	II-5	IIKY-6	II-7	II <sub>2</sub> -7
Pikkus mm . . . . .		5355	5355	9954	2000	2500
Lalus mm . . . . .		864	864	700	715	592
Kõrgus mm . . . . .		1550	1560	1610	294	250
Kaal kg . . . . .		738	650	2453	100	83
Lindi lalus mm . . . . .		500	500	—	—	—
Mootori võimsus kW . . . . .		2,7	3 HJ	4,5	1,3	0,9
Tootlikkus vahetpidamata töötamisel t/tunnis . . . . .		40	45	30	66	20

Ümberlaadijate võimalik tootlikkus kõigub 20—45 t/tunnis, mis vastab võnktransportööri tootlikkusele.

Ümberlaadijatel II-4 ja II-5 on transportimisvahendiks lint ja ümberlaadijal IIKY-6 — kraapketi. Ümberlaadija IIKY-6 on kohandatud kallakate kaeveõhnsuste rajamiseks ülalt allapoole.

$\Pi-7$  ja  $\Pi_2-7$  on ilma alusvankrita ja ratasteta. Need seadised kantakse töökohale ja toetatakse töötamise ajal vastu vagonetti või kergetele tugedele.



Joon. 54. Ümberlaadija paigutus ees.

Ümberlaadijate kasutamise skeemid streki rajamisel on toodud joonisel 54.

### 3. Kaeveõõnsuste rajamise ja kitsaste ete laadimismasinad.

Kaeveõõnsuste rajamise ja kitsaste ete laadimismasinad võivad olla:

- 1) pidevalt kaevist ammutavad;
- 2) ühekopalised;
- 3) konveierilised;
- 4) skreeperilised.

NSV Liidus valmistatakse viimasel ajal kõiki neid tüüpe. Pidevalt kujundavad konstruktorid-leiutajad ja katsetajad uusi paremaid ja kohalikele tingimustele enam vastavaid laadimismasinate tüüpe.

Ümberlaadijale võib korraga olla peale laadimas 2 töolist (mõnikord ka 3).

Ümberlaadijaid võib kasutada väga mitmesugustes tingimustes, näiteks kaeveõõnsuste rajamisel, vagonettidesse laadimisel maavara tootmistöödel, kui eest väljatulevat konveieri otsa pole võimalik tõsta vagoneti kõrgusele.

Söetööstuse Rahvakomissariaadi andmete kohaselt oli 1941. a. 1. jaanuaril NSV Liidu söetööstuses 1069 ümberlaadijat. Viimasel ajal asendatakse ümberlaadijaid laadimismasinatega, mis täielikult mehhaniseerivad laadimistööd.



d kan-  
kerge-

le võib  
le laa-  
(mõni-

id võib  
mitme-  
mustes,  
õnsuste  
ettides-  
laavara  
ui eest  
onveieri  
k tõsta  
le.

Rahva-  
ndmete  
941. a.  
/ Liidu  
9 üm-  
isel ajal  
berlaa-  
masina-  
lt meh-  
adimis-

toodud

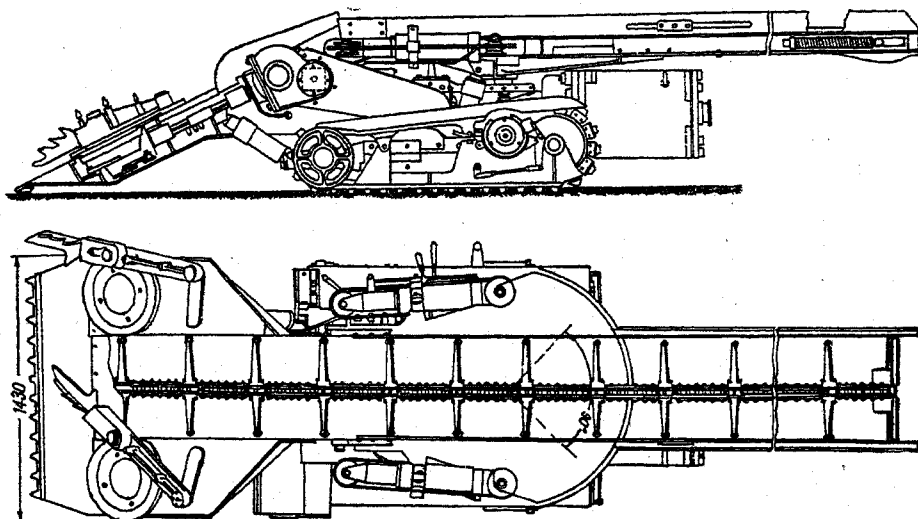
l.  
d olla:

Pidevalt  
a koha-

Allpool on antud mainitud laadimismasinade tüüpide kirjeldus.

Pidevalt ammutavatest laadimismasinatest on tähtsamad järgmised tüübid.

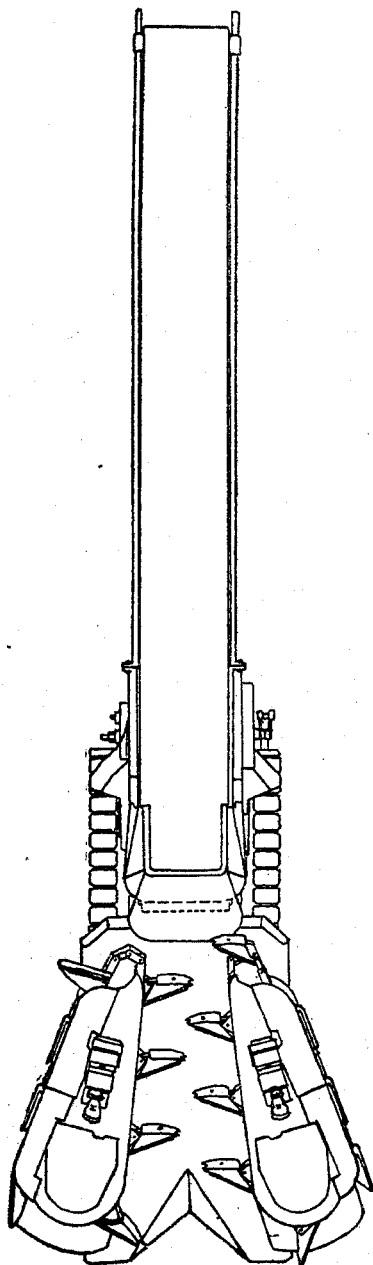
Laadimismasin C-153 koosneb roomikutele asetatud alusraamile monteeritud kraapkonveierist, mille alumine ots on paigutatud laia ja lameda masina ninas asetseva terasest kaldpinna süvendisse. Töö ajaks seatakse masin kaldpinna alaäärega laaditava kaevisse sisse. Mõlemal pool kraapkonveierit (kraaptransportööri), kaldpinda teh-



Joon. 55. Laadimismasin C-153.

tud süvendites, pöörlevad kettad, mille külge on ekstsentriliselt šarniiride abil kinnitatud hammastega varustatud ammutamiskäpad.

Kettad asetsevad kaldpinnaga rõõbiti ja ketaste pöörlemisel teevad käpad omapäraseid haaravaid liigutusi, kusjuures kaevis haaratakse isegi eestpoolt kaldpinna esiäärt ja lükatakse konveieri alumisele otsale. Konveier tõstab kaevisse oma kaldpinda pidi vastavale kõrgusele ja viib vagonetti. Konveieri töökiirus on 0,89 m/minutis; tema tagumist väljaulatuvat osa on võimalik pöörata kahele poole ja tõsta vajalikul määral. Masina ammutamisseadist võib tõsta ja allapoole lasta hüdrauliliste tungraudade abil. Seda masinat valmistatakse seeriaviisi. Laadimismasin C-153 on tugeva konstruktsiooniga ja on määratud maavara — kivisöe —



Joon. 56. Laadimismasin O-5.

laadimiseks kaevanduse vagonettidesse ja konveieritele, samuti horisontaalsete kaeveõnsuste rajamistööl või ruumidega kaevandamisel. Laadimismasina C-153 tehnilised iseloomustavad andmed on järgmised:

Tootlikkus tunnis . . . . .	50 t,
pikkus . . . . .	6315 mm,
laius . . . . .	1600 mm,
kõrgus . . . . .	910 mm,
laadimisrinde laius . . . . .	1600 mm,
kaal . . . . .	4240 kg,
elektrimootori võimsus . . . . .	19 kW.

Tehas „Svet šaftjora” valmistas konsoolkraabilise ammutamismehhanismiga laadimismasina O-5 (konstruktor D. G. Onika) (joon. 56). Masina ammutamismehhanism koosneb kahest ketiratastega ringiaetavast otsata ketist, mille külge on kinnitatud konsoolkraabid. Konsoolkraabid ühes kettidega liiguvad kallakal masina ette asetatud raamil, mis oma eesmise alumise servaga (koos kogu masinaga) surutakse lahtisesse kaevisesse. Kraabid haaravad kaevisse, tõstavad ta kaldpinda mööda üles, kust ta satub linttransportöörile. Viimane viib kaevisse vagonetti või mõnele muule transportivahendile. Masina haardelaiust võib muuta, selle suurim ulatus võib olla 2,2 m.

Masin koosneb kolmest kergesti eraldatavast osast: roomikutega varustatud alusraamist, ammutamismehhanismist ja linttransportöörist. Masinat iseloomustavad järgmised andmed:

Tootlikkus tunnis . . . . .	80 t,
kaal . . . . .	4500 kg,
pikkus ühes vagoneti laadimistranspordööriaga	7000 mm,
kõrgus . . . . .	1750 mm,
laius tööasendis . . . . .	2200 mm,
laius liikumisel . . . . .	1200 mm,
lindi liikumiskiirus . . . . .	1 m/sek.,
masina liikumiskiirus tööil . . . . .	1,65 m/sek.,
masina manööverduskiirus . . . . .	10,40 m/sek.,
elektrimootoreid . . . . .	2 tk.,
a) ammutamismehhanismi ja roomikute käitamiseks . . . . .	19 kW,
b) linttranspordööri käitamiseks . . . . .	1,75 kW.

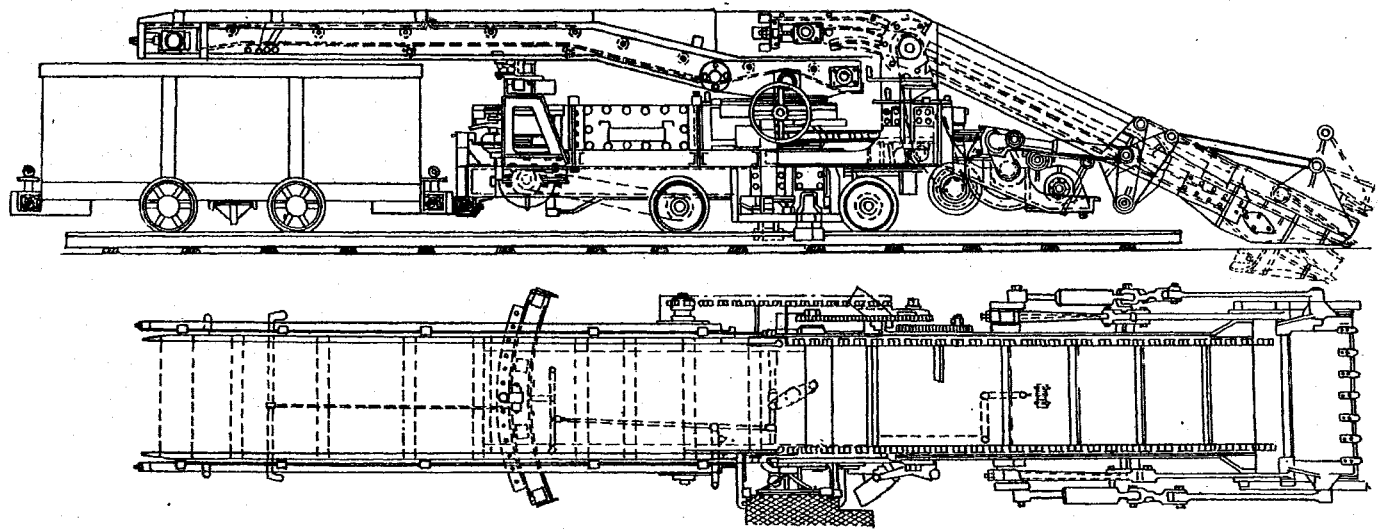
Ühekopalised laadimismasinaid töötavad perioodilise haaramise põhimõttel. Kopp kaevise haaramiseks võib olla mitmesuguse konstruktsiooniga. Igaile haaramisele järgneb kopa tühjendamine. Aega, mille vältel kordub haaramine, nimetatakse tsükliks. Ühed neist laadimismasinaist tühjendavad kopa haaratud kaevise otseselt vagonetti, kuna teised puistavad selle masinale monteeritud konveierile, mis kaevise vagonetti toimetab.

Laadimismasin ПБ-1 (joon. 57) on üks esimestest NSV Liidus valmistatud laadimismasinatest, mis tehti Toretskis Vorosilovi-nimelises tehases (konstruktor Bratslavski). Masinat ПБ-1 katsetati kaevandustes Donbassis, Uralis ja mujal juba enne Suurt Isamaasõda 1939. aastal. Selle masina abil rajati kuni 8 meetrit kaheteelist strekki ööpäevas ja 118 m kuus.

Laadimismasin ПБ-1 koosneb järgmistest osadest:

- 1) ratastele asetatud platvorm liikumiseks rööbastel;
- 2) haardemehhanism (koppseadis);
- 3) kaks kraaptranspordööri;
- 4) elektrimootor reduktoriga.

Masina tööpõhimõte seisneb järgmises: kopp, mille paneb liikuma väntvõllmehhanism, liigub elliptilist trajektoori pidi, mistõttu tema hammastega varustatud esiserv ülesliikumisel haarab tema ees olevat kaevist. Jõud, millega kopa esiserv tungib kaevisesse, on küllaldane ka suurte tükide haaramiseks. Edasisel kopa esiserva kiirel tõusmisel kaldub kopp



Joon. 57. Laadimismasin ПБ-1.

ümber ja temas olev materjal paisatakse üle kopa tagaserva kraapkonveierile, mille vastuvõtulehter asetseb kopa all. Esimeselt konveierilt laaditakse materjal ümber teisele ja sealt vagonetti.

Masin teeb minutis 25 ammutust, seega tsükli kestus on 2,4 sek. .

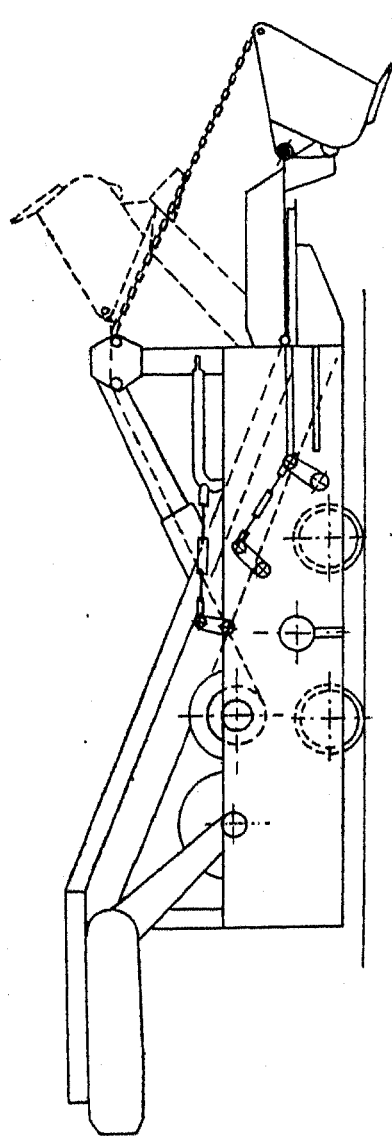
Ammutamismehhanismi tegevusraadiuse suurendamiseks ilma kogu masina pöikisuunas liigutamiseteta on kopp, väntvõllmehhanism ühes ajamiga ning esimene kraapkonveier monteeritud pööratavale raamile, mida saab teatava nurga võrra pöörata mõlemale poole pikitelge. See tagab kuni 5-meetrise laadimisrinde laiuse.

Põhja ebatasasustest tingitud takistuste ületamiseks on võimalik koppseadist tõsta kuni 0,5 m.

Laadimisrinde laiuse suurendamiseks ja kõrvalteel asetsevate vagonettide laadimise võimaldamiseks on tagumist kraapkonveierit võimalik pöörata 20° võrra mõlemale poole masina pikitelge.

Selle masina teist mudelit — IIB-2 iseloomustavad järgmised andmed: kopa maht — 0,05 m<sup>3</sup>; mootori võimsus — 19 kW; kaal 8,5 t. Masin liigub rööbasteel; rööbaste vahelaisus — 600—900 mm. Masinat IIB-2 valmistatakse käesoleval ajal Nõukogude Liidus seeriaviisi.

L a a d i m i s m a s i n YMII-1 (joon. 58) on konstrueeritud Sõetööstuse Ministeriumi Uurimisinstituudi poolt ja koosneb järgmistest osadest: haardeseadisest, mootorist reduktoriga, kraapkonveierist ja alusraamist, mis on varustatud ratastega rööbasteel liikumiseks. Haardeseadise kopp on ilma tagaseinata, esiserv on varustatud hammastega, mis kergendavad kaevisesse surumist.



Joon. 58. Laadimismasin YMII-1.

Kopp on ühendatud tema taha asetatud vaherenniga ja võib pöörduda sellega koos horisontaal- ning vertikaaltasapinnas. Kopa mõlema külge-seina külge on kinnitatud kett, mis üle juhrullide on juhitud tõstetrum-lile. Vaherenn on masina kerega samuti liikumisvabalt ühendatud.

Kirjelatud konstruktsioon võimaldab kopal kaevist haarata nii masina eest kui ka külgedelt.

Kopa mõõtmed võimaldavad laadida kaevist tükisuurusega kuni 500—600 mm läbilõikes.

Masina töö on väga lihtne. Masin, liikudes rööbasteel edasi, surub allalastud kopa kaevisesse; toimub kopa täitmine. Edasi lülitab masinist sisse tõstetrumli, kuhu keritakse ketid, mis kopa üles tõstavad. Edasi-sel keti kerimisel toimub kopa tõstmine koos vaherenniga. Et kopp ei oma tagaseina, libiseb kopa tõstmisel kaevis rennille ja viimaselt edasi transportööri. Transportöör viib kaevise vagonetti. Kopa tegevusraadiuse suurendamiseks on kopp ja vaherenn masina kere suhtes mõlemale poole pööratavad.

Laadimismasin YMΠ-1 on määratud aherkivimi laadimiseks vago-nettidesse rõhtsate kaeveõnsuste rajamisel. Samuti võib seda masinat kasutada ka kivisõe laadimiseks. Masin võib töötada gaasi- ja tolmuoht-likes kaevandustes.

Laadimismasina YMΠ-1 tehniline iseloomustus:

Kopa maht . . . . .	0,15 m <sup>3</sup> ,
kopa laius . . . . .	750 mm,
tootlikkus tunnis . . . . .	30—40 m <sup>3</sup> ,
töörinde laius . . . . .	3 meetrit,
kopa tõstekõrgus töötamisel . . . . .	2150 mm,
laadimisseadeldise pööramisvõimalused . . . . .	50°,
rööbastee laius . . . . .	600 ja 900 mm,
mootori võimsus . . . . .	20,5 kW,
kaal . . . . .	7800 kg.

Seda laadimismasinat valmistatakse seeriaviisi ja kasutatakse pea-aegu kõigis NSV Liidu kivisõe- ja maagikaevandustes rõhtsate kaeve-õnsuste rajamisel.

Laadimismasin YMΠ-1 erineb teistest oma lihtsa konstruktsiooni, töötamiskindluse ja rasketes tingimustes töötamise poolest. Seda masi-nat võib pidada parimaks kaljuste kivimite jaoks valmistatavaist laadi-mismasinaist.

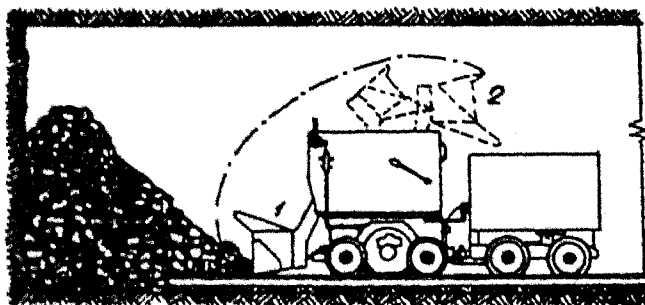
Suurimad rajamiskiiruse rekordid kaeveõnsuste rajamisel on saadud, kasutades seda tüüpi masinat aherkivimi koristamiseks.

Ühekopalistest laadimismasinatest on erilise konstruktsiooniga laadimismasinad ПМЛ-4 ja ПМЛ-5. Seda tüüpi laadimismasina üldvaade on toodud joonisel 59.

Masin koosneb järgmistest osadest: ratastele paigutatud alusraam, kuullaagritega varustatud ja pöördringile monteeritud alusplaat, kopaga liikumatult ühendatud ovaalse kujuga õõtskuliss, kaks suruõhumootorit — üks masina edasiliikumiseks, teine kopa kulissi tõstmiseks ja kopa tühjakslaadimiseks, suruõhusilindrid masina pööramiseks.

Kopa tõstmine toimub keti abil, mis keritakse võllile.

Masina töö on väga lihtne. Pärast vagoneti etteandmist ja laadimismasina külge kinnitamist surub masin ettepoole sõites allalastud kopa purustatud kaevisesse (joon. 59, asend 1). Kui kopp on täidetud, lülitab



Joon. 59. Laadimismasina ПМЛ-4 töötamise skeem: 1 — kopa surumine kaevisesse, 2 — kopa tühjendamine.

masinist sisse teise mootori ja käivitab tõstetrumli. Viimasele keritav kett tõmbab õõtskulissi, tõstes sellega kopa, ja tühjendab viimase vagonetti (joon. 59, asend 2). Kopa tagasiliikumine toimub vedrude ja tema omakaalu abil. Külgedelt kaevise haaramisel pöördub masin haaramise ajaks ühes alusplaadiga ning pöördub kopa tühjendamisel tagasi kesk-asendisse, et kaevis satuks vagonetti.

Kui vagoneti on täidetud, haagitakse ta masina küljest lahti ja viimane võib ta cemale tõugata. Laadimismasinad ПМЛ-4 ja ПМЛ-5 on määratud maagi, kivisöe ja aherkivimi laadimiseks vagonettidesse. Peamiselt kasutatakse neid kivisöe- ja maagikaevandustes rõhtsate kaeveõõnsuste rajamisel.

Masinad pole iseliikuvad, nad töötavad suruõhuga ja võivad oma asukohta muuta ainult suruõhuvooliku pikkuses. Masinat teenindab üks tööline.

ПМЛ-tüübilisi laadimismasinaid valmistatakse seeriaviisi.

Masina ПМЛ-4 tehniline iseloomustus on järgmine:

Tootlikkus . . . . .	30 m <sup>3</sup> /tunnis,
kopa maht . . . . .	0,15 m <sup>3</sup> ,
töörinde laius . . . . .	2,3 m,
laaditava vagoneti maksimaalne kõrgus . . . . .	1290 mm,
masina liikumiskiirus . . . . .	0,8 m/sek.,
suruõhuvooliku diameeter . . . . .	38 mm,
suruõhu vajalik surve . . . . .	4,5—5 at,
suruõhumootorite arv . . . . .	2,
mootori võimsus . . . . .	10 HJ,
suruõhu kulu kahe mootoriga . . . . .	3,7—4,3 m <sup>3</sup> /min.,
masina pikkus . . . . .	1360 mm,
laius . . . . .	1175 mm,
kõrgus ülestõstetud kopaga . . . . .	2200 mm,
rööbastee laius . . . . .	600 ja 750 mm,
kaal . . . . .	3000 kg.

Masin ПМЛ-4 on levinud maagikaevandustes ja kivisõekaevandustes, kus tuleb rõhtsaid kaeveõõnsusi rajada kõvemates kivimites.

NSV Liidu masinaehitustehased valmistavad eespoolkirjeldatud põhimõttel töötavaid elektriga käitatavaid laadimismasinaid ЭПМ, mis on määratud kivisõe ja aherkivimi laadimiseks samades tingimustes nagu masinad ПМЛ-4.

Laadimismasina ЭПМ-1 tehniline iseloomustus on järgmine:

Tootlikkus . . . . .	30—40 t/tunnis,	
laadimisrinne . . . . .	2,2 m,	
kopa maht . . . . .	0,2 m <sup>3</sup> ,	
kaks elektrimootorit, tüüp КТСА 110/755, võimsusega 10,5 kW,		
pikkus . . . . .	2400 mm,	} maksimaalsed mõõtm med töötamisel
laius . . . . .	1600 mm,	
kõrgus . . . . .	2070 mm,	
kaal . . . . .	5030 kg.	

Konveieriliste laadimismasinade all mõistetakse selliseid laadimisseadeldisi, mida käitatakse konveieriga. Siia hulka kuulub pardinokk. See masin töötab iselaadiva võnktransportööri osana ja kasutab selle mehhaanilist jõudu.

Pardinokk koosneb järgmistest põhilistest osadest (joon. 60): 1 — labidas ehk labidakujuline renni ots, mis nihkub materjali alla ja libistab ta renni sisse; 2 — renni sidur, mis võimaldab labida väljanihutamist kaevisse kuhja alla; 3 — väljanihutatav renni lüli, mida siduri abil, teda hetkeliselt võnktransportööri edasi- või tagasilükkumise ajaks vabastades,

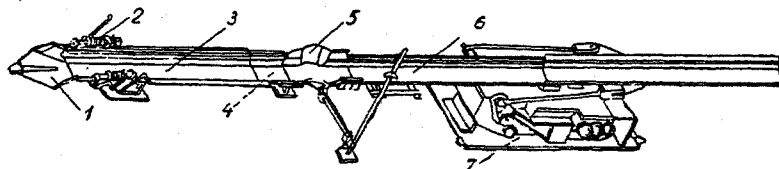


juhtrennist 4 võngutusjõuga välja või selle sisse võib nihutada; 5 — metalltugedega kinnitatud ja kelguga varustatud renni pöördlüli. Pöördlüli võimaldab labidat konveieri suhtes kuni 30° nurga võrra pöörata; 6 — konveieri rennid; 7 — konveieri ajam (võngutusmasin).

Konveieri renni õõtsuv liikumine antakse labidale edasi pöördseadme, juhtlüli ja väljanihutatava lüli kaudu. Kaevise poole liikudes tungib labidas tõukega kaevisesse ja labidale haaratud kaevis kantakse labida aeglasemal tagasilikumisel kuhjast kaugemale, kust ta järgmise ettetõuke ajal konveieri renni libistatakse. Selles seisnebki pardinoka töö.

Kaevise laadimise ajal on võimalik sidurit perioodiliselt vabastada ja labidat välja lükata. Samal ajal võib kogu pardinoka pööratavat osa pöörata. See võimaldab pidevat töötamist.

Töö ajal nõuab pardinokk lisavõimsust 4—6 HJ, mistõttu kogu konveieri pikkust vähendatakse 15—25 m võrra. Pardinoka tüüpi laadimis-



Joon. 60. Pardinokk-laadimismasin: 1 — labidas, 2 — sidur, 3 — väljanihutatav lüli, 4 — juhtrenn, 5 — pöördlüli, 6 — konveieri renn, 7 — ajam.

masinatega laaditakse kivisütt keskmiselt 20—25 t/tunnis. Soodsal juhul võib pardinoka töövõimsus tõusta kuni 45 t/tunnis.

Pardinoka töörinde laius on kuni 8 m. Paremaks kaevisesse tungimiseks on labida äär varustatud hammastega. Võnktransportöör liigub kuulidel erilistel alusraamikestel. Labida ettenihutamine toimub uuematel pardinokkadel erilise, renni külge kinnitatud mootori abil.

Pardinokk-laadimismasinad on määratud kivisöe laadimiseks kitsastes etes rõhtsates ja tõusvates kaeveõnsustes tõusuga 0—15°. NSV Liidus valmistatakse pardinokk-laadijaid labida edasi-tagasi nihutamiseks konveieri liikumise abil (КУП-46) ja abimootori abil (МЛІА-1).

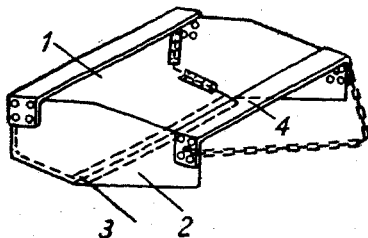
**L a a d i m i s m a s i n a t** КУП-46 iseloomustavad järgmised andmed:

Töövõimsus . . . . .	20—40 t/tunnis;
labida käik 204 ja 308 mm, mis vastavad konveieri käigu pikkusele, kui ta on kas lühemale või pikemale võnkele seatud;	
võngete arv minutis . . . . .	57
laadimisrinde laius . . . . .	8—10 m.

labidat võib ette nihutada kuni . . . . .	3,2 m,
pööramisnurga suurus . . . . .	30°,
seadeldise kaal . . . . .	4483 kg.

Skreeperlaadija koosneb skreeperi vintsist, laadimissillast ja skreeperist. Laadimissild ja vints monteeritakse harilikult ratastel liikuvale platvormile, mille abil võib seadeldist kiiresti rööbasteedpidi nõutavasse kohta toimetada. Skreeper on laadimiskopp, mida veetakse edasi-tagasi skreeperi vintsi peale mähitavate köitega. Olenevalt laaditava kaevise kõvadusest ja tükisuurusest kasutatakse mitmetüübilisi skreepereid.

Harilik standardne skreeper (joon. 61) moodustab metallist, ilma põhjata ja eesseinata, pealt lahtise kasti, mille tagumise seina alumine äär on painutatud ettepoole. Kasti konstruktsiooni tugevdamiseks on skreeperi



Joon. 61. Standard-tüüpi skreeperi kast: 1 — tagumine sein, 2 — külg, 3 — löikeäär, 4 — tugevduslatt.

külgede esiotsad pealt ühendatud tugeva metall-latiga. Skreeperi maht tavaliste allmaakaevetöönsuste rajamisel on harilikult 0,2 kuni 1,0 m<sup>3</sup>, kuid eriülesannetega skreeperid võivad olla palju suuremad. Skreeperi vints omab kaks või kolm trumlit, mis on vabalt asetatud ühisele võllile. Neid võib vaheldumisi üksikult ühendada eriliste lintsidurite abil vintsi võlliga. Vintsi võll on hammasrataste abil ühendatud mootoriga, mis paneb võlli pöörlema. Üks trummel on skreeperi tõmbamiseks

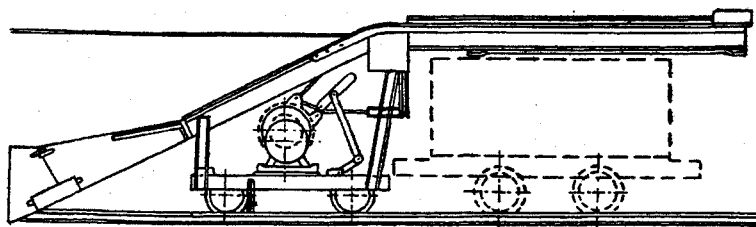
laadimisplatvormi suunas, teine tühjalt tagasitõmbamiseks ja kolmas skreeperi juhtimiseks, kui see on vajalik.

Laadimissild koosneb horisontaalsest ja kallakast osast. Kallakosa moodustab horisontaalpinnaga 25—30°-se nurga ja toetub alumise laieneva otsaga kaeveõõnsuse põhjale. Silla alumine ots on 300—600 mm ja muu osa 50—150 mm skreeperist laiem. Silla ääred on skreeperi kõrgused. Horisontaalses sillaosas on laadimisava, mis on küllalt suur, kuid ei võimalda skreeperil alla langeda. Laadimisava alla asetatakse laaditav vagonet. Skreeperi köite suunamiseks on monteeritud silla külge pea- ja saba-plokid.

Skreeperi külge on kinnitatud kaks terasköit: üks esimese poole külge, mida nimetatakse pea- ehk töököieks, ja teine tagumise poole külge, mida nimetatakse saba- ehk tühiköieks. Töököis jookseb üle silla horisontaalsesse otsa kinnitatud peaploki töötrumlile. Tagumine köis aga juhitakse

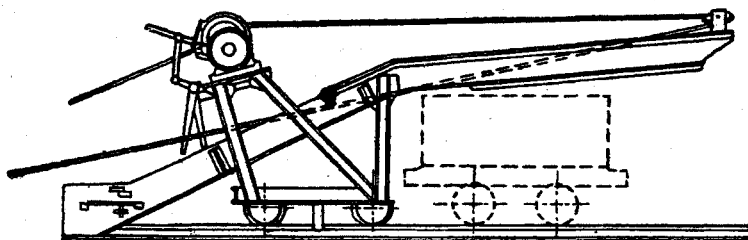
üle ee rinda kinnitatud juhtploki ja sealt üle sabaploki vintsi teisele trumlile.

Töö algul ühendatakse sabakõie trummel vintsi võlliga ja keritakse seda kõit trumlile, kuni skreeper on tõmmatud äärmisse tagumisse asendisse vastu ee rinda kaevisse peale. Selle liikumise ajal on töökõie trum-



Joon. 62. Skreeperlaadija CE.

mel vaba ja kõis võib takistuseta trumlilt lahti hargneda. Kui skreeper on jõudnud äärmisse tagumisse asendisse, vabastatakse sabakõie trummel ja ühendatakse töökõie trummel võlliga. Töökõis hakkab end trumlile kerima ja tõmbab skreeperit laadimissilla suunas. Liikudes haarab skreeper kaevist, täitub sellega, liigub kaeveõõnsuse põhja pidi laadimissillale ja tõuseb silla kallakat pinda mööda üles. Edasi, laadimisava kohale jõudes,



Joon. 63. Skreeperlaadija CJ.

variseb kaevis läbi laadimisava vagonetti. Siis vabastatakse töökõie trummel ja ühendatakse sabakõie trummel vintsi võlliga ning tsüklil kordub, kuni lahtimurtud kaevis on eest ära koristatud.

Skreeperlaadija tootlikkus oleneb: 1) skreeperi mahust, 2) tema täitmise koefitsiendist, 3) silla asetuskärgusest lahtimurtud kaevisest, 4) skreeperi liikumiskiirusest, 5) töötamise ajast ja 6) töö organiseerimisest.

Kui soovitakse ett kiiresti vabastada lahtimurtud kaevisest, siis ei laadita kaevist kohe vagonettidesse, vaid tõmmatakse ainult 5–6 meetrit ee rinnast eemale. Vabastatud ees alustatakse aukude puurimist, kuna

samal ajal laaditakse eemaletõmmatud kaevist skreeperi abil vagónettidesse. Säärane tööde organiseerimine võimaldab üheaegselt laadimist ja aukude puurimist ja kiirendab märksa töösükli kordumist.

Maavara laadimist skreeperiga võib toimetada juhul, kui kaeveõõnsuse põhi on küllalt kõva, et skreeper liikudes ei kaapaks põhjast aherkivimit. Vastasel korral võib põhjast kaabitud kivim, segunedes maavaraga, alandada tunduvalt viimase väärtust.

Skreeperlaadijaid kasutatakse suuremal arvul kaeveõõnsuste rajamiseks maagi- ja kivisõekaevandustes.

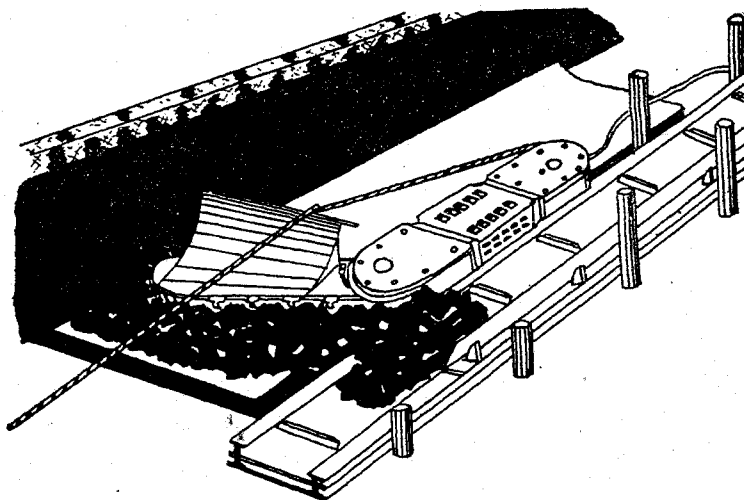
Tehas „Kommunist” Krivoi Rogis valmistab kahte tüüpi skreeperlaadijaid: CE ja CD (joon. 62 ja 63). Tüübil CE on vints paigutatud laadimisilla alla ja tüübil CD laadimisilla kohale erilistele tugeledele.

Skreepersaadeldise all mõistetakse üksteisest eraldi (lahus) töökohta ülesseatud skreeperlaadija elemente. Nad võivad olla nii statsionaarsed kui ka edasikantavad. Skreepersaadeldisi kasutatakse kaevise väljatoomiseks koristuseest ja ladudest laadimiseks. Kivisõekaevandustes allmaatöödel kasutatakse neid viimasel ajal harva, kuid maagikaevandustes on nad hulgaliselt levinud. Allmaatöödel kasutatavate skreeperivintside võimsus kõigub 10—200 kW.

#### 4. Pikkades etes tarvitavad laadimismasinad.

Nõuded pikkesi-laadimismasinatele on rangemad kui kitsaste ete laadimismasinatele. Eelkõige peab pikkesi-laadimismasin olema madal ja kitsas. Madal seepärast, et kivisõekihid, mida kaevandatakse näiteks Donbassis, on peamiselt 0,75—1,5 m paksused. Et väljatöötatud ala lae toetamiseks pika ee tingimustes tuleb asetada tihe tugipostidest toestik, mille ridade vahe harva ületab ühe meetri, siis masinad, mida saab edukalt kasutada, peavad olema veel kitsamad. Töötingimuste kohaselt peat laadimismasin töötades liikuma piki ett 100—300 m, andma suuremal toodangut, kui saavutati käsitsi laadimisel, olema vastupidav, laadima suuri kivisõetükke ja purustama neid, kui nad on transportimiskõlblikes suuremad, jne. Kuni viimase ajani ei suudetud valmistada rahuldaval töötavat pikkesi-laadimismasinat. Paljud katsed nurjusid, kuid nõukogude konstruktorite kollektiivid töötasid väsimatult. Pingelise töö esimesek tulemuseks on 1948. a. valmistatud soonimis-laadimismasin BИМ-1 (joon. 64). Esmakordselt on selle masina juures kasutatud soonimismasina töö põhimõttel töötavat ja aktiivselt tegutsevat hammasteg varustatud laadimisketti koostöös kaevist transportöörile juhtiva adra

hõlma-kujulise seadeldisega. Ka on laadimismasin esmakordselt pandud liikuma kraaptransportööri CTP-30 raami külge pidi, mis tagab masinale kindla töötamise. БПМ-1 on kombineeritud masin, mis võib soonida ja laadida, kuid mitte üheaegselt. Ta koosneb soonimismasinast, mis on täiendavalt varustatud kergesti äravõetava ja külgemonteeritava laadimis-seadeldisega. Kui laadimisseadeldis on kõrvaldatud, võib masin soonida nagu harilik soonimismasin, kusjuures ta liigub ainult transportööri raami peal, kelgul. Masin asetatakse erilisele kelgule, mis liigub transportööri raamil ja mille abil juhitakse masinat.



Joon. 64. Soonimis-laadimismasin БПМ-1 töötamas.

Laadimise ajal liigub masin soonimisraamiga eespool, löikekett liigub vastupidises suunas ja on aktiivseks osaks sõe transportöörile tõmbamisel. Sõe juhtimiseks transportöörile kinnitatakse soonimisraami külge vastav seadeldis.

Kasutades soonimis-laadimismasinat БПМ-1, mis on näha joonisel 64, võib olla kaks põhimist tööskeemi:

a) esi on varustatud ühe masinaga; algul masin soonib ee kogu pikkuses ja tagasi liikudes, varustatud laadimisseadeldisega, laadib lahtimurtud sõe transportöörile;

b) esi on varustatud kahe masinaga; üks masin liigub soonides piki ett ja temale järgneb teine, toimetades laadimist. Teise skeemi järgi töötamine kiirendab tööd 2 korda ja seepärast tuleb seda alati eelistada, kuid ta nõuab ka masinapargi kahekordistamist, mis igakord ei ole võimalik.

Soonimis-laadimismasin БПМ-1 on lihtne ja tema juhtimine laadimise ajal ei erine palju soonimismasina juhtimisest. Kombinaatides „Rostovugol” ja „Donbassantratsit” töötab neid masinaid mitukümmend, erinevates geoloogilistes tingimustes ja mitmesuguse paksusega kihtides (alates 0,8 m ja paksemad). Mõned suuremad Donbassi kaevandused laadisid 1949. a. alguses nende masinatega juba 60—70% oma toodangust.

Masin БПМ-1 liigub laadides 30—40 m tunnis. See masina tootlikkus kindlustab kaevise koristamise ühes vahetuses 150 meetri pikkusest eest. „Zapadnaja Kapitalnaja” kaevanduse ühes rajoonis, kus masinat БПМ-1 ühes transportööriга CTP-30 kasutatakse juba pikemat aega, on ee toodang tõusnud 44% võrra ja töölise toodang vahetuses — 76% võrra.

Pikkades etes kasutatakse mõnikord ka lõhkamise abil pealekuhjamisega laaditavaid transportööre (paksemates kihtides) ja skreepersedeldisi (õhukestes kihtides).

## E. Piikvasarad.

### 1. Üldandmed.

Piikvasarad on mehhaanilised tööriistad kergesti murduva kaevise lahtimurdmiseks. Nad on kompaktsed ja võrdlemisi kerged tööriistad, mistõttu neid võib kasutada igal pool, kuhu pääseb inimene ja kus teiste, suurte gabariitidega masinate kasutamine ei ole võimalik.

Piikvasarate kasutamine mäetööstuses on laialt levinenud. Kuni viimase ajani on suuremas enamikus kasutatud suruõhu-piikvasaraid, mis on tugeva pealelöögiga piigile, töö juures vastupidavad ja lihtsa konstruktsiooniga. Nende suuremaks puuduseks on, nagu kõikidel suruõhuga töötavatel masinatel, väike üldine kasutegur, mistõttu suruõhuga töötamine läheb elektrienergiaga töötamisest mitu korda kallimaks.

Paljude konstruktorite poolt on valmistatud mitu tüüpi elektripiikvasaraid, kuid need ei ole kuni viimase ajani suutnud rahuldada mäetööstuse rangeid nõudeid.

Nõukogude Liidu konstruktorid, kes iseäranis palju on töötanud elektripiikvasara valmistamise alal, on saavutanud tähelepanuväärseid tulemusi. Alates 1936. a. on valmistatud mitu väikest partiid elektripiikvasaraid KHIII (Šmorgunovi tüüpi) tööstuslikuks kasutamiseks, katsetamiseks aga piikvasaraid K (Komarovi tüüpi). Võib loota, et nende edasine viimistlemine annab meile elektripiikvasara, mis kvaliteedilt on võrdne suruõhu-piikvasaraga.

## 2. Suruõhu-piikvasarad.

Suruõhu piikvasaraid valmistatakse paljude tehaste poolt kõigis arenenuma mäetööstusega maades, kuid konstruktiivselt on nad kõik põhiliselt sarnased. Erinevusi leidub ainult õhujaotuse seadeldistes ja mõnedes muudes vähemtähtsates detailides.

Meie mäetööstuses on piikvasarad laialt kasutusel. NSV Liidus valmistatakse siiber-õhujaotusega piikvasaraid ОМСН-5. Nende piikvasarate tehniline iseloomustus on järgmine:

Silindri diameeter mm . . . . .	38,
löögikolvi käigu pikkus mm . . . . .	155,
suruõhu surve at . . . . .	4,0,
löökide arv minutis . . . . .	950,
võimsus HJ . . . . .	0,9,
õhutarvitus m <sup>3</sup> /min. . . . .	1,0,
kaal kg . . . . .	10,6.

Piikvasara konstruktsioon on järgmine (joon. 65). Silindri 1 sees liigub suruõhu mõjul löögikolb 2. Õhujaotuse seadeldis koosneb jaotussiibri karbist 3 ja õõnsast jaotussiibrist 4. Jaotussiibri karp 3 kinnitatakse silindri 1 otsa kahe tihvtiga 5 ja kaetakse kaanega 6. Siibrikarp surutakse tihedalt vastu silindri otsa pealekruvitava vahelüliga 7. Et mainitud vahelüli ei kruviks end lahti tööprotsessis, kasutatakse tema kinnitamiseks tihvti 8. Kinnitustihvti väljakukkumist väldib rõngasvedru 9. Käivitamis-seadeldis koosneb ventiilist 10 ja teda vasakule suruvast vedrust 11.

Käepide 13 annab liikuda piikvasara telje suunas ja teda suruvad vasakule kaks vedru 12, mis on asetatud vahelüli 7 süvenditesse. Läbi käepideme ovaalse augu on kinnitatud vahelüli külge suruõhu juhtetoru 14. Vörk 15 kaitseb prahi sattumise eest piikvasara sisemusse. Kui piikvasar ei ole ühendatud voolikuga, kaetakse juhtetoru kaanega 16.

Silindri 1 eesmise ossa on pressitud puks 18, millesse asetatakse piigi pära 17. Spiraalne vedru 19 hoiab piiki välja libisemast.

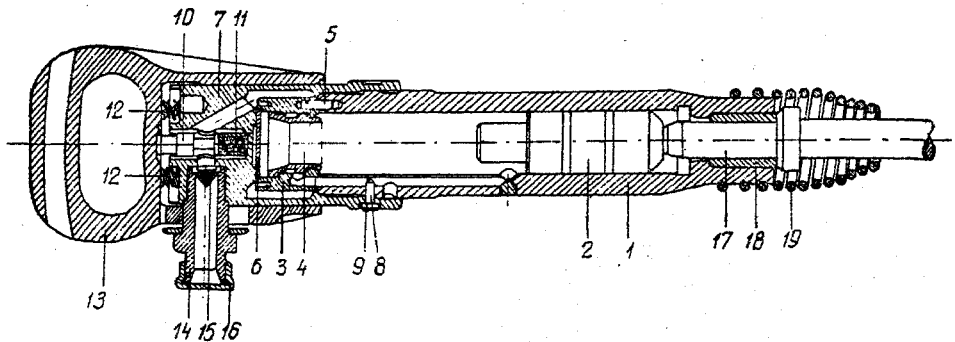
Piikvasara ОМСН-5 silinder ja jaotussiibri karp on eriliselt karastatud ja kuluvad seetõttu vähem. Uuemais piikvasarais on rõngasvedru 9 asendatud silindrit väljastpoolt ümbritseva terasplekist võruga, mis hoiab kinnitustihvti ja juhib äratarvitatud õhu kõrvale, nii et ta ei sega töötamist.

Piikvasaratega töötamisel lülitatakse ja katkestatakse suruõhu sissevoolamist automaatselt. Kui kaevur hoiab kinni käepidemest ja surub piigi vastu kivimit, siis vajuvad vedrud 11 ja 12 kokku (joon. 65) ning ven-

tiil 10 avab suruõhule pääsu vasara sisemusse. Surumise lõpetades sulgeb ventiil kanali ja vasar lakkab töötamast.

Suruõhu-piikvasarat peab korralikult õlitama, vastasel korral kuluvad liikuvad osad kiiresti. Viimasel ajal on valmistatud automaatseid õlitamisseadeldisi, mis asetatakse vooliku ja vasara vahele. Õli satub ühes suruõhuga vasara sisemusse ja õlitab liikuvaid osi pidevalt.

Suruõhk juhitakse töökohta torustiku kaudu, millega piikvasar ühendatakse painduva vooliku abil. Suruõhk tungib voolikust kanali kaudu jaotussiibrini ja sealt olenevalt jaotussiibri asendist kas silindri eesmise või tagumisse ossa, pannes löögikolvi edasi-tagasi liikuma. Liikudes ettepoole annab kolb hoobi piigi pärale, mis paigutatakse silindri eesmises



Joon. 65. Piikvasara pikiläbilõige. (Numbrite seletus tekstis.)

osas oleva puksi avausse. Hoopide mõjul tungib piigi terav ots kivimisse ja purustab selle. Kivimisse tunginud piigi abil võib ka tükke lahti murda, kasutades piikvasarat kangina.

### 3. Elektri-piikvasarad.

Elektri-piikvasaratest on tööstuslikku kasutamist leidnud ainult insener Smorgunovi konstrueeritud piikvasar KHIII-3.

Elektri-piikvasarat KHIII-3 iseloomustavad järgmised tehnilised andmed: kaal ühes piigiga — 12,8 kg; löökide arv minutis — 935; löögi töö piigil — 1,09 kgm, tarvitab võimsust 0,37 kW.

Piikvasar KHIII-3 on valmistatud järgmiselt (joon. 66): keres 1 on asünkroonne elektrimootor 2, mille rootor on lühiühendatud. Mootori tunni võimsus on 0,37 kW, teeb 2800 tiiru minutis ja vajab pinget 120 V.

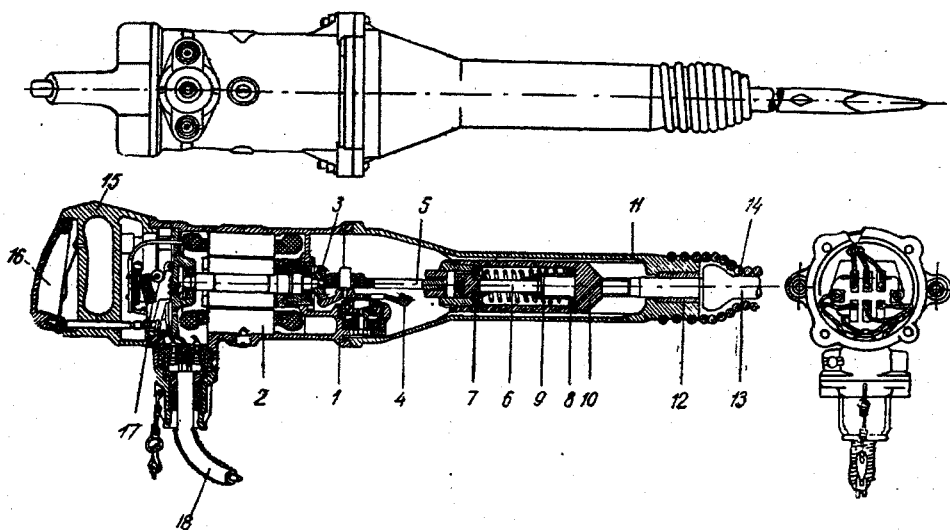
Rootori võllile on asetatud väike koonushammasratas 3, mis on ühenduses suurema, kepsutapiga varustatud koonushammasrattaga 4.



Hammasrattas 4 on ühendatud kepsu 5 abil kolvivarvaga 6. Viimasele on paigutatud kaks puhvertaldrikut 7 ja 8, mille vahel on tugev spiraalne vedru 9. Puhvertaldrikud ühes vedruga 9 on paigutatud õõnsasse löögikolvi 10, mis võib liikuda kesta 11. Kesta 11 otsas on puks 12, millesse asetatakse piigi 13 pära. Piiki hoiab välja libisemast spiraalne vedru 14.

Vasar on varustatud käepidemega 15, mille küljes on link 16. Viimasele vajutades sulgub lüliti 17 ja vool pääseb mootorisse. Voolu juhtimiseks piikvasarasse kasutatakse painduvat 4-soonelist kummikaablit 18.

Töötamise ajal rõhub kaevur piigi terava otsa vastu ett, surudes samal ajal lingile 16, mille tagajärjel sulgub lüliti 17. Vool paneb mootori ja



Joon. 66. Elektri-piikvasar KHIII-3. (Numbrite seletus tekstis.)

hammasrattad 3 ning 4 pöörlema. Edasi kandub liikumine kepsu 5 abil kolvivarvale 6, pannes viimase edasi-tagasi liikuma.

Vedru 9 ja puhvertaldrikute 7 ning 8 abil antakse see liikumine edasi löögikolvile 10, mis jagab hoobe piigi pärale 13 ja sunnib viimast tunniga kivimisse.

Löögikolvi 10 inertsia ja vedru 9 mõjul on löögikolvi edasi-tagasi liikumise amplituud suurem kui kolvivarval. See tõstab löögikolvi liikumise kiirust ja suurendab tunduvalt iga löögi tööd, ühtlasi pehmen­dab vedru 9 tagasilikumise tõukeid.

Elektri-piikvasar tekitab töötamisel vähem müra kui suruõhu-piikvasar.

Kui töökohal suruõhu surve ei ületa 3—3,5 at, mis kahjuks on sagedane nähtus kaevandustes, siis võrdub elektri-piikvasara KHIII-3 töö suruõhu-piikvasara tööga.

Esinenud rikete, väikese löögijõu ja suure kaalu pärast piikvasaraid KHIII enam välja ei lasta.

Komarovi poolt konstrueeritud piikvasarail K-2 on mootor välja viidud ja hammasrattad saavad mootorilt liirlemise pika painduva võlli abil. Säärase piikvasara kaal on väiksem kui suruõhu-piikvasaral. See piikvasar on veel katsetamisstaadiumis.

## F. Soonimismasinad.

### 1. Üldandmed.

Soonimismasinatega nimetatakse masinaid, mida kasutatakse sisselõigete tegemiseks kivimisse, et teda ee rinnast hõpsamini lahti murda. Käesoleval ajal kasutatakse neid masinaid laialdaselt kivisöökaevandustes, kus neid hakatigi esmakordselt tarvitama, samuti ka teiste maavarade — kivi- ja kaalisoola, talgi jne. tootmisel. Seoses meie põlevkivitootmise mehhaniseerimisega rakendatakse neid ka selle maavara tootmisel.

Võttes aluseks töötava mehhanismi võib soonimismasinad jaotada puur-, lõkkeerd-, lõõkpöörd- ja lõikavaiks soonimismasinaiks. Esimesed kolm on vananenud tüübid ja uuemate soonimismasinatega juures neid konstruksioone ei rakendata. Praegu omab rakenduslikku tähtsust ainult lõikava tööviisiga mehhanism.

Lõikava soonimismasina töötavaks mehhanismiks on lõiketeradega (hammastega) varustatud pöörlev ketas, keerlev latt ehk ritv või raamil jooksev kett. Lõiketerade arv ulatub tavaliselt mõnekümneni ning nende keskmine lõikekiirus on 1,5—2,5 m/sek. Peale lõikekiiruse omavad lõiketerad veel ettenihutuskirust (0,2—1,7 m/min.) piki ee rinda. Nii tekib soon kahe liikumise resultaadina.

Ketas ja ritv on soonimismasina vananenud mehhanismid. Praegu leiab ainukasutamist kett-mehhanism. Kett-soonimismasina lõikekett koosneb lõiketerade (hammaste) kinnitamiseks avadega varustatud rusikatest ja neid ühendavaist ühendusplaatidest. Lõiketerade kinnitamine rusikatesse toimub vastavate tõkestuspoltide abil.

Kett-mehhanismi levik seletub tema paremustega teiste (ketas- ja ritv-) mehhanismidega võrreldes. Need paremused on: 1) sobivus ka kõvemate kivimite soonimiseks, 2) võimalus saada sügavat soont, 3) kulunud lõiketerade (hammaste) hõlpus vahetamine, 4) suhteliselt õhuke soon, 5) keti

hammaste töötamine soodsamais tingimustes, sest nad liiguvad tavaliselt paralleelselt maavara kihisusele.

Soonimismasinaid võib jaotada veel iseliikuvaks ja edasikantavaks. Tööviisi järgi jagunevad soonimismasinad: pikkesi-, lühiesi-, kaaresi- ja sammsoonimismasinaiks.

Pikkesi-soonimismasina omapäraks on see, et tema töötavat mehhanismi (soonimisraami) on võimalik pöörata horisontaaltasapinnas  $95^{\circ}$  võrra mõlemale poole tema kere telje suhtes. Tööajaks juhatakse töötav mehhanism soonitavasse kivimisse ning, pöörates teda umbes  $95^{\circ}$  masina telje suhtes, kinnitatakse ta sellesse asendisse. Soonimise ajal liigub masin ettenihutusmehhanismi abil piki ee rinda tõmbekõie kinnituse suunas (joon. 70). Soone tavaline sügavus on 1,8—2,5 m, ulatudes mõningail juhtumeil 4 meetrini.

Lühiesi-soonimismasinaid kasutatakse ettevalmistus-kaeveõõnsuste rajamisel ja ruumidega kaevandamisel. Nende oluliseks tunnuseks on liikumatult kere külge kinnitatud töötav mehhanism ja kogu masina asend soonimise kestel risti ee rinnaga.

Kaaresi-soonimismasinaid kasutatakse ettevalmistustöödel kitsaste ete soonimiseks. Tööks asetatakse masin liikumatult ee rinna ette. Soonimisel pööratakse masina töötavat mehhanismi umbes  $180^{\circ}$  võrra, kusjuures moodustub kaarekujuline soon.

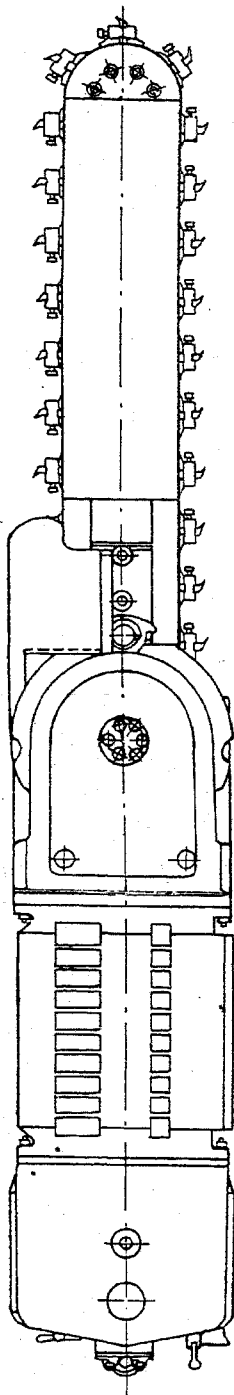
Sammsoonimismasinaid kasutatakse enamasti ettevalmistuskaeveõõnsuste rajamiseks. Masin on monteeritud pikendatavale sambale, millega ta ee rinna ette üles seatakse. Nende masinate töötav mehhanism on pööratav horisontaal-, vertikaal- ja mõningatel masinatel mistahes tasapinnas. Nii saab nendega moodustada vertikaalset ja kallakat sõont, sügavusega kuni 2 m ja enam. Kasutatava energialiigi põhjal võib soonimismasinaid jaotada suruõhuga ja elektriga töötavaks. Praegusel ajal valmistatakse soonimismasinad ainult elektri jõul töötavatena.

Soonimismasinate edasisel vaatlusel on aluseks võetud nende jaotus tööviisi järgi.

## 2. Pikkesi-soonimismasinad.

Vanimaks NSV Liidu pikkesi-soonimismasinaks on tüüp ДТ ja ДТК-2 (eelmise moderniseeritud väljaanne). Praegu neid ei valmistata, seepärast ei ole siin antud ka nende lähemat kirjeldust.

Soonimismasin ГТК-3М on võitnud kindla seisukoha NSV Liidu mäetööstuses. Neid valmistatakse nii sirge kui ka painutatud soonimisraamiga.



Joon. 67. Soonimismasin GTK-3M.

Masin koosneb kolmest osast (joon. 67): elektrimootorist, ettenihutusmehhanismist ja töötavast mehhanismist (koos soonimisraamiga). Masinat käitab kolmefaasiline lühisrootoriga asünkroonmootor, tunnivõimsusega 25 kW. Soonimismasin omab järgmisi gabariitmõõtmeid: kõrgus 305 mm, laius 720 mm, pikkus (ilma soonimisraamita) 2386 mm. Masina kaal 2000 kg.

Ettenihutusmehhanismi kere, mis kinnitub poltidega mootori kere külge, asetseb reduktor. Reduktori planetaarülekanne koosneb:

a) eksentriliselt vertikaalsel völliil vabalt tiirlevast kolmekordsest planetaarhammasrattast;

b) kahest liikumatust, masina kere külge kinnitatud ja siseküljel hammastega varustatud hammaskrantsist;

c) aeglaselt liikuvast hammaskrantsist, mis kinnitub veotrumli siseküljele ja hambub kolmekordse planetaarratta keskmiste hammastega.

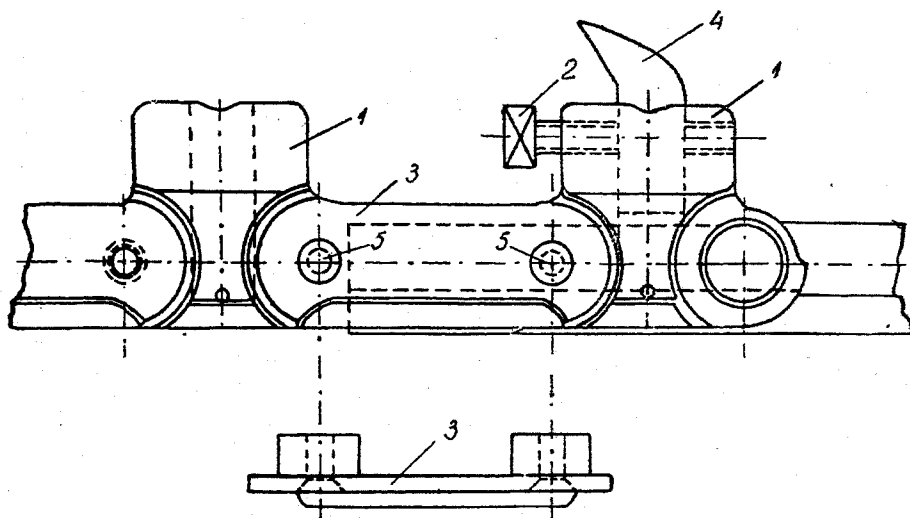
Ülekanne mootori völliilt reduktori völliile toimub koonus- ja taldrikhammasratta abil, kusjuures sisselülitamiseks kasutatakse hõõrdsidurit. Ettenihutus toimub veotrumlile ettenihutusrossi pealekerimise teel.

GTK-3M ettenihutusmehhanism omab ainult kaht kiirust: töökäigu kiirus 0,58 m/min. ja manööverduskiirus 6,6 m/min. Tõmbetugevus ettenihutusmehhanismi trossil on töökäigul 4000 kg ja tühikäigul 3000 kg.

Töötav mehhanism, selle raketusseade ja reduktor kinnituvad samuti elektrimootori kere külge. Töötava mehhanismi reduktor koosneb silinder- ja koonushammasratta paaridest, hammasmuhvist ja vedavast keti- ehk tährattast. Hammasmuhv ühendab reduktorit mootori völliiga. Ketiratas paneb otseselt liikuma soonimisketi. Soonimisketi liikumiskiirus on 1,83 m/sek.

Ettenihutus- ja löikekiirust on vastavate hammasrataste vahetamise teel võimalik muuta. Nende valikul lähtutakse soonitava maavara füüsikalise-mehhaanilistest omadustest.

Soonimisraam, mõnikord ka baariks nimetatud, koosneb juhtraamist ja soonimisketist. Juhtraami ülesanne on löikeketi liikumise juhtimine; ta kinnitatakse töötava mehhanismi kere külge sadula ehk kõlgutsi abil. Löikekett on soonimismasina kõige olulisem osa. Löikekett koosneb rusikatest 1 löiketerade kinnitamiseks ja rusikaid ühendavaist plaatidest 3 (joon. 68). Rusikaid on nelja tüüpi, olenevalt nendesse kinnitatavate terade kaldenur-



Joon. 68. Kett-soonimismasina löikekett: 1 — rusikas, 2 — tõkepolt, 3 — ühendusplaat, 4 — löiketera (hammas), 5 — ühendusneet.

gast keti liikumistasapinna suhtes. Need nurgad on:  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $19^\circ$  ja  $43^\circ$ . Normaalselt sisaldab kett 24—30 rusikat, olenevalt keti (soonimisraami) pikkusest. Soonimisketi poolt tekitatava soone normaalseks kõrguseks on 120 mm. Soone sügavus on kuni 2,2 m.

Soonimismasin ГТК-3М on töötamisel näidanud oma häid omadusi, milleks on:

- 1) masina väike pikkus, mis võimaldab temaga kergesti manööverdada;
- 2) ettenihutusmehhanism on väga kompaktne;
- 3) masin töötab hästi.

Puudustena võib märkida:

- 1) mitteküllaldast mootori võimsust kõvade süte soonimisel;
- 2) raskepärast kokkumonteeritavust;

- 3) tööajal ettenihutuskiiruse reguleerimise võimaluse puudumist;
- 4) soonimispuu mittemehhaanilist kõrvaldamist ketiratta juurest.

Kuigi pikkesi-soonimismasin GTK-3M on seni töötamisel rahuldanud temale esitatud nõudeid, ei suuda ta rahuldada kivisööetööstuse uusi kõrgendatud nõudeid, mis on esile kerkinud sõjajärgse viisaastakuplaani täitmisel. Soonimismasina GTK-3M tootlikkus on väike, ta pole suuteline rahuldavalt töötama kõvades kivisöekihtides ja teda ei saa mitmesugustes geoloogilistes tingimustes efektiivselt rakendada, vaatamata sellele, et masinat on mitmel korral täiendatud.

Uueks suunaks soonimismasinate valmistamisel NSV Liidus on konstrueerida nad nii, et igaüks neist annaks maksimaalse tootlikkuse töötamisel neis tingimustes, mille jaoks nad on määratud. Varem püüti üht tüüpi masinat kohandada mitmesugustes tingimustes töötamiseks, nagu seda olid GTK-3M ja tema eelkäija GTK-3.

Seoses uute ülesannete lahendamisega mäetööstuse edasise mehhaniseerimise alal on valmistatud mitu uut tüüpi soonimismasinat, millede tootlikkus ja võimsus on märksa suuremad kui endistel, mõnel isegi mitu korda suurem.

Pikkesi-soonimismasin B-35 erineb gabariidilt vähe eespool kirjeldatud masinast GTK-3M (ainult pikkus on veidi suurem), kuid tema konstruktiivne osa ja muud näitajad on suuresti erinevad.

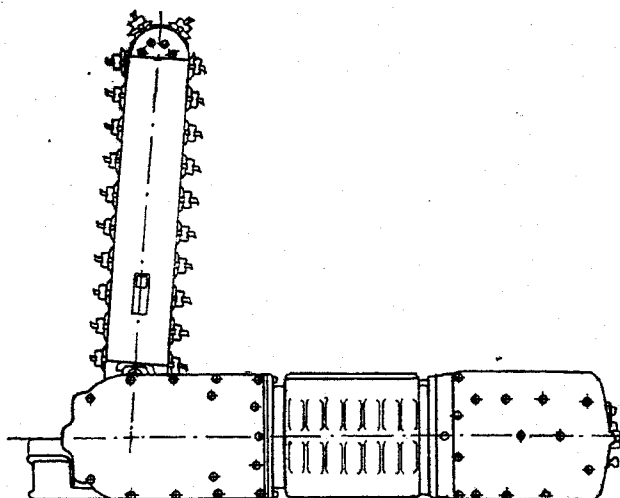
Peamised erinevused on:

- 1) mootori kõrgem tunnivõimsus, 28—32 kW;
- 2) ettenihutusmehhanismi suurem tõmbejõud, kuni 5000 kg;
- 3) omab 4 töökiirust: 0,2; 0,4; 0,6 ja 0,8 m/sek., mis võimaldab masina normaalset töötamist mitmesuguse kõvadusega maavarade soonimisel;
- 4) köietrummel mahutab kuni 35 m terasköit jämedusega 13 mm, mis vähendab peatuste arvu köietoe ümberpaigutamiseks;
- 5) võimaldab kihi põhjapealset soonimist ja kõrvaldab põhjajäänud kivisöekorra käsitsi lahtimurdmise vajaduse;
- 6) tigitüübilise purukõrvaldaja kasutamine, mis ei ulatu väljapoole masina laiust ja kõrgust, on sobiv, täidab korralikult oma ülesande ja ei vaja masina allalaskmise ajaks masina küljest lahtivõtmist.

Need erinevused võimaldavad tõsta märgatavalt masina tootlikkust, tarvitades kõige kasulikumaid ettenihutuskiirusi, mis tagab ühtlasi mootori kõrgendatud võimsuse kasutamist. Masina väikesed põikimõõtmised (kõrgus 305 mm) võimaldavad tema töötamist õhukestes kihtides (0,45–0,50 m).

Soonimismasin B-35 on määratud mitmesuguse kõvadusega õhukeste (kuni 0,6 m) ja pehmemate paksemate kihtide soonimiseks.

Võimas soonimismasin MB-60 on määratud ükskõik misuguse kõvadusega laugete ja järskude kivisõekihtide soonimiseks. Selle masina projekt valmistati uurimistööde alusel Riikliku Sõetööstusmasinate Teadusliku Uurimise Instituudi inseneride kollektiivi poolt. Peale iga-külgsel katsetamist ja mõningat täiendamist hakati seda masinat alates 1948. a. valmistama seeriaviisi. Masin erineb kõigist senivalmistatud välismaa ja NSV Liidu soonimismasinatest. Selle masina ehitamisega on teh-



Joon. 69. Soonimismasin MB-60.

tud samm edasi soonimismasinate projekteerimise ja ehituse alal. Soonimismasin MB-60 on nõukogude tehnika tähtis saavutus.

Soonimismasin MB-60 koosneb edasiviivast mehhanismist, mootorist, lõikeseadeldisest ja soonimisraamist ühes lõikeketiga. Masin on varustatud elektrimootoriga МАД 191/11 võimsusega 57 kW ja viimistletud purukoris-tajaga. Liikumise kiirust töötamisel võib reguleerida laiades piirides, alates 0,23 m/sek. kuni 1,4 m/sek. Kõik masinaosad valmistatakse eriliselt tugevate-na ja vastupidavatena. Masin on 2—3 korda suurema tootlikkusega kui ГТК-3М.

Katsetamisel Oktoobrirevolutsiooni-nimelises antratsiidikaevanduses näitas masin häid tagajärgi. Katsetamine toimus 150 m pikkuses ees, kõvas antratsiidikihis paksusega 0,75—0,85 m ja kallakusega 11°. Selle ee soonimiseks kulus enne 7—9 tundi, kusjuures soone sügavus oli 1,45 m.

Katsetamisel varustati masin MB-60 1,8 m pikkuse soonimisraamiga, millega saavutati 1,7 m sügavune soon, kusjuures ee soonimiseks kulus aega 2 tundi 40 min. kuni 3 tundi 36 min. Masin MB-60 tarvitas 2,5 korda vähem aega ee soonimiseks, soonides seejuures 255 m<sup>2</sup> (17%) rohkem. Üldised ee tööstuslik-ökonoomilised näitajad tõusid järsku MB-60 katsetamise ajal: toodang tõusis 32% võrra, tsüklite arv kuus suurenes 15% ja omahind alanes 11,5%.

Veel paremaid tulemusi saavutati selle masina katsetöö ajal sama trusti kaevanduse „Komsomolskaja pravda” ees nr. 4, töödeldes Bezõmjannõi kihti, mille paksus on 0,55 m ja kallakus 13—14°. Selle kõva antratsiidikihi alumises küljes esineb tihedalt väävelrähka, mis on antratsiidist tunduvalt kõvem ja raskendab soonimismasina tööd (1 m<sup>2</sup> soonitud pinna kohta kulus 0,3 pobediidiga armeeritud lõiketera „Moskva”). Masina MB-60 kasutusele võtmine tõstis ee toodangut kuni 56%, töölise tootlikkus tõusis kuni 37%, tsüklite arv suurenes 59% ja omahind alanes 22%. Masin MB-60 soonis 2,4 korda rohkem kui Ameerika firma Sullivan'i masin CLE-5, millega katsetati selles ees enne nimetatud katsetamist.

Soonimismasinat MB-60 iseloomustavad järgmised andmed:

soone sügavus . . . . .	2,0—2,8 m,
soone kõrgus . . . . .	120—140 mm,
lõikamiskiirus . . . . .	1,9 m/sek.,
manööverdamiskiirus . . . . .	14,5 m/min.,
tõmbekõie diameeter . . . . .	17—19 mm,
pikkus ilma purukõrvaldajata . . . . .	3134 mm,
pikkus allalaskmisel (2 m pikkuse soonimisraamiga)	4250 mm,
laius . . . . .	740 mm,
kõrgus . . . . .	400 mm,
masina kaal ühes 2 m pikkuse soonimisraamiga . .	3500 kg.

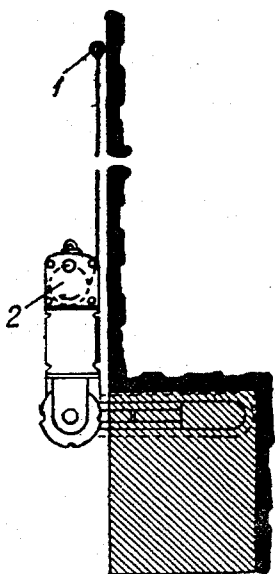
Soonimismasina MB-60 ehitamise ja kasutusele võtmise tähtsus ei seisne ainult soonimistöö kiirendamises kivisöetootmise protsessis, vaid see tähendab kogu NSV Liidu mäetööstusmasinate ehituse uut ajajärku ja mäetööstuse uut kiiret arengut.

Soonimismasina MB-60 valmistamine näitab selgelt nõukogude tehnika üleolekut kapitalistlike maade tehnikast.

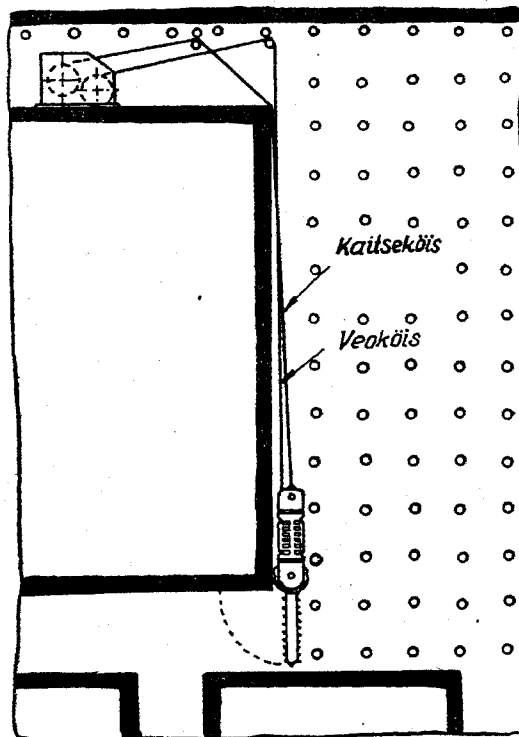
Soone tegemiseks pikkesi-soonimismasinaga asetatakse viimasest umbes 20—25 m kaugusele eerinna ette tugipost (joon. 70, 1), mille



külge kinnitatakse nihutusmehhanismi trumlile 2 mähitav kõis. Seejärel lülitatakse sisse masina mootor (töötava mehhanismi reduktor peab olema enne sisse lülitatud) ja siis ettenihutusmehhanism. Trumli pöörlemisel keritakse temale tõmbekõis ja masin liigub piki ett tugiposti poole; seejuures lõikekett soonib ett.



Joon. 70. Pikkesi-soonimismasina tööskeem ees: 1 — tugipost kõie kinnitamiseks, 2 — nihutusmehhanismi trummel.



Joon. 71. Järskude kihtide soonimise skeem pikkesi-soonimismasinaga.

Masina liikumiskiirus piki ett peab vastama sellele kiirusele, mille puhul lõikekett jõuab soont sisse lõigata. Kõvemate maavarade soonimisel, kui ettenihutuskiirus (mittereguleeritavatel masinatel) osutub liiga suureks, saab viimast vähendada (2 korda), juhtides tõmbekõie üle tugiposti külge asetatud plokiratta ja kinnitades ta otsa soonimisraami sadula külge.

Kui soonimismasin jõuab tugipostini, lülitatakse välja ettenihutusmehhanism ja seejärel masina mootor ning töötav mehhanism; tugipost kantakse edasi ja töö algab samas järjekorras, nagu on eespool kirjeldatud.

Soonimismasinat teenindab 2 töolist — masinist ja tema abi.

Kui soont on sobivam teha mitte otse ee põhja juurde, vaid teatavale kõrgusele, võib soonimismasina asetada vastavatele jalastele.

Pärast soonimise lõpetamist tuleb masin lasta piki ett tagasi uue töötsükli algamiseks. Selleks tuleb soonimisraam asetada ühele joonele masina kerega ning kinnitada selles asendis. Trumliit mahakeritud kõis juhatakse läbi soonimisraami külge kinnitatud klambri ja kinnitatakse eespoololeva tugiposti külge. Seejärel lülitatakse sisse manööverduskiirus ja masin liigub piki ett tõmbekõie pikkuse ulatusel tugiposti suunas. Tsükkel lõpeb, kui soonimismasin jõuab algasendisse uue soone soonimiseks.

Kui soonimismasinat kasutatakse kallakate ja järskude kihtide soonimiseks, peab soonimismasin julgeolekunõuete kohaselt töötama kahe — ettenihutus- ja kaitsekõiega. Kaitsekõis on ettenihutuskõiest veidi jämedam ning kinnitub ühe otsaga masina kerele ja teisega erilise vintsi trumlile, mis asetseb ülemises strekis (joon. 71). Kaitsekõis peab töö kestel olema pingul, sest vastasel korral ei suuda ta ettenihutuskõie katkemisel vastu võtta masina kukumisest tekkivat löögikoormust.

### 3. Lühiesi- ja kitsaste ete soonimismasinaid.

Lühiesi- ja kitsaste ete soonimismasinaid kasutatakse kaeveõõnsuste rajamisel ning tootmistöödel, kui töötatakse ruumidega (kambritega). Need soonimismasinaid on väga mitmetüübilised, neid on kergeid, mis kaaluvad vaevalt 100 kg (sõesaag), ja raskeid, ratastel või roomikutel iseliikuvaid, mis kaaluvad kuni 6 tonni (BTY-1). Samuti erinevad nad laiades piirides võimsuse ja tööviiside poolest. Allpool on antud nende tüüpide esindajate kirjeldus.

Lühiesi-soonimismasinat JBIII-2 (joon. 72) kasutatakse NSV Liidu kivisõekaevandustes peamiselt laia eega ettevalmistus-kaeveõõnsuste rajamisel. Masin meenutab üldiselt pikkesi-soonimismasinat; tema töötav mehhanism — soonimisraam ja kett — ei erine pikkesi-soonimismasina omast, kuid soonimisraam ei ole pööratav; masina kere on tublisti lühem ja soonimisel asetatakse see risti ee rinnaga.

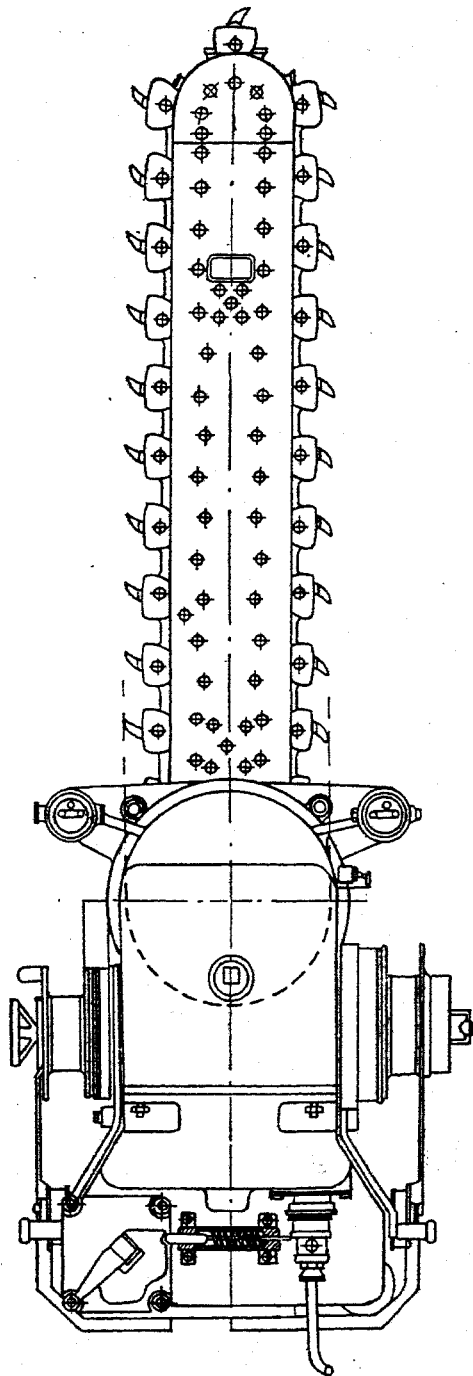
Masinat iseloomustavad andmed on järgmised: maksimaalne kõrgus 480 mm, laius 850 mm ja pikkus (ilma soonimisraamita) 1050 mm;

masina kogukaal 840 kg. Kasutatav elektrimootori võimsus on 11 kW tunnisel ja 7 kW pikaajalisel pideval töötamisel. Soone sügavus on 1,4 m.

Ettenihutusmehhanismi reductor koosneb hammasülekan-  
deist ja kahest hõõrdsidurist. Ettenihutusmehhanismi juurde kuulub veel kaks kahele poole masinat asetatud trumlit. Üks neist on töö-, teine manööverdamise jaoks. Kumbki trummel mahutab 36 meetrit köit. Masina töökiirus on 0,324 m/min. ja manööverduskiirus 3,73 m/min.

Masina löikeketi liikumiskiirus on 2,275 m/sek. Ülekanne mootorilt ketile toimub kahe hammasratta ja võlli abil, millele kinnitub vedav ketiratas. Lõikekett koosneb 27 rusikast lõiketerade pesade kaldega kummalegi poole 0°, 10°, 20° ja 30° nurga all. Soone paksus on 64 mm.

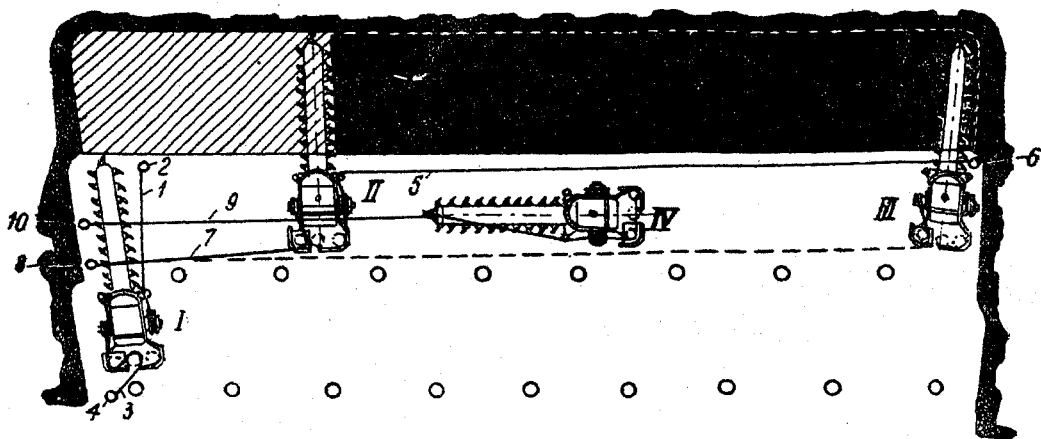
JIBIII-2 töö laia eega rajatavas ettevalmistus-kaeveõõnsuses on toodud joonisel 73. Sisse-  
lõige ee vasakus nurgas moodustatakse masina ettenihutamisel risti eele (asend 1). Selleks kinnitatakse ettenihutuskõis 1 tugiposti 2 külge (ee rinna juures paremal pool masinat) ja manööverduskõis 3 tugiposti 4 külge. Seejärel käivitatakse mootor ja lülitatakse sisse töötrummel. Soonimise kestel kerib töötrummel enda peale köit 1,



Joon. 72. Soonimismasin JIBIII-2.

samal ajal antakse järele manööverdustrumlile keritud köit 3. Masina tasakaalustamine toimub manööverdustrumli pidurdamise teel hõõrsiduriga.

Masina II asend kujutab ee soonimist. Ettenihutusköis 5 kinnitatakse ee paremasse nurka asetatud tugiposti 6 ja manööverdusköis 7 — tugiposti 8 külge. Masina liikumisel keritakse ettenihutusköis töötrumlile, kuna köis 7 vabastatakse manööverdustrumliilt. Soonimise lõppemist iseloomustab asend III. Parempoolse (ülemise) nurga väljasoonimine toimub vastupidises järjekorras vasakpoolse (alumise) nurga väljasoonimisele.



Joon. 73. Soonimismasina JIBIII-2 tööskeem.  
(Numbrite seletus tekstis.)

Masina algasendisse tagasiviimine (asend IV) toimub manööverduskiirusel. Manööverdusköis tõmmatakse manööverdustrumliilt lahti, asetatakse läbi soonimisraami otsale kinnitatud klambri ning kinnitatakse tugiposti 10 külge. Siis lülitatakse välja töötrummel ja käivitatakse manööverdustrummel.

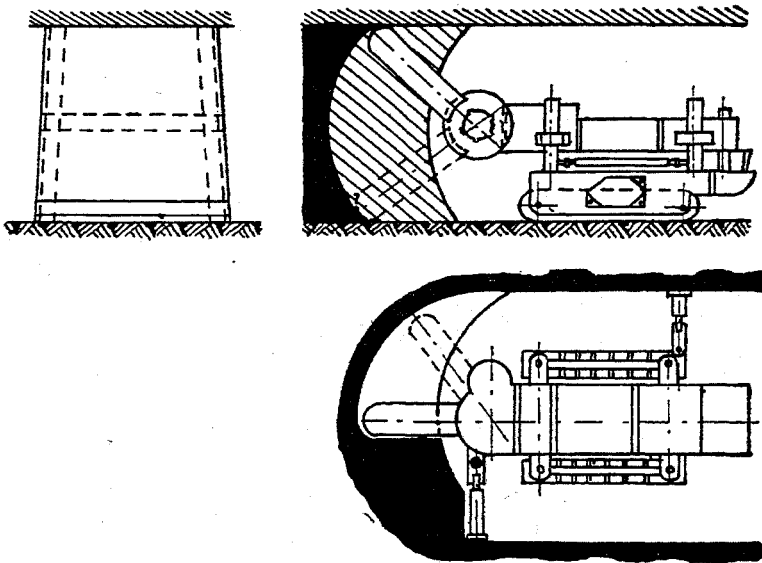
Ettevalmistus-kaeveõnuste kiirel rajamisel on need masinad osutunud liiga nõrgaks. Arvesse võttes, et ka ruumidega kaevandamiseks on vajalikud suurema võimsusega lühiesi-soonimismasinad, on hakatud NSV Liidus ehitama võimsaid lühiesi-soonimismasinaid IIBM-1, mootori võimsusega 35 HJ ja üldkaaluga 3200 kg.

Soonimismasin BTY-1 (universaalne) on rasket tüüpi, roomikutel liikuv kitsa ee soonimismasin. Ta on määratud ühe- ja kahe-teeliste strekkide rajamiseks horisontaalsetes ja väikese kallakusega kivi-

sõe- ja teiste maavarade kihtides, millede paksus ei ole alla 1,5 m. Sooni-  
 mismasinat BTY-1 valmistatakse seeriaviisi.

Masin koosneb elektrimootorist tunnivõimsusega 47 kW, löikepeast,  
 soonimisraamist, mis on ühendatud löikepeaga pööramisvõimalusega oma  
 tasapinnas, nihutusmehhanismist ja roomikalusest.

Nihutusmehhanism paneb liikuma roomikud ja kannab pöörlemise  
 rootori võllilt löikepead pööravale mehhanismile. Pöörates löikepead võib  
 soonimisraami asetada horisontaalse, vertikaalse või ükskõik missuguse  
 kallakusega soone sisselõikamiseks. Löikepea mehhanism ühendatult moo-  
 toriga veab löikeketi ja pöörab soonimisraami tema oma tasapinnas.



Joon. 74. Soonimismasina BTY-1 tööskeem.

Soonimismasina BTY-1 tehniline iseloomustus on järgmine:

Mõõtmed: pikkus — 6620 mm,  
 laius — 1300 mm,  
 kõrgus — maksimaalne 1440 mm, minimaalne 1090 mm.

Liikumiskiirus roomikutel:

töötamisel — 0,87 m/min.,  
 manööverdamisel — 16,8 m/min.

Löikeketi kiirus . . . . . 2; 2,4; 2,8 m/sek.

Soonimisraami pikkus . . . . . 3 m.

Löikepead võib pöörata . . . . . 360°.

Soonimisraami saab pöörata:

alumises asendis — 205°,

ülemises asendis — 360°.

Masina kaal . . . . . 6 t.

Horisontaalse soone tegemiseks juhitakse masin ee lähedale kesksesse asendisse (joon. 74, alumine skeem), siis pööratakse soonimisraami nii, et ta vaba ots ulatub ee nurka. Sellesse asendisse kinnitatakse soonimisraam ja lülitatakse käiku löikekett ning masin hakkab töökäigul liikuma ee suunas. Kui löikepea jõuab ee rinnani, lakkab masin edasi liikumast ja lülitatakse käiku soonimisraami pööramiseade. Pöörates tehakse eesse kaarekujuline löige. Kui soonimisraami ots on jõudnud kaeveõõnsuse vastaspoolse külje pikenduse tasapinnani, lülitatakse pööramiseade välja, soonimisraam kinnitatakse sellesse asendisse ning masinale antakse tagasi-käik töökiirusega. Masin taandub seni, kui soonimisraam tuleb täielikult nähtavale. Sellega lõpeb soonimine. Vertikaalse või kallaka soone siselõikamisel kasutatakse neidsamu töövõtteid (joon. 74, ülemine parempoolne skeem).

Masinaga BTY-1 tehakse harilikult eesse mitu soont (soonte süsteem), mis vähendab puurimistööd ja lõhkeaine kulu. Üks võimalik süsteem on toodud joonisel 74 (ülemine vasakpoolne skeem).

Kui kasutada kaevisse koristamiseks laadimismasinat, võib BTY abil rajada ööpäevas 7,5—10 m strekki.

Soonimismasin БИИ (joon. 75) on määratud soone lõikamiseks kivisöekihti horisontaalsete kaeveõõnsuste rajamisel. Seda masinat iseloomustavad järgmised andmed.

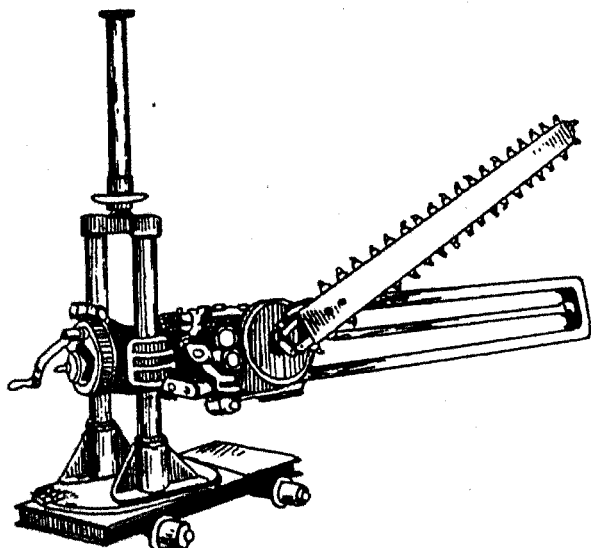
Pikkus . . . . . 3700 mm,  
laius . . . . . 800 mm,  
kõrgus . . . . . 1330—2350 mm,  
kaal . . . . . 750 kg,  
mootori võimsus . . . . . 5,6 kW,  
soone sügavus . . . . . 1800 mm ja laius kuni 7000 mm.

Masin on monteeritud kahele omavahel ühendatud sambale, mille külge kinnitub pikendatav osa. Sambad toetuvad alumise osaga vankrile kinnitatud kettale. Ketras on pööratav koos sammastega, järelikult ka kogu masinaga, 70°—80° võrra.

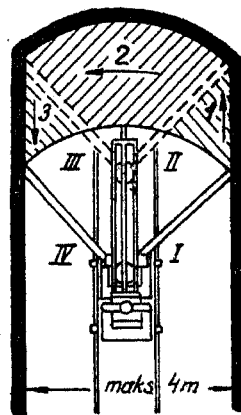
Mootor ja masina kere kinnituvad kahele karprauast paralleelile, mida mööda nad võivad edasi-tagasi liikuda. Paralleelid koos mootori ja töötava mehhanismiga on pööratavad ümber horisontaalse telje, võimaldades eesse vertikaalse, kallaka või horisontaalse soone tegemist.

Soonimiskett koosneb 43 rusikast terapesade kaldenurkadega  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  ja  $45^\circ$ . Keti löikekiirus on 2,4 m/sek.

Soonimismasina BIII töö kitsas ees nähtub jooniselt 76. Enne töö algust lükatakse masin oma vankriga rööpaidpidi eeni. Masina kere peab asetsema äärmises tagumises seisus tugisammaste juures. Seejärel sea-



Joon. 75. Soonimismasin BIII.



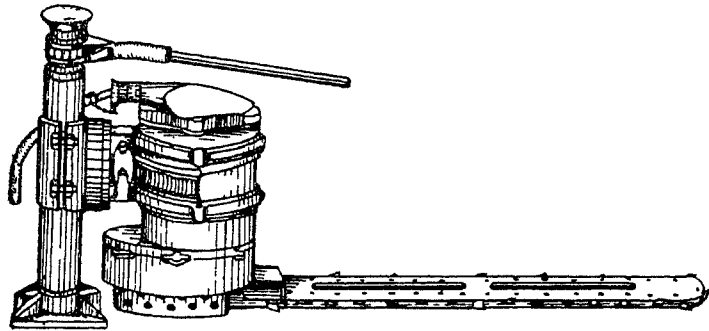
Joon. 76. Soonimismasina BIII tööskeem.  
(Numbrite seletus tekstis.)

takse masina kere soonimiseks vajalikule kõrgusele ja soonimisraam pööratakse asendisse I. Siis toetatakse paralleelid ee rinda tehtud süvendisse ja kinnitatakse tugisammaste, pikendades seda krüviga, vastu kaeveõõnsuse lage.

Seejärel lülitatakse sisse mootor ning erilise käepideme abil antakse masina kerele ja soonimisraamile liikumine ee suunas, kuni sektor I on soonitud. Siis, pöörates teist käepidet, pannakse soonimisraam kaares liikuma asendist II asendisse III. Sellega toimub sektori 2 soonimine. Edasi, pöörates esimest käepidet vastupidises suunas, pannakse masina kere ühes soonimisraamiga liikuma tagasi asendist III asendisse IV, kusjuures soonitakse sektor 3.

Soonimismasin BIII osutus laialdase kasutamise tarvis nõrgaks. Püüdes ära kasutada seda tüüpi soonimismasinade väikest gabariiti on hakatud neid ehitama suurema võimsusega, asetades seejuures neid vankri asemel roomikutele. Säärased soonimismasinad võivad kasutamist leida strekkide rajamisel mehhaanilise laadimisega, kus soonimismasina BTY-1 ja laadimismasina koos töötamiseks ei jätku ruumi.

Sõesaag (joon. 77) on väga kerge konstruktsiooniga soonimismasin, mida kasutatakse mitmesugustel abi- ja ettevalmistus-soonimistel (algloike tegemine jne.).



Joon 77 Sõesaag

Tugisamba külge kinnitub rangide abil support, millega on ühendatud mootor. Viimast võib pöörata horisontaalse telje ümber  $360^{\circ}$  ja ta on kinnitav mistahes asendis. Töö kestel on soonimisraam pööratav horisontaaltasapinnas. Ülekanne mootorilt vedavale ketirattale toimub hammasrataste paari abil. Lõikeketi liikumiskiirus on 2,4 m/sek.

Soonitava soone kõrgus on 40—45 mm. Sae kaal on 90 kg. See võimaldab tema edasikandmist ja ülesseadmist ühe töölise poolt, sest ta on lahtimonteeritav. Sõesaag ei ole leidnud laialdast kasutamist.

## G. Mäekombainid.

### 1. Üldandmed.

Mäekombainideks nimetatakse masinaid, mis teostavad üheaegselt kõik põhimised tootmiseks vajalikud operatsioonid, s. t. soonimise, lahtimurdmise ja laadimise transpordivahendile.

On võimalik, et edaspidi saavad mäekombainid veel uusi ülesandeid, nagu lahtimurtud maavara vedu koristusväljal ja lae käsitsemine.



Püü-  
laka-  
ankri  
leida  
TY-1

imis-  
istel

latud  
a on  
hori-  
ham-

või-  
a on

gselt  
ahti-

deid,

Mäekombain mehhaniseerib kõik maavara tootmisega seoses olevad tööprotsessid, mis nõuavad palju tööjõudu. Ta tagab paremini pidevat tööd kui üksikute masinate süsteem. Mäekombainide kasutamine kergendab märgatavalt tööd, kindlustab pideva toodangu ja suurendab tööliste tööjõudlust.

Kasutamise järgi jaotatakse mäekombainid koristustööde kombainideks ja ettevalmistustööde ehk kaeveõnsuste rajamise kombainideks.

Iga mäekombain omab mehhanisme soonimiseks, lahtimurdmiseks, laadimiseks ja enda edasinihutamiseks ehk liikumiseks. Kõige raskemini mehhaniseeritavaiks üldises kombainitöös osutusid lahtimurdmine ja laadimine, sest lahtimurdmise ja laadimise mehhanismide prototüübid puudusid täielikult, neid tuli konstruktoritel luua alles kombainide loomisel.

Nõukogude valitsuse ja partei hoolitsusel ning juhtimisel on loodud enneolematult soodsad tingimused ja võimas materiaalne baas mäekombainide ning teiste mäemasinate ehitamiseks. Erialaste uurimisinstituutide töötajate, kaevanduste inseneride ja stahhaanovlaste töö tulemusena on valmistatud ja tuhandetena tööstusse rakendatud originaalseid mäekombaine ja muid mehhanisme. NSV Liidu mäemasinad on parimad maailmas, samuti on ka mäetööstuse mehhaniseerimise alal meie kodumaa maailmas esikohal. Näiteks meie söekaevandustes töötavad niisugused võimsad, suure toodanguga ja uudse konstruktsiooniga masinad, nagu kombain „Donbass”, söesahk, soonimis- ja laadimismasinad, erilised konveierid, jne.

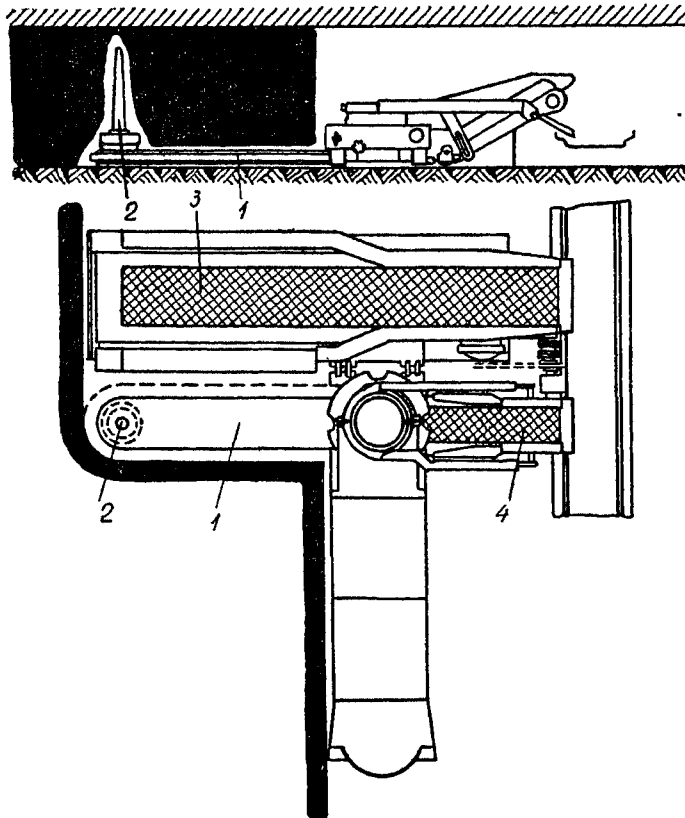
## 2. Koristusombainid.

Et saada ülevaadet kombainide ehitamise arenemisest, toome lühikese kirjelduse ühest esimesest NSV Liidus valmistatud ja proovitud mäekombainist, kuna ruumi kokkuhoiu mõttes teiste katsemasinate kirjeldus jääb välja.

Üks esimestest NSV Liidus valmistatud kombainidest on Gorlovka tehases valmistatud kombain — tüüp Я-4 (joon. 78) (konstruktor Jatskih). Ta koosneb tavalisest soonimismasinast ГТК-3, mille soonimisraam (1) on varustatud vertikaalse soonimisriidvaga (2) vertikaalse soone moodustamiseks. Soonimisraami taga risti eele asetseb konveier (3), mis kinnitub masina kere külge. Teine konveier (4) kinnitub kombaini töötava mehhanismi külge. Esimene konveier laadib tervikust eraldatud

maavara, teine soonimispuu ee konveierile. See kombain võis töötada ainult pehmetes söesortides, mis oma raskuse mõjul laest lahti murdusid ja purunesid väikesteks tükkideks.

Kombain BOM-2 (joon. 79) on ehitatud võimsa soonimismasina MB-60 baasil. Soonimismasin on asetatud küljele ja varustatud eriliselt

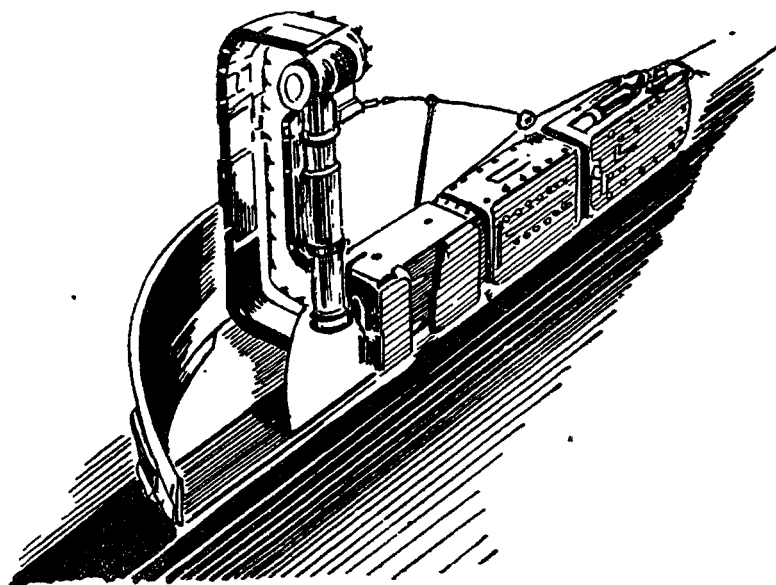


Joon 78. Kombaini Я-4 skeem: 1 — soonimisraam, 2 — soonimisritv, 3 ja 4 — transportöörid (konveierid).

painutatud ringsoonimisraamiga. Soonimisraami erilisest vormist olenevalt lõigatakse süsi masina liikudes piki ett 0,9 m sügavuselt ribadeks ja ta vajub alla oma raskuse mõjul. Soonimisraami taha on asetatud adrahõlmakujuline seadeldis, mis juhib lahti lõigatud ja allavarisenud söe masina kõrvale piki ett asetatud kraapkonveierile. Konveieri ja masina liikumistee vahel tugesid ei ole.

Kombain BOM-2 on määratud pehmetes ja keskmise kõvadusega kivi-sõekihtides töötamiseks, kihi paksusega 1,8—2,5 m. Kombaini tehniline iseloomustus on järgmine:

Soone sügavus . . . .	0,9 m;
kihi paksus . . . . .	1,8—2,3 m; raami löikekõrgust saab reguleerida neis piirides vastavalt kihi paksusele;
kere laius . . . . .	450 mm;
kere kõrgus . . . . .	900 mm;
üldine pikkus . . . .	5000 mm.



Joon. 79. Kombain BOM-2.

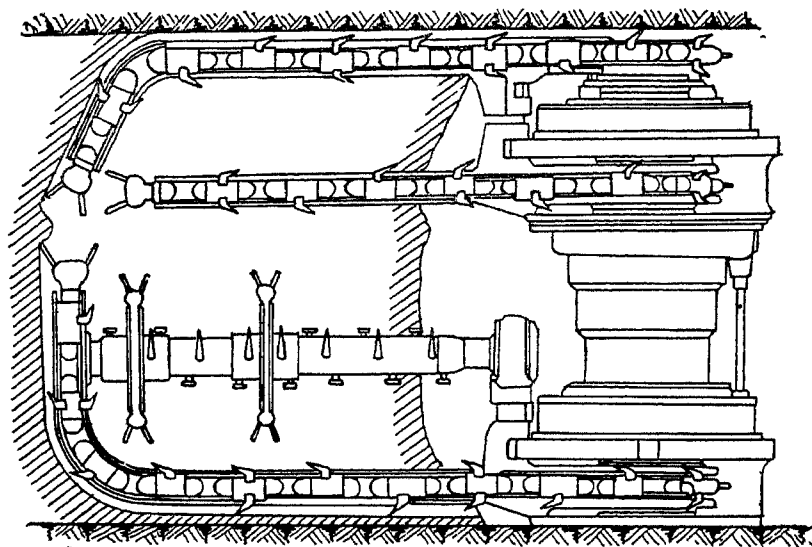
Muud andmed on analoogilised soonimismasinaga MB-60. Tagasilii-kumisel pööratakse löikemehhanism ja laadimishõlm masina kere telje suunda ning vähendatakse esimese kõrgust.

Masinat katsetati tööstuslikult Mosbassi (Moskva-lähedane kivisõe-bassein) kaevandustes. Ees, kus töötas kombain, oli toodang ühe töölise kohta 40% kõrgem kui basseini keskmine. Kombaini BOM-2 valmistatakse seeriaviisi.

Kombainide kasutamist Mosbassis takistavad nõrgad laekivimid; vajaliku toestiku liigi otsimised kestavad veel praegu.

Makarovi kombain (joon. 80). Karaganda kivisöebasseinis töötav mehhaanik Makarov ehitas kombaini mitme soonimismasina liitmise teel üheks agregaadiks. Konstruktor on seda kombaini pidevalt viimistlenud ja parandanud. 1949. aasta alguseks oli ehitatud juba 6. tüüp (KM-6). Järgnev kombaini kirjeldus on antud KM-6 järgi.

Masina lõikemehhanism koosneb kolmest painutatud ja ühest sirgest soonimisraamist ning kahest horisontaalsest hammastega ja lõikeratastega varustatud kangist. Kombain on ehitatud võimsa soonimismasina KMP-1 baasil. Selle masina peale on asetatud kaks ГТК tüüpi soonimismasinat ilma nihutusmehhanismideta. Kombain liigub edasi alumise (KMP-1) soo-

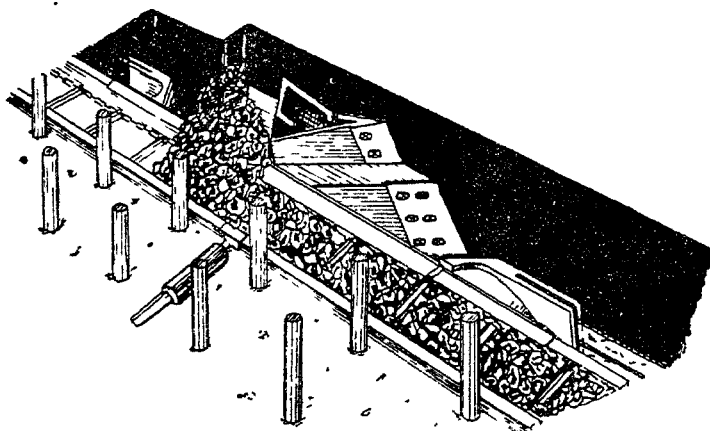


Joon 80 Makarovi kombain KM-5.

nimismasina nihutusmehhanismi abil. Alumise soonimisraami taha on kinnitatud kraapkonveier. Tihedalt asetatud lõikemehhanismid, mida käitavad kolme soonimismasina mootorid, lõikavad söekihist ribad, mis oma raskuse ja hammaskangide tegevuse mõjul purunevad ja langevad transportöörile, mis juhib kaevise ee transportöörile. Kombaini lõikesügavus on 0,9 m. Kombain on ehitatud keskmise paksusega kivisöekihtides töötamiseks. Karaganda kivisöebasseinis töötab edukalt mitu seda tüüpi kombaini.

Sõesahk YC-4 on määratud kivisöe tootmistööde mehhaniseerimiseks pehmetes ja keskmise kõvadusega kihtides paksusega 0,75—1,4 m ja kallakusega kuni 15°, etes pikkusega 80—160 m. Sõesahk on liiku-

matu teraga terasest valatud massiivne, kahe tõmbeplokiga varustatud, adrahõlmakujuline laadimisagregaat, mis lahtimurtud sõe juhib transportööri. Saha pannakse edasi-tagasi liikuma teraskõite ja vintside abil, mis on asetatud ülemisele ja alumisele strekile. Saha lõikab sütt 0,2 m sügavuselt ja 0,4 m laiuselt piki ee rinda. Ülejäänud sõekihi osa, mis jääb lae alla, murtakse lahti erilise terasest valatud seadeldise abil, mis kinnitatakse saha kere peale lõiketerast tahapoole. Saha töötab komplektselt selleks valmistatud edasinihutatava kraapkonveieriga. Saha murrab keskmise kõvadusega kivisütt üsna kergesti lahti. Esi jääb saha järel täiesti puhtaks.



Joon. 81. Sõesaha skeem.

Praegusel ajal on Donbassis mitu sahaga varustatud ett. Kuu keskmine toodang neis oli 1948. aastal 51% võrra suurem kui soonimismasinaga varustatud etes. Tööliste toodang tõusis sahaga varustatud etes 1,5—2 korda. Kõige suuremaid tulemusi saavutati kaevanduses nr. 3-bis („Tšistjakovanratsit”), kus toodang töölise kohta vahetuses tõusis 13,5 tonnini.

Saha toodang vahetuses on 200—400 t; liikumise kiirus — 0,10 m/sek.; vintsi tõmbejõud 15—20 t; kraapkonveieri tootlikkus — 100 t/tunnis, mida võib tõsta mootori vahetamisega kuni 150 t/tunnis.

Kombain „Donbass” (konstruktorid A. D. Sukatš, M. F. Gorškov ja V. N. Horin) projekteeriti pehmete ja üle keskmise kõvadusega laugete kivisõekihtide kaevandamiseks paksusega 0,8—1,6 m.

Katsetamisel selgusid selle kombaini suured paremused, võrreldes teiste senini valmistatud kombainidega. Kombaini originaalne töötav mehhanism töötas kindlalt, soonis, murdis lahti ja purustas sõe vabalt transporteeritavateks tükkideks. Töötamisel ei esinenud kordagi lõikeketi ummistumist ega soonimisraami kinnisurumist. Eriline laadimisseade haaras purustatud sõe ja laadis ee konveierile CT<sub>2</sub>-11 ka siis, kui konveieri ja kombaini vahel oli tugipostide rida. Laadimisseade ei ummistunud ja laadis konveierile 92—94% sütt, mis on suur saavutus, võrreldes seni katsetatud kombainide tööga.

Kombaini „Donbass” kasutamine võimaldas:

1) tõsta toodangut, võrreldes soonimisemasina ja lõhkamistöodega, 30—38%;

2) asendada kaevuri raske käsitsitöö masinate juhtimise tööga, kusjuures tööliste üldarv vähenes 17—20%;

3) tõsta tööliste tööviljakust ees 60%;

4) kergendada lae käsitsemist ja järsult suurendada ohutust, mida tagab puurimis- ja lõhkamistöode kõrvaldamine ja võimalus kombaini järel kohe lage toestada;

5) mehhaniseerida sõe tootmist ilma endist tootmistehnoloogiat põhiliselt muutmata, mis kiirendab uue masinaga töötamise oskuse omandamist ja uue kaadri ettevalmistamist.

Katsetamisaja vältel ei esinenud ühtki avariijuhtu masina tähtsamates osades (hammasrattad, laagrid, võllid). Kogu masina jõuülekanne kinemaatilise osa töötas korralikult.

Esimeste katsetamiste tulemusena otsustati (1948. a. novembris) valmistada esimene partii kombaine „Donbass” tööstuslikuks otstarbeks. Lühikese ajaga valmistas Gorlovka Kirovi-nimeline masinaehitustehas nõutava partii masinaid, mis saadeti mitmesuguste geoloogiliste ja mäetööstuslike tingimustega kaevandustesse, selleks et selgitada masina kasutamiskiirid.

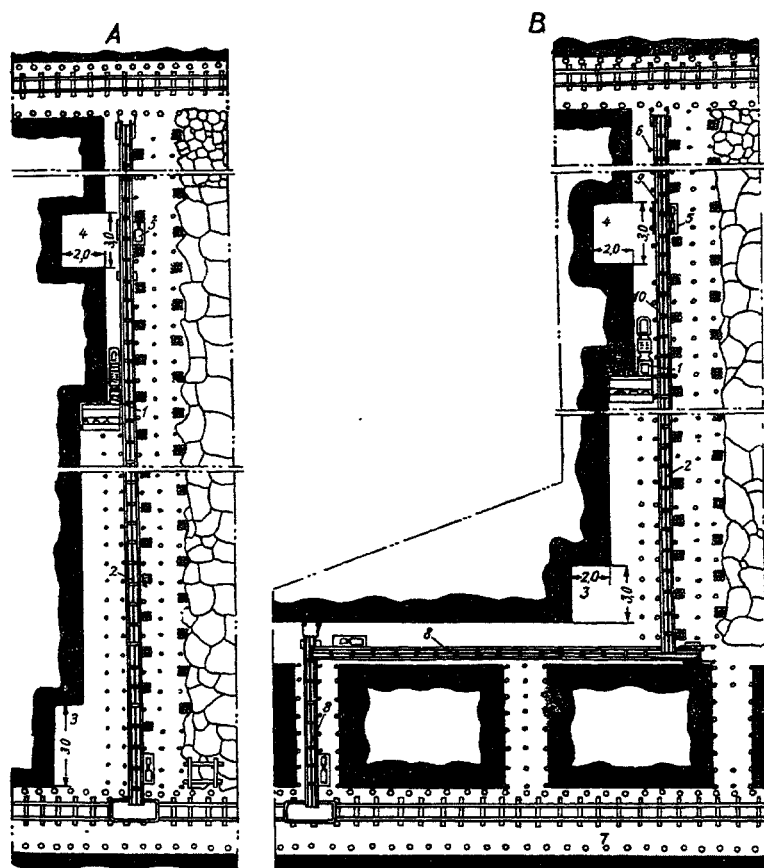
Esialgssed masinate tööstusliku eksploatatsiooni andmed võimaldasid teha alljärgnevaid järeldusi.

1. Kombaini „Donbass” kasutamine võimaldab mehhaniseerida sõetootmist rõhuvas enamikus Donbassi laugetes ja kallakates kivisõekihtides paksusega 0,8—1,6 m, kusjuures 150 m pikkusest eest saadava sõe hulgest toodetakse mehhaniseeritult kombainiga 83—85%. Ülejäänud 15—17% saadakse kahe niši tegemisel ja ülemise streki juurde jäetava terviku väljavõtmisel. Kombain töötab kindlalt mitmesugustes tingimustes, tänu tema töötava mehhanismi kergele kohandatavusele.

2. Töö korraliku organiseerimise puhul ees pikkusega 150—200 m

võib kombain „Donbass” kindlustada töötsükli kordumist ööpäevas, andes seejuures 300—400 t mehhaniseeritud toodetud sütt.

3. Kallakates kihtides ilma laadimisseadeldiseta töötades ja asetades masina järele plekkplaadid, võib saada tunduvalt suuremat toodangut kui soonimismasinaga ja lõhkamistöodega töötamisel. Töötades kom-



Joon. 82. Kombaini „Donbass” tööskeemid: A — püsiva lae puhul; B — nõrgema lae puhul. 1 — kombain, 2, 10, 9 — ee konveierid, 3 ja 4 — nišid, 5 — konveieri ajam, 6 — tugede rida, 7 — strekk kaitsetervikutega, 8 — lõõri konveierid.

bainiga kihis, mille paksus on 1,23 m ja kallakus  $23^{\circ}$ , tõusis üldine toodang 168% võrra ja toodang töölise kohta vahetuses 86% võrra. Samuti töötamisel kihis, mille kallakus oli  $28-30^{\circ}$  ja paksus 1,4 m, tõstis kombain üldtoodangut 58% ja toodangut töölise kohta vahetuses 47%.

4. Kombaini „Donbass” täie võimsusega töötamist takistab kasuta-

tavate transpordivahendite tootlikkuse mittevastavus kombaini tootlikkusele. Konveier CT<sub>2</sub>-11 ei ole suuteline vastu võtma kõike kombainilt laaditavat sütt ja tema pikkus, mis ei ulatu üle 100 m, põhjustab kahe ja vahel isegi kolme konveieri paigutamist järjestikku, mis raskendab töötamist. Kohtades, kus eelmine konveier järgmisele sütt üle annab, on üleandva konveieri pea 5—6 m pikkuselt tõstetud sellisele kõrgusele, mis takistab kombainil tema peale laadimist.

Selleks et võimaldada kombainile normaalset töötamist, on vaja ehitada võimalikult kiiresti uus, kerge konstruktsiooniga võimas kraapkonveier tootlikkusega 100 t tunnis ja pikkusega 180—200 m.

5. Takistuseks kombaini „Donbass” rakendamisel kõvade süte tootmiseks on tema peamootori mitteküllaldane võimsus. Võimsama mootoriga varustatult võib kombain „Donbass” toota igasuguse kõvadusega sütt.

Kombaini „Donbass” jaoks on koostatud tööskemid, mis on toodud joonisel 82.

Paremates tingimustes ei jäeta püsiva lae korral (skeem A) tervikuid streki kaitseks ning kombaini 1 ja konveieri 2 vahel puudub tugede rida. Kombaini ja konveieri lähestikune asetus loob eriliselt soodsa võimaluse sõe konveierile laadimiseks. Ee alumisse ossa tehakse 3—4 m pikkune nišš 3, mis on vajalik kombaini töötava mehhanismi tööasendisse seadmiseks töö alguses. Pikkade ete puhul (üle 100 m), kui peab kasutama kaht järjestikku asetatud konveierit, tuleb teha veel teine 3—4 m pikkune nišš 4 kohta, kus ülemine konveier lõpeb. Selle niši kohal ei saa kombaini laadimisseadeldis laadida ülestõstetud ülemise konveieri otsa peale 5—6 m pikkuselt.

Vähempüsiva lae korral (skeem B) jäetakse streki kaitseks tervikud ja ee poole konveierit püstitatakse lae hoidmiseks tugede rida 6, mis jääb konveieri ja kombaini liikumistee vahele. Kombaini laadimisseadeldis on võimeline laadima sütt konveierile ilma nende tugede ajutise kõrvaldamiseta. Kaitsetervikute jätmine streki juurde tingib kahe konveieri 8 täiendavat tööerakendamist, et juhtida sütt laadimispunkti. Mõlemad tööskemid on lihtsad ja arusaadavad.

Kombain „Donbass” on suurim saavutus kiviõetootmise kombainide ajaloos. Selle masina loomisega on Nõukogudemaa eesrindlik tehnika veel kord näidanud oma üleolekut kapitalistlike maade tehnikast.

### 3. Ettevalmistuskombainid.

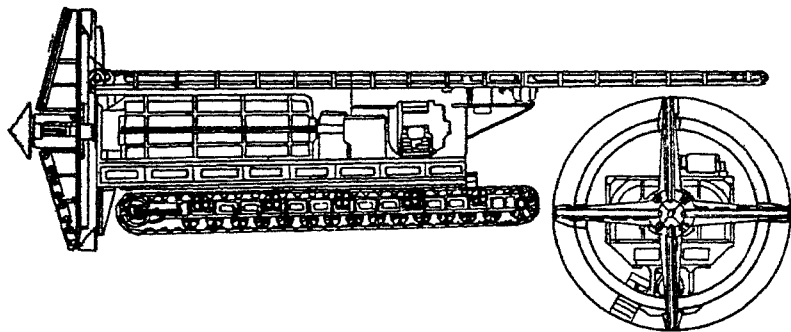
Kombain Ч-3 (joon. 83) (autor Tšihhatsev) on määratud kaeveõõnsuste rajamiseks ühtlase kõvadusega aherkivimites ja sõekihis paksusega mitte alla 3 m. See kombain rajab 3-m-se diameetriga ringikujulise



põikilõikega kaeveõõnsusi puurimise põhimõttel. Töötav mehhanism on lõiketeradega varustatud pöörlev ristpea, mille taga asetsevad kopad, mis tiirlemisel haaravad peenendatud materjali ja laadivad selle transportimislindile. Viimane viib materjali kombaini taha vagonetti. Kombain on monteeritud roomikutele.

Lõike- ja murdmishammastega varustatud ristpea teeb 5 ringi minutis. Töötamisel tekib palju tolmu, selle levimise ärahoidmiseks on asetatud ristpea taha vahesein. Kaeveõõnsuse külgede ja vaheseina vahe on 100 mm. Tolmu kogumiseks ristpea poole on vaheseina asetatud tolmuimeja.

Töötamisel liigub kombaini töötav mehhanism vindi abil ees suunas 1,5 m ulatuses. Edasinihkumise kiirust saab reguleerida vastavalt kivimi



Joon. 83. Kombaini Ч-3 skeem.

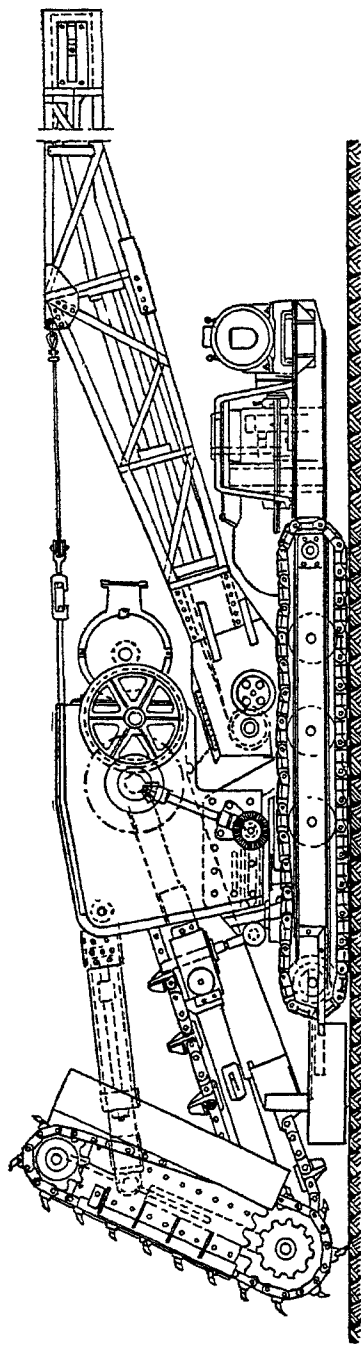
kõvadusele 0,375—0,75—1,25 ja 1,5 m tunnis. Kombaini liikumiskiirus on 0,3 m sekundis. Kombaini järel tasandatakse kaeveõõnsuse põhi ja asetatakse rõõbastee.

Kombain omab 4 elektrimootorit: ristpea käitamiseks 85 kW, roomikutel liikumiseks 10 kW, konveieri jaoks 2,2 kW ja tolmuimeja jaoks 1,75 kW.

Kombaini Ч-3 katsetati Donbassis Novo-Družeski kaevanduses kveršlagi rajamisel. Paremad rajamise kiirused vahetuses olid: kiltkivis 5,8 m ja liivakivis 3,2 m.

Peale katsetamist esitati masinaehitustehase poolt rida ettepanekuid kombaini konstruktsiooni parandamise kohta ja valmistati uus parandatud mudel, mida nimetati ППК.

ППК ettenihutus on hüdrauliline, 60 t tugevuse survega, lõiketerade kuju ja tööviisi on muudetud, tolmuikaitse-vahesein on tihendusega, mootorite võimsus kokku on 120 kW. Kogu masin on mõnevõrra väiksemate



Joon 84. Kombain ПК-1.

gabariitidega kui Ч-3 ja kaalub 34 t, kuid rajatava kaeveõnsuse diameeter on ikkagi 3 m.

Viimasel ajal katsetatakse seda kombaini koostöös hüdrotranspordiga. Vesi likvideerib tolmu ja transporteerib purustatud kivimit.

Kombain ПК-1 (joon. 84) on määratud horisontaalsete kaeveõnsuste rajamiseks kivisõekihtides, mille paksus on vähemalt rajatava kaeveõnsuse kõrgune. Kombain rajab trapsikujulise põikilõikega kaeveõnsuse, mille laius alt on 2650—3320 mm, ülalt — 2205—2800 mm ja kõrgus 1860—2550 mm (põikilõige 4,5—7,8 m<sup>2</sup>). Kombain on monteeritud roomikutel liikuvale platvormile. Töötav mehhanism koosneb kahest püstisest soonimisraamist, mille ketid on varustatud kahe rea lõikehammastega. Raamid on ühendatud ja moodustavad lõikepea, mis liikudes ümber vertikaaltelje mõlemale poole kombaini pikitelge, purustab lõikehammastega sütt kogu ee pinnas. Peenendatud süsi langeb kraapkonveierile ja kantakse punkrisse, kust ta satub lintkonveierile, mis viib ta kombaini taha vagonetti.

Lõikepea teeb 3 lõiget üle ee pinna minutis, purustades iga kord 10—25 mm sügavuselt ee pinda.

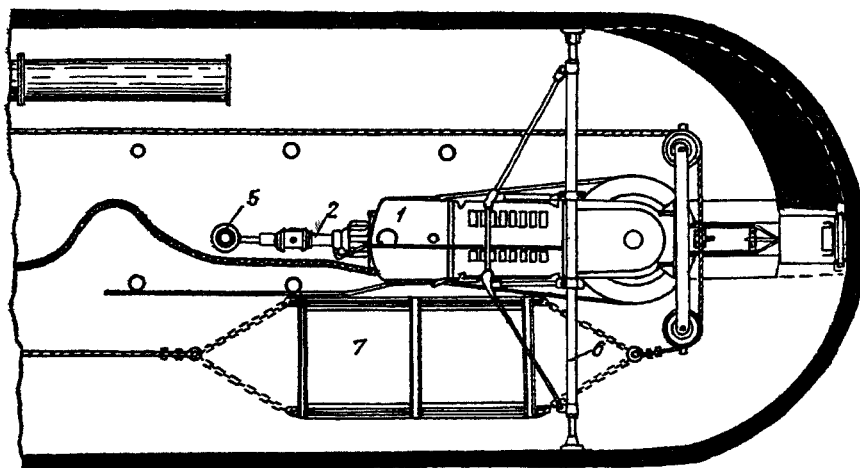
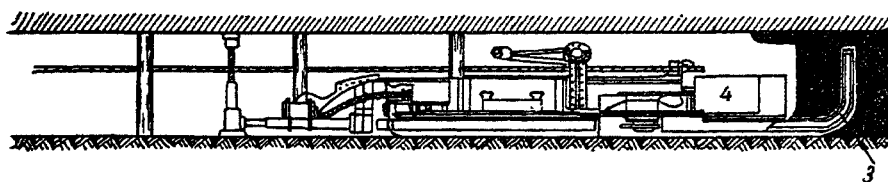
Katsetamisel Moskva-lähises basseinis rajati selle kombainiga 6—7 m strekki vahetuses.

Kombaini jõumasinateks on 3 elektrimootorit: lõikekettide liikuma panemiseks, lõikepea pööramiseks ja

kraapkonveieri jaoks 20 kW, roomikute jaoks 3,9 kW ja lintkonveierile 1,3 kW.

Masina pikkus ilma lintkonveierita on 5300 mm, laius 1770 mm, minimaalne kõrgus 1650 mm ja kaal 8,5 t.

Peale katseeksemplaride katsetamist kaevandustes esitati mõned muudatused kombaini ПК-1 konstruktsioonis ja alustati uue mudeli ПК-2 välja-



Joon. 85. Kombain ПКH-1: 1 — soonimismasin, 2 — ettenihutusseade, 3 — soonimisraam, 4 — laõidas, 5 — tugipost, 6 — horisontaalne tugisammas, 7 — skreeper.

laskmist. Uues mudelis on elektriline osa valmistatud gaasi- ja tolmuohutuna ja tolmu vastu võitlemiseks on kombain varustatud tolmu niisutamise seadisega.

Kombaini teenindavad masinist, tema abiline ja 2 toestajat.

Kombain ПКH-1 (joon. 85) koosneb soonimismasinast, mis on varustatud painutatud soonimisraamiga 3 ja vint-ettenihutusega 2. Masin soonib kaarekujuliselt. Soone sügavus on kuni 0,5 m ja soonimisraami

vertikaalse osa kõrgus võetakse kooskõlas kihi paksusega. Süsi eraldub massiivist ilma täiendava murdmiseta ning allavarisenud süsi juhitakse eemale soonimisraamile asetatud labidaga 4. Sõe ja soonispuru äravedu toimub skreeperiga 7. Töö kestel toetub kombain toega 6 kaeveõõnsuse seintele. See kombain huvitab meid praegu ainult konstruktiivse külje poolest.

### III OSA.

## LÖHKAMISTÖÖD.

### A. Lõhkeained.

#### 1. Üldmõisted.

Lõhkeaine plahvatamisel kulgeb reaktsioon, mis on lähedane põlemisele. Erinevus on ainult selles, et plahvatus toimub palju lühema aja vältel ja põlemine ei toimu mitte õhu hapnikuga, vaid see sisaldub lõhkeaine enda koostises. Lõhkeaine muutub silmapilkselt gaasideks, millede maht on palju suurem lõhkeaine esialgsest mahust. Ühtlasi eraldub ka palju soojust, mis annab gaasidele kõrge temperatuuri ja suurendab nende mahtu.

Lühikesel ajavahemikul tekkinud kuumade gaaside hulk avaldab tohutut survet sellele ümbrusele, milles toimub plahvatus; ta on võimeline tegema suurt hulka mehhaanilist tööd. Järelikult võib plahvatust iseloomustada kui väga kiiret aine muutumist, kusjuures eraldub palju soojust ja tekib hulk kuuma gaase, mis on võimelised tegema mehhaanilist tööd järsu kõrge surve avaldamisega kohas, kus nad tekivad.

Lõhkamistöõdeks nimetatakse töid, mis tehakse lõhkeainete jõu rakendamiseks mehhaaniliseks tööks. Lõhkeainete jõudu kasutatakse mäetööstuses kivimite purustamiseks ja eraldamiseks nende üldmassist. Harvemini kasutatakse lõhkeaineid ka kivimite ühest kohast teise paiskamiseks.

Lõhkeaineid hakati mäetööstuses kasutama juba XVII sajandil, kuid kuni XIX sajandi teise pooleni — 250 aasta vältel — tarvitati selleks otstarbeks ainult musta püssirohtu, mille omadused ei vasta kaugeltki allmaatööde nõuetele. Suur õnnetuste arv, mida põhjustasid lõhkeaine omaduste puudulik tundmine ja oskamatu käsitlemine, pidurdas lõhkamistöõde levimist allmaa-kaevandustöödel. Pööre tekkis nitroglütseriini kasutusele võtmisega lõhketehnikas. Esimesed ettepanekud sellel alal tegi kuulus vene

teadlane keemik N. N. Zinin 1853. a. Katseid teostas vene kahurväehvitser V. F. Petruševski.

Uute käsitsuskindlamate lõhkeainete leiutamiselega XIX sajandi teisel poolel hakati teostama lõhkamistöid kõikides kaevandustes, kus need tööd võisid suurendada seni ainult käsitsi töötanud kaevuri tööviljakust.

## 2. Lõhkeainete iseloomustus ja liigitused.

Lõhkeaineteks nimetatakse selliseid keemilisi ühendeid või segusid, mis võivad vastava välise mõjustuse (kuumutuse, sädeme, löögi, tõuke) tagajärjel väga lühikese aja vältel laguneda, tekitades suurel hulgal gaase ja eraldades palju soojust.

Kirjeldatud lagunemist nimetatakse plahvatuseks ehk lõhkemiseks. Soodsates tingimustes on lõhkeaine plahvatuskiirus muutumatu, kuid mitmesuguste faktorite mõjul võib ta suuresti kõikuda.

Erandjuhtudel võib tekkida väga aeglane lõhkeaine laengu lagunemine — „laengu pahvumine” —, kui tarvitatakse halba lõhkeainet, nõrka detonaatorit või mõnda muud alaväärtuslikku lõhkamisvahendit või ei peeta rangelt kinni lõhkamistöõde korraldamise juhenditest. Pahvumine põhjustab ohtrat kahjulike mürkgaaside tekkimist, mis on võimelised ainult topist lõhkeaugust välja tõukama.

Plahvatused jagatakse kiiruselt kahte gruppi: detonatsiooniks ehk esimese järgu plahvatuseks ja harilikuks ehk teise järgu plahvatuseks.

Detonatsiooni ehk esimese järgu plahvatust iseloomustab plahvatuse maksimaalselt kiire levimine antud tingimustes. On kokku lepitud, et detonatsiooniks nimetatakse plahvatust, kui tema levimiskiirus lõhkeaines on üle 1000 m/sek.

Harilikku plahvatust ehk teise järgu plahvatust iseloomustab plahvatuse levimiskiirus mõnesajast meetrist kuni 1000 m/sek.

Tänapäeval ühendatakse need kaks gruppi (detonatsioon ja harilik plahvatus) ühe terminiga — „detonatsioon”.

Olenevalt plahvatuskiirusest muutub lõhkeaine toime ja ühes sellega muutuvad ka lõhkeainete praktilise kasutamise võimalused. Selle toime järgi liigitatakse lõhkeained kahte rühma: 1) paiskavateks ja 2) brisantseteks ehk pihustavateks. Tõelikult on raske piiri tõmmata nende rühmade vahele, sest iga lõhkeaine omab ikkagi pihustavat toimet, kuid need lõhkeained, mille detonatsioonikiirus on suur, pihustavad siiski palju rohkem neid ümbritsevat keskust kui vähema detonatsioonikiirust omavad lõhkeained.

Paiskavaid lõhkeaineid iseloomustab võrdlemisi väike detonatsioonikiirus, mille tagajärjel gaaside surve ümbrusele kasvab pikaldasemalt ja nende toime on paiskava iseloomuga. Eriti iseloomustava paiskava toimega on must püssirohi.

Paiskavaid lõhkeaineid kasutatakse mäetööstuses harva. Ainult ehituskivide ja suurte monoliitide tootmisel eelistatakse neid mõnikord, sest nad ei pihusta lahtimurtavaid kive väikesteks tükkideks.

Brisantseid lõhkeaineid iseloomustab suur detonatsioonikiirus, mille tagajärjel gaaside surve kiire kasv lõhkamispaigas mõjub pihustavalt ümbrusele. Brisantsete lõhkeainete toimet võib võrrelda lõõgiga. Kõik kaas-aegsed tööstuses kasutatavad lõhkeained on brisantsed (ammooniidid, dünaamiidid jt.).

Harilikult saavutatakse lõhkeaine detonatsioonidetonaaatori plahvatuse toimel. Detonaatorid valmistatakse erilistest, väga brisantsetest lõhkeainetest, mis plahvatavad sädemest või tulega süütamisest.

Tahkete lõhkeainete detonatsioonikiirusele mõjuvad tunduvalt padrundi diameeter ja laengu tihedus. Et mitte vähendada lõhkeaine detonatsioonikiirust, ei või padrundi diameeter dünaamiidil olla allà 30 mm ja ammooniumsalpeetril sisaldavatel lõhkeainetel alla 30—50 mm.

Lõhkeaine tihendamine tõstab detonatsioonikiirust teatava optimaalse piirini, kuid ületanud selle piiri, hakkab detonatsioonikiirus järsku alama. Tabelis 4 on toodud andmed laialt kasutatavate lõhkeainete tiheduse kohta padrunites. Detonatsioonikiiruse kohta on andmed tabelis 3.

Suurem osa lõhkeaineid ei plahvata, kui neid tulega süüdata lahtises ruumis, vaid süttivad lihtsalt põlema. Osa neist põleb intensiivselt heleda leegiga (püroksüliin, dünaamiidid), teised aga põlevad rahulikult ja aeglaselt (trotüül); kolmandad ei sütti üldse (ammooniumsalpeeter-lõhkeained).

Kui lõhkeaine põleb kinnises ruumis, siis muutub põlemine plahvatuks. See plahvatus on seletatav gaaside surve ja temperatuuri tõusuga.

Suure lõhkeainekoguse põlemine võib lahtiseski ruumis plahvatuks muutuda, sest põlemisel tekkivad gaasid ja suur soojushulk ei jõua küllalt kiiresti laiali valguda, ning põleva lõhkeaine ümber tekkiv surve ja soojus põhjustavad plahvatuse.

Lõhkeaine plahvatuse tekitamiseks on vaja kulutada teatav hulk energiat. Plahvatust tekitavad järgmised asjaolud:

- 1) kuumutamine lahtise tulega või kuumaga;
- 2) hõõrumine;
- 3) löök või raske keha kukkumine lõhkeainele;
- 4) detonaatori plahvatuslaine tõuge;

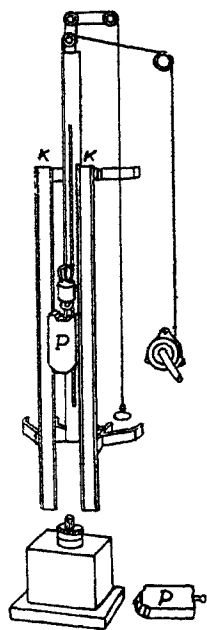
5) plahvatuslaine tõuge, mida tekitab kaugemal plahvatav lõhkeainekogus, kusjuures esimese ja teise lõhkeainekoguse vahel võivad olla õhk, vesi, mineraalained jne.

Kuumutamisel, s. o. tulega süütamisel, plahvatavad vähesed lõhkeained (must püssirohi, vedela hapniku segud, paukelavhõbe, tina-aziid ja mõned teised). Neist on kaks viimast — tina-aziid ja paukelavhõbe — väga brisantsed ja lõhkevad täielikult kuumutuse mõjul, mistõttu neid kasu-

tatakse detonaatorites teistele lõhkeainetele algimpulsi andmiseks.

Hõõrumise ja löögi mõjul võivad ühed lõhkeained plahvatada, teised põlema süttida, kuna kolmandad liiga nõrgalt reageerivad löökidele ja hõõrumisele.

Lõhkeaine hõõrumistundlikkuse selgitamiseks kasutatakse erilist friktsioonipendlit, mis on 2 m pikk. Selle otsa kinnitatakse 2-kg-ne raskus. Pendlit võib kinnitada igasse kõrgusesse ja soovi korral lahti päästa. Kukkudes hõõrub pendel alusele asetatud proovitavat lõhkeainet. Pendli kinnituskõrgust suurendatakse seni, kuni lõhkeaine hõõrumisest süttib. Iga proovi korratakse 18 korda. Nii leitakse iga lõhkeaine jaoks pendli minimaalne kinnituskõrgus, mille puhul ta süttib. Võrdlemise ohutuks loetakse lõhkeainet, mis kirjeldatud katsel pendli 10-kordsel kukkumisel 150 cm kõrgusest kordagi ei sütti. Kõik praegusel ajal tööstuses kasutatavad lõhkeained vastavad sellele nõudele.



Joon. 86. Kast'i seadis: *KK* — metalljuhtmed, *P* — juhtmete vahel liikuv raskus.

Lõhkeainete tundlikkust löökidele selgitatakse Kast'i seadise abil (joon. 86). Kast'i seadis on lihtne: kahe vertikaalselt kinnitatud metalljuhtme *KK* vahel liigub vabalt üles-alla 2-kilogrammiline raskus *P*. Seadise taha on kinnitatud mõõtelatt.

Juhtmete otste alla on paigutatud massiivne alasi, mille peale asetatakse Kast'i tempelseadis terasest alasikese ja lööginõelaga. Alasikese ja lööginõela vahele asetatakse enamasti 0,03 g proovitavat lõhkeainet. Lööki antakse raskuse *P* mahakukkumisega. Lõhkeaine tundlikkust hinnatakse raskuse *P* kukkumise kõrgusega, mis põhjustab proovi plahvatuse. See kõrgus võetakse ka siis aluseks, kui kümnest proovist lõhkeb ainult üks. Mõningate lõhkeainete löögitundlikkust iseloomustavad andmed on paigutatud tabelisse 3.



Tabel 3.

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Plahvatusgaaside maht l/kg	Plahvatussoojus kcal/kg	Plahvatustemperatuur °C	Detonatsioonikiirus m/sek.	Süttimistemperatuur °C	Löögitundlikkus <sup>1</sup> cm	Hapnikubalanss %
1.	Nitroglütseriin . .	717	1470	4110	8000	210	4	+ 3,5
2.	Nitroglükool . . .	738	1690	4230	8300	215	7	0,0
3.	Kollooidumpuuvill	936	810	2640	6300	200	17—18	— 33,5
4.	Heksogeen . . . .	908	1500	3850	8300	290	29	— 21,6
5.	Pentriit . . . . .	780	1410	4010	8200	220	28	— 10,1
6.	Tetrüül . . . . .	742	1078	3915	7200	195	30	— 47,4
7.	Trotüül . . . . .	728	800	2950	6800	310	60—70	— 74,0
8.	Ksüülül . . . . .	697	961	3315	6600	330	60—90	— 89,6
9.	Dinitronaftaliin .	719	695	2535	2500	320	150	—139,4
10.	Pikriinhape . . .	685	920	3620	7250	290	40—60	— 45,4
11.	Must püssirohi . .	259	587	2615	400	300	75	—
12.	Ammooniumsalpeeter	980	340	1350	2500	—	200	+ 20
13.	Tina- (plii-) aziid .	308	381	4030	5300	327	3—4	—
14.	Paukelavhõbe . .	304	368	4810	5400	165	2	+ 11,3
15.	Plii-trinitroresort-sinaat . . . . .	448	415	2800	5200	270	11	— 56
16.	62%-line dünamiit	634	1200	4040	6600	205	17	+ 3,4
17.	Ammoniid nr. 6 . .	860	938	2600	4020	320	60	+ 0,37
18.	Ammoniid nr. 7 . .	908	1060	2310	3500	330	70—75	= 0,6
19.	Teraline dinaftaliit	920	915	2650	5100	330	60—65	+ 0,6
20.	Antigrisuutne ammoniid nr. 8	742	636	1812	2800	340	—	+ 2,3
21.	Antigrisuutne ammoniid III/3 .	563	463	1760	2400	340	—	0,0
22.	Antigrisuutne ammoniid AII-1	846	667	1930	3230	340	—	+ 3,0
23.	Pobediit nr. 1 . .	676	697	1800	2565	—	30	+ 3,8
24.	Pobediit nr. 3 . .	760	676	1750	3090	—	30	+ 4,4
25.	Pobediit nr. 4 . .	635	681	1950	3120	—	40	+ 0,87
26.	Pobediit nr. 5 . .	715	705	1940	2510	—	50	+ 2,2
27.	Dünammoon HG . .	960	798	1940	2300	320	70—85	0,0
28.	Dünammoon K . .	939	722	2220	2200	300	70—85	+ 2,0

<sup>1</sup> Minimaalne kõrgus, mille puhul lõhkeaine plahvatab katseseadisel 2-kg-se raskuse pealekukkumisest.

(Tab. 3 järg.)

Jrk. nr.	Lõhkeaine nimetus	Plahvatusgaaside maht l/kg	Plahvatussoojus kcal/kg	Plahvatusstemperatuur °C	Detonatsioonikiirus m/sek.	Süttimistemperatuur °C	Löögtundlikkus cm	Hapnikubalanss %
29.	Dünammoon . . .	726	893	2750	2800	310	70—80	— 0,4
30.	Dünammoon puidujahuga . .	944	791	2290	2100	310	85—90	— 1,9
31.	Prantsuse segu .	841	912	3600	4500	300	40—50	— 64,3
32.	Vene segu . . . .	760	860	3300	3500	310	50—55	— 92,4
33.	Sulam K . . . .	720	850	3200	4100	320	50—60	— 73,3

Detonaatori tegevus seisneb selles, et temasse paigutatud väga brisantsete lõhkeainete plahvatusgaasid annavad mehhaanilise löögi teda ümbritsevale lõhkeainele. Selle löögi energia absorbeerivad lähemad lõhkeaine osakesed ja see muutub soojuseks, mis kiiresti tõstab nende osakeste temperatuuri plahvatus temperatuurini. Need lõhkeaine osakesed plahvatavad momentaanselt ja eraldavad gaase, mis kordavad löögi andmist järgmistele osakestele jne. Muidugi toimub see väga kiiresti.

Kui asetada kaks lõhkeainekogust (laengut) niisugusele kaugusele üksteisest, mis ei ületa nende lõhkeainetele omast piiri, siis plahvatab ühe koguse plahvatuse mõjul ka teine. Esimest kogust nimetatakse aktiivseks, teist passiivseks. Seda lõhkamise viisi nimetatakse lõhkamiseks ülekandega või lõhkamiseks mõjustamisega.

Laengute vahekaugus, mida ületab detonatsioonilaine, võib olla suurem või väiksem. See oleneb aktiivse laengu kogusest, brisantsusest ja laengu tihedusest. Oluliselt mõjub ka keskkond, mis asub nende laengute vahel ja mida peavad lähima detonatsioonilained. Mida suurem ja brisantsem on aktiivne laeng ja mida suurem on tema laengutihedus, seda kaugemal võib olla passiivne laeng. Detonatsioonilained läbivad kõige paremini õhku, veidi halvemini vett ja kõige halvemini liiva.

Enamik tööstuses kasutatavaid lõhkeaineid koostatakse nii, et ühe osa moodustavad põlevad ained või keemilised ühendid, milles on palju põlevat ainet ja vähe hapnikku, teiseks nõutavaks osaks on hapnikurohked ained, mis lõhkemisel annavad oma hapniku põlevate ainetega ühinemiseks. Kõik koostisesse kuuluvad osad võetakse kindlates kaalulistes vahekordades, peenestatakse ja segatakse hästi läbi.

Suurt tähtsust omab lõhkeaines nn. hapnikubilanss, mis näitab vabaneva hapniku hulga ja põlevate ainetega ühinemiseks vajaliku hapniku hulga vahetõrka antud lõhkeaines.

Hapnikubilanss loetakse positiivseks, kui lõhkeaine koostises on hapnikku rohkem, kui teda vajatakse põlevate ainete täielikuks põlemiseks, ja negatiivseks — kui hapnikku ei jätku, ning nulliliseks — kui hapniku hulk lõhkeaines vastab põlevate ainetega ülejäägita ja puudujäägita ühinemiseks vajalikule hulgale.

Lõhkeaine on kõige efektiivsem, kui tema hapnikubilanss on null, sest põlevate elementide täieliku ühinemise korral hapnikuga eraldub maksimaalne võimalik hulk soojust, mis tagab maksimaalse energiahulga eraldumist.

Allmaakaevanduste tingimustes, kus värske õhu juurdepääs on piiratud, on väga tähtis teada, kui palju ja missuguse sisaldusega mürkgaase tekib lõhkamisel.

Olulisemad gaasid, mis lõhkamisel tekivad, on järgmised: süsihappegaas ( $\text{CO}_2$ ), vingugaas ( $\text{CO}$ ), lämmastikhapendid ( $\text{NO}_2$  ja  $\text{N}_2\text{O}_4$ ), väävelvesinik ( $\text{H}_2\text{S}$ ), väävlisgaas ( $\text{SO}_2$ ), veeaur ( $\text{H}_2\text{O}$ ) jne. Nendest mõjuvad mürgina vingugaas, lämmastikhapendid, väävelvesinik ja väävlisgaas (vääveldioksiid). Viimaseid kahte esineb allmaatöödeks lubatud lõhkeainetes vähe.

Vingugaasi mürgisuse kohta annavad ettekujutuse järgmised andmed:

1) Kui õhus pole vingugaasi üle 0,0016%, siis ei avalda see inimestele mingit mürgistavat mõju. Peale lõhkamist lubatakse töölistel tööle asuda 0,02% vingugaasi sisaldusel kaevanduse õhus, kui ventilatsioon on tugev.

2) Kui õhus on kuni 0,1% vingugaasi, siis ilmuvad märgatavad mürgistuse tunnused ühe tunni vältel.

3) Kui õhus on 0,5% vingugaasi, siis sureb inimene pärast 20—30-minutilist viibimist selles õhus.

4) Kui õhus on vingugaasi 1%, siis saab sellesse õhku sattunud inimene 1—2 minuti järel raske või surmava mürgistuse.

Lämmastikhapendid on veel mürgisemad. Kui lämmastikhapendite sisaldus sissehingatavas õhus on 0,02%, muutub see inimesele elukardetavaks juba lühiajalisel viibimisel selles õhus.

Sundmääruste kohaselt ei tohi peale lõhkamistõid ee õhus olla lämmastikhapendeid üle 0,002%, kusjuures ventilatsioon peab olema tugev. Normaalselt ei tohi see kontsentratsioon kaevanduse õhus ületada 0,00025%.

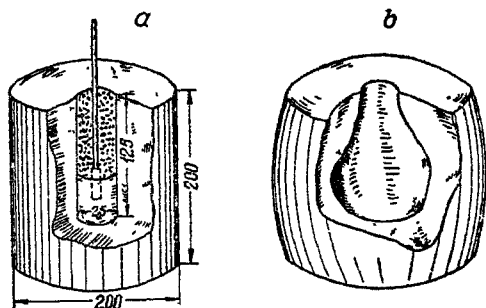
Arvestades mürkgaaside ohtlikkust on keelatud allmaatöödel kasutada lõhkeaineid, mille 1 kg annab lõhkemisel rohkem kui 50 liitrit vingugaasi.

Kui lõhkeaine plahvatusgaasides esineb üheaegselt CO ja NO<sub>2</sub>, siis ei tohi nende hulk kogusummas ületada 50 liitrit 1 kilogrammi lõhkeaine kohta, arvatult CO peale. Seejuures kasutatakse NO<sub>2</sub> ja N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ümberarvutamiseks koefitsienti 6,5. Näiteks kui 1 kg lõhkeainet andis lõhkemisel 4 liitrit NO<sub>2</sub> ja 20 liitrit CO, siis saame ümberarvatult CO peale  $(4 \times 6,5) + 20 = 26 + 20 = 46$  liitrit mürkgaase.

Väavelvesiniku ja väävlisgaasi ümberarvutamiseks kasutatakse koefitsienti 2,5.

Teatavat aega valitses arvamus, et positiivse hapnikubilansiga lõhkeained annavad vähe vingugaasi (CO). Neid lõhkeaineid lubati kasutada allmaatöödel.

Viimasel ajal on tööoludele vastavates tingimustes katsete varal kindlaks tehtud järgmist:



Joon. 87. Trauzli seatinaplokk: a — enne katset, b — pärast katset.

1) Sama lõhkeaine annab praktilistes töötingimustes märksa enam mürkgaase kui katsetamisel laboratoorsetes tingimustes. See suurenemine toimub peasjalikult lämmastikhapendite arvel.

2) Mürkgaaside hulk oleneb kivimite omadustest (kõvadus, soojusejuhtivus, poorsus) ja lõhkeaine niiskusest.

3) Kõige enam mõjustavad mitmesugused kivimid mürkgaaside rohkest hapnikuküllaste lõhkeainete tarvitamisel (ammoniid nr. 2, 12%-line grisutiin).

4) Kõige vähem mõjuvad ümbritsevad kivimid võimsatele lõhkeainetele ja neile lõhkeainetele, millede hapnikubilanss on lähedane nullile.

Mürkgaaside hulgalise tekkimise peamiseks põhjuseks on detonatsioonikiiruse vaibumine ja lõhkeaine võimsuse vähenemine, mis omakorda olenevad kivimite poorsusest ja soojusmahutavusest ning halvast lõhkeainest (niiske, halvasti laetud jne.).

Lõhkeaine mõju ja võimsus olenevad lõhkegaaside maksimumalsest survest plahvatuse momendil.

See surve oleneb:

1) Gaaside hulgast, mis tekib ühe lõhkeaineühiku plahvatamisel (mida suurem on see gaaside hulk, seda suurem on surve).

2) Soojuse hulgest, mis tekib ühe lõhkeaineühiku plahvatamisel (mida enam eraldub soojust ja mida kõrgem on plahvatustemperatuur, seda enam paisuvad tekkinud gaasid ja avaldavad suuremat survet).

3) Lõhkeainete detonatsioonikiirusest (mida kiiremini tekivad gaasid, seda järsem on nende löök ja suurem surve).

Need iseloomustavad andmed mäetööstuses tarvitavate lõhkeainete kohta on paigutatud tabelisse 3.

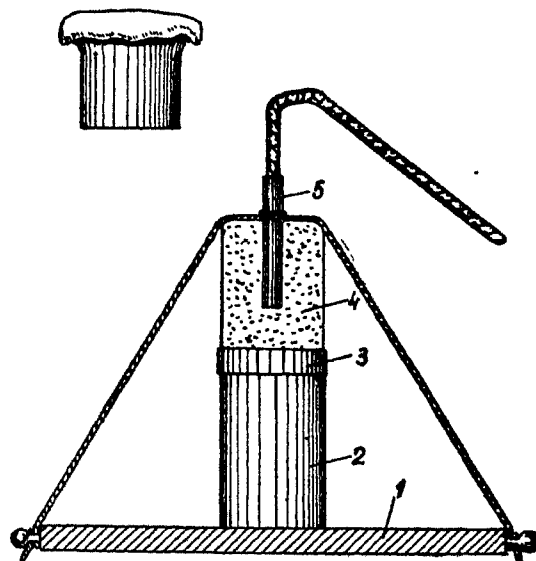
Lõhkeaine töövõimet ja brisantsust määratakse vastavalt Trauzli ja Hessi meetoditega.

Lõhkeaine töövõime määramiseks Trauzli järgi kasutatakse silindrilist seatinaplokki kõrguse ja diameetriga 200 mm, mille keskel on 125 mm sügavune ja 25-mm diameetriga auk (joon. 87). Katsetatavat lõhkeainet võetakse 10 g ja paigutatakse augu põhja. Lõhkeimpulsi andmiseks tarvitatakse detonaatorit nr. 8, süütamiseks kasutatakse süütenööri või elektrisütitikut. Topiseks tarvitatakse kuiva liiva. Liiv puistatakse katselaengu peale ja auk täidetakse kuni ääreni. Katse-

laengu lõhkemisel seatinaplokk deformeerub, augu alumine osa laieneb ja ta saab pirnukujulise vormi. Auk puhastatakse liivast ja augu maht mõõdetakse vee abil. Sellest mahust lahutatakse augu maht enne katselaengu lõhkemist. Saadud arv kuupsentimeetrites iseloomustab katsetatava lõhkeaine võimsust. Kirjeldatud katsete tulemused on paigutatud tabelisse 4.

Lõhkeaine brisantsust määratakse Hessi proovi kohaselt järgmiselt.

Puhtast rafinceeritud seatinast valmistatud silinder 2 (joon. 88.) diameetriga 40 mm ja kõrgusega 60 mm asetatakse terasest plaadile 1, mille paksus on 20 mm. Tinasilindri peale asetatakse terassõõr 3 paksusega 10 mm ja diameetriga 41 mm. Selle sõõri peale paigutatakse padrun 4,



Joon. 88. Lõhkeaine brisantsuse määramine (Hessi proov): 1 — terasplaat, 2 — seatinast silinder, 3 — terassõõr, 4 — lõhkeaine padrun, 5 — detonaator.

mis tehakse proovitavast lõhkeainest järgmiselt: padruni kest valmistatakse paberist, sisemise diameetriga 40 mm; samast paberist kleebitakse ka põhi. Kesta paigutatakse 50 g katsetatavat lõhkeainet niisama tihedalt, kui see oli vabriku pakendis. Detoneerimiseks tarvitatakse paukelavhõbe-tetruüldetonaatorit nr. 8 (5) paberist kesta, mis paigutatakse 15 mm sügavuselt lõhkeainesse padruni keskele padruni telje suunas. Kohalepaigutatud üksikosad seotakse nõoriga plaadi äärte külge kinni.

Tinasilindri kõrgust mõõdetakse enne ja pärast laengu lõhkemist neljast kohast; tulemustest arvutatakse keskmine aritmeetiline kõrgus.

Lõhkeaine plahvatuse tagajärjel deformeerub tinasilinder nagu tugevast vasaralöögist. Mida rohkem tinasilinder on kokku surutud, seda brisantsem on proovitav lõhkeaine. Tabelisse 4 on paigutatud katsetel saadud andmed tinasilindrite kokkusurutuse kohta.

### 3. Lõhkeainete antigriisuutsuse<sup>1</sup> mõisted.

Paljudes kivisõekaevandustes eraldub sõekihtidest ja neid ümbritsevatest kivimitest nn. kaevandusgaas, mis koosneb peamiselt metaanist ( $\text{CH}_4$ ). Kui seda gaasi satub kaevanduse õhku 5—16%, tekib plahvatav segu.

Kaevandusgaasi plahvatussegu süttimistemperatuur on 650° C ja enam. Kui kuuma eseme temperatuur on 650°, siis kulub aega kokkupuute algusest kuni plahvatuseni 10 sekundit. Temperatuuri tõusuga lüheneb see aeg kiiresti.

Samuti võib plahvatada peene kivisõetolmu ja õhu segu, kui tolmusisaldus ühe kantmeetri õhu kohta on vähemalt 30—40 g ja ese, millega segu kokku puutub, on kuumutatud 700—800°-ni.

Põlevkivitolm, mis viimase ajani arvati olevat ohutu, võib ka teatavates tingimustes õhuga segunemisel plahvatada. Senini ei ole seda küsimust küllalt uuritud ega sel alal katseid korraldatud.

Lõhkeainete plahvatustemperatuur on tunduvalt kõrgem kaevandusgaasi ja kivisõetolmu süttimiseks vajalikust temperatuurist. Viimaste plahvatust ei järgne sel juhul, kui kokkupuuteaeg kuumade esemetega on võrdlemisi lühike. Seepärast võib gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes kasutada ainult neid lõhkeaineid, millede plahvatuse aeg on väga lühike ja leek lühiajaline. Ühtlasi on nõutav, et nende lõhkeainete plahvatustemperatuur oleks küllalt madal,

<sup>1</sup> Tuletatud prantsuskeelsest sõnast *grisou* — kaevandusgaas; metaan

nii et plahvatusel tekkinud gaaside temperatuur nende gaaside kokkupuutumisel hapniku ja metaani seguga oleks madalam segu süütamise temperatuurist.

Neid lõhkeaineid, mis vastavad tähendatud nõuetele ja on lubatud kasutamiseks gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes, nimetatakse tolmu- ja gaasiohututeks ehk antigrisuutseteks lõhkeaineteks.

Lõhkamistöid gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes peab korraldama nii, et plahvatusel eralduv soojusenergia kuluks tervenisti mehhaaniliseks tööks — kivimi purustamiseks. Lõhkeaine võimsus peab olema kooskõlas lõhatavate kivimite kõvadusega ning laengu suurus peab olema piiratud. Piirlaeng määratakse kindlaks iga lõhkeaine kohta eraldi katsetega katsetollides. Nõukogude Liidu mäeseaduste kohaselt ei tohi iga üksiku laengu suurus ületada 800 g.

Lõhkegaaside temperatuuri alandamiseks lisatakse lõhkeainele materjale, mis on suure soojusemahutavusega, kuid ise plahvatusprotsessist osa ei võta. Selleks kasutatakse harilikult keedusoola.

Viimasel ajal kasutatakse gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes erilisi kaitsekesti, milledesse asetatakse lõhkeaine padrunid. Kaitsekestade ülesanne on sama, mis inertsetel sooladel, mida lisatakse lõhkeainele. Kaitsekesti valmistatakse kahte tüüpi: inertseid ja aktiivseid. NSV Liidus kasutatakse mõnedes kaevandustes A. S. Seleznevi poolt esitatud inertset kõva kesta — kloornaatriumist (keedusoolast) valmistatud kõva torukest, millele on lisatud sideaineid (savi, kips, tsement). Kesta pikkus vastab lõhkeaine padruni pikkusele ja ava jämedus padruni diameetrile, seinte paksus on 3—4 mm. Padrun asetatakse kesta ja paigutatakse ühes sellega lõhkeauku.

Praegu NSV Liidus valmistatava aktiivse kaitsekesta H kohta on toodud andmed lõhkeainete tabelis. Kesta materjal on nõrga võimega antigrisuutne lõhkeaine. Aktiivse kesta mõõtmed ja kasutamise viis ei erine inertse kesta kasutamise viisist ja mõõtmetest.

Gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes võib lõhkamistööl kasutada ainult selleks lubatud antigrisuutseid lõhkeaineid.

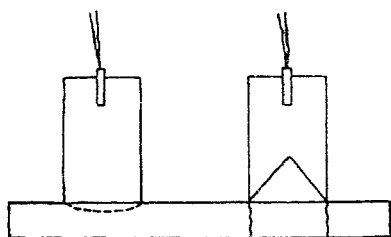
Uurimistööde tulemusena, mida tehakse NSV Liidu uurimisasutistes järjekindlalt, on selgunud, et lõhkeained, mida varem peeti antigrisuutseiks, tegelikult võivad kaevandustes esinevaid plahvatavaid segusid detoneerida, s. o. plahvatama panna. Samal ajal töötatakse uute lõhkeainekoostiste leiutamise alal, millede antigrisuutsed omadused vastaksid nõuetele. Uurimis-

tööde tulemusena on endised NSV Liidus kasutatud antigriisuutsed lõhkeained — 12%-line ja 29%-line grisutiin — tarvitusest kõrvaldatud ja neid enam ei toodeta. Nende asemel kasutatakse nüüd uusi, rangetele nõuetele vastavaid antigriisuutseid lõhkeaineid, nagu: antigriisuutsed ammoniidid III/1, nr. 8, III/Ж, АП-1, АП-2; pobediidid nr. 1, nr. 3, nr. 4, nr. 5 jt. Neist on ammoniite АП-1 ja АП-2 lubatud kasutada ainult aherkivimis (vt. tabel 4).

#### 4. Lõhkeainelaengu kumulatiivne toime.

Lõhkeainelaengu plahvatuse kumulatiivne toime avastati esmakordselt XIX sajandi lõpul, kuid praktikas tuli ta laiemas ulatuses kasutusele alles 1941. a. alates.

Laengu kumulatiivse toime põhimõtte selgitamiseks toome järgmise näite. Kui võtta mingisugusest lõhkeainest kaks ühesuuruse mahuga laengu



Joon. 89. Harilik ja kumulatiivne laeng: vasemal harilik laeng, paremal kumulatiivne laeng

gugut ja ühele neist teha alumisse ossa sümmeetriline süvend, suunaga laengu ülemise osa poole (joon. 89), ning lõhata mõlemad laengud vastava paksusega terasplaadil, siis ilmneb, et kummagi laengu toime terasplaadisse on suuresti erinev. Harilik laeng teeb plaati mõlgi, kuid süvendiga laeng lõõb plaadist augu läbi, sellest hoolimata et temas oli kaalult vähem lõhkeainet selle osa võrra, mille arvel tehti süvend. Seda kumula-

tiivset toimet võib seletada järgmiselt. Detonatsioonilained, liikudes laengupidi edasi detonaatori juurest allapoole, murduvad süvendi pinnal, suunduvad ühisesse voogu ja kontsentreeruvad teatavas punktis laengu telje pikendusel. Niisugune detonatsioonilainete ühte fookusse suundumine kogu süvendi pinnalt kutsub esile laengu toime järsu suurenemise just selles punktis. Laengu toime järsku suurenemist mainitud punktis tõendab kas või seegi asjaolu, et selles punktis on detonatsioonilaine kiirus palju suurem. Kui näiteks kasutatava lõhkeaine harilik detonatsioonikiirus on 6000 m/sek., siis nende koonduspunktis suureneb see kiirus kuni 10 000—12 000 m/sek.

Kumulatiivse toimega laengus lõhkeaine energia üldine hulk ei suurene, vaid see koondatakse ainult teatavas suunas. See koondumine laengu telje suunas toimub ainult siis, kui süvend on sümmeetriline laengu telje suhtes,



teistel juhtudel energia jaguneb teisiti ja tema kasutamine on vähem efektne.

Kumulatsiooninähtust hakati praktiliselt kõige enne kasutama detonaatorite valmistamisel. Detonaatori kesta põhja tehakse kumulatiivne süvend, mis suurendab detonatsiooni toimet.

1945. a. tehti hulk katseid, mille eesmärk oli selgitada võimalusi kumulatiivse toimega laengute kasutusele võtmiseks tööstuslikel lõhkamistöodel. Nendele katsetele tuginedes võib arvata, et põhimisteks teguriteks, mis määravad kumulatiivse toime efektsuse, on järgmised:

- a) lõhkeaine detonatsioonikiirus;
- b) lõhkeaine kihipaksus (kõrgus) kumulatiivse süvendi peal;
- c) lõhkeaine tihedus;
- d) kumulatiivse süvendi vorm.

Kumulatiivse laengu toime on seda suurem, mida suurem on selle lõhkeaine detonatsioonikiirus ja järelikult ka, mida suurem on tema brisantsus. Samuti mõjub ka lõhkeaine tihedus. Lõhkeaine kihipaksus kumulatiivse süvendi peal ei tohi olla väiksem kasutatava süvendi kõrgusest, vastasel korral tekib detonatsiooni vaibumise oht ja seega vajaliku tulemuse luhtumine.

Kumulatiivse süvendi vormi, samuti ka tema kõrguse ja diameetri (laiuse) vahekorra küsimust ei saa pidada veel lõplikult otsustatuks. Kasutatakse mitmesuguse vormiga süvendeid (koonilisi, poolkera-kujulisi, poolparaboloidseid). Rohkem kasutatakse koonilisi või poolkeralisi vorme aluse diameetri ja kõrguse vahekorraga 1 : 1,5. Ka arvatakse, et hea toime on koonilisel süvendil, mille tippnurk on 60°.

Otsingud kumulatiivse toime tööstuslikuks rakendamiseks olid suunatud:

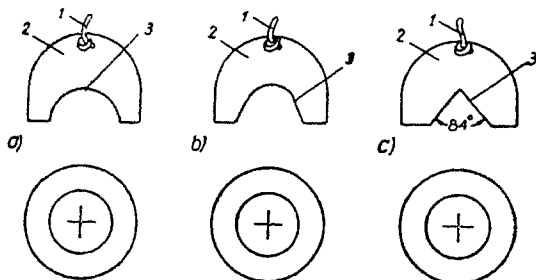
- a) lõhkeaukude tegemisele kumulatiivsete laengute abil,
- b) suurte kivide purustamisele pealepandava kumulatiivse laenguga ja
- c) laengute toime suurendamisele lõhkeaukudes, kasutades kumulatiivse süvendiga padruneid.

Lõhkeaukude tegemine kumulatiivsete laengutega osutus põhimõtteliselt võimalikuks, kuid praktiliselt läks see liiga kalliks; 30 cm sügavuse augu tegemiseks, mille diameeter oli 35—40 mm, läks viis kuni kümme 150—200-g-st laengut.

Suurt praktilist tähtsust omab kahtlemata suurte kivide ja kivimitükkide purustamine pealepandavate kumulatiivsete laengutega nii allmaatöodel kui ka lahtistes kaevandustes. Kivi mahuga 7—8 m<sup>3</sup> puruneb 2-kg-se kumulatiivse laengu toimel kergesti väikesteks tükkideks; selleks otstarbeks kasutatav harilik pealepandav

laeng peaks kaaluma mitte vähem kui 10—12 kg. Kivid mahult 1,3 m<sup>3</sup> purunevad kergesti 300-g-se kumulatiivse laenguga, kuna harilik laeng samaks otstarbeks peaks olema 1,5—2 kg.

Joonisel 90 on toodud kasutatavate kumulatiivsete laengute vormid.



Joon. 90. Pealepandavate kumulatiivsete laengute vormid: *a* — poolkera-kujulise süvendiga, *b* — poolparaboloidse süvendiga, *c* — koonilise süvendiga: 1 — detoneeriv nõör, 2 — laeng, 3 — süvend.

Kumulatiivsete padrunite kasutamise katsed lõhkeaukudes allmaatöödel ühe vaba pinnaga ees andsid häid tulemusi kõvades kivimites. Ühe kumulatiivse padruni asetamine lõhkeauku — süvendiga vastu põhja — suurendas lõhkeaugu kasutamise koefitsienti 20—25% võrra. Sääraste padrunite kasutamine kogu laengu pikkusel kindlustab detonatsiooni hea edasiandmise.

Võib loota, et edasised uurimistööd selgitavad veelgi enam kumulatiivsete laengute kasulikkust mäetööstuses.

Peale tähendatud otstarvete võib kumulatiivseid laenguid kasutada plahvatuse toime suunamiseks töötamisel väljaviskega.

## 5. Lõhkeainete liigitamine kasutamistingimuste ja koostise järgi.

Kasutamistingimuste kohaselt jagatakse kõik mäetööstuses kasutatavad lõhkeained kolme rühma:

I rühm — lõhkeained, mida on lubatud kasutada kõigil allmaa- ja pealmaatöödel, sealhulgas ka gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes;

II rühm — lõhkeained, mida on lubatud kasutada kõigil allmaa- ja pealmaatöödel, kuid mitte gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes;

III rühm — lõhkeained, mida on lubatud kasutada ainult pealmaatöödel (lahtistes kaevandustes).

Esimese rühma lõhkeaineid nimetatakse tolmu- ja gaasiohututeks ehk antigrisuutseteks lõhkeaineteks. See rühm jaguneb veel kahte alarühma:

a) lõhkeained, mida on lubatud kasutada söes ning aherkivimites ja

b) lõhkeained, mida võib kasutada ainult aherkivimites.

Esimese ja teise rühma lõhkeained ei tohi tekitada 1 kg kohta mürkgaase mitte rohkem kui 50 liitrit ümberarvestatult vingugaasile.

Kõikide rühmade lõhkeained peavad rahuldama järgmisi nõudeid:

- a) olema küllaldaselt võimsad;
- b) detoneeruma tõrgeteta tööstuses kasutusel olevate detonaatorite kasutamisel;
- c) olema ohutud käsitsemisel, transportimisel ja hoidmisel.

On väga tähtis, et üksikutesse rühmadesse kuuluvaid lõhkeaineid kasutamisel segi ei aetaks, mille tagajärjed võivad olla väga ohtlikud, seepärast on kindlaks määratud järgmised tunnusvärvid padrunite pakenditele:

- a) lõhkeained gaasi- ja tolmuohtlike kaevanduste jaoks, kasutamiseks sões ja aherkivimis — kollane;
- b) lõhkeained gaasi- ja tolmuohtlike kaevanduste jaoks, kasutamiseks ainult aherkivimites — sinine;
- c) allmaatöödel kasutatavad lõhkeained, välja arvatud gaasi- ja tolmuohtlikud kaevandused — punane;
- d) ainult pealmaatöödel kasutatavad lõhkeained — valge.

Tabelisse 4 on paigutatud NSV Liidu kivisöetööstuses kasutatavate lõhkeainete detailne valimik ühes vajalike andmetega nende iseloomustamiseks.

Lõhkeained jagatakse oma põhiliste omaduste või koostisesse kuuluva tähtsaima komponendi omaduste järgi järgmistesse gruppidesse:

- a) ammooniumsalpeeter-lõhkeained;
- b) nitroglütseriin-lõhkeained;
- c) aromaatilise rea nitroderivaadid;
- d) vedelhapnik-lõhkeained (oksülikviidid);
- e) detonaatorite valmistamiseks kasutatavad lõhkeained;
- f) must püssirohi.

## 6. Ammooniumsalpeeter-lõhkeained.

Sellesse gruppi kuuluvate lõhkeainete peamiseks komponendiks on ammooniumsalpeeter, mille põhilised omadused iseloomustavad kõiki sellesse gruppi kuuluvaid lõhkeainesorte. Peale ammooniumsalpeetri kuuluvad selle grupi lõhkeainete koostisse komponenditena veel teised lõhkeained või põlevad ained.

Neid ammooniumsalpeetrit sisaldavaid lõhkeainesorte, mille koostisse kuuluvad komponenditena veel teised lõhkeained, nimetatakse ammooniitideks. Kui aga koostisse lisatakse peale ammooniumsalpeetri ainult põlevaid aineid, siis nimetatakse neid lõhkeaineid dünammoonideks.

Tabel 4.

Jrk. nr.	Lõhkeainete gruppide ja sortide nimetused	Koostis %	Lõhkeaine tihedus padrunites g/ml	Maksimaalne lubatud niiskus %		Laengu tlemmäär g	Minimaalne detonatsiooni edasiandmise vahemaa padrunite vahel cm
				vabrikust väljalaskmisel	tarvitamisel		
1	2	3	4	5	6	7	8
	<b>I a. Gaasi- ja tolmuohutud lõhkeained kasutamiseks aherkivimites</b>						
1.	Antigrisuutne ammoniit AII-1	Trotüüli — 14; männikoorejahu — 1,5; keedusoola — 19,5; ammooniumsalpeetrit — 65	1,0—1,15	0,3	0,5	800	4 **
2.	Antigrisuutne ammoniit AII-2	Trotüüli — 15,5; puidujahu — 1,5; ammooniumsalpeetrit — 68; kloorkaaliumi — 15	1,1	0,3	0,5	800	4
3.	Antigrisuutne pleksiit nr. 1	Nitroglütseriini — 15; polümetüülmetakrülaati — 0,7; trotüüli — 5; ammooniumsalpeetrit — 46,3; puidujahu — 3; keedusoola — 30	1,3	0,3	0,5	800	4
	<b>I b. Gaasi- ja tolmuohutud lõhkeained kasutamiseks sões ja aherkivimites</b>						
4.	Antigrisuutne ammoniit III/1	Trotüüli — 9; männikoorejahu — 3; keedusoola — 32; ammooniumsalpeetrit — 56	1,0—1,15	0,3	0,5	800	2

Töövõimsus		Brisantsus		Ümberarvestuse koefitsient laengu arvutamiseks	Veekindlus	Tundlikkus temperatuuri kõikumisele (muutumisele)	Padruni pikkus mm, kui kaal on 200 g ja dia-meeter on 32 mm	Kasutamise tingimused
Trauzli proov ml	Suhteline *	Hessi proov mm	Suhteline *					
9	10	11	12	13	14	15	16	17
280	1,0	13	1,3	1,0	Niiskunult kaotab lõhkeomadused	Madalate temperatuuride vastu ei ole tundlik. Üle +32° paatub ja kaotab lõhkeomadused	230	I ja II kategooria kaevandused gaasi- ja tolmuohtlikkuse poolest. Lubatud ainult töödeks aherkivimites
290	1,03	14	1,4	0,97	"	"	230	"
280	1,0	14	1,4	1,0	Nagu ülal, kuid vähemal määral kui eelmised lõhkeained	Külmub +10°-lisel temperatuuril ja muutub käsitsemisel ohtlikuks	190	"
200	0,72	10	1,0	1,4	Niiskunult kaotab lõhkeomadused	Madalate temperatuuride suhtes ei ole tundlik. Üle +32° paatub ja kaotab lõhkeomadused	230	Gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes töödeks söes ja aherkivimites

1	2	3	4	5	6	7	8
5.	Antigrisuutne ammoniit III/1JK	Trotüüli — 9; puuvilla-seemnekoogi-jahu — 3; keedusoola — 28; ammoniumsalpeetrit — 60	1,0—1,15	0,3	0,5	800	2
6.	Antigrisuutne ammoniit nr. 8	Trotüüli — 10; männikoorejahu või puuvilla-seemnekoogi-jahu — 2; keedusoola — 20; ammoniumsalpeetrit — 68	1,0—1,15	0,3	0,5	800	3**
7.	Pobediit nr. 1	Nitroglütseriini — 8; ammoniumsalpeetrit — 62; trotüüli — 2; puidujahu — 3; keedusoola — 25	1,1	0,3	0,5	800	4
8.	Pobediit nr. 3	Nitroglütseriini — 7; ammoniumsalpeetrit — 67,5; trotüüli — 7; puidujahu — 3; keedusoola — 15,5	1,1	0,3	0,5	800	4
9.	Pobediit nr. 4	Nitroglütseriini — 5; ammoniumsalpeetrit — 55; trotüüli — 5; puidujahu — 5; keedusoola — 30	1,1	0,3	0,5	800	4
10.	Pobediit nr. 5	Nitroglütseriini — 4; ammoniumsalpeetrit — 63; dinitrotoluoli — 7; puidujahu — 4; keedusoola — 22	1,1	0,3	0,5	800	4
11.	Antigrisuutne sfagniid nr. 5	Nitroglütseriini — 6; ammoniumsalpeetrit — 69; turbasammalt ( <i>sphagnum</i> ) — 9,5; keedusoola — 15,5	0,7	0,5	0,75	800	3

(Tab. 4 järg.)

9	10	11	12	13	14	15	16	17
200	0,72	10	1,0	1,4	Niiskunult kaotab lõhkeomadused	Madalate temperatuuride suhtes ei ole tundlik. Üle +32° paatub ja kaotab lõhkeomadused	230	Gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes tödeks söes ja aherkivimites
240	0,86	10	1,0	1,16	"	"	230	"
216	0,78	10	1,0	1,3	Nagu ülal, kuid vähemal määral kui eelmised lõhkeained	Tundlikkuse poolest võrrutatakse ammooniumsalpeeter-lõhkeainetega	230	I ja II kategooria kaevandused gaasi- ja tolmuohtlikkuse poolest. Lubatud kasutada söes ja aherkivimites
258	0,92	10	1,0	1,08	"	"	230	"
200	0,72	12	1,2	1,4	"	"	230	"
253	0,9	8	0,8	1,1	"	"	230	"
200	0,72	8	0,8	1,4	"	"	360	"

1	2	3	4	5	6	7	8
12.	Aktiivne kaitsekest H	Nitroglütseriini — 10; keedusoola — 35; kloor-kaaliumi — 40; naatriumsalpeetrit — 12; puidujahu — 3	1,05	Ei normeerita	—	—	40
<b>II. Allmaa-tööde lõhkeained (ei ole lubatud gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes)</b>							
13.	62 %-line dünaamiit	Nitroglütseriini — 62; kolloodimpuuvilla — 3; naatriumsalpeetrit — 27; puidujahu — 8	1,4	"	"	Ei piirata	8-10
14.	62 %-line külma-kindel dünaamiit	Nitroglütseriini — 37; nitrodiglükooli — 25; kolloodimpuuvilla — 3,5; naatrium- või kaaliumsalpeetrit — 32; puidujahu — 2,5	1,4	"	"	"	5
15.	35 %-line külma-kindel dünaamiit	Nitroglütseriini — 20; nitrodiglükooli — 15; kolloodimpuuvilla — 2,5; naatrium- või kaaliumsalpeetrit — 47; trotüüli — 12,5; puidujahu — 3	1,4	"	"	"	4
16.	Savoniit nr. 1	Nitroglütseriini — 26; kolloodimpuuvilla — 1; trotüüli — 6; dinitrotoluoli — 5; ammoniumsalpeetrit — 62	1,4	"	"	"	6
17.	15 %-line akriüldünaamiit	Nitroglütseriini — 15; polümetüül-metakrülaati — 0,5; dinitrotoluoli — 9; ammoniumsalpeetrit — 73,5; puidujahu — 2	1,1	0,3	0,5	"	10



9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Ei normeerita			—	Nagu ülal, kuid vähemal määral kui eelmised lõhkeained	Külmub +10 <sup>o</sup> lisel temperatuuril	—	Kõikides gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes, kus on lubatud lõhkamistööd. Kesta võib paigutada mistahes ohutut lõhkeainet
380	1,36	16	1,6	0,74	Veekindel	Külmub temperatuuril +10 <sup>o</sup> ja muutub käsitselisel ohtlikuks	180	Allmaatöödel, välja arvatud gaasi- ja tolmuohtlikud kaevandused
400	1,43	15	1,5	0,7	"	Külmub temperatuuril -20 <sup>o</sup>	180	"
340	1,20	13	1,3	0,82	"	"	180	"
400	1,43	16	1,6	0,7	"	Külmub temperatuuril +10 <sup>o</sup>	180	"
340	1,2	17	1,7	0,82	Niiskunult kaotab lõhkeomadused, kuid vähem kui harilikud ammoniidid	"	230	"

1	2	3	4	5	6	7	8
18.	Sfagniid nr. 1	Nitroglütseriini — 6; turbasammalt ( <i>sphagnum</i> ) — 9,5; ammooniumsalpeetrit — 83	0,65	0,5	0,75	Ei piirata	3
19.	Ammoniid nr. 6, kuumalt segatud	Trotüüli — 21; ammooniumsalpeetrit — 79	0,95	0,3	0,5	„	4
20.	Ammoniid nr. 6, teraline — valtsmasinatega töödeldud	Trotüüli — 21; ammooniumsalpeetrit — 79	1,0	0,3	0,5	„	4
21.	Alumiit nr. 1	Trotüüli — 12; alumiiniumi — 8; ammooniumsalpeetrit — 80	1,0	0,3	0,5	„	3
22.	Dinaftaliit nr. 1, terades	Dinitronaftaliini — 12; ammooniumsalpeetrit — 88	1,0 — 1,1	0,2	0,5	„	3
23.	Ammoniid nr. 6	Trotüüli — 21; ammooniumsalpeetrit — 79	1,0 — 1,15	0,3	0,5	„	6
24.	Ammoniid nr. 7	Trotüüli — 14; männikoorejahu — 5; ammooniumsalpeetrit — 81	0,95 — 1,15	0,3	0,5	„	4
25.	Ammoniid nr. 7Ж	Trotüüli — 14; puuvillaseemnekoogi-jahu — 4; ammooniumsalpeetrit — 82	0,95 — 1,15	0,3	0,5	„	4
26.	Ammoniid nr. 7II	Trotüüli — 14; puuvillaseemnekoogi-jahu — 2,5; parafini — 0,5; ammooniumsalpeetrit — 83	0,95 — 1,15	0,3	0,5	„	4

(Tab. 4 järg.)

9	10	11	12	13	14	15	16	17
260	0,93	8	0,8	1,08	Niiskunult kaotab lõhkeomadused, kuid vähem kui harilikud ammoniidid	Tundlikkuse poolest võrrutakse ammoo-niumsalpeeter-lõhkeainetega	385	Allmaatöödel, välja arvatud gaasi- ja tolmuohtlikud kaevandused
340	1,2	13	1,3	0,82	Mitte-veekindel	Madalate temperatuuride suhtes ei ole tundlik; ei paatu	260	"
340	1,2	13	1,3	0,82	"	"	250	"
380	1,36	16	1,6	0,74	"	Madalate temperatuuride suhtes ei ole tundlik; temperatuuril +32° paatub ja kaotab lõhkeomadused	250	"
350	1,25	14	1,4	0,8	Võrreldes teiste ammoniitidega veekindlam	"	225	"
360	1,28	14	1,4	0,78	Kuni 2 fundi vees viibides ei kaota lõhkeomadusi	"	225	"
350	1,25	13	1,3	0,8	Niiskudes kaotab lõhkeomadused	"	250	"
350	1,25	13	1,3	0,8	"	"	250	"
350	1,25	13	1,3	0,8	"	"	250	"

1	2	3	4	5	6	7	8
27.	Ammoniid nr. 2***	Trotüüli või ksüüüli — 12; ammooniumsalpeetrit — 88	0,9—1,0	0,2	0,5	Ei piirata	2
<b>III. Lõhkeained, mida võib kasutada ainult pealmaa-töödel</b>							
28.	Dünammoon K	Männikoorejahu — 10; ammooniumsalpeetrit — 90	0,95—1,05	1,0	1,5	"	2
29.	Dünammoon Ж	Puuvillaseemnekoogi-jahu — 11; ammooniumsalpeetrit — 89	0,95—1,05	0,5	0,7	"	2
30.	Ammoniid nr. 9	Trotüüli — 5; puuvillaseemnekoogi-jahu — 8; ammooniumsalpeetrit — 87	1,0	0,4	1,0	"	2
31.	Ammoniid nr. 9Д	Trotüüli — 5; puidujahu — 9; ammooniumsalpeetrit — 86	0,9	0,4	1,0	"	2
32.	Ammoniid nr. 9Т	Trotüüli — 5; turbajahu — 8,5; ammooniumsalpeetrit — 86,5	0,85	0,4	1,0	"	2
33.	Ammoniid nr. 9А	Trotüüli — 5; asfaltiiti — 3; puidujahu — 4; ammooniumsalpeetrit — 88	0,95	0,4	1,0	"	2
34.	Ammoniid nr. 10	Trotüüli — 8; puuvillaseemnekoogi-jahu — 7; ammooniumsalpeetrit — 85	1,0	0,4	1,0	"	2
35.	Ammoniid nr. 10А	Trotüüli — 8; asfaltiiti — 4; ammooniumsalpeetrit — 88	0,95	0,4	1,0	"	2

(Tab. 4 järg.)

9	10	11	12	13	14	15	16	17
280	1,0	9	0,9	1,0	Niiskudes kaotab lõhkeomadused	Madalate temperatuuride suhtes ei ole tundlik; temperatuuril +32° paatub ja kaotab lõhkeomadused	260	Allmaatöödel, välja arvatud gaasi- ja tolmuohtlikud kaevandused
280	1,0	10	1,0	1,0	Mõnevõrra veekindlam eelmisest	"	275	Lahtistel (pealmaa-) töödel
280	1,0	10	1,0	1,0	"	"	275	"
280	1,0	10	1,0	1,0	Niiskudes kaotab lõhkeomadused	"	250	"
280	1,0	10	1,0	1,0	"	"	280	"
280	1,0	10	1,0	1,0	"	"	295	"
280	1,0	10	1,0	1,0	"	"	260	"
280	1,0	10	1,0	1,0	"	"	250	"
300	1,07	12	1,2	1,0	"	"	260	"

1	2	3	4	5	6	7	8
36.	Ammoniid nr. 3 (võetakse kasutamisel ära)	Trotüüli või ksüüüli 10—14; ammooniumsalpeetrit 86—90	0,9—1,0	0,5	1,0	Ei piirata	2
37.	Vedelhapnik- lõhkeained		(vaata tekstis)			—	—
38.	Lõhkeainetetööstuse jäätmeid lubatakse kasutada lõhkeainetena Riikliku Mäetehloomustuse kohaselt.						

\* Ühikuks on võetud lõhkeaine (tingimisi), mille töövõimsus Trauzli proovil on 280 cm<sup>3</sup> ja brisantsus Hessi järgi 10 mm.

\*\* Need arvud on sunduslikud lõhkeaine vabrikust väljalaskmisel; peale 3-kuist laoshoidmist väheneb see arv ammooniidil AII-1 mitte alla 3 cm ja ammooniidil nr. 8 mitte alla 2 cm.

\*\*\* On asendatud paremate lõhkeainetega; enam ei valmistata. Tabelisse on paigutatud seepärast, et kivimite lõhatavuse tabelis on see lõhkeaine võetud aluseks.

Ammooniumsalpeeter-lõhkeainete kasutamine lõhkamistöodel on väga laialdane. Peaaegu kõikjal, kus varem kasutati dünamiite, on need asendatud ammooniumsalpeeter-lõhkeainetega; nende levimist soodustavad:

- 1) võrdlemisi väike ohtlikkus kasutamisel, vähene tundlikkus mehhaaniliste mõjustuste ning kõrgete temperatuuride suhtes;
- 2) võrreldes dünamiitidega on nad tunduvalt odavamad;
- 3) ladudes hoidmise eeskirjad on vähem nõudlikud;
- 4) ei oma dünamiitidele omaseid olulisi puudusi (külmumine, vananemine, eksudeerimine jne.).

Ammooniumsalpeeter ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) on kristalne valge pulber, väga hügrokoopne (kogub endasse õhust niiskust) ja lahustub vees kergesti. Teiste salpeetritega võrreldes on tema paremusteks: lõhkemisel ei teki tahkeid jääke, annab rohkem gaase ja sisaldab palju hapnikku. Detonatsioonikiirus on 1500—3000 m/sek. Ammooniumsalpeeter ei detoneeru (ei plahvata) harilikku detonaatori lõhkemisest, tema detoneerimiseks on vaja teise lõhkeaine laengut, mida nimetatakse vahelaenguks (detonaatorlaeng).

(Tab. 4 järg.)

9	10	11	12	13	14	15	16	17
280	1,0	9	0,9	1,0	Niiskudes kaotab lõhkeomadused	Madalate temperatuuride suhtes ei ole tundlik; temperatuuril + 32° paatub ja kaotab lõhkeomadused	260	Lahtistel (pealmaa-) töödel
280 kuni 480	—	8 kuni 20	—	—	—	—	—	„
nilise Inspektsiooni eriloal iga saadetisega kaasasaadetava ise-								„

Seistes muutub ammooniumsalpeeter kõvaks, mis on tingitud kristallide omavahelisest liitumisest ja uute kristallide tekkimisest. Kõvastunud olekus on ammooniumsalpeetri detoneeruvus madal.

Ammooniumsalpeetri töövõimsus on 220 cm<sup>3</sup> Trauzli järgi ja brisantuse näitaja on Hessi järgi 2. Seega kuulub ta paiskava tegevusega lõhkeainete liiki.

Löökide, hõõrumise, tule ja kuumutuse mõju suhtes ta ei ole tundlik, seepärast peetakse teda väheohtlikuks lõhkeaineks. Lõhkemisel annab ta palju mürgiseid lämmastikoksüüde ja seepärast kasutatakse teda ainult lahtistel töödel.

Ammoniitideks nimetatakse ammooniumsalpeetri ja aromaatilise rea nitroderivaatide pulbrite mehhaanilisi segusid.

Ammoniidid jagatakse kasutamistingimuste kohaselt kolme rühma:

I — allmaatöödeks gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes; see rühm jaguneb veel a) ainult söekihis kasutamiseks ja b) aherkivimis kasutamiseks;

II — allmaatöödeks, kus puudub kaevandusgaasi ja tolmu oht;

III — lahtiste tööde jaoks.

Ammoniidid ei sütti põlema sädemeist ega tuleleegist. Ainult mõned sordid, mille koostises on tunduval määral nitroglütseriini, süttivad pika kuumutamise tagajärjel ja kustuvad harilikult, kui eemaldada süütamisvahend. Ammoniitide põlemine ei muutu plahvatuseks. Nende optimaalne laadimistihedus ei ole kõigil sortidel ühesugune ja kõigub 0,9—1,15 vahel.

Ammooniumsalpeetri halvad omadused jäävad mõjuma ka ammoniitide ja dünammoonide puhul; nad niiskuvad kergesti, imades endasse õhust niiskust, ja muutuvad seismisel kõvaks.

Makejevka teadusliku uurimise instituudi andmete kohaselt suureneb ammoniitide niiskuse suurenemisega mürkgaaside hulk lõhkemisel. Alates 0,5%-lisest niiskusest ületavad mürkgaasid allmaatöödeks lubatud piiri (50 liitrit 1 kg kohta). Kuni 1,5%-lise niiskusesisaldusega ammoniit detoneerub veel täielikult. Kui aga niiskust on üle 3%, siis esineb tihti tõrkeid ja tekib palju mürkgaase.

Kõvastunud ja liiga tihedalt laetud ammoniit detoneerub halvasti ja tema lõhkemine muutub kergesti pahvumiseks.

Ammoniitide detonatsioonikiirus oleneb sortidest ja kõigub piirides 3000—5400 m/sek.

Ammoniitilaengu hea lõhkemise saavutamiseks kehtivad järgmised nõuded:

- 1) ammoniidi niiskus ei tohi ületada 0,5%;
- 2) ammoniit peab olema pulbris, mitte tükides. Kõvastunud ammoniitpadrunid tuleb hoolikalt ja ettevaatlikult, paberit vigastamata, käte vahel muljudes pulbriks muuta;
- 3) kasutada võimalikult aziid-tetrüüldetonaatoreid;
- 4) laengu peale asetada kindel topis;
- 5) laadimisel hoida optimaalset laadimistihedust;
- 6) niisketes ja märgades paikades asetada laengud niiskuskindlatesse kestadesse.

Tehnilised nõuded (valmistamisel). Niiskusesisaldus ei tohi ületada allmaatöödeks valmistatud ammoniitidel 0,2% ja lahtisteks töödeks 0,5%. Valmis ammoniit peab olema segatud nii, et üksikuid komponente ei oleks võimalik vaatlusel eraldada. Küllaldaselt kuiv ammoniit ei jää peos pigistatult kokku, vaid pudeneb laiali.

Allmaatöödeks valmistatud ammoniidid lastakse vabrikust välja padrunites. Lahtiste tööde tarvis ja massiliste lõhkamiste jaoks on lubatud välja lasta ammoniite padrundamata, kastides või erilistes kottides, mille kaal ei tohi ületada 40 kg.

Allmaatööde jaoks pakitakse ammoniidid padrunitesse diameetriga  $31 \pm 1$  mm, kaalult 100, 150, 200 ja 300 g.

Padrunite kestadele märgitakse selgesti ammoniidi nimetus, koostis, padruni kaal, valmistamise aasta ja vabriku märk.

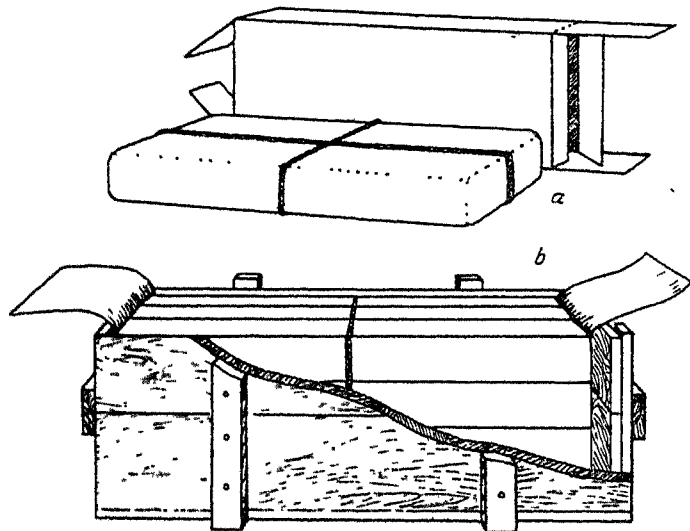
Padrunid peavad olema kaetud õhukese parafiinikorruga, mitte rohkem kui 2,5 g parafiini 100 g lõhkeaine kohta. Katmisel ei tohi parafiin sattuda padruni sisse.

Padrunid pakitakse paberisse 8—10 tükki koos ja seotakse ristnõoriga kinni. Pakid kaetakse veekindla kihiga ja asetatakse kastidesse. Kastid



netokaaluga 30 kg lüüakse kokku naeltega ja kindlustatakse põõnadega. Kastide kandmise hõlbustamiseks naelutatakse nende otstesse liisitud (joon. 91). Kinninaelutatud kastid seotakse traadiga, mille otsad plommitakse. Iga kasti peale tuleb märkida tema number, ammoniidi nimetus, ГОСТ number, saadetise (partii) number, neto- ja brutokaal, valmistamise aasta ja kuu, vabriku märk ja pealkiri „Не грузить с детонаторами” („Mitte peale laadida ühes detonaatoritega”).

Dünammoonideks nimetatakse ammooniumsalpेत्रi ja põleva lisandi mehhaanilist segu. Põleva lisandina kasutatakse dünammoonide



Joon. 91. Ammoniitpadrunite pakkimine pakkidesse ja kastidesse: a — pakk, b pakkide paigutus kastis.

valmistamisel peeneks jahvatatud männikoort, päevaliliseemnete koori, riisi kesti, puuvillaseemnekooke, saepuru, õlgi, männiokkaid, kõrkjaid, pilliroogu, männikäbisid jm.

Dünammoonid on mõnevõrra veekindlamad kui ammoniidid. Väljapaistev veekindluselt on dünammoon K, mis ei kaota vette asetatult 1—2 tunni vältel oma lõhkeomadusi. See on seletatav sellega, et väga peeneks jahvatatud männikoorepulber ümbritseb salpेत्रi kristalle ja tekitab vee pindpinevuse arvel kaitsekihi.

Põlevast aimest pulbri lisanduse tõttu süttivad dünammoonid kergesti põlema (kuid põlevad rahulikult isegi suurtes kogustes) ja paatuvad aeglasemalt. Kiiresti oksüdeeruvate metallide pulbri lisamisega tõuseb dünammoonide võimsus suuresti.

Käesoleval ajal kasutatakse dünammoone vähe. Üheks oluliseks põhjuseks on dünammoonide detonatsioonitundlikkuse vähenemine või täielik kadumine aja jooksul. See on seletatav ammooniumsalpeetri paatumisega. Ka uuesti kobestades ja peenendades on võimatu detonatsioonitundlikkust taastada.

Ammoniidide detonatsioonitundlikkuse kadumine aja jooksul on väiksem ja uuesti kobestatult detoneeruvad nad endiselt, seetõttu et nende koostisesse kuulub täiendavalt detonatsioonitundlik lõhkeaine (trotüül).

Muus osas sarnanevad dünammoonid ammoniididega.

**A m m o o n i u m s a l p e e t e r - l õ h k e a i n e t e k u i v a t a m i n e.**  
Kui ammooniumsalpeeter-lõhkeainetes on niiskust rohkem kui allmaatöödeks on lubatud — üle 0,5% ja lahtisteks töödeks üle 1,5% —, siis ei tohi neid lõhkeaineid kasutada. Niiskuse vähendamiseks kuivatatakse ammoniite. Temperatuur ei tohi kuivatamisel ületada 50°.

Kui niiskus ei ületa 1,5%, võib kuivatamist toimetada vabriku padrunites. Kui niiskust on vähendatud ja ta ei ületa enam 0,5%, võib seda lõhkeainet kasutada allmaatöödeks.

Kui ammooniumsalpeeter-lõhkeained sisaldavad niiskust 1,5% ja enam, siis peab kuivatamiseks määratud lõhkeaine vabastatama padrunikestadest. Pärast kuivatamist võib seda lõhkeainet kasutada ainult lahtistel töödel.

Kui niiskus ei ületa 1,5% ja lõhkeaine on kastides padrundamata, kuivatatakse teda kastidest välja võtmata. Suvel kuival ajal võib seda kuivatamist korraldada laoruumis. Niisketil aastaaegadel ja talvel kuivatatakse ammoniite sellekohastes kuivatusruumides.

Kuivatushoone ei tohi asuda lõhkeaineladudele ja eluhoonetele lähemal kui 150 m. Kuivatushoone sarnaneb dünamiitide sulatushoonega (vt. „Nitroglütseriin-lõhkeained”).

Kuivatuslaud kaetakse puldanriidega, millele lahtiselt raputatud ammoniidikiht ei tohi olla paksem kui 5 cm. Korraga ei tohi kuivatada rohkem kui 500 kg.

Suvel kuival ajal võib ammooniumsalpeeter-lõhkeaineid kuivatada sammastele toetuva katuse all (päikesepaistel kuivatamine on keelatud) puldani peal. Lõhkeaine kiht võib olla kuni 10 cm paksune. Parema ja ühtlasema kuivamise tagamiseks segatakse teda aeg-ajalt puust labidakesega. Kuivatatud lõhkeaine asetatakse eraldi ja kasutatakse esmajärjekorras. Kui ta on tükiline, siis muljutakse tükid kuivamise ajal puust rulliga pulbriks.

Ammooniumsalpeeter-lõhkeainete padruneid võib valmistada padrundanata lõhkeainest oma tarbeks ainult lahtiste tööde jaoks Riikliku Mäetehnilise Inspeksiooni loal. Padrunite kaal pole piiratud, kuid diameeter ei tohi olla alla 30 mm. Padrunite valmistamisel tuleb rangelt kinni pidada määrustest ja eeskirjadest. Erilool ja eriliste eeskirjade täitmisel võib lõhketõid korraldavais ettevõtetes ka allmaatõõde jaoks valmistada padruneid.

Ammooniumsalpeeter-lõhkeainete proovimine peab toimuma: baasiladudes — iga vabrikusaadetise väljaandmisel ja iga kolme kuu möödumisel hoidmisaja algusest; tarvitusladudes — iga saadetise väljaandmisel ja iga kolme kuu möödumisel hoidmisaja algusest. Iga proovimise kohta koostatakse akt. Kui proovimise tulemused ei ole rahuldavad, siis saadetakse aktist ärakiri kohalikule riiklikule mäetehnilisele inspektorile.

Ammooniumsalpeeter-lõhkeainetel proovitakse: 1) niiskusesisaldust, 2) lenduvate ainete sisaldust, 3) tundlikkust tule suhtes, 4) tihedust padrunis, 5) brisantsust, 6) detonatsioonitundlikkust ja 7) padruni läbimõõtu ning kaalu.

Baasiladudes on kohustuslik kõigi nende proovide tegemine. Tarvitusladudes proovitakse detonatsioonitundlikkust ja niiskust.

## 7. Nitroglütseriin-lõhkeained.

Nitroglütseriin-lõhkeaineid nimetatakse d ü n a m i i t i d e k s. Nitroglütseriin on dünaamiidi tähtsaim osa, andes viimasele ka oma peamised omadused. Peale nitroglütseriini on dünaamiitide koostusosadeks peamiselt kolloodiumpuu vill, salpeeter (naatrium-, kaalium- või ammooniumsalpeeter) ja puidujahu.

Väga väikese nitroglütseriinisaldusega (4—8%) lõhkeained (pobediidid) ei oma nitroglütseriini omadusi ja seepärast on nad kõik ohtlikuselt võrdsed ammoniitidega.

Keemiliselt puhas nitroglütseriin  $C_3H_5(ONO_2)_3$  on värvitu, läbipaistev vedelik. Tehnilisteks otstarveteks valmistatud nitroglütseriin on kollakat värvi.

Nitroglütseriin saadakse glütseriinist lämmastikhappe toimel väävelhappe juuresolekul. Nitroglütseriin lahustub kergesti enamikus orgaanilistes lahustites ja lahustab ise hästi kolloodiumpuuvilla. Viimasele omadusele on rajatud mõnede dünaamiitide valmistamine.

Nitroglütseriin on mürgine aine. Ta mõjub inimesele ka käe naha kaudu ja tekitab tugevat peavalu. Pikemaajalisel töötamisel nitroglütse-

riini sisaldavate ainetega hakkab inimese organism valmistama vastumürki ja peavalusid ei esine enam.

Nitroglütseriin on üks võimsamaid ja tundlikumaid lõhkeaineid. Tema plahvatamist võivad põhjustada kuumutamine, löök, hõõrumine ja detonaatori lõhkemine. Tulega süütamisel, ei sütti ta kergesti, kergemini aga süttib süütenõõri sädemest. Väike kogus põleb lahtises õhus rahulikult, kinnises ruumis või suures koguses lahtises õhus põlemine tekitab ülekuumutuse ja põlemine võib kergesti muutuda plahvatuseks. 50°-lisel temperatuuril hakkab nitroglütseriin lagunema; kord alanud lagunemine kiireneb progressiivselt. Üheks nitroglütseriini iseloomustavaks omaduseks on tardumine (külmub juba +10—12° puhul).

Arvesse võttes nitroglütseriini ohtlikkust käsitlemisel ei kasutata teda lõhkamistöõdeks kunagi puhtal kujul. Segatult teiste ainetega saadakse mitmesuguse võimsusega lõhkeaineid (dünamiidid), millede võimsus kasvab nitroglütseriinisalduse kasvuga.

Nitroglütseriin segatult püroksüliiniga (kolloodiumpuuvill) koostises 93% nitroglütseriini ja 7% kolloodiumpuuvilla moodustab tugevaimaid lõhkeaineid, mida nimetatakse lõhkeželatiiniks ehk p a u k s ü l d i k s.

Lõhkeželatiinid on võrdlemisi ohtlikud ja ühtlasi ka tuimad detonatsioonide suhtes. Arvestades neid olulisi puudusi, mis teevad lõhkeželatiinide kasutamise töötajatele ohtlikuks, ei valmistata ega kasutata neid lõhkeaineid Nõukogude Liidus.

Nõukogude Liidus valmistatakse 62%-lise nitroglütseriinisaldusega želatiindünamiidid. Need dünamiidid on sitke veniva taigna taolised, värvilt valkjashallist kuni tumepruunini. Käega katsudes tunduvad veidi rasvastena, kuid nad ei eralda endast nitroglütseriini pressimisel ega vette paigutatult. Pärast külmumist ja ülessulatamist aga esineb tihti nitroglütseriini laike pakendi paberil (eksudeerimine) ja lõhkeaine muutub tarvitamiskõlbmatuks. Märgades lõhkeaukudes ja vees ei kaota želatiindünamiidid oma lõhkevõimet.

Želatiindünamiidid külmuvad +10°-lisel ja madalamal temperatuuril. Nitroglütseriin eraldub kristallidesse, mille tagajärjel dünamiidpadrun muutub kõvaks. Niisuguses olekus dünamiidpadrunid on väga ohtlikud, kuid veel ohtlikumaks muutuvad nad poolsulas olekus. Külmunud ja poolsulas olekus on dünamiid väga tundlik löökide, põrutuste jne. suhtes. Samal ajal alaneb detonatsioonitundlikkus ja osa laengu padrunitest ei plahvata, vaid jääb tervena lõhkeaukude põhja. Segunedes purustatud kivimiga võivad need padrunid saada koristustöödel väga ohtlikeks. Seepärast on külmunud dünamiidid kasutamine keelatud.

Tulega süütamisel süttivad želatiindünamiidid kergesti põlema ja põlevad kiiresti. Suurema koguse — üle 5 kg — põlemine võib kergesti plahvatuseks muutuda. Želatiindünamiitide plahvatustemperatuur on 3900°. Lõhkemise ajal tekitavad nad suure leegi, mistõttu neid ei saa kasutada gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes.

Kui dünamiiti kiiresti kuumutada, siis plahvatab ta 180—205°-lisel temperatuuril. Želatiindünamiidid on hapnikurohked lõhkeained, nad ei anna lõhkemisel palju mürkgaase ja seepärast on neid lubatud kasutada allmaatöödel.

Dünamiitide mõju inimese organismile sarnaneb nitroglütseriini mõjuga.

Želatiindünamiidid muutuvad aja jooksul tarvitamiskõlbmatuks, nende detonatsioonikiirus alaneb järsku normaalsest 6000—7500 m/sek. 900 m/sek-le. Samuti muutuvad nad tuimaks detonaatori toime suhtes ja ännavad halvasti edasi detonatsiooni. Seda tarvitamiskõlbmatuks muutmist nimetatakse dünamiidi vananemiseks. Dünamiite valmistavad tehased garanteerivad 62%-liste dünamiitide kasutamiskõlblikkust naatriumsalpeetrit sisaldaval dünamiidil 6 kuud ja kaaliumsalpeetrit sisaldaval 8 kuud.

Nagu ülalmainitust selgub, on dünamiitidel häid ja halbu omadusi. Headest omadustest võib nimelada: 1) nende mitteniiskumist, 2) võimlust sooritada lõhkamistöid märgades paikades ja vee all ilma laengut isoleerimata, 3) head tihedust ja 4) suurt töövõimet.

Halbadest omadustest tuleks nimetada: 1) külmumist juba temperatuuril +10°, kusjuures esile tulevad uued halvad omadused, mis teevad külmunud dünamiidi tarvitamiskõlbmatuks, 2) suurt tundlikkust väliste mõjustuste suhtes (lõök, hõõrumine jne.), 3) vananemist ja 4) eksudeerumist (nitroglütseriini eraldumine dünamiidist).

Dünamiidi tardumistemperatuuri alandamiseks asendatakse üks osa nitroglütseriini dinitroglütseriiniga  $C_3H_5(ONO_2)_2OH$  või nitroglükooliga  $C_2H_4(ONO_2)_2$ . Meil, Nõukogude Liidus, valmistatakse 62%-lisi nitroglükooli sisaldavaid dünamiite.

Nitroglükool on värvitu, läbipaistev vedelik, mis vees ei lahustu. Ta seguneb nitroglütseriiniga igasuguses proportsioonis ja on keemiliselt püsivam kui nitroglütseriin. Detonaatori mõju suhtes on ta väga tundlik. Puhas nitroglükool külmub —22,5° puhul. Kui lisada nitroglütseriinile 20% nitroglükooli, siis alaneb segu tardumistäpp —4°-ni. Kui aga lisada 30% nitroglükooli, siis alaneb segu tardumistäpp —19°-ni. Kui dünamiidi valmistamisel tarvitatakse nitroglütseriini, millele on lisatud 30% nitro-

glükooli, siis peetakse seda dünamiiiti meie harilike lõhkamistöõde oludes praktiliselt mittekülmuvaks.

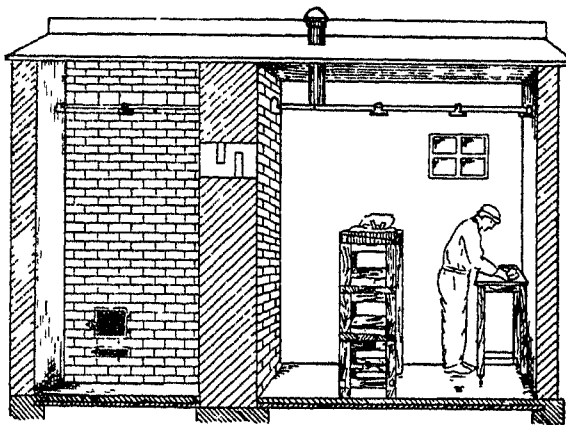
Kõik dünamiidid saadetakse tarvitajatele silindrilistes padrunites, mille raskus on 100—150 ja 200 g ning diameeter 30—32 mm.

Dünamiiitide käsitsemine külmal ajal. Kui välise õhu või lõhkeainelao temperatuur on alla  $+10^{\circ}$ , võivad nitroglütseriini sisaldavad lõhkeained olla kas külmunud või poolkülmunud olekus. Niisuguses olekus on need lõhkeained väga ohtlikud, neid ei tohi lõigata, murda, muljuda ega vabastada ümbritsevast paberist. Samuti ei tohi neid kasutada lõhkamistöõdel. Kõik nitroglütseriini sisaldavad lõhkeained peab enne lõhkamistöõdeks väljaandmist

üles sulatama.

Külmunud nitroglütseriini sisaldavad lõhkeained sulatatakse harilikult kaste (vabriku pakendit) lahti võtmata, köetavares tarvitusladudes, kus ruumi temperatuur on  $+15-20^{\circ}$ .

Kui puuduvad soojad (köetavad) laod, võib külmunud dünamiiite sulatada erilistes selleks chitatud ruumides või termosnõudes.



Joon. 92. Dünamiiitide sulatushoone.

Dünamiiitide ülessulatamine. Kui ööpäevane lõhkeainetarvitus on üle 50 kg, siis peab ülessulatamist toimetama erilises sulatusruumis  $22-25^{\circ}$ -lisel temperatuuril. Üheaegselt ei lubata hoida sulatusruumis üle 150 kg lõhkeainet. Sulatushoone ehitatakse neist materjalidest, millest on lubatud chitada nitroglütseriini sisaldavate lõhkeainete hoiuruumi.

Sulatushoonet võib kütta ahjudega, elektriga ja veega. Ahju ja elektrikütte kasutamisel peab sulatushoone koosnema kahest tellisseinaga teineteisest eraldatud ruumist, millel on eraldi sissekäigud. Ühte ruumi ehitatakse tellistest ahi või elektriahi, mis ulatub küljega teise, s. o. sulatusruumi. Sulatusruumi asetatakse riiulid ja laud, soojendusahjule või veesoojendusradiaatorile mitte lähemale kui 1 m (joon. 92). Kast lõhkeainega asetatakse lauale, kus toimetatakse kasti ja karpide avamist. Külmunud lõhkeainepadrunid paigutatakse riiulitele kas üksikult või karpides. Kastides sulatamine selles sulatusruumis ei ole lubatud.

Riiulid peavad olema puust, siledad, pragudeta, ümbritsetud 5 cm kõrguse puust äärega ja kaetud vahariidega. Vahariie kaetakse valge paberiga, mida iga kord vahetatakse. Lauda ja riiuleid pestakse seebi ja sooja veega või sooja 3%-lise soodaveega iga 6 päeva tagant.

Kui sulatushoone on vesiküttega, siis erilist kütteruumi ei ehitata ja radiaator asetatakse otseselt sulatusruumi.

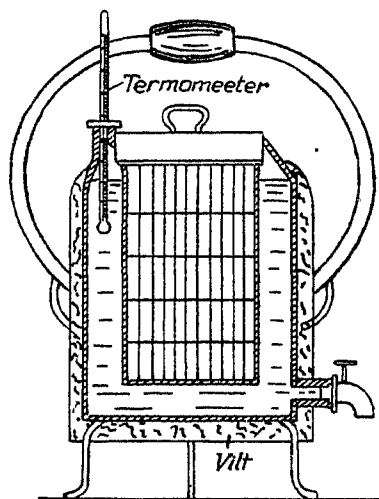
Sulatusruumi valgustus peab vastama sellekohastele nõuetele (ПБ<sup>1</sup>, §§ 104 ja 105). Ruumis peab olema küllaldaselt valgust pealkirjade lugeamiseks. Aknaklaasid peavad olema matid või kaetud valge värviga. Valgustuseks võivad olla kas kantavad elektriakumulaatorlambid või statsionaarne elektrivalgustus läbi akna väljastpoolt. Elektrilambid ja juhtmed peavad olema väljaspool ruumi.

Sulatusruumis ei tohi viibida üht-aegu rohkem kui 2 töolist. Keelatud on suitsetamine, tuletikkude ja lahtise tulega ilmumine sulatusruumi. Mingsugust kõrvalist tööd peale lõhkeaine sulatamise pole sulatusruumis lubatud teha.

Sulatusruumides ja kõikides köetavates laoruumides, mida kasutatakse lõhkeaine sulatamiseks, peavad olema signaalidega varustatud temperatuuri kontrollivad automaadid.

Kui sulatushoones hoitakse korraga rohkem kui 25 kg lõhkeainet, siis peab tema ümber ehitama valli (ПБ, § 192). Sulatushoone ei tohi asetseda lõhkeainelaole lähemal kui 200 m ja muudele hoonetele ning teedele mitte lähemal kui see on eeskirjades ette nähtud.

Sulatushoone puudumisel võib kasutada väiksema hulga külmunud dünamiidi sulatamiseks eriliselt selleks valmistatud termosnõusid. Seejuures toimetatakse sulatamist eriliselt hoonetes vastavalt määrustikus ettenähtud korrale, mitte rohkem kui kahes termosnõus korraga. Neid termosnõusid võib kasutada ka külmal ajal lõhkeaine toimetamiseks töökohta. Ühteaegu ei tohi termosnõudes sulatada üle 10 kg dünamiiti.



Joon. 93. Termosnõu dünamiidi ülesulatamiseks ja kandmiseks külmal ajal.

<sup>1</sup> ПБ — Правила безопасности при ведении взрывных работ в горной промышленности, изд. 2-е. Госполиздат, 1941 г.

Tabel 5.

Dünamiidi nimetus	Padruni diameeter mm	Padruni pikkus mm	Padruni kaal g	Lõhkeaine tihedus padrunis
62%-line kaaliumdünamiit	31±1	87	100± 5	1,45
	31±1	130	150± 7,5	
	31±1	175	200±10	
62%-line naatriumdünamiit	31±1	87	100± 5	1,45
	31±1	130	150± 7,5	
	31±1	175	200±10	
62%-line nitroglükooldünamiit	31±1	87	100± 5	1,45
	31±1	130	150± 7,5	
	31±1	175	200±10	

Termosnõu (joon. 93) koosneb kahest teineteise sees käivast anumast, mis on valmistatud sädemeid mitteandvast metallist (vask, alumiinium, valgevask). Anumatevaheline ruum täidetakse sooja veega (mitte üle 40°). Jahtumise takistamiseks kaetakse mainitud termosnõud pealt vildiga. Vee soojuse mõõtmiseks on tehtud eriline ava termomeetri asetamiseks.

Dünamiitide pakend. Želatiindünamiidid valmistatakse silindrikujuliste padrunitena pärgament- või parafineeritud paberist kestades. Nitroglükoolsed dünamiidid kaetakse kolmekordsete pärgamentpaberist või eriliste veekindlate kestadega. Andmed dünamiitpadrunite mõõtmete ja kaalu kohta leiduvad tabelis 5.

Iga padruni peal peab olema vabriku märk, lõhkeaine koostis, valmistamise aasta, kasti number, karbi number kastis ja GOCT number. Kiri peab olema selgesti loetav.

Padrunid pakitakse pappkarpidesse. Lõhkeaine kaal karbis ühes pakendiga võib olla  $2,5 \pm 0,025$  kg või  $3 \pm 0,03$  kg. Padrunid karbis peavad olema laotud tihedalt. Karp pakitakse paberisse ja seotakse ristnõoriga (joon. 94).

Karbile liimitakse sedel, millel on samad andmed, mis padrunilgi. Sedel pakkija nimega asetatakse karpi.

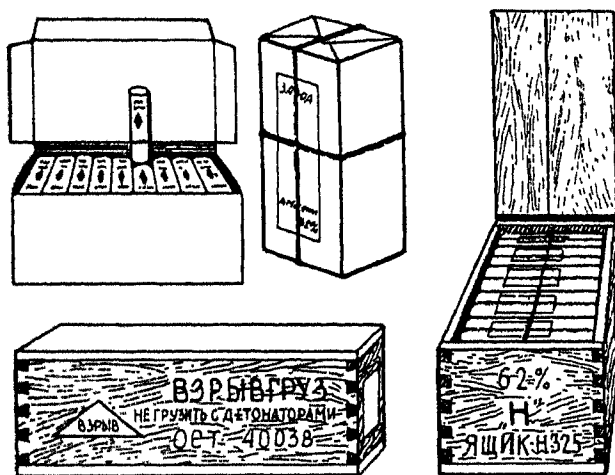
Puukasti asetatakse 10 karpi. Pakitud lõhkeaine kaal kastis võib olla 25–30 kg ja ühes kastiga mitte üle 35 kg. Kasti sisse karpide peale pannakse trükitud juhend lõhkeaine kasutamise ja käsitlemise kohta.

Kastid peavad olema tapitud, pragudeta ja oksaaukudeta laudadest, laudadevahelised praod ei tohi olla laiemad kui 1 mm. Kasti kaane kinni-



lõõmiseks tarvitatakse vask- või tsingiga kaetud raudnaelu. Kasti ümber seotakse pehme raudtraat, mille otsad kinnitatakse tinaplommiga.

Kasti ühele küljele peab olema märgitud vabriku märk, suure kirjaga „Взрывгруз” („Lõhkeained”) ja kasutamise lõpptähtaeg (aasta, kuu). Kasti teisele küljele „Взрывгруз”, „Не грузить с детонаторами!” („Mitte peale laadida ühes detonaatoritega!”) ja ГОСТ number. Kaanel peavad olema vabriku märk, dünaamiidi liik ja kolmnurk, millesse on kirjutatud „Взрыв” („Lõhkev”).



Joon. 94. Dünaamiitpadrunite pakkimine karpidesse ja karpide paigutamine kastidesse.

Dünaamiidid peavad vastama järgmistele tehnilistele nõuetele:

- 1) 62%-line dünaamiit ei tohi sisaldada üle 0,5% niiskust;
- 2) kõik nitroglütseriini sisaldavad lõhkeained peavad vastama enne vabrikust väljaandmist: a) püsivusproovile (Abeli proov) 75<sup>o</sup>-lises soojuses mitte vähem kui 10 minuti vältel ja b) eksudatsiooniproovile 30—33<sup>o</sup>-lises temperatuuril 144 tundi;
- 3) täieliku detonatsiooniproovi nõuetele;
- 4) võimsuse proovile Trauzli pommis;
- 5) brisantsuse katsetele (Hessi proov) vastavalt normidele, mis on esitatud tabelis 4.

Nitroglütseriin-lõhkeainete proovimine ladudes hoidmisel peab toimuma määrustikus ettenähtud aegadel ja korra kohaselt.

Proovijaks peab olema lõhkeainelao ülem või isik, kelle määrab selleks asutise peainsener. Proovimist peab toimetama järgmistel tähtaegadel.

**B a a s i l a d u d e s:**

- 1) naatriumdünamiite — 4 kuu möödudes, arvates valmistamise ajast, kaaliumdünamiite — 6 kuu möödudes, arvates valmistamise ajast;
- 2) garanteeritud hoidmisaja möödudes;
- 3) iga vabrikusaadetise (partii) väljaandmisel, sõltumatult garantiiaegadest.

**T a r v i t u s l a d u d e s:** nitroglütseriin-lõhkeained — iga saadud partii väljaandmisel ja kui valmistamise ajast on möödunud: naatriumdünamiitidel — 4 kuud, kaaliumdünamiitidel ja nitroglükool-dünamiitidel — 6 kuud.

Peale mainitud tähtaegade peab proovima nitroglütseriin-lõhkeaineid garanteeritud hoidmisaja lõppedes.

Proovikatsete tulemuste kohta koostatakse aktid määrustikus ettenähtud vormide kohaselt.

Katsete teostamine toimub vastavate määruste ja eeskirjade kohaselt. Nende tööde kirjeldused leiduvad vastavates lõhkamistöõde õpperaamatutes.

## 8. Aromaatilise rea nitroderivaadid.

Selle rühma lõhkeainete esindajad (trotüül, ksülüül, dinitronaftaliin) kuuluvad ammoniitide koostisse olulise lisandina, kuid neid võib kasutada ka põhilise lõhkeainena lahtistel töödel (trotüül, pikriinhape, vene ja prantsuse segu).

**T r o t ü ü l** (trinitrotoluool)  $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$  saadakse toluooli nitreerimisel. Harilike ammoniitide valmistamisel lubatakse kasutada trotüüli, mille tardumistemperatuur ei ole alla  $75^\circ$ , ja antigrisuutsete ammoniitide valmistamisel — mitte alla  $80^\circ$ . Lahtistel töödel kasutatava trotüüli tardumistemperatuur võib olla madalam.

Trotüül on valkjaskollane pulber, maitselt kibe, granulomeetrilise tihedusega 0,8—1,0 g/ml; kristallide tihedus on 1,6 g/ml. Trotüül lahustub vees väga vähesel määral, on keemiliselt püsiv, kuumutatult mitme tunni vältel kuni  $65^\circ$  ei muutu. Kiirel kuumutusel süttib kergesti ja koguses kuni 200 kg põleb lahtises õhus rahulikult. Kinnises ruumis põledes plahvatab aga juba väikeses koguses. Pulbriline ja pressitud trotüül detoneeruvad hariliku detonaatori abil, kuid trotüüli sulatise detoneerimiseks peab kasutama vahelaengut pulbrilisest või pressitud trotüülist.

Ühe kg trotüüli plahvatamisel tekib 728 liitrit gaase ja eraldub 800 kcal soojust; plahvatustemperatuur on 2950° ja detonatsioonikiirus 6800 m/sek. Löögi ja hõõrumise suhtes on trotüül vähetundlik ja vees ta ei kaota oma lõhkeomadusi. Lõhkamisel tekitab palju vingugaasi; põhjuseks on trotüüli negatiivne hapnikubilanss.

Ksüülüül (trinitroksülool)  $C_6H(NO_2)_3(CH_3)_2$  saadakse ksülooli nitreerimisel, ta on veidi kollakas pulber tardumistemperatuuriga 163°. Ksüülüüli omadused sarnanevad trotüüli omadustega. Lõhkamisel tekitab 1 kg ksüülüüli 697 liitrit gaase ja eraldab 961 kcal soojust, plahvatustemperatuur on 3315° ja detonatsioonikiirus 6600 m/sek.

Dinitronaftaliin  $C_{10}H_6(NO_2)_2$  saadakse naftaliini nitreerimisel. Ta on hallikaskollast mulla värvi, tardumistemperatuuriga 150—152°. Puhatal kujul on dinitronaftaliin nõrk lõhkeaine ja seepärast kasutatakse teda ainult teiste lõhkeainete lisandina. Vees lahustub väga vähe. Pikaldasel kuumutamisel hakkab 318° juures vahutades lagunema.

Pikriinhape (trinitrofenool)  $C_6H_2(NO_2)_3OH$  saadakse fenooli (karboolhappe) nitreerimisel. Ta on väga kibeda maitsega kollast värvi kristalne pulber tihedusega 0,9—1,0. Lõhkamistööl kasutatakse pikriinhapet pressitult või sulatiseana. Sulatist nimetatakse meliniidiks.

Pikriinhape on väga hea vahend naha, villase ja siidi värvimiseks; tolmuna levinedes mõjub ta väga ärritavalt hingamisorganitele.

Lõhkamisel tekitab 1 kg pikriinhapet 685 liitrit gaase ja eraldab 920 kcal soojust, plahvatustemperatuur on 3620°, detonatsioonikiirus 7250 m/sek. ja tardumistemperatuur 121,3°.

Niiskuse juuresolekul ühineb pikriinhape metallidega, tekitades soolasid, mida nimetatakse pikraatideks. Tina (plii), raua ja vase pikriinraadid on väga tundlikud; löökide ja hõõrumise tagajärjel võivad nad kergesti plahvatada. Seepärast peab hoidma pikriinhapet ja neid lõhkeaineid, mille hulka teda on segatud, niiskusega, tinaga, rauaga ja vasega kokku puutumast. Muus osas on pikriinhappe omadused sarnased tetrüüli omadustega.

Pulbriline ja pressitud pikriinhape detoneerub hariliku detonaatori mõjul, kuid sulatise detoneerimiseks on vaja vahelaengut kas pulbrilisest või pressitud pikriinhapest või mõnest muust hästi detoneeruvast lõhkeainest.

## 9. Vedelhapnik-lõhkeained (oksülikviidid).

Vedelhapnik-lõhkeaineteks ehk oksülikviidideks nimetatakse lõhkeaineid, mis koosnevad vedelast hapnikust ja ainete segust, milles on rik-

kalikult süsinikku ja vähemal määral vesinikku. Nende ainete momentaanne põlemine vedelas hapnikus tekitab plahvatuse, eraldades gaase, veeauru ja soojust.

Hapniku ühinemine teiste elementidega toimub kindlas kaalulises vahekorras. Näiteks: 12 grammi  $C_2$  (süsinikku), ühinedes 32 grammi  $O_2$  (hapnikuga), annab 44 grammi  $CO_2$  (süsihappegaasi), kusjuures tekib veel 97,2 cal soojust; 2 grammi  $H_2$  (vesinikku), ühinedes 16 grammi  $O_2$  (hapnikuga), annab 18 grammi  $H_2O$  (vett), kusjuures tekib 57,6 cal soojust.

Vedela hapniku kiire aurumise tõttu võib tekkida lõhkeaine koostises hapnikupuudus, mille tagajärjeks on lõhkeaine võimsuse vähenemine ja hulgalisem vingugaasi (CO) tekkimine. Vingugaas on mürgine ja inimestele iseäranis ohtlik allmaatingimustes.

Vedelhapnik-lõhkeainete tundlikkus tule ja sädemetega kokkupuutumise suhtes võrdub dünaamiitide omaga; tundlikkus lõökide ja hõõrumise suhtes on dünaamiitide omast väiksem, kui kasutatakse tselluloosist immutusaineid.

Vedelhapnik-lõhkeainete plahvatuse tekitamiseks kasutatakse detonatoreid, millede koostisse ei kuulu paukelavhõbe. Viimane külmub vedela hapniku madala temperatuuri mõjul ja kaotab detoneerimisvõime.

Vedelhapnik-lõhkeainete kasutamine allmaatööl on keelatud. Lahtistel tööl võib neid kasutada erilise instruksiooni kohaselt, milles on arvestatud kohalikke olusid.

Vedelat hapnikku saadakse õhust erilise, küllalt keerulise seadeldise abil. Need seadeldised peavad asuma vedela hapniku kasutamiskoha läheduses, et transportimise aeg oleks võimalikult lühike. Vedel hapnik aurub intensiivselt, muutudes gaasiks.

Immutusmaterjaliks tarvitatakse tahma, aktiivset sütt, puidujahu, turvast, tselluloosist brikette jne. Immutusainete valiku ja omavahelise segamisega võib saada mitmesuguse brisantsusega lõhkeaineid, alates püsirohu-sarnastest ja lõpetades kõrgelt brisantsetega

Keskmiised vedelhapnik-lõhkeainete iseloomustavad andmed on järgmised: gaaside maht 1 kg kohta 1825—3345 liitrit, plahvatustemperatuur 2852—3970°, surve oma mahu (lõhkemiseelsele mahule vastavas) ruumis 7700—7900 kg/cm<sup>2</sup>, detonatsioonikiirus 3100—6200 m/sek.

Kuivad padrunid valmistatakse eespoolmainitud materjalidest vajalikus suuruses ja toimetatakse töökoha lähedusse, kus toimub nende immutamine vedela hapnikuga. Vedel hapnik aurub immutatud padrunitest kiiresti ja lühikese aja möödudes võivad nad muutuda kõlbmatuks. Secpärast tuleb immutatud padroneid kasutada võimalikult kiiresti. Immuta-

tud padrunite lõhkeväärtuse püsivus oleneb oluliselt padrunite diameetrist. Andmed selle kohta on paigutatud tabelisse 6.

Tabel 6.

Padrunite diameeter mm	Lõhkeväärtuse püsivus min.	Padrunite diameeter mm	Lõhkeväärtuse püsivus min.
30	5—15	100	30—60
40	10—20	150	45—70
50	15—30	200	60—90
75	20—50	—	—

Padrunid, mille diameeter on alla 100 mm, valmistatakse harilikult 300 mm pikkused, jämedamad 500—1000 mm pikkused.

Et tööliste käed ei külmuks vedela hapniku madala temperatuuri tõttu, varustatakse nad nahkkinnastega (kummikindad ei kõlba).

Laetud lõhkeaukude topiseks peab kasutama materjali, mis võimaldab pidevalt gaasistuva hapniku lõhkeaugust väljumist. Harilikult tarvitatakse selleks jämedateralist liiva. Kui lõhkeaugus on vett, siis kiireneb vedela hapniku aurumine 2—3 korda.

#### 10. Detonaatorite valmistamiseks kasutatavad lõhkeained.

Detonaatorite (lõhkekapslite) valmistamiseks kasutatakse kahesuguseid lõhkeaineid: 1) tule- ning sädemetundlikke ja küllalt brisantseid, et panna lõhkeaine suuremat kogust plahvatama; 2) väga brisantseid ja suure detoneerimisvõimega, mille väike kogus suudab detoneerida suuri vähetundlike lõhkeainete laenguid.

Esimesse rühma kuuluvad: paukelavhõbe, seatina-aziid (pliiaziid) ja seatina-trinitroresortsinaat (teneres), ning teise rühma: tetrüül, pentriit ja heksogeen.

Detonaatorite valmistamisel asetatakse teise rühma kuuluvad lõhkeained detonaatori kapsli ehk kesta põhja ja esimese rühma lõhkeained peale (kesta lahtise otsa poole). Detonaatori kasutamisel paigutatakse süütenõõri ots või elektrisütitik kesta lahtisest otsast sisse, et sädemed või leek puutuksid otseselt kokku pealepoole asetatud esimesse rühma kuuluva lõhkeainega.

Kesta (kapsli) kinnine ots (põhi) paigutatakse laengusse, mis võimaldab detonaatori plahvatamisel võimsa detonatsioonilaine edasiandmist laengule.

Paukelavhõbe  $\text{Hg}(\text{CNO})_2$  on alla  $+50^\circ$ -lises temperatuuris püsiv aine. Üle  $50^\circ$ -lises soojuses algab tema lagunemine ja ta plahvatab  $160\text{--}165^\circ$  puhul. Väga madalas temperatuuris, mis esineb vedela hapnikuga immutatud padrunites, alaneb tema lõhkevõime tunduvalt ja ta muutub kasutamiskõlbmatuks. Kuiv paukelavhõbe on väga tundlik. Isegi väikesed tule-sädemed ja mehhaanilised mõjustused (hõõrumine, kriimustus jne.) osutuvad ohtlikeks. Üle 5%-lise niiskusega paukelavhõbe ei lõhke.

Detonaatoreis kasutatava paukelavhõbeda niiskus ei tohi ületada 0,03%. Suurema niiskusega paukelavhõbe moodustab vaskkestades (vasega kokkupuutumisel) ühendeid, mis on veel tundlikumad väliste mõjustustele ja muutuvad seega käsitlemisel väga ohtlikeks.

1 kg paukelavhõbedat annab plahvatusel 304 liitrit gaase. Tema plahvatustemperatuur on  $4810^\circ$  ja detonatsioonikiirus 5400 m/sek. 2-kg-ne raskus, kukkudes 2 cm kõrguselt, paneb paukelavhõbeda plahvatama (Kast'i proov).

Pliiaziid  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$  on roosa kristalne peeneteraline pulber. Soojuse toime suhtes on ta vähem tundlik kui paukelavhõbe. Alla  $100^\circ$ -lises kuumuses ei lagune. Süttimistemperatuur on  $327^\circ$ . Niiskus mõjub temasse vähe; plahvatab ka 30% niiskuse sisaldamisel. Ka vedela hapniku madal temperatuur ei avalda halba mõju. Punase ja valgevasega kokku puutudes moodustab väga kergesti plahvatava vaskaziidi, seepärast ei kasutata plii-aziid-detonaatorite valmistamisel mainitud metallidest kesti.

Pliiaziid on suure detoneerimisvõimega lõhkeaine (võimsam kui paukelavhõbe). 1 kg annab plahvatusel 308 liitrit gaase. Plahvatustemperatuur on  $4030^\circ$  ja detonatsioonikiirus 5300 m/sek., plahvatab 2-kg-se raskuse kukkumisest 3—4 cm kõrguselt.

Plii-trinitroresortsinaat  $\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb} \cdot \text{H}_2\text{O}$  on kristalne aine, mis ei lahustu vees. Löögi, hõõrumise, tuleleegi ja süütenööri sädemete mõjul plahvatab. Süttimistemperatuur on  $270^\circ$ . Üks kg annab plahvatamisel 448 liitrit gaase. Plahvatustemperatuur on  $2800^\circ$  ja detonatsioonikiirus 5200 m/sek. Plahvatab 2-kg-se raskuse kukkumisest 11 cm kõrguselt (Kast'i proov). Plii-trinitroresortsinaat süttib tulest ja sädemeist kergemini kui pliiaziid. Plii-trinitroresortsinaati lisatakse pliiaziidile eesmärgil muuta pliiaziid-detonaatorid leegist ja süütenööri sädemeist kergemini süttivaiks.

Tetrüül  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{NCH}_3\text{NO}_2$  on kollakasroheline lõhnata pulber, mis lahustub vees väga vähe. Tulest süttib põlema ja põleb kiiresti. Lagunemine algab temperatuuril  $145^\circ$ , plahvatab  $195^\circ$  puhul. Pikemat aega kuumutades võib plahvatada ka madalamal temperatuuril. Süütenööri leegist

süttib harva põlema. Kast'i proovil plahvatab 2-kg-se raskuse kukkumisest 30 cm kõrguselt.

1 kg tetrüüli annab plahvatusel 742 liitrit gaase. Plahvatustemperatuur on 3915° ja detonatsioonikiirus 7200 m/sek. Tetrüül on väga brisantne lõhkeaine, mis annab hea detonatsiooni, seepärast kasutatakse teda nii lõhkekapslites teise lõhkeainena kui ka suurte laengute kasutamisel vahelaenguteks.

Heksogeen  $C_3H_6N_3(NO_2)_3$  on kristalne valge lõhnata ja maitseta pulber. Vees lahustub vähesel määral. Ei muutu kuni 110°-lises kuumuses. Põlema süüdatult põleb heleda leegiga ja sulab. Sulanud osa moodustab jahtudes kollase kooriku. Plahvatades annab 1 kg 908 liitrit gaase. Plahvatustemperatuur on 3850° ja detonatsioonikiirus 8300 m/sek. Kast'i proovil plahvatab 2-kg-se raskuse kukkumisest 29 cm kõrguselt.

Heksogeen on võimas ja väga brisantne lõhkeaine.

Pentriit (ten)  $C(CH_2ONO_2)_4$  on valge peeneteraline kristalne pulber. Vees ei lahustu ega kaota plahvatusvõimet. Eluruumi temperatuuris aurub kergesti; tekitab kerget peavalu (vähemal määral kui nitroglütseriin). Põlema süttib visalt, põleb väikeses koguses rahulikult, kuid suurema koguse (üle 1 kg) põlemine muutub detonatsiooniks. Kiirel kuumutamisel 220°-ni plahvatab. Plahvatades annab 1 kg 780 liitrit gaase. Plahvatustemperatuur on 4010° ja detonatsioonikiirus 8200 m/sek. Tundlikkus mehhaaniliste mõjustuste suhtes on võrdne tetrüüli tundlikkusega.

## 11. Must püssirohi.

Musta püssirohtu kasutatakse suurte ehituskivide murdmisel lahtistes kaevandustes. Väikese detonatsioonikiiruse (400 m/sek.) tõttu on püssirohu toime paiskav, mis hõlbustab suurte tükkide eraldumist. Lõhkamisel tekib palju mürgist vingugaasi (CO), mistõttu püssirohu kasutamine allmaatödel on keelatud.

Must püssirohi on käsitsemisel ohtlik. Plahvatab tulega ja sädemetega kokku puutudes. Kui ükski osake lõõgi või hõõrumise tagajärjel kuumeneb 250—310°-ni, siis plahvatab terve kogus. Lõhkeb kivide ja terase vastastikutest lõõkidest tekkinud sädemeist.

Must püssirohi sisaldab kolme ainet: kaaliumsalpeetrit 63—77%, väävliit 8—19% ja puusütt 5—15%, mis omavahel peavad olema hästi läbi segatud. Sellest segust valmistatakse terad läbimõõduga 1,5—3 mm (peeneteraline) ja 3—8 mm (jämedateraline).

Must püssirohi niiskub kergesti. Kui niiskust on üle 1%, hakkavad terad kaotama oma läiget. Kui niiskust on 3—4%, siis võib pärast kuiva-

tamist püssirohtu kasutada, kui aga niiskust on üle 5%, muutub ta täiesti kõlbmatuks.

Liigselt niiskunud ja hiljem kuivanud püssirohu väliseks tunnuseks on valged salpeetрилаigid terade pinnal.

Tarvituskõlblikus mustas püssirohus ei tohi niiskust olla üle 1%.

Püssirohu süütamiseks kasutatakse süütenööri (ilma detonaatorita), elektrisütikuid ja detoneerivat nõõri. Detoneeriva nõõri asetamine püssirohu-laengusse suurendab detonatsiooni kiirust ja laengu võimsust.

## 12. Plahvatuse tekitamise viisid ja vahendid.

Lõhkamistöõdel esineb kaks plahvatuse tekitamise viisi: a) tulega süütamine ja b) elektrivooluga süütamine.

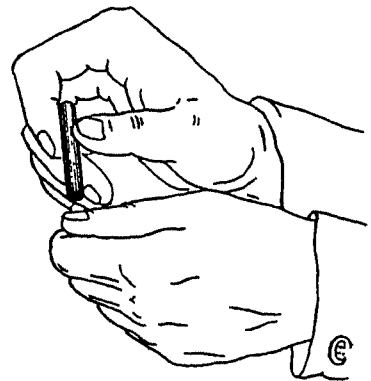
### a) Tulega süütamine.

Selleks et tekitada lõhkeainelaengu plahvatust, kasutatakse tulega süütamisel kapsel-detonaatoreid, süütenööri ja hõõgtahti või erilisi süüteküünlaid. Hõõgtahti või süüteküünla abil süüdatakse põlema süüte-



Tetrüül Paukelavhõbe  
või lina-aziid

Joon. 95. Kapseldetonaatori lõige.



Joon. 96. Õige purukõrvaldamine  
detonaatorist.

nõõri südamik, mis põledes suunab tule kapsel-detonaatorisse. Viimane plahvatab tulega kokkupuutumisel ja paneb plahvatama lõhkeainelaengu, millesse ta on asetatud.

Tulega võib edukalt süüdata üksikuid väiksemaid laenguid ja väiksemaid laengute rühmi.



Kapsel-detonaatorid (lõhkekapslid) koosnevad laengust ja kestast. Kestad valmistatakse metallist (vask, valgevask, alumiinium, raud) või paberist. Metallkesta moodustab silindriline toruke, mille ühes otsas on poolkera-kujuliselt sissepoole surutud põhi ja teine ots on lahtine (joon. 95). Paberkest sarnaneb metallkestaga, kuid tema põhi on kooniliselt sissepoole surutud. Süvendit kesta põhjas nimetatakse kumulatiiv-süvendiks. See suurendab detonaatori detonatsiooni toimet (vt. „Lõhkeaine kumulatiivne toime”). Umbes  $\frac{2}{3}$  kesta pikkusest täidetakse laenguga, mis koosneb kahest osast: 1) väga brisantsest ja suure detoneerimisvõimega lõhkeainest, mis asetatakse kesta põhja, ja 2) sädemeist ning tulest kergesti plahvatavast ja küllalt brisantsest lõhkeainest, mis asetatakse esimese peale, kesta lahtise otsa poole.

Laeng pressitakse tihedalt kokku ja kaetakse metallkaanekesega, mille keskel on avaus. Kaas kaitseb laengut väljavarisemise ja juhuslike mõjustuste vastu.

Kesta tühi osa on määratud süütenööri otsa paigutamiseks, kui süütamine toimub lahtise tule abil, või elektrisüütiku asetamiseks, kui süüdatakse elektriga (harilikult valmistatakse elektridetonaatoreid koos sütikutega).

Kapseldetonaatoreid valmistati varem kümnes suuruses, kuid kaasaegsed laialt tarvitatavad käsitsuskindlad lõhkeained vajavad tugevajõulist detonatsioonitõuget ja seepärast valmistatakse meil, NSV Liidus, ainult sellekohaseid detonaatoreid. Tabelis 7 leiduvad kõik vajalikud andmed nende kohta.

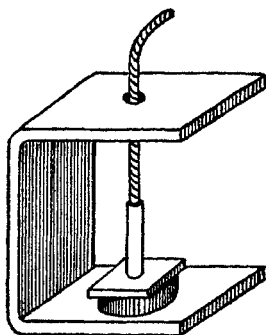
Detonaatorite käsitlemisel peab olema eriti ettevaatlik ja talitama määruste kohaselt. Kunagi ei tohi kapslisse sattunud puru välja urgitseda ega välja puhuda. Urgitsemisel võib detonaator plahvatada, kuna puhudes satub niiskus paukelavhõbedale ja tagajärjeks on tõrge, mis pidurdab tööd ja valmistab palju segadust. Puru kõrvaldamiseks võib kummutatud detonaatorit koputada kergelt sõrmeküünele (joon. 96).

Tabelis 7 esitatud detonaatorid ei ole ühesuguse võimsusega. Nende võimsus oleneb lõhkeainetest, millest koosnevad detonaatorite laengud. Võimsamad on aziid-tetrüül-detonaatorid, sellele vaatamata et nendes üldiselt on lõhkeainet vähem. Neid kasutatakse vastutusrikkamatel töödel.

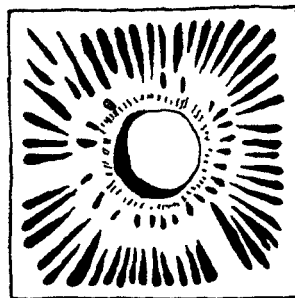
Pakkimisel asetatakse kapseldetonaatorid, arvult 100 tk., püsti metall- või pappkarpi, mis kaetakse kaanega. Karp vooderdatakse seest lainelise paberiga. Detonaatorid ei tohi karbis loksuda. Et kergem oleks detonaatoreid karbist välja võtta; asetatakse ladumisel viimase detonaatori alla paberist lint, mille otsad pikemalt välja ulatuvad. Tõmmates lindist saame ühe detonaatori välja, mille järel kergeneb ka teiste detonaatorite välja-võtmine.

Viis karpi pakitakse papist tuppe ja viimased asetatakse 10-kaupa (5000 det.) suurde karpi, mis paigutatakse puukasti. Viimase kaas ja põhi kinnitatakse kruvidega. Kogu pakk peab olema tihedalt täis. Karpide kaantele liimitakse sedel, millel peab olema: vabriku märk, detonaatorite sort ja arv, saadetise number, valmistamise aeg. Samad andmed kirjutatakse puukasti peale, lisades sõnad „Взрывчатый груз”.

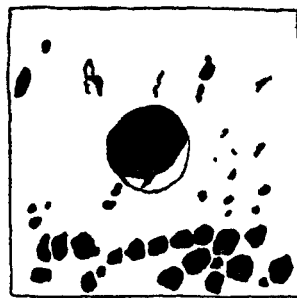
Kapseldetonaatorite kõlblikkust proovitakse välise vaatluse ja brisant-suskatsete abil. Väliseks vaatluseks võetakse üks kast, millest valitakse 10 karpi ja igast karbist võetakse 10 detonaatorit. Metallkestad ei tohi olla pragunenud ega tunduvate mõlkide ja möradega. Paberist kestades ei tohi olla lahtisi kordi, mis võivad takistada süütenööri sisseasetamist.



Joon. 97. Kapseldetonaatori proovimine pliiplaadi läbilõõmises.



a



b

Joon. 98. Korralliku detonaatori plahvatusel läbilõõdud (a) ja kõlblmatu detonaatori lõhkemisel vigastatud pliiplaat (b)

Kesta lahtise otsa siseküljel ei tohi olla laike. Kaitsekaas ei tohi liikuda ega ära libiseda; lõhkeaine ei tohi välja variseda. Kapslil võib esineda kriimustusi, milles sõrmeküüs ei takistu ja kaitsekaane kohalt võib kapsel olla ka veidi jämedam, aga mitte rohkem kui kapsli ettenähtud jämedus — 7 mm. Kapsli kest võib olla ka tumedam.

Brisantsusprooviks võetakse ühest kastist vähemalt 30 detonaatorit. Kui ükski neist osutub kõlblmatuks, korratakse proovi veel 30 detonaatoriga. Kui aga proovimise kordamisel leidub kas või üks kõlblmatu detonaator, siis praagitakse kogu saadetis.

Proovimist toimetatakse järgmiselt: võetakse tasandatud äärtega raudtoru ots (lõik), mille diameeter on 40 mm ja kõrgus 50 mm, selle peale asetatakse pliiplaat suurusega 40 × 40 mm või ümmargune, diameetriga 45 mm. Plaadi paksus peab olema paukelavhõbe-tetrüül-deto-

naatorite proovimisel 5 mm ja pliaziid-tetrüül-detonaatorite proovimisel 6 mm.

Plaadi keskele paigutatakse püsti proovitav detonaator ja süüdatakse süütenõoriga või elektrisütikuga (joon. 97). Plahvatades peab detonaator plaadist läbi lööma ümmarguse augu, mille diameeter ei tohi olla väiksem kui detonaatori diameeter (joon. 98).

Tabel 7

Detonaatorite nimetus	Diameeter mm		Pikkus mm	Kesta täitmata osa pikkus mm	Kesta materjal	Laeng			
	välimine	sisemine				I osa			II osa
						paukelavhõbe	pliaziid	pliidinitrore-sortsinaat	
Paukelavhõbe-tetrüül-detonaatorid . . .	7,05	6,6	47±2	Mitte vähem kui 15 mm	Vask või valgevask	0,5	—	—	1,0
	7,65	6,6	50±2	"	Paber	0,5	—	—	1,0
Aziid-tetrüül-detonaatorid . . . . .	7,05	6,6	47±2	"	Alumiinium	—	0,2	0,08	1,0
	7,65	6,6	50±2	"	Paber	—	0,2	0,08	1,0

Süütenõör koosneb kergelt pressitud mustast püssirohust südamikust, mille keskel on juhtniit, ja seda ümbritsevast mitmekordsest niitpõimikust, mis kaetakse vastavalt ülesannetele niiskus- või veekindla kattega. Süütenõõri ülesanne on juhtida tuld teatava kindla ajavahemiku vältel detonaatorisse või lõhkeainelaengusse (kui lõhkeaine plahvatab sademest). Süütenõõre valmistatakse kahesuguse põlemiskiirusega: a) normaalselt põlev ja b) aeglaselt põlev.

Normaalselt põleva süütenõõri 600 mm pikkune lõik peab ära põlema 60—69 sek. vältel ja niisama pikk aeglaselt põleva süütenõõri lõik 108—126 sek. vältel. Suuremaid kõikumisi ei tohi esineda. Süütenõör peab põlema ühtlase kiirusega. Liiga kiire või liiga aeglane põlemine võib muutuda ohtlikuks lõhkamistööde teostajatele. Süütenõõri diameeter on 5—6 mm piirides. Praegu valmistatakse järgmisi süütenõõride sorte:

a) gutapertš-kattega, normaalselt põlev, kasutamiseks vees ja mägades paikades;

b) polükloorvinüül-kattega, normaalselt põlev, kasutamiseks vees ja märgades paikades;

Tabel 8.

Süütenõõri sordid	Niitkatte ja isolatsiooni iseloomustus	
	sisemine	välimine
Gutapertš-kattega, normaalselt põlev	1. kord — linane või puuvillane 2. kord — linane või puuvillane, kaetud tõrvakorruga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva ja naftabituumeni seguga	Linane või puuvillane, kaetud tõrva ja gutapertšmastiksi seguga või tõrva, kivisõetõrva ja gutapertšmastiksi seguga või seguga naftabituumenist, kivisõetõrvast ja gutapertšmastiksist
Polükloorvinüül-kattega, normaalselt põlev	1. kord linane või puuvillane 2. kord linane või puuvillane	Kaetud polükloorvinüül-massiga
Kahekordselt asfalteeritud, normaalselt põlev	1. kord linane või puuvillane 2. kord linane või puuvillane, kaetud tõrvakorruga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva, naftabituumeni ja tõrva seguga 3. kord — linane või puuvillane, kaetud asfalmastiksiga	Puuvillane, kaetud tõrvakorruga või kivisõetõrva ja tõrva seguga või kivisõetõrva ja naftabituumeni seguga, parafiinikorruga ja talgipuudriga
Asfalteeritud, normaalselt põlev	1. kord — linane või puuvillane 2. kord — linane või puuvillane, kaetud tõrvakorruga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva, naftabituumeni ja asfalmastiksi seguga	Linane või puuvillane, kaetud tõrvakorruga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva ja naftabituumeni seguga ja parafiinikorruga ning üle puuderdatud talgiga
Asfalteeritud, aeglaselt põlev	1. kord — linane või puuvillane 2. kord — linane või puuvillane, kaetud tõrvakorruga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva ja naftabituumeni seguga ja asfalmastiksiga	Linane või puuvillane, kaetud tõrvakorruga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva ja naftabituumeni seguga, kollase värvikorruga ja talgipuudriga
Polükloorvinüül-kattega, aeglaselt põlev	1. kord — linane või puuvillane 2. kord — linane või puuvillane	Kaetud polükloorvinüül-massiga ja kollase värvkattega

c) kahekordse asfalteeritud kattega, normaalselt põlev, kasutamiseks vees ja märgades paikades;

d) asfalteeritud kattega, normaalselt põlev, kasutamiseks niisketes ja kuivades paikades;

e) polükloorvinüül-kattega, aeglaselt põlev, kasutamiseks vees ja märgades paikades.

f) asfalteeritud kattega, aeglaselt põlev, kasutamiseks niisketes ja kuivades paikades.

Aeglaselt põlev süütenõor on pealt kollaseks värvitud, et teda oleks kergem teistest eraldada. Andmed süütenõoride katekihtide ja isolatsioonimaterjali kohta on paigutatud tabelisse 8.

Süütenõor lõigatakse 10 m pikkusteks tükkideks ja keeratakse rõngaskeradesse. Rõngaskerad asetatakse 25 kaupa üksteise peale, mässitakse paber ümber ja köidetakse kinni. Sääraseid kokkukõidetud kimpe asetatakse 12 tükki puukasti, mille kaas kinnitatakse naeltega. Kasti ümber seotakse pehme traat, mille otsad plombeeritakse.

Kogu lõhkamistöödeks saadud süütenõor vaadatakse üle ja proovitakse. Vaatlusel ei tohi nõõril esineda pragusid, murdeid, pehmeid kohti, harunenud katekihti, jämedamaid ega peenemaid kohti. Kui leidub mainitud defekte, siis lõigatakse nad kõik kohe hoolega välja.

Põlemiskiiruse ja täieliku põlemise proove võetakse vähemalt 1% saadetest. Kõik süütenõõrid, mis on määratud kasutamiseks vees ja märgades paikades, proovitakse ühtlasi ka niiskuskindluse suhtes. Selleks asetatakse nad neljaks tunniks 0,5 m sügavusele vette. Iga vette asetatav nõor murtakse 2—3 kohast 45° all kõveraks. Veest välja võttes lõigatakse 5 cm pikkused tükid otsast ära. Vees viibimine ei tohi mõjuda süütenõõri põlemise kiirusele.

Põlemiskiiruse prooviks võetakse kümme 60 cm pikkust süütenõõri lõiku, millete põlemise kiirust jälgitakse stopriga; kiirus ei tohi olla alla 60 sek. ega üle 69 sek. Sama pikkusega aeglaselt põlevad süütenõõri lõigud peavad põlema 108—126 sek. vältel. Kui esineb ühelgi juhul kiiremat või aeglasemat põlemist, siis korratakse katset kahekordse arvu süütenõõri lõikudega. Kui kordamiskatsel esineb veel kas või ühelgi juhul kiiremat või aeglasemat põlemist, siis seda partiid (saadetist) tarvitamisele ei lasta.

Täieliku põlemise katseks võetakse 10 m pikkused süütenõõri lõigud. Nõor tõmmatakse sirgeks ja jälgitakse, kas põlemine toimub ühtlase kiirusega. Kõik nõõrid peavad ära põlema, ilma et esineks kustumist, ei tohi esineda tule kiiret edasihüpet ega pidurdusi. Kui kas või ükski nõor vahepeal kustub, korratakse katset kahekordse arvu nõõridega. Ka ühe kustumise esinemisel teistkordsel katsel nõõrisaadetist töösse ei lasta.

Süütenõõri süütamise vahenditena kasutatakse a) hõõgtahti, b) erilisi süüteküünlaid ja c) süütepadruneid.

Hõõgtaht (süüteht) valmistatakse kaaliumsalpeetriga immutatud kanepist või puuvill-lõngadest, mille ümber on keritud puuvillniidid.

Süüteht hõõgub ilma leegita ega kustu tuuletõmbuses. Tema diameeter on 6—8 mm ja põlemiskiirus on 0,5—1 cm minutis. Hakkab kergesti hõõguma tikutulest või sädemest.

Süüteküünlad valmistatakse 175—200 mm pikad ja kuni 10 mm jämedad. Küünal koosneb kahest osast: põlev osa süütamiseks ja mitte-põlev osa kinnihoidmiseks, viimase pikkus on vähemalt 50 mm. Põleva osa otsas on süütepea, mis süttib hõõrumisest nagu tuletikk. Neid küünlaid valmistatakse 1,2- ja 3-minutise põlemisajaga. Süüteküünlaid peab hoidma kuivas kohas.

Süütepadrunid valmistatakse mitme süütenõõri üheaegseks süütamiseks. Padruni kest on paberist; selle põhjas on süüteainest sõõr. Süüteaine koosneb 5% kampilist, 10—12% parafiinist ja 83—85% peenest püssirohust. Süütenõõride otsad seotakse kimpu, lõigatakse tasaseks ja kaetakse süütepadruniga. Põlev aine padruni põhjas süüdatakse lühikese süütenõõrilõiguga, mille tagajärjel süttivad kõik süütenõõrid. Süütepadruneid valmistatakse mitmesuguse jämedusega, 3 kuni 30 süütenõõri üheaegseks süütamiseks.

#### b) Elektriga süütamise vahendid.

Elektriga süütamisel juhitakse elektrivool elektrisütikusse, millesse on asetatud hõõgtraat. Hõõgtraat kuumeneb momentaanselt ja süütab teda ümbritseva kergestisüttiva koostise. Viimane paneb plahvatama detonaatori ja sellest plahvatab lõhkeainelaeng.

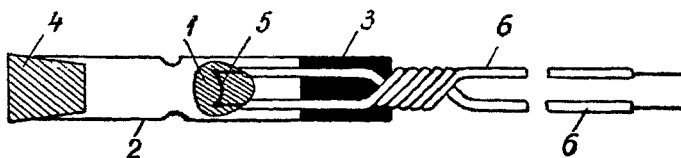
Elektrivooluga süütamise paremuseks on:

- 1) üheaegne mitme laengu plahvatamine, mis annab paremaid purustuse tagajärgi;
- 2) puudub see osa mürkgaase, mis tekivad süütenõõri põlemisel;
- 3) võimaldab gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes teha lõhkamistöid;
- 4) on vähem ohtlik kui tulega süütamine; süütamine toimub vajalikust kaugusest, ohutus kohas;
- 5) enne süütamist on võimalik kontrollida traatide võrgu ja sütikute korrasolekut.

Puuduseks on keerukam ettevalmistustöö, mis nõuab teostajalt teadmisi elektri alal.

Elektrisütikud. Tänapäeval kasutatakse ja valmistatakse meil ainult elektrihõõgsütikuid, millede ehituse skeem sarnaneb elektrilambi skeemiga. Elektrisädesütikud ei võimalda toimetada elektrivõrgu kontrolli enne detoneerimist. Selle olulise puuduse pärast neid ei kasutata.

Elektrihõõgsütik (joon. 99) on oma ehituselt lihtne. Süütetraatide otsad ühendatakse jootmise teel hõõgsillaga, s. o. peene konstantaantraadikesega, mille diameeter on 0,035—0,050 mm ja pikkus 4—6 mm.

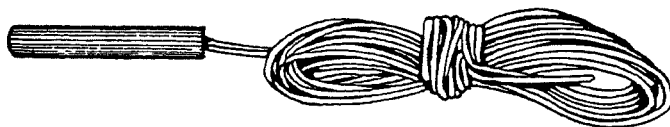


Joon. 99. Elektrihõõgsütik: 1 — kergestisüttiv aine, 2 — kest, 3 — veekindel mastiks, 4 — kork, mis kasutamisel kõrvaldatakse, 5 — hõõgsild, 6 — isoleeritud vaskjuhtmed.

Süütetraatide otsad ühes hõõgsillaga ümbritsetakse kergestisüttiva ainega. Läbi hõõgsilla juhitud elektrivool kuumutab seda ja süütab ümbritseva põleva aine momentaanselt.

Voolutakistus neis hõõgsütikuis on 0,65—2 oomi. Voolutugevuse ülemmäär, mis ei tekita veel lõhkemist, on 0,3—0,4 amprit. Minimaalne voolutugevus üksiku hõõgsütiku takistamata lõhkemiseks peab olema vähemalt 1,0—1,5 amprit ja grupi süütamisel vähemalt 2,5 amprit.

Sütik on asetatud torukesse, mille lahtine ots on kaitstud korgiga.



Joon. 100. Elektridetonaatori üldvaade.

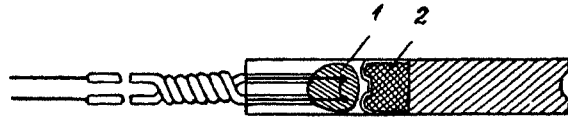
Elektridetonaatorid (joon. 100). Kui ühendame elektrisütiku kapseldetonaatoriga, saame elektridetonaatori. Elektridetonaatoreid valmistatakse tehastes ja saadetakse proovitult tarvitajatele.

Elektridetonaatoris asetatakse sütik detonaatoriga ühisesse kesta nii, et hõõgniidist süttiv mass on detonaatori esimese laengupoole lähedal ja süüdatult paneb selle plahvatama (joon. 101). Plahvatus toimub silmapilkselt elektrivoolu sütikusse juhtimise momendil.

Elektridetonaatoreid valmistatakse kuivade töökohtade jaoks kella- ja traadist juhtmetega, märgades paikades kasutamiseks — kummikattega

isoleeritud traatidega. Elektridetonaatorite kestad valmistatakse samadest materjalidest, millest valmistatakse eespoolkirjeldatud kapseldetonaatorite kestad.

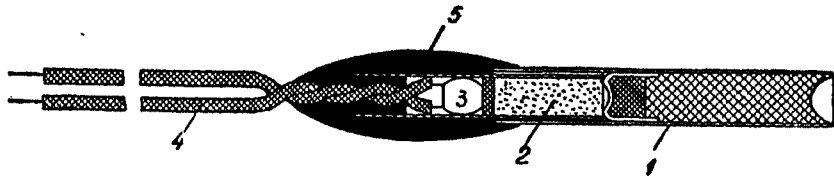
Sagedasti on väga oluline, et üksikud laengud või laengute rühmad ei plahvataks korraga, vaid teatavas järjekorras. Näiteks peavad kaeveõn-  
suste rajamisel murdelaengud plahvatama esimestena. Suurtes etes on



Joon. 101. Elektridetonaatori lõige: 1 — kergestisüttiv aine, 2 — detonaatori laeng.

šahtide rajamisel ja süvendamisel tihti nõutav, et mitu laengugruppi plahvataks järjekorras. Selle võimaldamiseks valmistatakse viitsüütamisega elektridetonaatoreid (joon. 102).

Meil valmistatakse viitsüütamisega elektridetonaatoreid viivitusega 2, 4, 6 ja 8 sekundit. Viivitus saavutatakse sellega, et elektrisütiku ja detonaatori laengu vahele asetatakse lühem või pikem põlevast massist tulbakene. Aeg, mis kulub selle tulbakese läbipõlemiseks, annabki viivituse.



Joon. 102. Viitsüütamisega elektridetonaator: 1 — detonaator, 2 — viivitav osa, 3 — hõõgsilda ümbritsev kergesti süttiv aine, 4 — voolujuhtmed, 5 — isoleerimismastiks.

Muus osas ei erine viitsüütamisega elektridetonaator harilikust elektridetonaatorist, mille kohta on andmed toodud tabelis 7.

Elektridetonaatorite süüetraadid keeratakse kimpu (joon. 100) ja pakitakse pappkarpidesse, kusjuures iga rea vahele asetatakse laineline paber.

Elektridetonaatorite käsitlemisel peab täitma samu ettevaatusreegleid, mis kehtivad harilikku detonaatorite käsitlemisel.

Elektridetonaatorite proovimiseks teostatakse: 1) välist vaatlust, 2) hõõgsilla korrasoleku kontrolli, 3) takistusvõrdsuse kontrolli, 4) brisantuskatset (seatinaplaadi proov), mis sarnaneb hariliku detonaatori



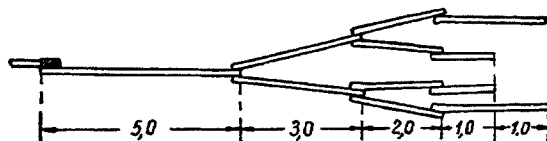
prooviga, 5) veekindluse proovi (ainult kummikattega isoleeritudel), 6) viivituse proovi (ainult viitsüütedetonaatoritel).

Proovide teostamise kirjeldused ja tingimused leiduvad erikursustes ja lõhkamistöde määrustikes.

### c) Detoneeriv nõõr.

Detoneeriv nõõr koosneb kõrge brisantsusega lõhkeainet sisaldavast südamikust ja niitkattest, mis ümbritseb seda südamikku. Südamikku läbib kaks niiti, mis soodustab lõhkeaine ühtlast paigutust kogu nõõri pikkuses. Lõhkeainet on südamikus 1 m kohta 8—12 g. Detoneerivaid nõõre on mitmesuguste südamikudega. NSV Liidus valmistatakse neid pentriiti sisaldava südamikuga, nimetusega ДШ-43, mille detonatsioonikiirus on ligi 7000 m/sek.

Kate koosneb: 1) linasest niidist valmistatud sisemisest kihist, mis vahetult ümbritseb südamikku, 2) linasest niidist tehtud keskmisest kihist, mis pealt on kaetud niiskuskindla kihiga, 3) pealmisest kihist (puuvillniidist), mis pealt on kaetud niiskuskindla massiga.



Joon. 103. Detoneeriva nõõri proovimise skeem.

Detoneeriv nõõr peab olema painduv ja tema diameeter peab olema ligikaudu 5,5 mm. Et detoneerivat nõõri eraldada süütenõõrist, millega tal on palju sarnasust, värvitakse tema pealne katekiht punaseks. Detoneeriv nõõr plahvatab hariliku detonaatori toimel kas tule või elektriga süütamisel.

Detoneeriva nõõri peamine ülesanne on 1) edasi anda detonatsiooni suurtele vahemaadele; 2) detoneerida laengut kogu selle pikkuses (detoneeriv nõõr asetatakse rööbiti laenguga kogu selle pikkuses), kuna detonaator detoneerib laengut ainult ühest kohast; 3) tagada mitme laengu (laengute seeria) üheaegset plahvatamist, vaatamata nende küllaltki suurele vahemaale, kui nad on ühendatud detoneeriva nõõriga. Detoneeriv nõõr kindlustab paremaid tulemusi kui detonaator. Suurte laengute korral on detoneeriva nõõri kasutamine kohustuslik.

Detoneerivat nõõri võib lõigata terava noaga, asetades nõõri puust alusele; ta talub ka tugevaid lööke. Sellele vaatamata on löõmine ja ras-

kete asjade kukutamine nööri pihta keelatud. Lõikamise ajal asetatakse nöörikeri lõikamise kohalt 10 m kaugusele. Tulest süttib detoneeriv nõör põlema, põleb 5—10 cm ulatuses ja kustub siis. Pika nööri süütamine on keelatud, sest mõnikord võib tema põlemine muutuda detonatsiooniks.

Detoneerivat nõöri ei tohi hoida päikesepaistel ega liiga kuumas kohas. Detoneeriva nõöri katekiht on veekindel 12 tunni vältel. Pikemat aega niiskes kohas hoidmise tagajärjel detoneeriv nõör rikneb. Detoneeriva nõöri läheduses ei tohi suitsetada ega teha lahtist tuld. Hoiukoht peab olema kuiv. Vabrikud valmistavad detoneerivat nõöri 50 m pikkustes lõikudes, mis keritult rõngas-keradesse ja paberisse keeratult pakitakse puukastidesse (600 m kastis).

Detoneerivat nõöri ei tohi hoida ega vedada ühes lõhkeainetega ja detonaatoritega. Ainult erijuhtudel võib olla 600 m detoneerivat nõöri (1 kast) ja 10 000 tk. detonaatoreid ühes ruumis.

Proovimiseks võetakse vähemalt 50 m detoneerivat nõöri vähemalt viiest kerast ja eri kastidest. Prooviks võetud nõör lõigatakse katki ja neist lõikudest sõlmitakse kokku kaks 25 m pikkusest nõörist koosnevat skeemi. Üksikute lõikude pikkus ja skeemi harunemine on näidatud joonisel 103. Mõlemad skeemid peavad detonaatori mõjul täielikult plahvatama. Kui esineb tõrge, siis praagitakse proovitav saadetus (partii) välja.

## **B. Lõhkeainete hoidmine, vedu ja kandmine.**

### **1. Lõhkeainete ja lõhkamisvahendite ladude põhimõtted. Baasilaod ja tarvituslaod.**

Kõik lõhkematerjalid jagatakse nende ohtlikkuse ja hoiutingimuste kohaselt nelja gruppi (tabel 9).

Lõhkematerjalide hoidmiseks peavad olema selleks kohandatud laod. Lao nimetuse all mõistetakse kas üht hoiuruumi või hoiuruumide gruppi, mis asub ühel isoleeritud territooriumil.

Lõhkematerjale hoitakse vabriku pakendis plommitud kastides. Ilma vabriku plommideta lubatakse hoida ainult neid kaste, millest võetakse proove. Kui transportimisel on mõnel kastil plomm kadunud, siis võib hoida ka neid, kui kadumise kohta on koostatud aktid.

Ladudes peab olema eriline raamat, millesse märgitakse riikliku mäetehnilise inspektori poolt kontrollkäikudel leitud puudused ja nende kõrvaldamise aeg. Puuduste kõrvaldamise kohta tehakse märkused eri lahtrisse. Sellesse raamatusse teevad märkusi ka kõrgemate juhtivate asutiste esindajad lao külastamisel.

Lõhkematerjalide laod võivad olla maapealsed, maasse süvendatud ja maa-alused.

Kõik lõhkematerjalide laod jagunevad 1) baasiladudeks ja 2) tarvitusladudeks.

Baasiladude ülesanne on varustada lõhkematerjalidega tarvitusladusid.

Tabel 9.

I grupp	II grupp	III grupp	IV grupp
Nitroglütseriini sisaldavad lõhkematerjalid	Aromaatilise rea nitroderivaadid	Ammooniumsalpeetrit sisaldavad lõhkematerjalid	Lõhkamisvahendid: kapseldetonaatorid, elektridetonaatorid, elektrisütlitkud, detoneeriv nõõr, süütenõõr, süütetah, süüteküünlad, süütepadrunid

Nendes on keelatud kastide avamine ja mineerijatele lõhkeainete väljaandmine. Proovide võtmisel tuleb kastid laorumist välja viia vähemalt 25 m kaugusel asuvasse eriruumi.

Tarvitusladude ülesanne on varustada mineerijaid lõhkematerjalidega.

Tarvituslaod võivad olla:

- 1) alatised, kasutamisaajaga üle 2 aasta;
- 2) ajutised, „ kuni 2 aastat;
- 3) lühiajalised, „ kuni 3 kuud.

Kõik laoruumid peavad olema ehitatud kinnitatud projektide kohaselt miilitsaorganite ja tuletõrje-järelevalve nõusolekul.

Kuni viimase ajani erinesid tarvituslaod baasiladudest mahutavuselt. Tarvitusladudes ei lubatud hoida ammooniumsalpeeter-lõhkeaineid üle 32 t ja nitroglütseriin-lõhkeaineid üle 16 t ühes vastava hulga lõhkamisvahenditega. Lõhkamistöde laienemisega muutus selline piiramine takistavaks ja see kitsendus kaotati; kehtib ainult üks põhimine nõue — keelatud on nitroglütseriin-lõhkeainete või -detonaatorite kastide avamine hoidlas; selle jaoks peab ehitama eri ruum.

Igasse eri gruppi kuuluvaid lõhkematerjale tuleb hoida eraldatud hoonetes. Erandeid tehakse ainult väikestele tarvitusladudele eriliste nõuete täitmisel. Vahekaugus üksikute hoiuruumide vahel saadakse arvutuse teel põhimõttel, et ühes hoiuruumis plahvatav lõhkeainekogus ei detoneeriks teistes lao territooriumil asuvates hoiuruumides hoitavaid lõhkeaineid.

Nitroglütseriini sisaldavate lõhkeainete ja püssirohtude laod peavad tingimata olema ümbritsetud vallidega (joon. 104).

Maapealsete ladude maa-ala (territoorium) peab olema ümbritsetud okastraataiaga, mille kõrgus on vähemalt 2 m, või kindla planguga, mille kõrgus ei tohi olla alla 2,5 m. Plangu ülemist äärt mööda tuleb lüüa okas- traat või naelad teravate otstega ülespoole. Lao territooriumi piiri kaugus lähemast hoiuruumist peab olema vähemalt 40 m. Juurdesõidutee kohal

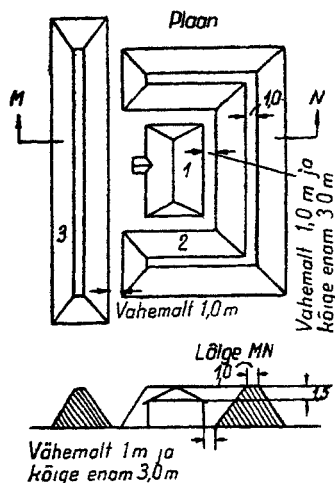
peab olema värav ja uks, mis peavad olema lukustatud. Värava ja ukse võtmed peavad olema lao valveülema käes.

Lao territooriumi ümber raadiusega 100 m peab olema kaitseala, kust põõsad ja okaspuumets olgu maha raiutud ja kuiv hein ning muud kergesti süttivad ained kõrvaldatud.

Laoplatsil asuvate hoonete katused peavad olema tulekindlast materjalist. Maapealsete ladude sissekäigu-uksed tehakse kahekordsed, sisemine neist peab olema restitaoline. Uksed asetatakse akende asukoha vastaspoolsesse külge.

Hoiuruumidel peavad olema ruumide tuulutamiseks õhu väljatõmbetorud siibritega või reguleeritavate klappidega.

Laohoonete põrandad peavad olema asfaldist või puust, tuulutusega põranda all. Ajutistes ladudes võivad olla muldpõrandad, kaetud laudadega.



Joon. 104. Vallidega ümbritsetud lõhkeainelaoruum: 1 — lao- ruum, 2 ja 3 — vallid.

Lõhkematerjalide kastid peavad olema paigutatud riiulitele kaanega ülespoole ja neid tuleb hoida eeskirjade kohaselt.

Lõhkematerjalide hoiuruumides ei ole lubatud teha mingisuguseid töid peale lõhkematerjalide vastuvõtmise ja väljaandmise.

Nitroglütseriini sisaldavate lõhkeainete kastide avamiseks peab tarvita vasesest või muust ainekst tööriistu, mis ei anna sädemeid. Kastide avamine peab toimuma laual, millel on kõrgemad ääred ja mis on kaetud presendiga.

Üksikutes hoiuruumides tohib olla maksimaalselt:

I. Nitroglütseriin-lõhkeaineid . . . . .	70 tonni
II. Aromaatilise rea nitroderivaate . . . . .	120 tonni
III. Ammooniumsalpeeter- ja muid lõhkeaineid . . . . .	240 tonni
IV. Lõhkamisvahendeid (bruto) . . . . .	120 tonni

Lõhkeainelaod peavad olema kõrvalistes kohtades, küllaldaselt kaugusel eluhoonetest, asulatest, vabrikutest, liiklusteedest jne. Nende minimaalsete kauguste väljaarvutamisel võetakse arvesse ladude mahutavust, lõhkeaine iseloomu, hoonete püsivust, tähtsust ja muid tingimusi ning nõudeid.

Lõhkeainete hoiuruumid ehitatakse tüüpprojektide järgi väiksema või suurema lõhkeainekoguse hoidmiseks.

Tüüpiline hoiuruum vähese hulga mitmesse gruppi kuuluvate lõhkeainete hoidmiseks on toodud joonisel 105.

Laohoone on ehitatud räbubetonist ja koosneb 4 ruumist.

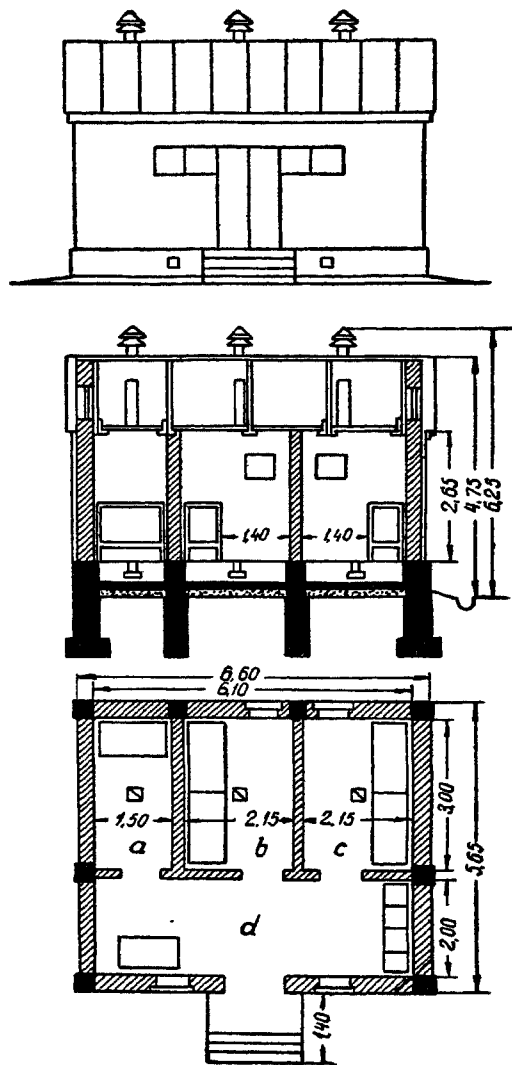
1) Ruum *a* on määratud lõhkamisvahendite hoidmiseks. Ruum on varustatud kahekordse riiuliga ja tõmbetoriga, mis ülalt on kaetud võrguga. Aknaid ei ole, valgus pääseb ruumi läbi lahtise ukse.

2) Ruum *b* on määratud ammoniidide hoidmiseks. Ruumis on kahekordne riiul. Ruumil on aken ja tõmbetoru.

3) Ruum *c* on sisustatud samuti kui ruum *b* ja on määratud dünamiitide hoidmiseks.

4) Ruum *d* on määratud lõhkeainete väljaandmiseks; selles ruumis on lõhkeainete väljaandmiseks laud ja kapid mineerijate lõhkeaine kandekottide hoidmiseks.

Kõik lõhkematerjalide hoiuruumid on eraldatud üksteisest räbubetonseintega, milles ei ole



Joon. 105. Hoiuruumi tüüp, mis on määratud väikese koguse mitmesse gruppi kuuluvate lõhkeainete hoidmiseks: *a* — lõhkamisvahendid, *b* — ammoniidid, *c* — dünamiidid, *d* — lõhkeainete väljaandmise ruum.

uksi ega muid avausi. Samast materjalist ustega sein lahutab neid ruume väljaandmisruumist.

Ajutised tarvituslaod võivad olla laud-, savi- või koobasehitised. Ajutiste laoruumidena võib kasutada ka muid hooneid, nagu maju, kus inimesed ei ela, korralikke koopaid ja teisi ruume. Ruumides olevad küttekolded tuleb tellistega kindlalt kinni müürida.

Ammoniitide hoiuruumid tuleb hoida niiskuvabad ja nad peavad omama head õhuvahetust.

Kui kapseldetonaatorite või elektridetonaatorite arv ei ületa 6000 tk., siis võib neid hoida lõhkeainelaos lukustatult puukapis, mille riiulid on kaetud vildi ja presendiga või kummiplaatidega. See osa ruumist, milles asub kapp, peab olema eraldatud 25 cm paksuse tulekindlast materjalist seinaga.

Maapealsete lõhkematerjaliladude juures peab olema relvastatud valve. Kaevanduste maa-aluste ladude valvurid varustatakse külmrelvaga.

## 2. Lühiajalised tarvituslaod ja hoiupunktid.

Kui lõhkamistööd omavad liikuvat iseloomu, siis on lubatud ehitada kergeid kokkupandavaid laoruume, milledes võib hoida mitte üle 3000 kg ammoniite, 15 000 kapseldetonaatori ja 600 m detoneerivat nõõri. Seejuures peavad lõhkamisvahendid olema eri ruumis, lõhkeainelaole mitte lähemal kui 25 m.

Lühiaegseid lõhkeainete hoiupunkte lubatakse asutada mitte kauemaks kui 90 päevaks.

Neis hoiupunktides võib lõhkeaineid hoida koobastes ja telkides. Kastid tuleb asetada alustele ja katta puldaniga. Hoiupunktides ei tohi hoida rohkem kui 250 kg lõhkeaineid ja 1000 kapseldetonaatorit. Kapseldetonaatorid tuleb hoida eraldi, lukustatud puukastis, mis on seest kaetud vildiga. Kast tuleb asetada vähemalt 2 m kaugusele lõhkeainetest.

Lõhkeainete hoiupunkt peab asetsema elamutest, teedest ja tööliste asukohast vähemalt 100 m ja lõhkamistööst 200 m kaugusel.

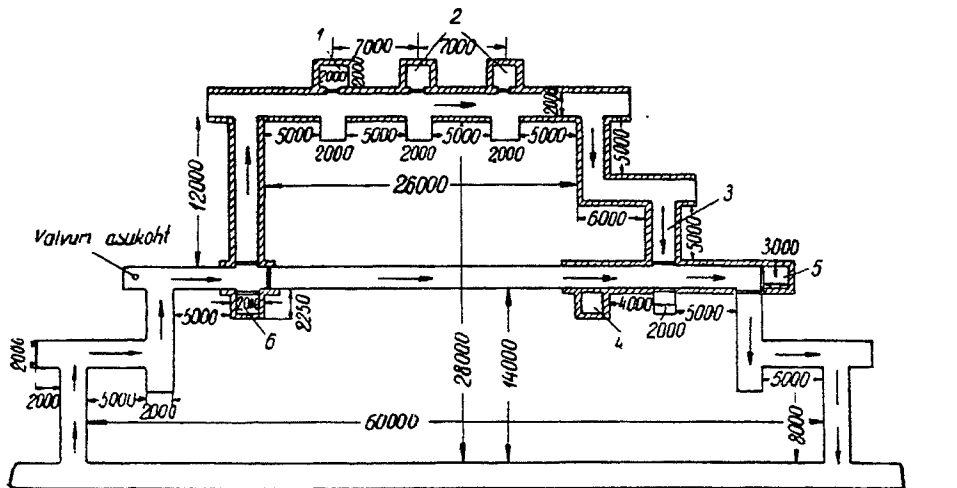
## 3. Maa-alused laod.

Maa-alustes kaevandustes võib hoida lõhkeaineid ainult selleks ehitatud laoruumides, mis koosnevad vähemalt 5 kambrist (joon. 106): 1) lõhkeainete hoidmiseks, 2) lõhkamisvahendite hoidmiseks, 3) lõhkamismaterjalide väljaandmiseks, 4) lõhkeaine kandekottide hoidmiseks, 5) kapseldeto-

naatorite süitenööri otsa kinnitamiseks ja elektridetonaatorite kontrollimiseks.

Maa-alune lõhkeaineladu peab asuma:

- 1) šahtile mitte lähemal kui 100 m;
- 2) kambritele, kus asuvad masinad, pumbad, depoo, ooteruum, elektrialajaam, töökojad, tööriistade ladu jne., mitte lähemal kui 60 m;
- 3) kaeveõõnsustele, kus alaliselt liigub inimesi, mitte lähemal kui 25 m;
- 4) õhujuhtimise ustele, millede rikkumine võib tunduva osa kaevandusest jätta värsket õhuta, mitte lähemal kui 60 m.



Joon. 106. Maa-alune lõhkeaineladu ühes juurdepääsukäikudega: 1 — lõhkamisvahendite hoiuruum, 2 — lõhkeainete hoiuruumid, 3 — lõhkeainete väljaandmise ruum (koht), 4 — lõhkeainete kandekottide hoiuruum, 5 — ruum, kus kinnitatakse kapseldetonaatorid süitenööri lõikude külge, 6 — kütteseadmete ruum.

Käigud, mis ühendavad ladu teiste kaeveõõnsustega, peavad omama vähemalt kolme 90°-lise nurgaga käänakut; iga käänaku läbilõige peab olema vähemalt 4 m<sup>2</sup> ja lõppema tupikuga, mille pikkus on 2 m (joon. 106). Käigud peavad olema rajatud nii, et mineerijatele, kes lähevad laost lõhkeainega, ei tuleks vastu teised, kes tulevad saama lõhkeaineid (liikumise suund joonisel on näidatud nooltega).

Lõhkeaineladu ei tohi asuda maapinnale lähemal kui 30 m. Juhul, kui ladu on maapinnale lähemal, tuleb see koht maapinnal eraldada kindla traataiaga.

Laoruumide toestik peab olema kas tellistest või betoonist. Mäetehnilise inspektsiooni erilisel loal võib kasutada ka puittoestikku, mis peab olema kaetud vähemalt 5 cm paksuse tsementkrohviga raudvõrgul.

Lao hoiukambrid ja nende juurde viivad käigud peavad olema elektervalgustusega. Hoiukambreid valgustatakse läbi ukse kohale paigutatud akna. Lampide pesad paigutatakse käikude lakke.

Gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes peab elektervalgustuse armatuur olema plahvatusohutu.

Kui kaevanduses puudub elektervalgustus, siis võib lõhkeaineladu valgustada kantavate elektri-akumulaatorlampidega või bensiini-kaitselampidega, mis peavad olema korras, plommitud või omama magnetlukku. Hoiukambrites ja nende juurde viivates käikudes ei tohi neid lampe kustutada ega põlema süüdata.

Käesoleval ajal esineb Nõukogude Liidus peamiselt kolme tüüpi maaluseid lõhkeaineladusid: 1) varem kasutusele tulnud laotüüp 2) „Šahtstroji” ladu ja 3) niššladu, mis on välja töötatud ja esitatud V. A. Assonovi poolt.

Esimest tüüpi ladu (joon. 106) koosneb eespoolkirjeldatud käikudest ja järgmistest kambritest: 1) lõhkamisvahendite hoidmiseks (1), 2) lõhkeainete hoidmiseks (2) — igaüks 1000 kg lõhkeaine mahutamiseks<sup>1</sup>, 3) mineerijate lõhkeaine kandekottide hoidmiseks (4), 4) lõhkeainekastide avamiseks ja lõhkematerjalide väljaandmiseks (3), 5) kapseldetonaatorite kinnitamiseks süütenõõrilõikude külge ja elektridetonaatorite proovimiseks (5), 6) küttevahendite ja signaalseadeldiste paigutamiseks (6).

Ühenduskäigud on asetatud nii, et mineerijatel ei tuleks mööduda hoiukambritest, nad liiguvad otse ühenduskäiku mööda kandekottide väljaandmiskambrite juurde.

Lõhkematerjalide hoiukambrite sisustus ja hoidmise kord on sama-sugune kui maapealsetes ladudes.

Iga hoiukambri vastas on kambrialiune ja -kõrgune ning 2 m sügavune nišš, mille ülesanne on sama, mis käänakute tupikutel — pidurdada õhusurvet lõhkematerjalide hoiukambri plahvatamise puhul.

Lõhkematerjali kastide lahtivõtmise ja väljaandmise ruum on asetatud käigu teise käänaku lõppu, ühenduskäigu juurde, ja on eraldatud ühenduskäigust vaheseinaga, millesse on tehtud üks ja väljaandmise ava. Ava lähedal on 2 lauda — üks kastide avamiseks ja teine (ava ees) —

<sup>1</sup> Musta metalli maagikaevandustes on lubatud hoida igas kambri 2000 kg lõhkeainet. Kui seda tüüpi ladude mahutavus hakkab takistama lõhkamistöde laienemist kivi-sõekaevandustes, siis arvatavasti suurendatakse neid piire vastavalt nõuetele.

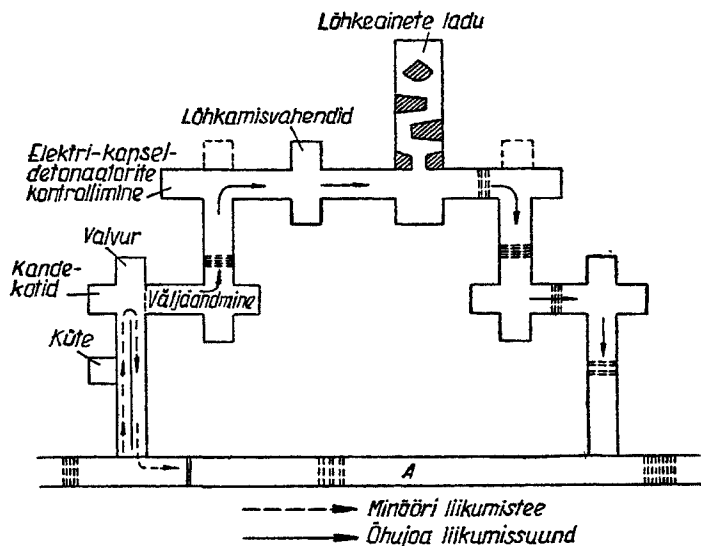


väljaandmiseks. Kastide avamiseks kasutatavad tööriistad, uste ja avade hinged peavad olema metallist, mis ei anna sädemeid (pronks, vask jne.). Kui laos hoitakse ainult ammoniite ja lõhkamisvahendeid, siis võivad tööriistad olla rauast.

Kõigis ruumides peavad olema tihedad puitpõrandad, mis tuleb hoida puhtad.

Kandekottide hoiuruumis peab olema igale mineerijale eraldi kapp.

Kütteruumis on elektri-õhusoojendusseadeldis. Soojendatud õhk juhitakse hoiuruumidesse torude ja ventilaatorite abil. Kütteruumis asuvad



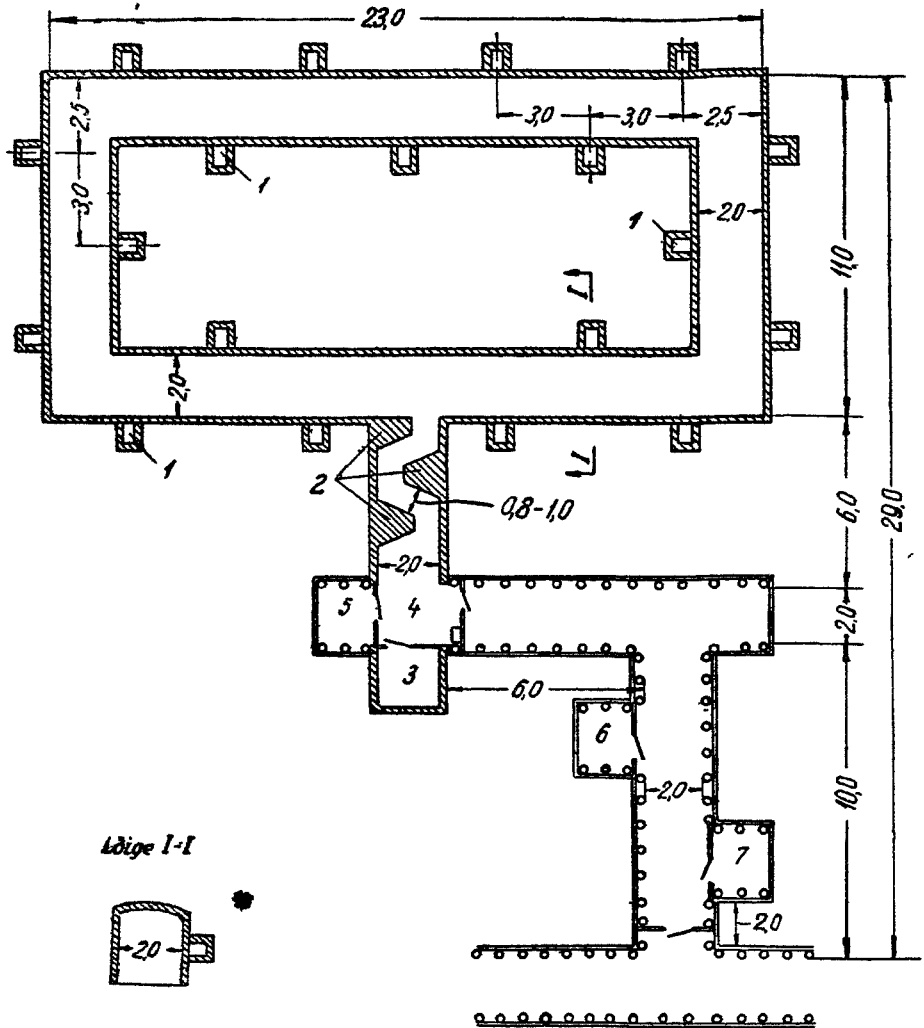
Joon. 107. „Šahtostroi” lõhkeainelao skeem.

ka valgustusjuhtmete lülitustahvlid, signaalseadeldise aparaadid ja telefon. Valvur asub küttekambri lähedal nišis.

Teist tüüpi ladu, mis on välja töötatud „Šahtostroi” poolt (joon. 107), omab järgmisi kambreid: 1) lõhkeainete hoidmiseks, 2) lõhkamisvahendite hoidmiseks, 3) elektridetonaatorite kontrollimiseks, 4) lõhkematerjalide väljaandmiseks, 5) kandekottide hoidmiseks, 6) kütteseadeldise paigutamiseks ja 7) valvuri ruum.

Lõhkeaineid hoitakse lao kaugemas osas, kuhu selleks on asetatud riiulid. Hoiuruumi ette jäetakse tervik, mille vorm on näha joonisel. Mõlemale poole tervikut on jäetud 1 m laiused vahed hoiuruumi pääsemiseks. Edasi on käigus neli massiivset betoonmüüri ja käigu vastas tupik. Terviku, betoonmüüri ja tupiku ülesandeks on summutada lõhkeaine plahva-

tamise tagajärjel tekkinud võimsat õhusurvet, mille purustused võivad levineda kaugetele käikudesse.



Joon. 108. Niššlao skeem: 1 — nišid lõhkeaine hoidmiseks, 2 — kaitsemüürid (betoonist), 3 — süütenööri hoiruum, 4 — lõhkeaine väljaandmise paik, 5 — detonaatorite süütenööri külge kinnitamise ruum, 6 — lõhkeaine kandekottide hoiruum, 7 — kütteseadeldiste ruum.

Lõhkamisvahendite ruum on paigutatud esimesse juurdepääsukäiku nii, et tema keskkoha ja lõhkeaineruumi keskkoha vahemaa otsejoones oleks vähemalt 10 m.

Kõik teised ruumid on sisustatud samuti kui esimeses laos; nende asetus on märgitud joonisel 107.

Niššladu, mille skeemi näeme joonisel 108, on originaalne ja lahendab kergesti lõhkeainete suurte koguste hoidmise ohu küsimuse.

Nišiks nimetatakse süvendeid käigu seintes, mis on arvestatud 1—2 kasti lõhkeainete mahutamiseks. Rida sääraseid nišše moodustab lao. Niššide põhimõte seisneb selles, et lõhkeaine plahvatus ühes nišis ei kanduks edasi teistele. Selle eesmärgiga on nad paigutatud üksteisest 3 m kaugusele. Lõhkeaine niisuguse väikese koguse juhuslik plahvatus ei tekita suuri purustusi ja ladu on võimalik kiiresti korda seada.

Nišid, kus hoitakse lõhkematerjale, on betooniga vooderdatud, varustatud ustega ja omavad sees riulit, millele asetatakse kast lõhkeaine või lõhkamisvahenditega. Kui nišid on arvestatud 2 kasti paigutamiseks, siis asetatakse teine kast riuli alla puust alusele. Kasti ja seinte vahe peab olema igalt poolt vähemalt 4 cm. Nišš kahe kasti paigutamiseks on 45 cm lai, 85 cm sügav ja 90—100 cm kõrge. Joonisel 108 esitatud lao skeemi võib muuta vastavalt sellele, kui suure lõhkeainekoguse hoidmiseks on ladu arvestatud. Juurdepääsukäikude skeem ja kaitseehitised peavad jääma vormilt ja mõõtmetelt igal juhul muutmata.

Lao sissekäigu juurde ehitatakse kolm massiivset betoonist kaitsemüüri, mille vahel on 1 m laiune siksakiline käik. Nende kaitsemüüride ja tupikute ülesanne on samasugune nagu eespoolkirjeldatud „Sahtostroi” lao puhul.

Teised, lao abiruumid on paigutatud järgmiselt: elektridetonaatorite kontrollimise ruum 5 (joon. 108) on erilises kambriks  $2 \times 2$  m lao sissekäigu lähedal, süütenõõri hoiuruum 3 asub lao sissekäigu vastas tupikus.

Lõhkematerjalide väljaandmiseks kasutatakse esimese ja teise käigu ühinemiskohta 4 süütenõõri hoiuruumi ja elektridetonaatorite kontrollimise ruumi ees. See ruum on eraldatud käigust vaheseinaga, milles on uks ja väljaandmise luuk. Ruum on varustatud laudade ja toolidega.

Kandekottide ruum 6 on paigutatud kolmandasse juurdepääsukäiku ja tema lähedale, vastaspoolsesse külge, on asetatud kütteruum 7.

Kõik ruumid on sisustatud nagu eespoolkirjeldatud ladudel. Valvuri koht on käigus, kütteruumi lähedal.

Kaks käiku kuni lõhkematerjalide väljaandmise punktini eraldatakse pikuti vaheseinaga (joonisel ei ole näidatud). Ühel pool vaheseina liiguvad mineerijad lõhkematerjale saama ja teiselt poolt tulevad nad täidetud kottidega välja.

#### 4. Lõhkematerjalide väljaandmine ja kontroll.

Lõhkematerjalide vastuvõtmisel ja väljaandmisel peab olema range kontroll. Sissetulek ja väljaandmised kirjutatakse viibimata nõõrraamatusse.

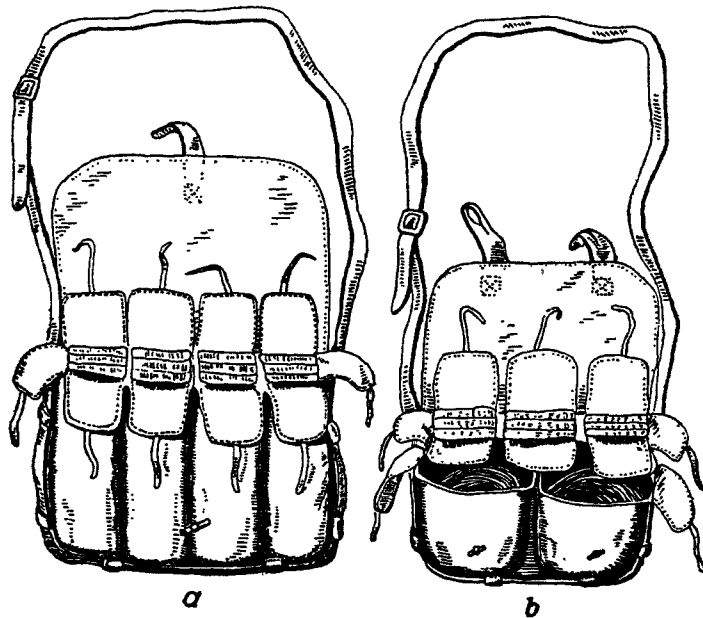
Mineerijad märgivad üles laengute arvu, kulutatud lõhkeaine ja muu materjali hulga.

Lõhkematerjali võib anda ainult mineerijatele ja nende abidele, kes on lõpetanud vastavad kursused ja omavad sellekohast tunnistust.

Lõhkematerjale annab välja laoulem või tema abi (laohoidja). Esmajärgjekorras antakse välja lõhkematerjal, mis on varem lattu toodud. Lõhkematerjalid tuuakse hoiuruumist väljaandmise ruumi vabriku kastides. Kastide avamist võib toimetada ainult väljaandmise ruumis. Kui osa materjali jääb kasti, siis kaetakse kast enne tagasiviimist kaanega.

#### 5. Lõhkematerjalide kandmine.

Lõhkematerjalide kandmist laost kuni töökohani peavad toimetama mineerijad. Lõhkematerjalide kandmist lubatakse ka õppinud ja hästi



Joon. 109. Kotid lõhkeaine kandmiseks: *a* — ainult lõhkeaine kandmiseks, *b* — lõhkamisvahendite ja lõhkeaine kandmiseks.

instrueeritud töölistele mineerijate saatel ning järelevalvel. Detonaatoreid ja elektridetonaatoreid võib kanda ainult mineerija.

Kui kandmine toimub korraga mitme isiku poolt, siis peab üksikute kandjate vahemaa olema 10 m; ammoniitide kandmisel — mitte alla 5 m.

Lõhkematerjale võib kanda ainult erilistes puldan- või nahkkottides (joon. 109), või selleks tehtud kandekastides. Lõhkamisvahendeid tuleb kanda eraldi kotis. Massiliste lõhkamiste puhul lubatakse ammooniumsalpeeter-lõhkeaineid kanda vabriku kastides.

Nitroglütseriin-lõhkeainete kandmine temperatuuril alla  $+10^{\circ}$  peab toimuma erilistes termosnõudes või kottides, mis ei lase külmuda.

Lõhkematerjalide kandmine taskutes ja riietuse all on keelatud.

Lahtiste tööde puhul on lubatud lõhkematerjale kanda kuni 20 kg ja allmaa-kaeveõõnsustes 10 kg. Massiliste lõhkamistöde korral on lubatud meestel kanda ammooniumsalpeeter-lõhkeaineid korraga üks kast vabriku pakendis.

Padrundamata pulbrilisi ammooniumsalpeeter-lõhkeaineid on lubatud kanda tsiingitud ja kaanega kaetavates ämbrites.

Lõhkematerjalide kandjad peavad peatumatult minema töökohtadesse, möödudes kaugemalt inimeste kogunemiskohtadest.

## 6. Lõhkeainete edasitoimetamine šahtides ja allmaa-kaeveõõnsustes.

Lõhkematerjalide šahtipidi kaevandusse laskmist ja mööda kaeveõõnsusi hoiuruumini toimetamist ei tohi korraldada ühel ajal inimeste tõstmise ja allalaskmisega. Šahtihoonesse ei tohi lõhkematerjale jätta ka mitte lühemaks ajaks.

Lõhkematerjali šahtipidi tõstmisest või allalaskmisest peab ette teatama masinistile, ülemistele ja alumistele tõstetööde korraldajatele ja signaliseerijatele.

Lõhkematerjalide kaste võib asetada tõstekongi põhjale ainult ühe korraga, erandina on lubatud ammooniumsalpeeter-lõhkeainete kaste asetada üleku ti kuni kongi  $\frac{2}{3}$  kõrguseni. Detonaatorid ja elektridetonaatorid paigutatakse kongi ja lastakse alla eraldi teistest lõhkematerjalidest. Lõhkematerjalide kongi asetamise ja väljavõtmise juures ei tohi olla isikuid, kes selle tööga pole otseselt seotud.

Kongi ühel korrusel lubatakse tõsta või alla lasta kaks mineerijat ühes lõhkematerjali kottidega, kui kummalgi ei ole kotis rohkem kui 10 kg lõhkeainet. Mineerijad lõhkeainega paigutatakse kongi väljaspool järjekorda.

Lõhkematerjalide tõstmise ja allalaskmise ajal ei tohi tõstuki kiirus ületada 2 m/sek., kusjuures seismajätmine peab toimuma pikkamisi.

Lõhkeainete toimetamisel kaevanduse õuest laoruumi ei tohi olla üleliigseid inimesi. Vedu või kandmine peab toimuma teistest materjalidest eraldi, lõhkematerjalide hoidmise eest vastutava isiku juuresolekul.

Lõhkematerjalide kandjad peavad signaalidega (vile või pasunaga) hoiatama lähedal viibivaid töölisi lõhkeainete lähenemise eest. Detonaatorite viimine teostatakse eraldi teistest lõhkematerjalidest.

Lõhkematerjalide transporteerimise ajal peab jätma seisma kõik muud veod.

Lõhkematerjale võib vedada lao juurde elektriveduritega, kui on täidetud erilised tingimused, mis on ette nähtud määrustikkudes.

Lõhkematerjalide vedamisel allmaa-kaeveõnsustes asetatakse lõhkematerjalide kastid erilistesse puust vagonettidesse, mis seest on vooderdatud vildiga; seejuures on keelatud asetada kaste ülekuuti. Ammooniumsalpeeter-lõhkeainete kaste võib asetada üksteise peale, kusjuures kastid ei tohi ulatuda üle vagoneti ääre.

Allmaaoludes ei tohi üks inimene kanda rohkem lõhkeaineid kui 10 kg ühes vajaliku arvu lõhkamisvahenditega; lõhkamisvahendeid tuleb seejuures kanda eraldi kotis.

Saanud laost lõhkematerjalid, võib mineerija selleks määratud ruumis lõigata süütenõõri vajaliku pikkusega lõikudeks, kinnitada detonaatorid lõikude otsa, asetada kandekottidesse ja minna töökohta.

Teel töökohta ei tohi kuskil peatuda, inimeste gruppidest tuleb mööduda kaugemalt ja lõhkematerjale ei tohi jätta kellegi hoole alla, ka mitte lühemaks ajaks. Kaitselampi peab hoidma nii, et lõhkeaine selle soojusest ei plahvataks ega süttiks põlema.

Kui mineerijale antakse lõhkeaineid mitme eesjaoks, siis esimeste ete laadimisel hoitakse üleliigne lõhkeaine kandekottides eest eemal ohutus kohas, kogunud tööliste valve all, kes on teadlik lõhkeainete omadustest. Lõhkematerjale ei tohi kunagi jätta valveta.

Tarvitamata jäänud lõhkematerjal tagastatakse lattu pärast tööaja lõppu ühes tööülesande täitmise lehega.

Lõhkematerjalide endaga kaasaviimine on kõvasti keelatud.

## 7. Lõhkematerjalide hävitamine.

Kõik lõhkematerjalid (lõhkeained ja lõhkamisvahendid), mis on tunnustatud kõlbmatuks ja ohtlikuks, tuleb hävitada.

Lõhkamistöõde määrustiku kohaselt võib lõhkematerjale hävitada neljal viisil: 1) uputamise, 2) lahustamise, 3) põletamise ja 4) lõhkamise teel. Kui on võimalik hävitada lõhkamisega, tuleb eelistada seda hävitamisviisi; kui see on võimatu, tuleb kasutada uputamist, ja ainult siis, kui eelmisi hävitamisviise ei saa kasutada, võib põletada.

Hävitamiseks määratud lõhkeainekogus, hävitamise aeg ja koht peavad olema 5 päeva ette teatatud miilitsaorganitele ja riiklikule mäetehnilisele inspektorile.

Hävitamist peab toimetama isik, kellel on lõhkamistöõde teostamise luba, lõhkeainelao juhataja, riikliku mäetehnilise inspektori ja miilitsa esindaja juuresolekul.

Iga hävitamise kohta koostatakse akt, millele kirjutavad alla kõik ülaltähendatud juuresolijad. Hävitamine peab toimuma eeskirjade ja korra kohaselt, mis on ette nähtud lõhkamistöõde määrustikus.

#### 8. Laengute paigutamise viisid lõhkamistöõdel mäetööstuses.

Antud kivimihulga purustamiseks võetud lõhkeainekogust, mida nimetatakse *laenguks*, võib paigutada selle kivimi sisse või peale (vastu). Esimest nimetatakse *sisemiseks* ja teist *välimiseks* laenguks.

Välimisi laenguid tarvitati senini harva. See tööviis nõudis suurt lõhkeainekulu, kuna purustuse tulemused olid liiga kasinad. Kuid alates 1946. aastast on saanud suure leviku osaliseks kumulatiivsete pealepannavate lõhkeainelaengute kasutamine (vt. „Lõhkeainelaengu kumulatiivne toime”). Väliseid laenguid kasutatakse suurte kivide ja rahnude purustamiseks pealmaatöõdel ja suurte kaevisetükkide purustamiseks allmaatöõdel.

Laengute kivimi sisse asetamiseks kasutatakse selleks otstarbeks puuritud auke ja erilisi kaeveõõnsusi (miinikambrid).

Kivimisse puuritavad augud lõhkamistöõde tegemiseks jagunevad tööviisidelt, töövahendite järgi ja otstarbelt kahte ossa: 1) kergete puurimisvahenditega puuritavateks *lõhkeaukudeks* ja 2) raskete puurimisvahenditega puuritavateks *sügavlõhkeaukudeks* ehk *miinipuuraudeks*.

*Lõhkeaukudeks* nimetatakse lõhkeainelaengute paigutamiseks kivimisse või maavarasse puuritud auke sügavusega 3—4 m (harva rohkem) ja diameetriga 30—75 mm (harilikult 32—50 mm). Lõhkeaugu algust nimetatakse *suuks* ja lõppu — *põhjaks*.

Lõhkeauke kasutatakse lõhkamistöõde tegemiseks peaaegu eranditult kivisõe puhul ja tootmistöõdel teistes kihtvarapaikades. Ka kaeveõõnsuste

rajamisel lõhkamistöödega kasutatakse lõhkeauke laengute paigutamiseks.

Mõnikord ei mahu purustamiseks vajalik lõhkeainekogus puuritud aukudesse; tuleks kas puurida auke tihedamini või laiendada harvemalt asetsevate lõhkeaukude põhju. Kõvades kivimites kasutatakse sügavamate lõhkeaukude põhja laiendamiseks väikest lõhkeainelaengut, mille plahvatuse tagajärjel tekib augu põhja õõnsus, mida nimetatakse katlaks ehk koopaks. Kui katel ühel lõhkamisel ei saanud küllalt suur, siis korratakse laiendamist suurema laenguga. Pärast puhastamist ja jahutamist võib paigutada katlasse nõutava suurusega laengu. Katlameetodit kasutatakse harva, sest korduvad lõhkamised katla tegemiseks on seotud suure ajakuluga ja teiselt poolt võimaldavad kaasaegsed puurimisvahendid küllaltki kiiresti tihedama lõhkeaukude komplekti puurimist vajaliku lõhkeainekoguse paigutamiseks.

Sügavlõhkeaukudeks ehk miinipuuraaukudeks nimetatakse suurte lõhkeainelaengute paigutamiseks kivimisse või maavarasse puuritud auke, mille sügavus ulatub 25—30 m-ni (mõnikord veel rohkem) ja diameeter on 40—300 mm vahel. Nende aukude puurimiseks kasutatakse erilisi raskeid puurimisvahendeid.

Sügavlõhkeauke kasutatakse laialdaselt lahtistes kaevandustes ja tihti allmaakaevandustes maakide tootmisel. Esmakordselt hakati sügavlõhkeaukude meetodit allmaatöödel kasutama NSV Liidus rauamaakide tootmisel. Nüüd on see meetod laialt levinenud Krivoi Rogis, Uuralis ja mujal, kus purustatakse korraka suuri koguseid kõvu maake.

Mõnikord moodustatakse lõhkeaine abil sügavlõhkeaukude põhja katlaid suurte laengute paigutamiseks.

Miinikambriid. Lahtistes kaevandustes vajab katekihtide kõrvaldamine mõnikord suurte kivimikoguste purustamist. Samuti vajatakse mõnedel ehitustöödel suurte kivimimassiivide purustamist ja kõrvaldamist. Selleks otstarbeks kaevatakse šurfid või stollid ja nendest tehakse erilised käigud, milledes rajatakse miinikambriid ehk miinikolded. Miinikambritesse paigutatakse laengud, mis on arvestatud suurte kivimimassiivide purustamiseks või eemalepaiskamiseks. Allmaatöödel kasutatakse säärast lõhkamisviisi alt õõnestatud maagimasside varistamiseks.

Lõhkamistööd jagunevad kolme järjestikku teostatavasse töökaiku: 1) aukude puurimine või tegemine, 2) nende laadimine lõhkeainelaenguga ja 3) lõhkamine. Mainitud tööd peavad olema omavahel täielikus kooskõlas. Ainult siis saadakse soovitavaid tulemusi, kui aukude sügavus, nende arv ja suund ees on võetud vastavalt kivimite kõvadusele ja valitud vastav lõhkeaine ning määratud kindlaks üksikute laengute suurus.



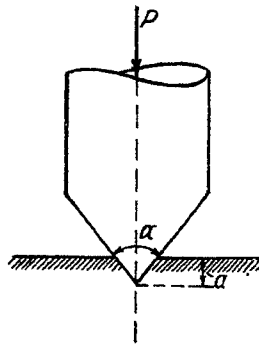
## C. Lõhkeaukude puurimine.

### 1. Sissejuhatus.

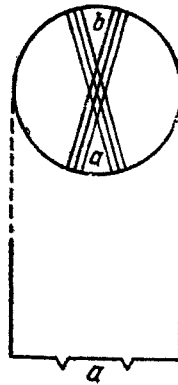
Lõhkeauke lõhkamistöde tegemiseks võib puurida käsitsi ja masinatega igas nõutavas suunas. Tööviisilt jaguneb puurimine lõök- ja keerdpuurimiseks.

Keerdpuurimisel tarvitatakse puurid on varustatud teradega, mis kee- reldes lõikavad augu põhjast kivimilaastukeksi või tükikesi ja toovad need oma keermete abil august välja.

Lõökpuurimisel tarvitatakse puurid on valmistatud terasvarbadest, mille üks ots teritatakse peitlikujuliselt ja teine ots jäetakse tõmbiks.



Joon. 110. Puuritera tungimine kivimisse:  $\alpha$  — puuri teritusnurg,  $a$  — tække (kraavikese) sügavus,  $P$  — lõõgijõud.



Joon. 111. Puuri põõramisel murduvad kivimi sektorid  $a$  ja  $b$ .

Tihti antakse puuri terale ka keerukam kuju, mis sageli esineb kahe, kolme või nelja peitlitera omavahelises kombinatsioonis. Puuri teritatud otsa nimetatakse puuriteraks ja teist, tõmpi otsa puuripäraks. Puuritera terituskülgi nimetatakse p õ s k e d e k s ja terituskülgede-vahelist nurka teritusnurgaks.

Lõõkpuurimise põhimõtte selgitamiseks vaatleme lihtsa peitlikujulise teraga puuri tööd (joon. 110).

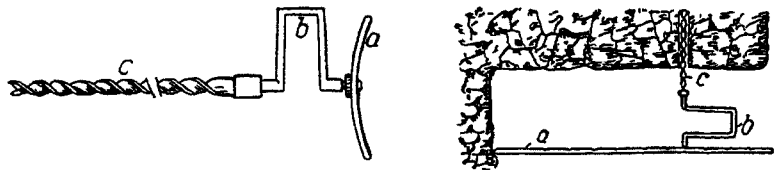
Kui asetame säärase puuri tera vastu kivimit ja löõme vasaraga tõmbile otsale, siis tungib puuritera kivimisse, tekitades kraavikese. Olenevalt lõõgijõust ja kivimi kõvadusest on see kraavikene suurem või väiksem. Kui põõrata nüüd puuri mõnevõrra ümber tema pikitelje ja anda järgmine lõõk, siis tungib puuritera endiselt kivimisse, tekitades uue

kraavikese, kuid ühtlasi murduvad puuri põskede surumisel ka kraavikestevahelised sektorid *a* ja *b* (joon. 111). Kui korrata lööke ja puuri pöörämist 180° võrra, siis saame sõõrikujulise süvendi, mille sügavus võrdub ühe löögi mõjul tekkinud kraavikese sügavusega. Töö jätkamisel auk süveneb ja omandab puuritera-laiuse diameetri. Et purustatud kivim (puurjahu) ei takistaks edasist tööd, peab seda kõrvaldama ühel või teisel viisil.

## 2. Käsitsi puurimine mittemehhaaniliste tööriistadega.

Mittemehhaaniliste tööriistadega puurimist kasutatakse tänapäeval harva. Käsitsi puurimist võib korraldada lihtsate tööriistade ja väikeste kulutustega, kui tööde maht on väike ja mehhaaniliste tööriistade ning jõuallikate omandamine ei ole tasuv.

Käsitsi keerdpuurimist võib tarvitada eriliselt pehmete kivimite puhul. Puuri keeramine toimub kas vända või pulga abil ja pealerõhumisel rinna



Joon. 112. Vända abil pööratav maapuur: *a* — vända pära, *b* — vânt, *c* — puur.

või kätega. See puurimine sarnaneb kõigiti aukude puurimisega puusse (joon. 112 ja 113).

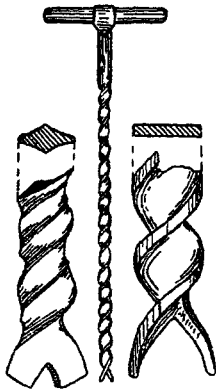
Käsitsi löökpuurimisel võib üht auku puurida üksi (joon. 114), kahekesi (joon. 115) ja kolmekesi.

Puurida võib kas kuivalt või veega (märgpuurimine). Veega (märg-) puurimine seisneb selles, et puurimise ajal valatakse auku vett. Selle puurimisviisi puhul väheneb hõõrumine ja puurjahu segatult veega takistab vähem puuritera lööke. Vesi hoiab puuri kuumenemise eest ja kiirendab augu puurjahust puhastamist. Veega puurimist eelistatakse igal pool, kus see on võimalik.

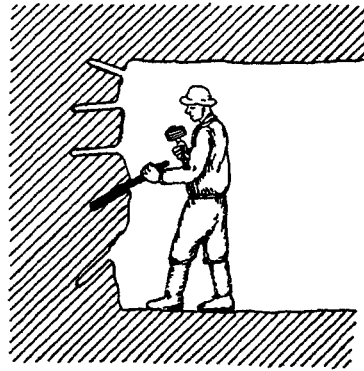
Käsitsi puurimisel ei ületa augu sügavus üksinda puurimisel 1,5 m ja kahekesi või kolmekesi puurimisel 2,5 m.

Paemurdudes puurilakse allapoole suunatud lõhkeauke mõnikord puurkangi (puurvarda) abil, mis kujutab enesest pikka 2—4 m pikkust mõlemast otsast teritatud puuri (joon. 116). Puuri ja tõstab seda puur-

kangi kahe käega ja lööb hooga augu põhja. Iga löögi järel pöörab ta kangi. Nii võib puurida kuni 3 m sügavusi auke.

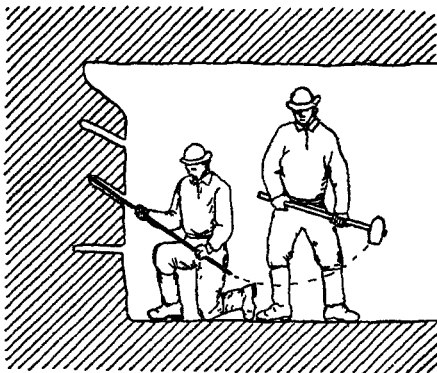


Joon. 113. Pulga abil pööratav maapuur.

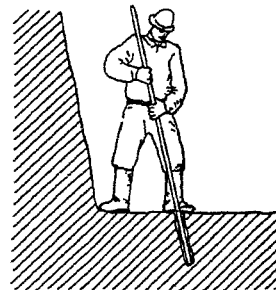


Joon. 114. Üksinda puurimine.

Käsitsi puurimisel tarvitatakse järgmisi tööriistu: puuri, vasa-  
rat, puhastuslusikat ja erilisi tange katkiläinud puuri tükkide  
august väljatõmbamiseks.



Joon. 115. Kahekesi puurimine.

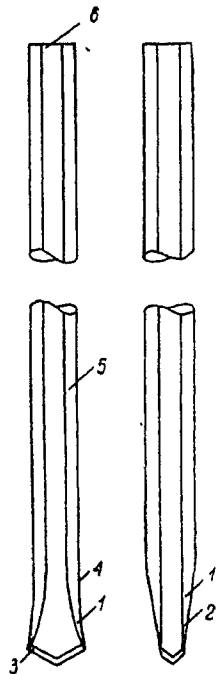


Joon. 116. Puurvardaga puurimine.

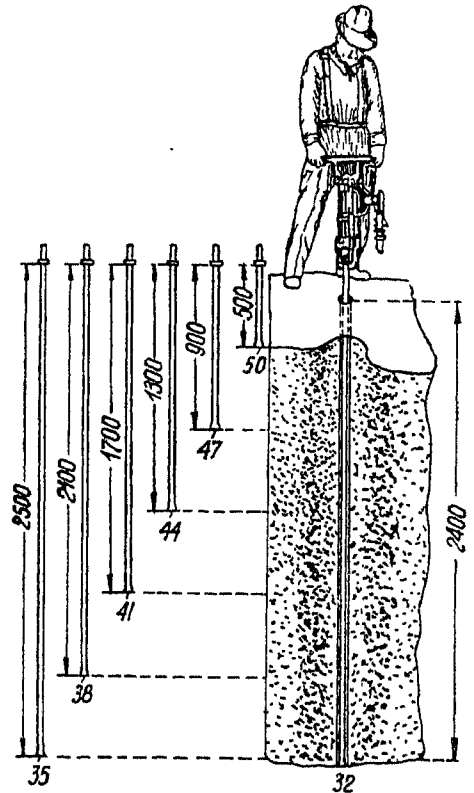
Puur valmistatakse ümmargusest, kuue- või kaheksakandilisest ja  
18—25 mm jämedusest terasvarvast. Joonisel 117 kujutatud puuri osad  
on: pea (otsak) (1), põsed (2), tera (3), varb (5), pära (saba) (6).

Puuripea võib olla mitmesugune. Käsitsi puurimisel tarvitatakse ena-  
masti lihtsat peitlikujulist puuripead (joon. 117), mille tera (lõikeäär)

võib olla sirgjooneline, kaarjooneline või nurkjooneline (joon. 119). Puurimisel eelistatakse kaht viimast, sest sirgjoonelisel kuluvad nurgad ruttu ja murduvad. Nurkjoonelist tera tarvitatakse kõvemate kivimite puurimisel. Selle nurga suurus on harilikult  $140^{\circ}$ .



Joon. 117. Puur käsitsi puurimiseks: 1 — puuripea, 2 — põsed, 3 — lõiketera, 4 — puurikael, 5 — puurivars, 6 — puuripära (tõmp ots).



Joon. 118. Puuride komplekt.

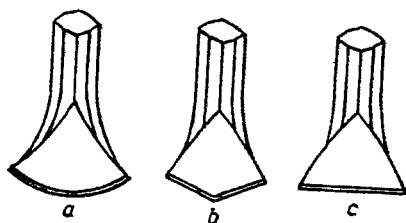
Puuritera laius peab olema varre diameetrist vähemalt 7 mm laiem. Väiksema laiuse puhul muutub hõõrumine puuri ja augu seinte vahel liiga suureks. Harilikult on puuritera laius 1,3—2,5 korda suurem puurivarre diameetrist. Mida kõvem on puuritav kivim, seda väiksem on puurivarre diameetri ja tera laiuse vahe.

Töötamisel kuluvad puuriterad ning muutuvad nüriks. Puure tuleb vahetada seda sagedamini, mida kõvem on puuritav kivim.

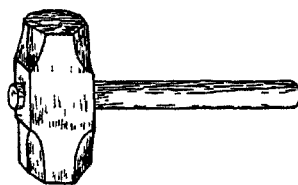
Alustada puurimist pika puuriga, mille pikkus võrdub puuritava augu sügavusega, on väga raske ja mõnikord täiesti võimatu. Seepärast tarvitatakse puurimise alguses lühikest puuri. Augu süvenedes puuritakse kord-korralt pikemate puuridega kuni vajaliku sügavuseni

Puuritera nurkade kulumisega puurimise ajal muutub augu diameeter mõnevõrra väiksemaks. Kui vahetusel võtta järgmine puur niisama laia teraga kui oli eelmine, siis see ei mahu augu põhja. Sellest tingituna peab iga järgmise pikema puuri tera olema 2—3 mm eelmisest väiksem.

Puuride kogu, mida tarvitatakse augu puurimiseks vajaliku sügavuseni, nimetatakse puuride komplektiks (joon. 118). Õige kõvade kivimite puurimisel tarvitatakse puuride komplekti, milles iga järgmine puur on eelmisest 300 mm võrra pikem. Keskmise kõvadusega kivimites suureneb see vahekord 400—500 mm-ni ja pehmetes 500—750 mm-ni.



Joon. 119. Peitelpuuride löikeääre kujud:  
*a* — kaarjooneline, *b* — nurkjooneline,  
*c* — sirgjooneline.



Joon. 120. Vasar käsitsi puurimiseks.

Vasarat (joon. 120) tarvitatakse puurimisel puuri tõmbile otsale löömiseks. Vasar valmistatakse terasest; ta raskus ei tohi olla väiksem kui puuril.

Ühekäevasarad (üksinda puurimisel) valmistatakse 2—3 kg raskused ja kahekäevasarad (kahekesi ja kolmekesi puurimisel) 4—8 kg raskused.

Vasara põhjad (löögpinnad) valmistatakse veidi kumerad, et löök puurile oleks tsentraalne.

Puhastuslusika (joon. 121) abil kõrvaldatakse lõhkeaugust purustatud kivim, s. o. puurjahu või puurmuda (märgpuurimisel). Puhastuslusikas peab olema kõige sügavamast lõhkeaugust 20 cm pikem, ta valmistatakse tugevast traadist, mille üks ots on laiaks löödud ja kõveraks painutatud, kuna teine on rõngasse keeratud, et ta töötamisel käest ei libiseks.

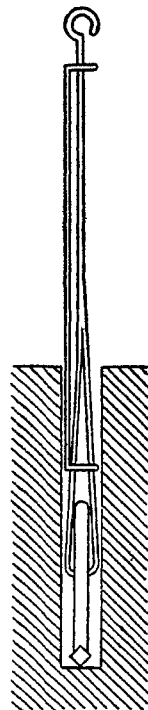
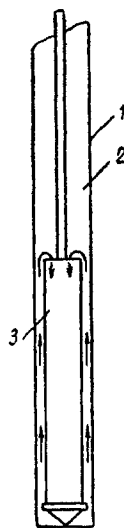
Sügavate allapoole suunatud lõhkeaukude puhastamiseks tarvitatakse erilist riista, mida nimetatakse „pumbaks” (joon. 122). See on valmistatud 0,5 m pikkusest metalltorust, mis on lõhkeaugust peenem. Toru alumine ots on suletud koonusekujulise põhjaga ja ülemise lahtise otsa

külge kinnitatakse tugevast traadist vars. Lõhkeaugu puhastamisel valatakse algul auku vett ja lükatakse siis „pump” varre abil augu põhja, surudes seega puurmuda ülespoole, mis üle ääre valgudes satub „pumbasse” ja ühes sellega august välja tõmmatakse.

Kõvade kivimite puurimisel esineb sagedasti puuri murdumisi. Lõhkeauku jäänud puuritükkide väljatoomiseks tarvitatakse erilisi tange (joon. 123).

Käsitsi puurimist toimetatakse järgmiselt. Puurija valib lõhkeaugu koha ja suuna ning tasandab selle koha nii, et puuritera ei libiseks ära puurimise algul. Siis võtab puurija lühikese puuri vasakusse kätte, asetab tera valitud kohale nii, et puuritava augu telg ja puuri telg moodustavad ühe sirgjoone, ja lööb paremas käes oleva vasaraga puuripäräle.

Seni, kui puur ei ole veel 2—3 cm võrra kivimisse tunginud, lüüakse tasemini; pärast puuritakse normaalselt. Augu



Joon. 121. Puhastuslusikas.

Joon. 122. Lõhkeaugu puhastamine „pumba” abil: 1 — auk, 2 — puurmuda, 3 — „pump”.

Joon. 123. Tangid murdunud puuritükkide kõrvaldamiseks lõhkeaugust.

süvenedes võetakse kord-korralt pikemaid puure kuni augu nõutava sügavuseni.

Kähekesi ja kolmekesi puurimine erineb eespoolkirjeldatust niipalju, et puuri hoiab ja pöörab üks tööline, kuna teised kahekäevasaratega jagavad hoope puuripäräle (joon. 115).

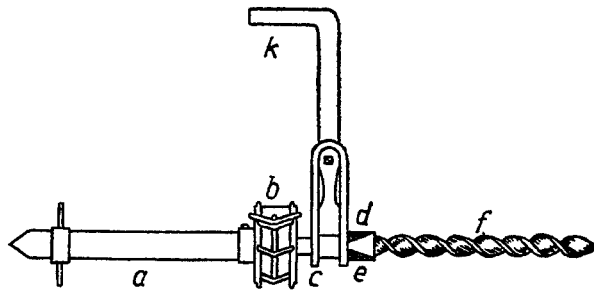
Käsitsi puurimine nõuab suurt jõukulu ja on madala tööviljakusega, mispärast sellest tuleb loobuda igal pool, kus see on võimalik, ja asendada puurimisega masinate abil mehhaanilisel jõul.

### 3. Käsimehhanismidega puurimine.

Mehhanisme, mille abil puuritakse lõhkeauke, nimetatakse perforaatoriteks. Oma tööviisilt jagunevad perforaatorid keerdpuurivaiks ja löökpuurivaiks.

Inimjõul töötavatest perforaatoritest leidsid kasutamist keerdpuurivad käsiperforaatorid. Nendega võib puurida auke võrdlemisi pehmetesse kivimitesse, nagu kivisüsi ja savikiltkivi, kuid ka mainitud kivimite puurimisel on inimjõul töötavate perforaatorite tööviljakus kaunis madal.

Võrreldes puurimisega lihtpuuride abil on käsiperforaatoritega puurimisel töö pehmetes kivimites viljakam, puuraugud võivad olla jämedamad ja sügavamad.

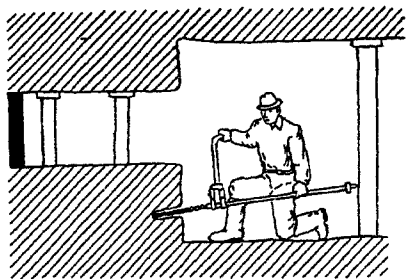


Joon. 124. Racett'i perforaator: *a* — toru, *b* — mutter, *c* — kruvi, *d* — käisrattas, *e* — puuripära, *f* — puur, *k* — käepide.

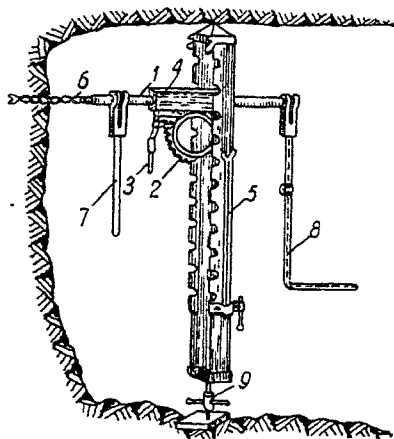
Inimjõul töötavatest perforaatoritest olid varemalt levinenud Racett'i ja Elliot'i perforaatorid. Toome nende kirjelduse, et lugeja saaks selgema ettekujutuse puurimistehnika arenemisest.

Racett'i perforaator (joon. 124) koosneb torust *a*, mille ühte otsa on paigutatud kahest poolest koosnev mutter *b*. Seda mutrit läbib pikk kruvi *c*, mille otsas on puuripära *e*. Viimasesse asetatakse puur. Kruvi *c* keeratakse käepideme *k* abil, mis on ühendatud käisrattaga *d*. Käisrattas võimaldab kruvi *c* ja ühtlasi ka puuri *f* ühepoolset pöörämist. Puurimisel kõigutatakse käepidet *k* edasi-tagasi, mis paneb vindi *c* ja puuri *f* pöörlema. Ühtaegu väljub kruvi *c* mutrist *b* ja surub puuripea tugevasti augu põhja. Kui kruvi *c* on kogu oma pikkuses torust *a* välja kruvitud, võetakse mutri *b* pooled lahti, kruvi *c* surutakse tagasi torusse *a*, mutri pooled ühendatakse uuesti ja puurimist jätkatakse uue, pikema puuriga. Puurimisel toetatakse Racett'i perforaator vastu selleks eesse asetatud tuge (joon. 125). Kirjeldatud perforaator kaalub 16 kg.

Elliot'i perforaator on varustatud erilise kokkukäiva sambaga, mille abil võib masinat kinnitada erineva kõrgusega etesse (joon. 126). Teiseks erineb ta eespoolkirjeldatud Racett'i perforaatorist surveseadeldise poolest. Survemutter on asendatud hõõrdpesas ringilibiseva rõngakujulise pronksist tigurattaga 2. Hõõrdpesa võib soovi korral kokku suruda või lödvemale lasta vindi ja pideme 3 abil (joon. 126). Puurvarda vindid on ühenduses kirjeldatud tigurattaga, mille hõõrumise reguleerimisega võib suruda puuriterat nõutava jõuga puuritavasse kivimisse.



Joon. 125. Racett'i perforaator tööasendis.



Joon. 126. Elliot'i perforaator tööasendis:  
 1 — spindel, 2 — tiguratas, 3 — pide,  
 4 — puks, 5 — sammas, 6 — puur,  
 7 — keeramishoob, 8 — keeramisvánt,  
 9 — väljasurvekruvi.

Kirjeldatud seadeldis võimaldab puuri edasitungimise kiirust reguleerida, mis on oluline erineva kõvadusega kivimite puurimisel. Suur kaal (65 kg) raskendab selle perforaatori tarvitamist.

Kirjeldatud perforaatoreid võiks ajutiselt kasutada kohtades, kus on takistusi jõumasinate kasutusele võtmiseks või kus töömaht on väike ja energia kohaletoomine on raskendatud.

#### 4. Masinatega puurimine.

Lõhkeaukude puurimiseks kasutatakse käesoleval ajal perforaatoreid, mis töötavad kas elektrijõul või suruõhuga. Ka masinatega puurimine jaguneb tööviisilt keerd- ja lõõkpuurimiseks.

Masinatega keerdpuurimine on laialt levinenud pehmemates kivimites. Kõvadest sulamitest valmistatud puuriterade kasutamisel võib edukalt puu-



rida ka keskmise kõvadusega kivimeid. Kõvade kivimite puurimisel kasutatakse eranditult lõõkpuurimist.

Elektri jõul töötavad perforaatorid on kujunenud energia iseloomu edukama kasutamise tõttu keerdpuurivateks ja suruõhu-perforaatorid lõõkpuurivateks. Suruõhu-perforaatoreid valmistatakse ka keerdpuurivaid, mis töötavad kindlalt, kuid nende kasutamine läheb kallimaks, sest suruõhuenergia on tunduvalt kallim elektrienergiast ja seepärast kasutatakse neid eritingimustes.

### 5. Elektriperforaatorid (elektripuurid).

Elektri-lõõkperforaatorid ei oma veel tööstuslikku tähtsust ja seepärast on nende kirjeldus välja jäetud.

Elektriga töötavaid keerdperforaatoreid nimetatakse kitsamas mõttes elektripuurideks. Nende hulka kuuluvad elektri-käsipuurid ja elektri-sammaspuurid.

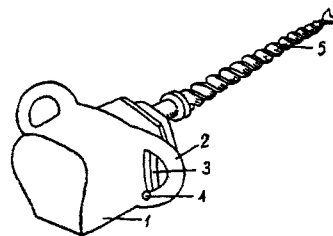
Nagu on eespool tähendatud, kasutatakse elektripuure pehmemate kivimite puurimisel kuni VI-nda kõvaduse kategooriani Protodjakonovi tabeli järgi. Viimase aja katsetamised on aga näidanud, et neid on võimalik rakendada ka graniitide puurimisel, mis mainitud tabelis on paigutatud III-ndasse kategooriasse.

Elektri-käsipuurid (joon. 127) on võrdlemisi väikesed ja kerged (12—17 kg), neid saab edukalt kasutada kõikjal kitsastes töökohtades, kuid nende kasutamine on

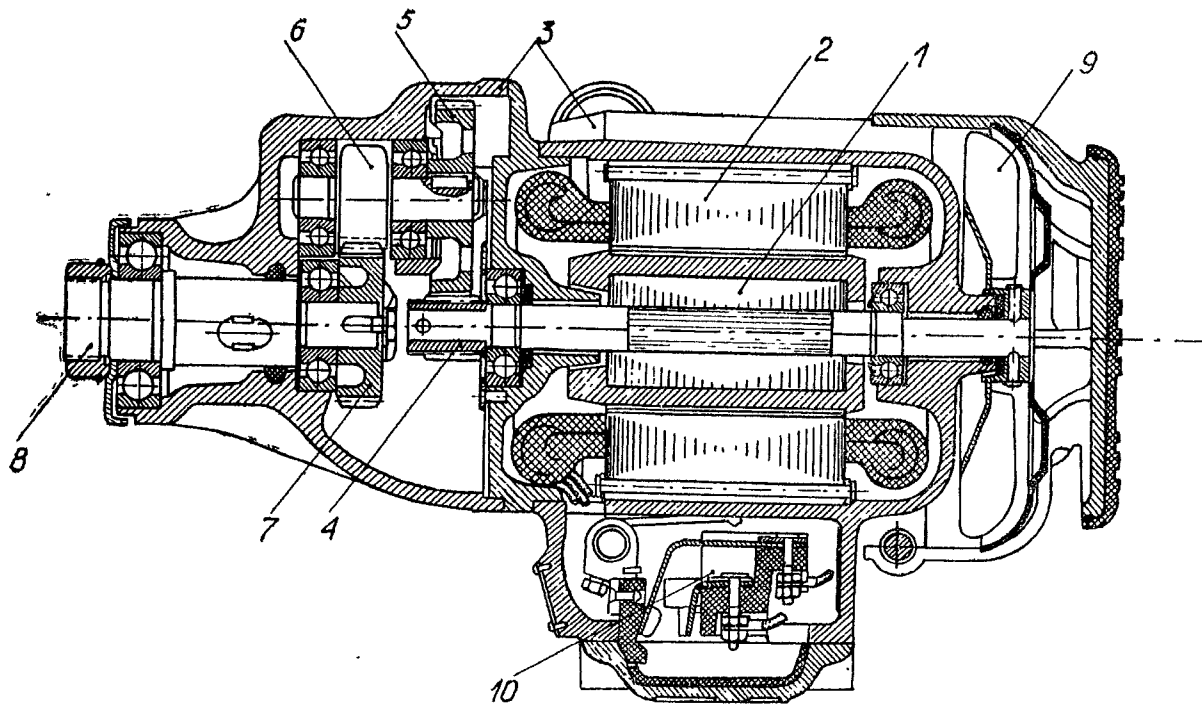
piiratud pehmete kivimitega. Elektri-sammaspuurid on tunduvalt raske-  
mad, nende teenindamine on seotud võrdlemisi raske tugisamba töökohta toimetamise ja ülesseadmisega, mis on ebamugav, kuid puurimine seevastu ei nõua tööliselt jõupingutust. Võimalus puurida kõvemaid kivimeid teeb elektri-sammaspuuri eelistatavamaks puurmasinaks kaeveõõnsuste rajamisel kivisõekaevandustes. Samuti võib kasutada neid masinaid edukalt ka pehmemate maakide kaevandustes tootmistöödel ja kaeveõõnsuste rajamisel.

Viimasel ajal on hakatud elektri-sammaspuure iseliikuvate tugede külge monteerima, mis tunduvalt kergendab nendega töötamist.

Maagikaevandustes, kus puuritakse kõvu ja väga kõvu kivimeid, ei ole elektripuurid levinenud.



Joon. 127. Elektri-käsipuuri üldvaade: 1 — kere, 2 — käepide, 3 — voolulüliti, 4 — juhtmete ava, 5 — puur.



Joon. 128. Elektri-käsi puuri ЭП-5 läbilõige: 1 — rootor, 2 — staator, 3 — kere, 4, 5, 6 ja 7 — hammasrattad, 8 — spindel, 9 — ventilaator, 10 — voolulülitiseseade.

Tabel 10.

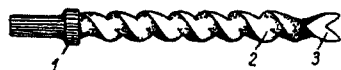
Elektri-käsipuure iseloomustavad andmed.

Nimetused	Mõõdu- ühikud	T ü ü p					
		ЭР-4	ЭРПР-4	ЭР-5	ЭРП-5	ЭБР-6	ЭБР-6Д
Pikkus . . . . .	mm	327	364	380	408	391	381
Laius . . . . .	mm	316	316	316	316	316	316
Kõrgus . . . . .	mm	224	224	224	240	230	230
Kaal . . . . .	kg	14,6	15,5	17,7	21,5	17,0	18,0
Mootori võimsus .	kW	0,9	0,9	1,2	1,2	1,0	1,0
Rootori tiirude arv	min.	2700	2700	2700	2700	2740	2740
Spindli tiirude arv (normaalne)	min.	710	330	500	330/500	358	358
Voolupinge . . . .	V	127/220	127/220	127/220	127/220	127/220	127/220

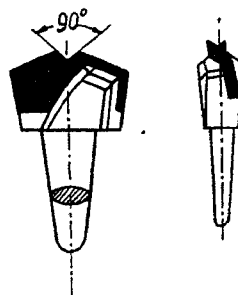
Andmed elektri-käsipuuride kohta on antud tabelis 10.

Elektri-käsipuur koosneb järgmistest põhiosadest: mootor, kere ühes käepidemetega, hammasrattad, voolulülitusseade ja ventilaator.

NSV Liidus valmistatakse mitut tüüpi elektri-käsipuure (vt. tabel 10), kuid põhilises osas on neil palju sarnasust.



Joon. 129. Puur keerdpuurimiseks:  
1 — puuripära, 2 — puurivars,  
3 — puuripea.



Joon. 130. Vahetatav puuripea, varus-  
tatud kõvadest sulamitest teradega.

Kõikidel elektri-käsipuuridel on mootor asünkroonne, lühiühendusega ja töötab kolmefaasise vahelduvvooluga. Võimsustes on erinevusi (vt. tabel 10).

Tiirlemise ülekannet rootori võllilt puuri spindlile toimub kas ühe (ЭР-4) või kahe hammasrattapaari abil (ЭРПР-4, ЭР-5, ЭБР-6 ja teised).

Kere on välisküljelt ribiline, valatud alumiiniumisulamist ühes kahe käepidemega puuri tööasendis hoidmiseks.

Ventilaator on asetatud kere taha selleks pikendatud rootori võlli otsale ja kaetud kaitsekaanega nii, et kere ribide ja kaane serva vahele jäävad pilud. Ventilaatori ülesanne on jahutada masina keret töö ajal.

Voolulülitusseade on asetatud kere alla eriruumi, mis on valatud koos kerega ja kaetakse kaanega.

Käepidemed ja ventilaatori kaas on kaetud kummikattega.

Vool juhitakse puurmasinasse nõutava pikkusega nelja juhtmega painduva kaabli abil. Neljas juhe on masina ühendamiseks maaga. Kaabel on kinnitatud puurmasina külge ja lõpeb pistikuga. Viimase abil ühendatakse kaabel töötamise ajaks elektrivõrguga.

Puurid keerdpuurmasinate jaoks (joon. 129) valmistatakse harilikult erilisest rombikujulise põikilõikega terasest varbadest, mis on keeratud keermesse. Vahel kasutatakse selleks ka ristkülikulise põikilõikega (lapikuid) varbu. Puuride valmistamiseks kasutatakse terast Y-5, Y-7 ja Y-10.

Puur keerdpuurimiseks koosneb lõikepeast, varvast ja pärast (joon. 129).

Puuripära valmistatakse niisugusena, et ta püsiks puurimise ajal kindlalt spindlipesas ja et tema kinnitamine ning lahtivõtmine toimuksid ruttu ja lihtsalt.

Joon. 131. Puuripeade kujud: *a* — pehmete, *b* — keskmiste ja *c* — kõvade kivimite puurimiseks.

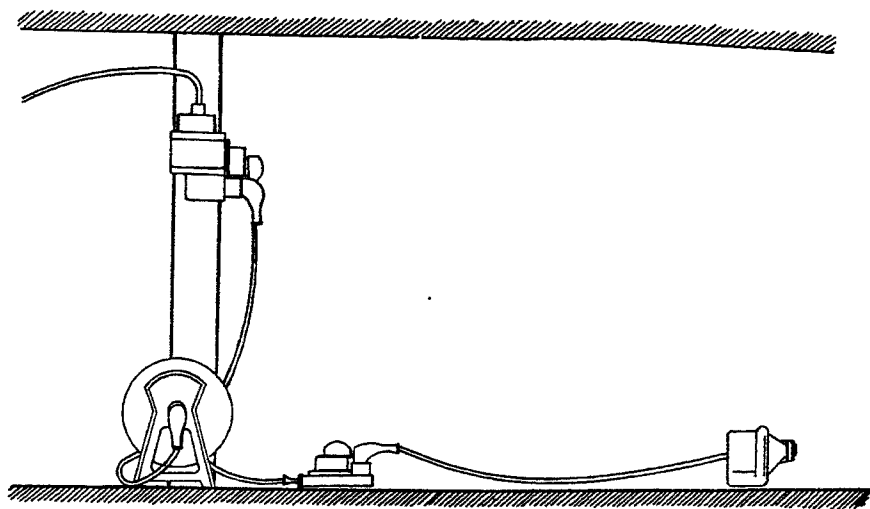
Puuripea varustatakse lõiketeradega. Olenevalt puuritava kivimi kõvadusest valmistatakse mitmesuguse kujuga puuripäid. Pehme kivisüte puurimisel kasutatakse teravate otstega ja pikkade harudega puuripäid (kuju *a*, joon. 131), mis valmistatakse harilikult puuriterasest. Kõvemate süte ja kivimite puurimisel kasutatakse lühikeste harudega puuripäid (kujud *b* ja *c*, joon. 131), mille terade armeerimiseks<sup>1</sup> kasutatakse mitut liiki kõvu sulameid.

Olenevalt puuritava kivimi kõvadusest ja abrasiivsusest kuluvad puuride lõiketerad kas üsna kiiresti või pikema puurimisaja vältel. Kui puuri-

<sup>1</sup> Armeerimiseks nimetatakse kõvade sulamite kinnitamist puuripeade külge.

pea ei ole vahetatav, tuleb vahetada puuri. Sagedane puuride vahetamine nõuab suurt puuride tagavara, mille kandmine töökohta ja sealt tagasi teritamiseks on raske ja ebamugav. Et sellest vabaneda, hakati valmistama vahetatavate peadega puure, mis on ökonoomsemad ja töötamiseks soodsamad. Vahetatavaid puuripäid valmistatakse eriliselt kõvadest terastest ja sageli armeeritakse nende lõiketerad kõvade sulamitega (joon. 130).

Kõvadest sulamitest teradega varustatud puuri tööviljakus, võrreldes hariliku puuriga, on tunduvalt suurem. Ühe teritamisega võib säärase puuriga puurida 20—30 korda rohkem kui hariliku puuriga.



Joon. 132. Elektri-käsipuur, mis on varustatud voolujuhtmetega, uhendus- ja lülitusseadmetega töökohal

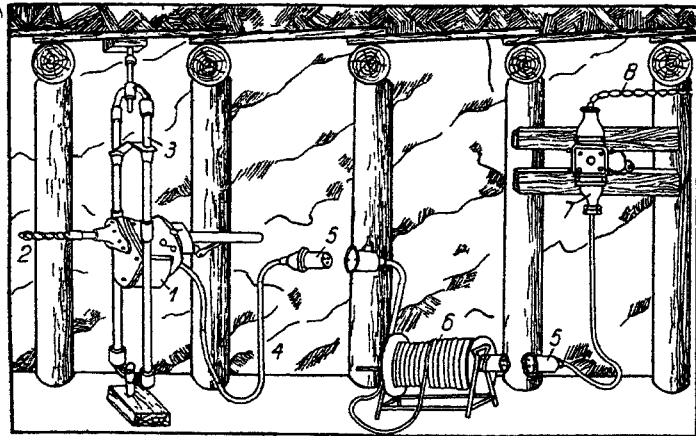
Elektripuuride voolujuhtmed ja lülitusseadmed on näha joonistel 132 ja 133.

Töötades elektri-käsipuuriga hoiab tööline seda käepidemete abil enese ees, surub spindlisse asetatud puuri vastu puuritavat kivimit ja lülitab voolu sisse käepidemesse paigutatud lüliti abil. Mida kõvem on puuritav kivim, seda tugevamini peab puuri suruma.

Käsipuuridega tuleb tihti puurida üsna kõvu kivimeid, mis nõuab puurijalt suurt jõukulu puurile pealesurumiseks. Viimasel ajal valmistavad NSV Liidu tehased erilise surveeadisega elektripuure ЭРП-5 ja ЭРПР-4. Käsipuuri kere küljes on väike trummel, mis tiirleb mootori töötamisel. Ee juurde asetatakse kerge tugi. Trummelile on mähitud terastross diameetriga 3 mm, mille ots kinnitatakse toe külge. Trummel kerib tiireldes trossi ja surub kiirusega ligi 0,6 m minutis puuri ee suunas.

Elektri-sammaspuuri üldvaade on näha joonisel 133. Sammas koosneb kahest osast, mis on valmistatud torudest niimoodi, et ülemise osa harud võivad liikuda (üles-alla) alumises, moodustades ühtsa kahetoelise raami, mida võib tarbe korral pikendada ja lühendada. Kasutades torudes olevaid auke, võib poltide abil anda toele kindla kõrguse. Toe ülemine osa lõpeb kruviga, mille abil kinnitatakse tugi ees põhja ja lae vahele.

Sammaspuur asetatakse nõutavasse kõrgusse raami vahele vangude abil. Seadeldis võimaldab perforaatori pööramist vertikaal- ja horisontaaltasapinnas. Seega on lõhkeaukude puurimine võimalik igas suunas.



Joon. 133. Elektri-sammaspuuri üldvaade tööasendis: 1 — puurmasin, 2 — puur, 3 — sammas, 4 — puurmasina külge kinnitatud juhe, 5 — lülituspistik, 6 — rull (trummel) kummikaabliga, 7 — lüliti karp, 8 — soomuskaabel.

Puuri edasinihkumine toimub automaatselt. Juhul, kui puur satub tööprotsessis vastu ootamatult kõva kivimit, lülitab hõõrsidur ettenihutusseadise välja ja puur töötab paigal, vältides seega masina ülekoormust ja rikkeid (joon. 134).

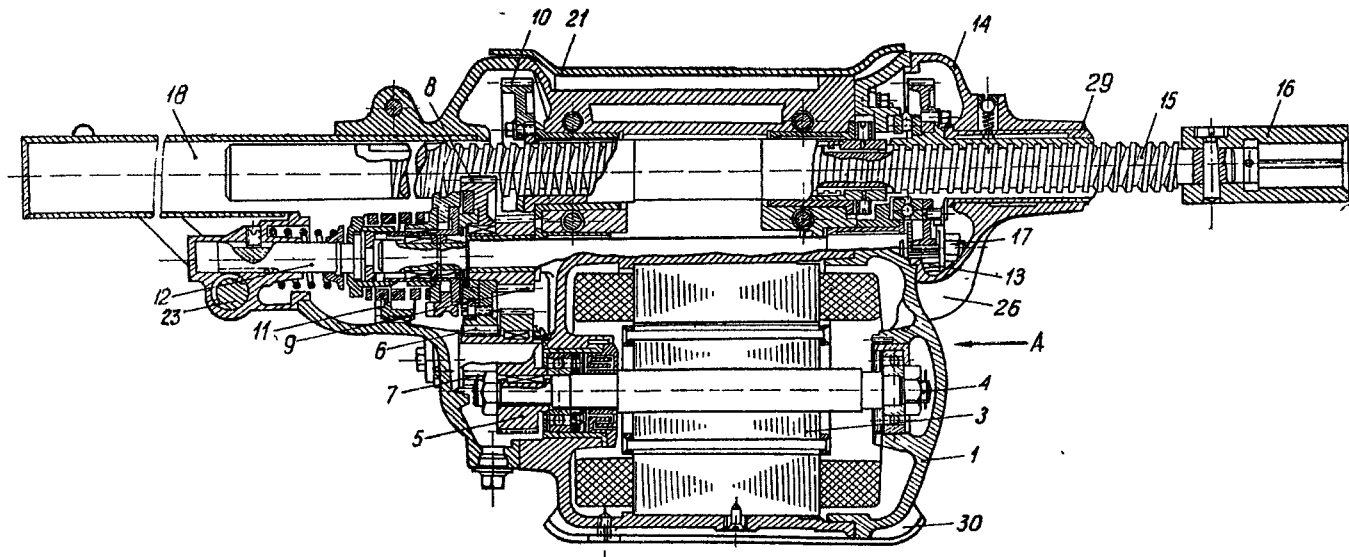
Sammaspuuride iseloomustuseks on allpool esitatud tehnilised andmed NSV Liidus laiemat kasutamist leidnud elektri-sammaspuuri ЭБК-2М kohta (tabel 11).

Rikked, mis sagedamini esinevad elektripuuridel, on järgmised.

1. Käsipuur tiirleb vastupidiselt kellaosutile. Voolu faasid ei ole õigesti ühendatud, neid tuleb vahetada.

2 Masinakeres on elektrivoolu tunda. Kaabli paljastatud traadid puutuvad masinakerega kokku või mähise isolatsioon on vigastatud.

3. Mootor undab, kuid ei tiirle. Üks faas ei anna voolu. Faas rebenenud, kontakti puudumine ühendusklemmides või kaitse läbi põlenud.



Joon. 134. Elektri-sammaspuuri läbilõige: A — mootor; 1 — kere, 2 — rootor, 3 — rootori võll, 4 — rootori hammasratas, 5 — rootori hammasratas, 6, 7, 8, 9 — tiirlemist edasiandvad hammasrattad, 10 — spindlit keerlema paneva hülsi hammasratas, 11 — spindli nihutusseadme hõõrdsiduri tühikäigu pidur, 12 — lüliti vahevõll, 13 — spindli nihutusseadme väike hammasratas, 14 — spindli nihutusseadme hammasrataste kate, 15 — spindel, 16 — puuripadrun, 17 — nihutusseadme võll, 18 — spindli kest, 19 — pealmine kate, 20 — nihutuslüliti võll, 21 — nihutusseadme mutter, mille paneb tiirlema kattesse 14 paigutatud hammasratas. Maititud mutter tiirleb töö ajal spindlist kiiremini ja surub teda vintide abil ettepoole välja, millega toimubki puuri ettenihkumine; mutri seismise puhul (nihutusseadme hõõrdsiduri pidurdamisel) liigub spindel tagasi.

4 Mootor undab ebatavaliselt, hakkab tiirlema tõrksalt ja läheb ruttu kuumaks. Laagrid on kulunud ja rootor on alla vajunud.

5. Masina kere muutub liiga kuumaks. Puuriterad on nürinenud, puudulik õlitus või on pinge tunduvalt alanenud.

6. Mootor tiirleb, aga puur seisab. Hammasrattad murdunud või muud sisemised vigastused ülekoormuse või kulumise tagajärjel.

Väiksemaid rikkeid, nagu faaside vahetamine, kontaktühenduste puhastamine, määrimine jne., tuleb parandada töökojal. Masinat võib lahti võtta ainult töökojas. Rikkis masin toimetatakse töökotta ja vahetatakse tagavaramasina vastu.

Tabel 11.

Elektri-sammaspuuri ЭБК-2М iseloomustavad andmed.

Nimetus	Andmed
Tüüp	ЭБК-2М
Pikkus	1490 mm
Laius	382 „
Kõrgus	360 „
Kaal (ilma sambata)	120 kg
Mootori võimsus	2,7 kW
Mootori tiirude arv min.	2800
Spindli tiirude arv min.	116, 200; 300
Ettenihutuskiirus	890 mm/min
Lõhkeaukude diameeter	40—42
Voolupinge V	220/380

Elektrivool juhitakse töökohtade lähedusse (joon. 133) soomuskaabli 8 abil, mis lõpeb lülitiga 7. Tööprotsessis liigub esi iga päev edasi. Oleks tülikas niisama tihti pikendada soomuskaablit ja paigutada edasi lülitit. Et seda vältida, kasutatakse 100—150 m pikkust painduvat kummikaablit, mis keritakse erilisele trumlile 6. Selle kaabli üks ots ühendatakse trumlile paigutatud pistikmuhviga, kuna teine ulatub eesse ja lõpeb kantava pistikmuhviga. Viimasega ühendatakse puurmasina külge kinnitatud juhe 4. Trumli ja soomuskaabli lülituskasti vaheliseks ühenduseks tarvitatatakse lühikest painduvat kaablit.

## 6. Suruõhuperforaatorid.

Suruõhuperforaatoreid valmistatakse nii keerd- kui ka löökpuurimiseks. Esimesi nimetatakse kitsamas mõttes suruõhupuurideks, teisi puurvasaradeks.



Suruõhupuurid. Suruõhupuure kasutatakse eriti gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes ja töökohtades, kuhu suruõhk on sisse viidud. Kaalu poolest on nad kergemad ja töös kindlamad kui elektripuurid.

NSV Liidus valmistatakse praegu kahte tüüpi suruõhupuure: CF-1 sõespuurimiseks ja CM-32Г igasuguse kõvadusega sões ja pehmemates aherkivimites puurimiseks. Mõlemad on käsipuurid. Neid iseloomustavad andmed leiduvad tabelis 12.

Tabel 12.

Suruõhu käsipuure iseloomustavad andmed.

Nimetused	Mõõduühikud	CF-1	CM-32Г
Suruõhu surve	at	4	5
Suruõhu kulu minutis	m <sup>3</sup>	1,25	1,25
Puuri tiirude arv koormatult	min.	340	380
Mootori võimsus	HJ	1,12	1,15
Pikkus	mm	—	360
Kaal	kg	10,2	17
Vooliku diameeter	mm	16	—

## 7. Puurvasarad.

Puurvasaratega puurimine on mäetööstuses laialdaselt tarvilisel ja püsib kindlalt esikohal kõvade kivimite puurimisel.

Löökpuurimise paremusteks on: 1) võimalus puurida tarbe korral suurema diameetriga puurauke ja 2) võimalus puurida mistahes kõvadusega kivimeid.

Puudusteks on: 1) suured esialgsed kulutused kompressori, torustiku jne. muretsemisel, 2) väike kasutegur (suured energiakaod suruõhu tootmisel ja torustikus selle juhtimisel töökohtadesse).

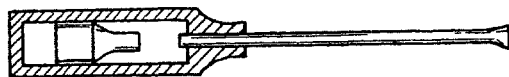
Pehmemate kivimite puurimisel (põlevkivi ja kvisõe kõvaduseni) on löökpuurimine väiksema tööviljakusega kui keerdpuurimine, seepärast on ratsionaalne tarvitada puurvasaraid ainult kõvemate kivimite puurimisel.

Kõik puurvasarad töötavad järgmisel põhimõttel: silindris pannakse suruõhuga edasi-tagasi liikuma kolb, mis edasi liikudes jagab vasarana lööke puuripärale (joon. 135).

Puurvasaraid valmistatakse puuri automaatse pööramise seadisega ja ilma selleta. Viimastega puurides peab tööline puurimise ajal pöörama

puurvasarat (ühes puuriga) ümber puuri telje, mis raskendab tööd, sellepärast on nende kasutamine piiratud.

Puurjahu ehk puurpuru kõrvaldatakse puuritavast august kas väljapuhumise teel suruõhuga või uhetakse veega välja. Selleks juhitakse suruõhk või vesi puuri sees oleva õõnsuse kaudu puuraugu põhja.



Joon 135 Puurvasara tööskeem

Esimesel juhul on meil tegemist kuivpuurimisega, teisel — märgpuurimisega.

Viimasel ajal tarvitatakse ikka enam uhteseadisega puurvasaraid (joon. 136). Märgpuurimisel on rida paremusi:

- 1) uhtevesi, läbides puuri õõnsust, takistab puuri kuumenemast;
- 2) vähendab puuri hõõrdumist vastu augu seinu;
- 3) kõrvaldab intensiivselt puurjahu;
- 4) hoiab ära tolmu tekkimist ja parandab sellega töötingimusi.

Tabel 13

Puurvasarate jaotus.

Grupid	Kaal kg	Lõhkeaugu maksimaalne sugavus m	Lõhkeaugu keskmine diameeter mm	Tooliste arv	Tooviis
I grupp — kerged käsi-puurvasarad	11—25	2—4	35—40	1	Käelt
II „ — rasked käsi-puurvasarad	25—35	3,5—5	40—50	1	Käelt või toelt
III „ — teleskoobilised puurvasarad	kuni 40	5	50	1	Toelt
IV „ — samm-puurvasarad	65—120 ja rohkem	4,5—10	50—70	1—2	Toelt ja kolmjalalt

Et uhteeve kohaletöötamine paakidega on raskendatud, varustatakse viimasel ajal kaevandused, kus esinevad kõvad kivimid, veetorustikuga.

Puurvasarad jagatakse tööviiside ja nende raskuse järgi nelja gruppi (tabel 13).

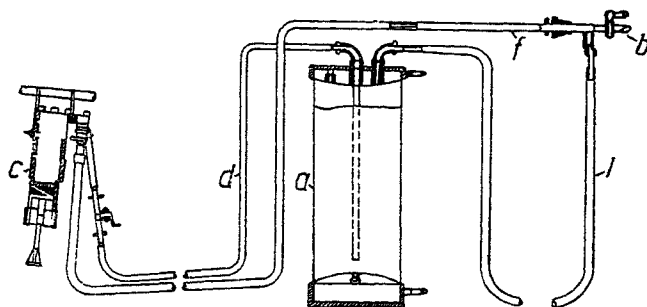
Esimese grupi puurvasaraid tarvitatakse peamiselt horisontaalsete või kallakate kaeveõõnsuste rajamisel ja koristustöödel.

Teise gruppi kuuluvaid puurvasaraid tarvitatakse allapoole suunatud lõhkeaukude puurimisel ja horisontaalsete kaeveõõnsuste rajamisel väga kõvadesse kivimitesse. Viimasel juhul tarvitatakse puurmasina hoidmiseks ka kerget tuge.

Teleskoobilisi (pikendatavaid) puurvasaraid kasutatakse ülespoole suunatud lõhkeaukude puurimiseks.

Neljandasse gruppi kuuluvate raskete puurvasaratega saab töötada ainult toe abil. Neid kasutatakse kõvade ja väga kõvade kivimite puurimisel.

Kõik suruõhu-puurvasarad sarnanevad konstruktsioonilt üksteisega. Erinevused esinevad ainult õhujaotuses, puuri pööramiseadises või mõnes muus vähem tähtsas detailis.



Joon. 136. Märgpuurimise skeem: *a* — paak veega, *b* — suruõhutoru, *c* — puurvasar, *d* — kummivoolik vee juhtimiseks puuri, *l* — kummivoolik suruõhu juhtimiseks paaki, *f* — kummivoolik suruõhu juhtimiseks puurvasarasse

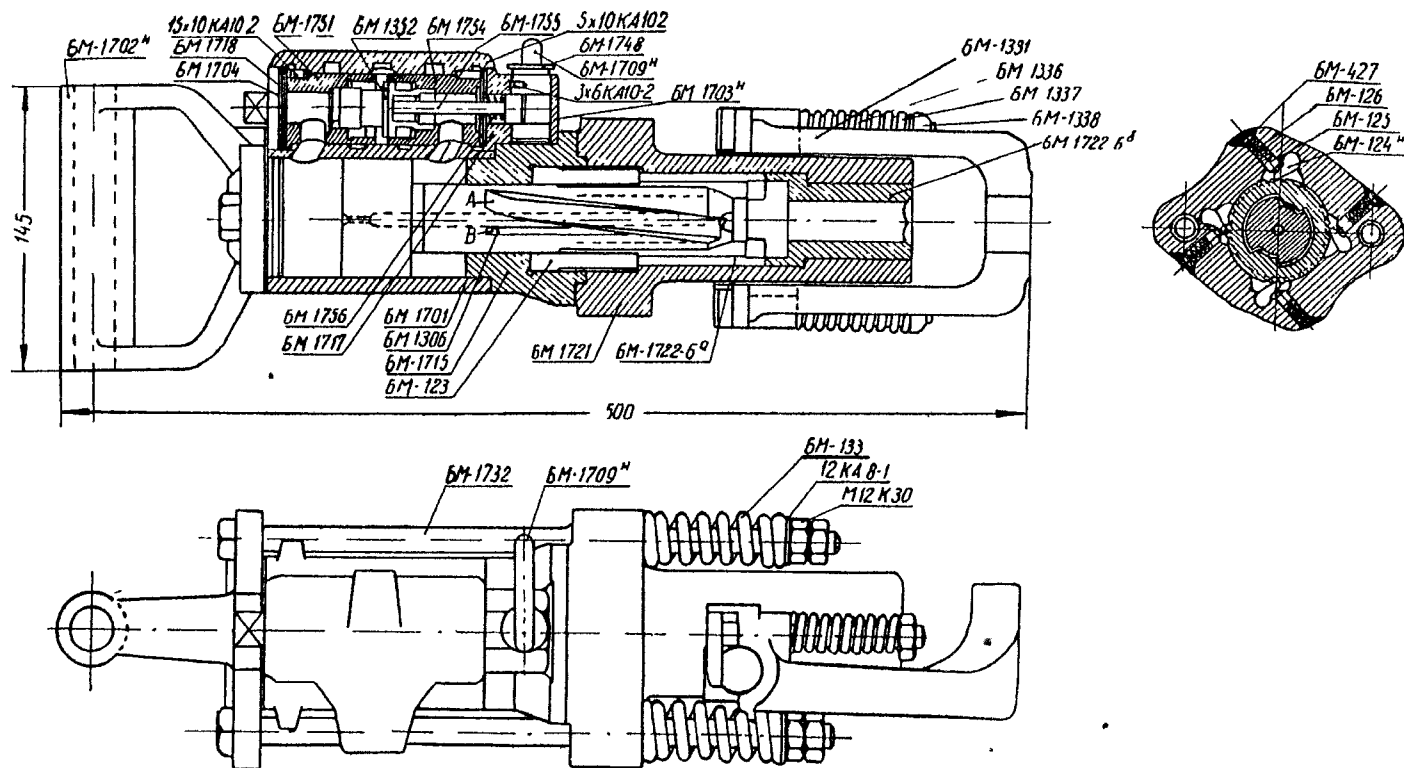
Õhujaotuselt valmistatakse puurvasarad siiberjaotusega ja klappjaotusega.

Klapp-õhujaotust teostatakse harilikult kuuliga, liblikklapiga ja rõngasklapiga. Parimaks neist peeti šarniiril õõtsuvat rõngasklappi. Uusimad puurvasarad NSV Liidus valmistatakse siiber-rõngasklapiga.

Vanemat tüüpi siiber-õhujaotusega perforaatoritest oli puurvasar BM-17 üks levinenumaid NSV Liidu kivisõetöööstuses. Teda leidub veel paljudes kaevandustes. Järgnevalt on antud siiber-õhujaotusega puurvasara konstruktsioon puurvasara tüübi BM-17 järgi.

Puurvasar BM-17 (joon. 137) koosneb käivitamisest, õhujaotajast, löögimehhanismist, puuri automaatse pööramise seadist ja puurihoidjast.

Käivitamisest on kraan, mis koosneb kraani korpusest, kraani korgist, käepidemest, vedrust ja kübarkorgist.



Joon. 137. Puurvasara BM-17 üldvaade ja läbilõige. (Numbrite seletus tekstis.)

Õhujaotaja (joon. 137) on kinnitatud silindri külge ja koosneb diferentsiaal-käiguventiilist (jaotussiibrist) BM-1352, ülemisest hülsist BM-1751, alumisest hülsist BM-1754, ülemisest kaanest BM-1704 ja alumisest kaanest BM-1703<sup>H</sup>.

Õhujaoituse mehhanism on varustatud lõhkeaugu otsese läbipuhumise seadisega, mis koosneb varvast BM-1755, vedrust BM-1756 ja ekstsentriskust BM-1709<sup>H</sup>.

Lõõgimehhanism koosneb kolvist ühes lõõgivarrega BM-1306, mis liigub suruõhu mõjul silindris BM-1701 ja jagab hoobe puuripärale. Silinder on suletud ühelt poolt käepidemega BM-1702<sup>H</sup> ja teiselt poolt suunamispuksiga BM-1715, mis seob silindrit kestaga BM-1721.

Pööramiseseadis koosneb kärispuksist BM-123, mis on paigutatud kestasse BM-1721, ja pöördepuksist, mis koosneb kahest osast: ülemine BM-1722-6<sup>a</sup> ja alumine BM-1722-6<sup>b</sup>. Kärispuks pidurdatakse linkidega BM-124<sup>H</sup>, survepoldikestega BM-125 ja vedrudega BM-126.

Kolvi lõõgivarde lõigatud spiraalsoonte mõjul pöörab pööramiseseadis kolvi iga tagasilikumise ajal mõnevõrra pöördepuksi ja ühes sellega ka puuri allpool seletatud viisil.

Käepide BM-1702<sup>H</sup>, silinder BM-1701 ja kest BM-1721 on ühendatud sidepoltidega BM-1732, mutritega M 12 K 30 ja vedrudega BM-133.

Puurihoidja BM-1331 on kinnitatud kere nukkide külge eriliste pöõltide BM-1336, vedrude BM-1337 ja mutrite BM-1338 abil.

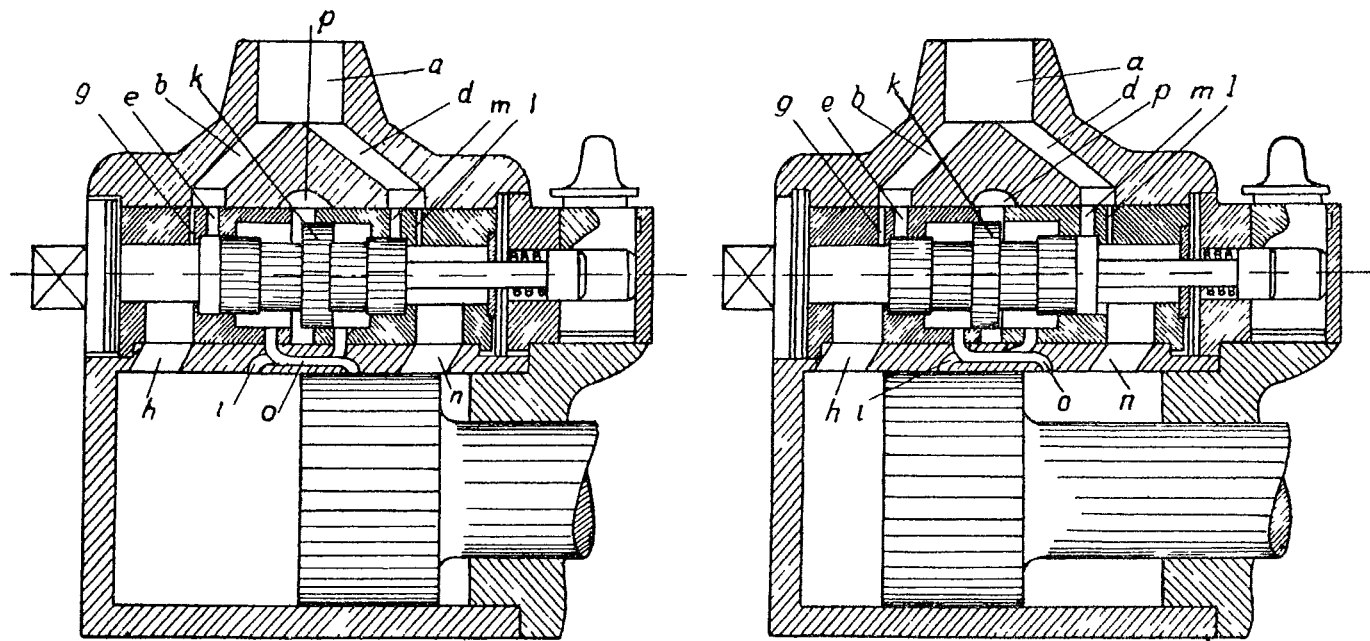
Puuride vahetamisel lükatakse puurihoidja kõrvale ja pöõratakse pärast vahetamist kohale tagasi.

Õhujaoitusmehhanismi töötamine. Kraani avamisel (joon. 138) satub suruõhk kanalisse *a* ja tungib kanalite *b* ja *d* kaudu edasi hülside avaustesse.

Kui jaotussiiber ja kolb on äärmises parempoolses asendis (nii nagu on näidatud joonisel 138 vasakul), tungib suruõhk läbi aukude *e* ja *g* vasakusse hülsi ja kanali *h* kaudu vasakpoolsesse silindriosa. Samal ajal tungib osa suruõhust läbi kanali *i* ja surub siibri rõngasribile *k* paremalt poolt. Uhtlasi satub suruõhk kanalitesse *d* ja *l*, tungib läbi alumise (paremal) hülsi millimeetrise avause ja surub jaotussiibri paremale otsale.

Nii surub õhk jaotussiibri mõlemale otsale ja paremalt poolt tema rõngasribile. Täiendav surve rõngasribile paremalt, mis tekib kolvi ees väljalaskeava *o* sulgemisel, paiskab siibri vasakpoolsesse asendisse.

Kui jaotussiiber on paiskunud vasakule (joon. 138, paremal), avaneb suruõhul võimalus tungida kanalite *d*, *m*, *l* ja *n* kaudu silindri parempoolsesse ossa. Samal ajal ühendab jaotussiiber vasakpoolse silindriosa kanalite *i* ja *p* kaudu välisõhuga ja suruõhk pääseb sealt välja.



Joon 138 Süber õhujaotusega puurvasara suruõhujaotuse mehhanism

Suruõhu mõjul liigub kolb vasakule (tühikäik). Edasise liikumisega vasakule katab kolb kanali  $t$  ja suleb sellega õhu väljatungimise võimaluse vasakpoolsest silindriosast. Seejärel avab kolb parempoolses silindriosas kanali  $o$  ja suruõhk hakkab rõhuma jaotussiibri rõngasribile vasakult.

Kolvi edasine vasakpoolne liikumine tõstab survet vasakpoolses silindriosas, mida veelgi suurendab suruõhu juurdevool kanalite  $b$  ja ülemise hülsi millimeetrise avause  $g$  kaudu. Kui surve jaotussiibri otstele tasakaalustub, paiskub ta parempoolsesse asendisse, sest vasakult poolt avaldas suruõhk survet ka rõngasribile. Paiskudes paremale avab jaotussiiber suruõhule tee kanalite  $b$ ,  $e$ ,  $g$  ja  $h$  kaudu pääsemiseks vasakpoolsesse silindriosas ja ühendab parempoolse silindriosas kanalite  $o$  ja  $p$  kaudu välisõhuga.

Vasakpoolse surve mõjul hakkab kolb liikuma paremale poole (töökäik) ja käigu lõpus annab kolvi vars hoobi puuripärale. Seejuures on õhujaotusmehhanismi töö samasugune kui kolvi liikumisel vasakule.

**Puuri pööramismehhanismi töötamine.** Liikudes edasitagasi ja jagades hoope puuripärale, pöörab kolvi vars samal ajal ka puuri. Selleks on lõigatud kolvi varresse kaks spiraalset ( $A$ ) ja kaks sirget ( $B$ ) soont (joon. 137).

Sirgetesse soontesse on paigutatud pöördepuksi ülemise osa küljes olevad kaks sirget ribi ja spiraalsetesse soontesse on asetatud kärispuksi siseküljel olevad kaks spiraalset ribi.

Lingid БМ-124<sup>H</sup> võimaldavad kärispuksil ainult ühepoolset pöörlemist. Kui kolb liigub puuripära poole (edasi), siis pööravad spiraalsed sooned kärispuksi ja lingid libisevad üle kärispuksi hammaste. Kolvi tagasilikumisel ei võimalda lingid kärispuksi teisele poole pööramist ja tema spiraalsed ribad sunnivad kolbi pöörduma ühes pöördepuksi ja puuriga.

**Puurjahu kõrvaldamine.** Puurjahu kõrvaldatakse august suruõhuga väljapuhumise teel. Selleks juhitakse vajalik osa suruõhku puuri kanalisse kahel teel: ülalpool kolbi olevast silindriosast läbi kolvi tsentrisse puuritud augu ja allpool kolbi olevast silindriosast läbi spiraalsete soonte ja kärisratta ribide vahe.

Kui on vaja teostada puru intensiivset väljapuhumist (otsest puhumist), siis pööratakse otsese puhumise ekstsentriku pidet, mis asetab jaotussiibri nii, et suruõhk suunatakse silindri alumisse ossa ja sealt edasi läbi kolvi varre spiraalsoonte ja puuri kanali lõhkeauku. Otsese puhumise ajal puurvasar ei tööta.

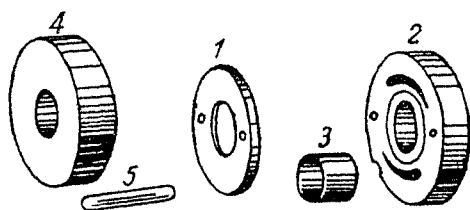
**Rõngasklapp-õhujaotus.** Õõtsuv klapp 1 (joon. 139) kujutab endast rõngasplaati, milles on kaks väikest sümmeetriliselt asetatud ava. Rõngasklapp asetatakse klapi karbi 2 tagumise (ülemise) külje



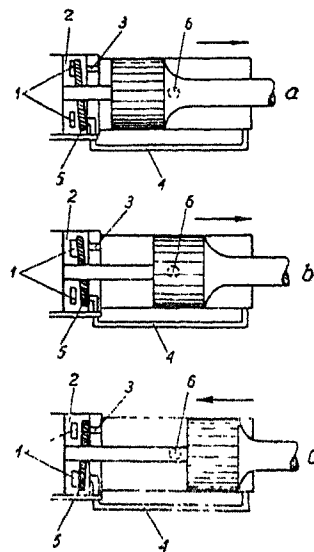
peale nii, et selles olevad tihvtiotsad satuvad mainitud avadesse. Klapp ühes karbiga asetatakse kere 4 sisse ja neid kõiki keskest läbivasse auku paigutatakse puss (torukene) 3. Kõik need osad kokkupandult moodustavad õhujaoitusseadise, mille avast pannakse läbi pöördepolt (joon. 141, 4) ja kinnitatakse siis ühes kärirattaga kiilu 5 abil puurvasara silindri ülemisse ossa.

Rõngasklapi töötamise skeem on järgmine (joon. 140): suruõhk tuleb klapikarbi 2 rõngasõõnsusse 1, kust ta juhitakse järjekorras kas kanali 3 kaudu silindri tagumisse ossa või kanali 4 kaudu silindri eesmise ossa.

Kui suruõhk juhitakse kanali 3 kaudu silindri tagumisse ossa (joon. 140, skeem a), liigub kolb ettepoole (töökäik) ja õhk silindri eesmisest osast väljub kolvi varresse lõigatud soonte vahelt (vt. joon. 141) ning satub puuri õõnsusse puurjahu väljapuhumiseks. Sooned kolvi varres on ainult tema eesmisest osas. Kolvi edasi liikudes, kui sooned lõpevad (joon. 140, skeem b), ei pääse õhk enam silindri eesmisest osast välja; ta surutakse kokku ning ta avaldab survet klapi 5 altpoolt kanali 4 kaudu.



Joon. 139. Õhujaoitusseadis õõtsuva rõngasklapiiga: 1 — rõngasklapp, 2 — klapiarp, 3 — puss, 4 — kere, 5 — kiil.



Joon. 140. Õõtsuva rõngasklapiiga õhujaoituse skeem. (Numbrite selgitus tekstis.)

Kolvi liikumine paremale lõpeb kolvi varre lõõgiga puuripäralt. Samal ajal vabastab kolb ava 6, mille kaudu väljub suruõhk silindri tagumisest osast, mille tagajärjel selles surve järsku langeb. Ei silindri eesmisest osast õhk on surutud ja avaldab survet kanali 4 kaudu klapi 5 alumisele poolele, siis paiskub klapp uude asendisse, surudes kinni kanali 3 ja avades kanali 4, mille kaudu suruõhk tungib silindri eesmesse ossa ja hakkab kolvi tagasi suruma.

Rõngasklapp-õhujaoituse paremusteks on: 1) puurvasara konstruktsiooni lihtsustamine kanalite poltide ja mutrite vähenemisega; 2) võrreldes teiste, vananenud tüüpi klappjaoitustega suureneb puurimiskiirus 20%

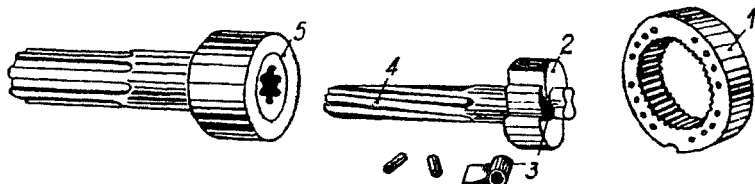


võrra; 3) pörkejõudude vähenemine, puurmasin rappub vähem, mis on väga oluline käsi-puurvasaratega töötamisel.

Puuri pööramise seadis uuemates puurvasarates erineb eespool kirjeldatud puurvasara БМ-17 pööramise seadisest. Neis kasutatakse selleks erilist spiraalsoontega pöördepolti 4 (joon. 141), mis on valmistatud ühes kärisepeaga 2.

Puurvasara silindri tagumisse ossa, vahetult õhujaoitusseadise peale, asetatakse sisemiste hammastega käriratas 1, millesse paigutatakse pöördepolti kärisepa 2 ühes linkidega 3. Kärisepa võib pöörduda kärirattas ainult ühele poole — vasakult paremale. Teisele poole pöördumist takistavad lingid 3, mis on haaratud käriratta 1 hammaste poolt.

Puurvasara kolvi õõnsusse on kinnitatud spiraalribidega mutter 5, mille sisse paigutatakse pöördepolt 4. Kolvi ettepoole liikumisel pöörab mutter 5 pöördepolti 4 ühes kärisepeaga 2 käriratta 1 sees. Kolvi tagasi-



Joon. 141. Puuri pööramise seadis: 1 — käriratas, 2 — kärisepa, 3 — lingid, 4 — pöördepolt, 5 — spiraalribidega mutter.

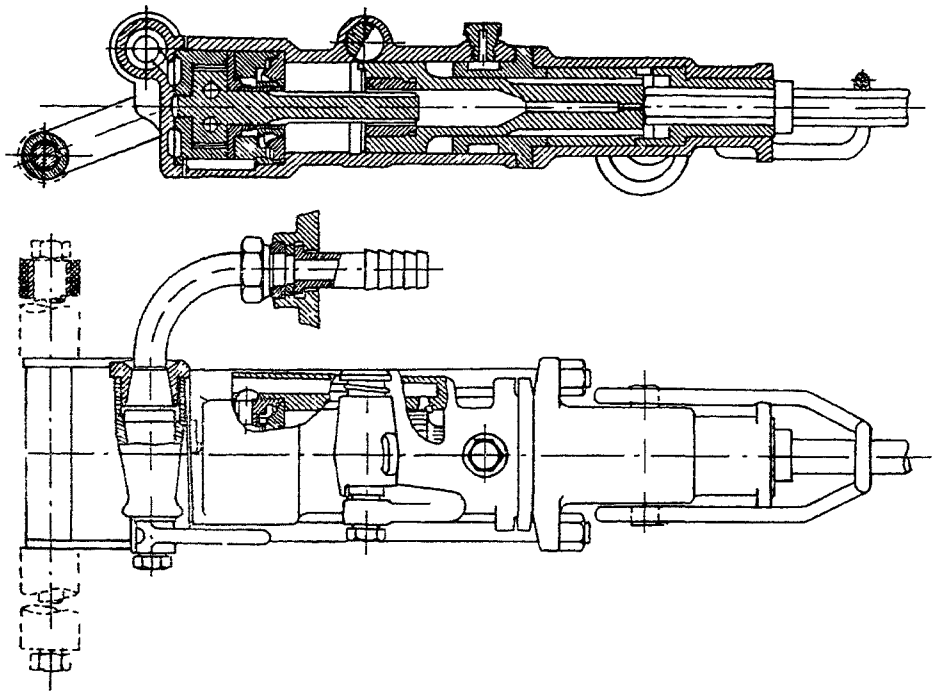
liikumisel ei võimalda lingid 3 pöördepoldil teisele poole pöördumist ja takistab paigal. Kolvi sisse kinnitatud mutter 5 libiseb paigalseisvat polti pidi ja paneb kolvi pöörduma.

Kolvi varre sisse on lõigatud pikisooned, mis libisevad kolvi edasi-tagasi liikudes pöördepuksi vastavates ribides, kuid kolvi pööramisele pöörduvad temaga koos pöördepuksi ja ka puur, mille kandiline pära on pöördepuksi alumises osas.

Puurvasaraid ПП-17 (joon. 142) on kaks mudelit — kuivpuurimiseks ПП-17 ja märgpuurimiseks ППМ-17. Viimane erineb esimesest ainult uhtvee puuri õõnsusse juhtimise seadise poolest, mis on väga lihtne ja kujutab endast peent toru, mis läbib tsentraalselt kogu puurvasara mehhanismi, ning veejuhtmeid ühes kraaniga, mille kaudu vesi juhitakse väljastpoolt puurvasarasse.

Puurvasar ПП-17 on määratud lõhkeaukude puurimiseks keskmise kõvadusega kivimites rõhtsate ja ka teiste kaeveõõnsuste rajamisel, kus suurem osa lõhkeauke suunatakse ligikaudu horisontaalselt. Seda soodustab puurvasara võrdlemisi väike kaal.

Puurvasar ПП-17 on üks paremaid kergekaalulisi puurvasaraid; võrreldes puurvasaraga БМ-17 on tema tööviljakus kaks korda suurem. Võrreldes teiste uute kergete puurvasaratega, nagu ПБ-15 ja ПА-16, peetakse teda tunduvalt paremaks ja tööviljakamaks. Puurvasarat ПП-17 iseloomustavad tehnilised andmed on paigutatud tabelisse 14. Sellesse tabelisse on paigutatud tehnilised andmed ka teiste uuemate kergete puurvasarate kohta.



Joon. 142. Puurvasar ПП-17

Puurvasar ПП-17 on valmistatud efektiivse omapärase siiber-rõngasklapp-õhujaoitusega. Puuri pööramine toimub pööramiseadise abil, mis sarnaneb joonisel 141 kujutatud seadisega ja mille tegevuse kirjeldus on ka sealsamas.

Suruõhu sisselaskmise kraani käepidemel on märgitud kolm asendit: „Kinni”, „Tasane töö” ja „Täistöö”, mis kergendab õhu reguleerimist töötamisel.

Kui väga täpselt ehitatud mehhanism töötab puurvasar ainult korralikult määratult, mis kaitseb kulumise eest ja väldib rikete esinemist. Puurvasar ПП-17 on varustatud automaatse määrimisseadisega, mis tagab kor-

raliku ja ühtlase määrimise. Määrdeõli reservuaariks on treitud süvend juhtpuksis, mida peab õliga täitma vähemalt kaks korda vahetuses. Töötamisel imetakse õli suruõhu abil reservuaarist nõutaval määral vastavate kanalite kaudu kõikide liikuvate osade määrimiseks.

Käsi-puurvasaraga töötatakse samuti kui elektripuuriga. Võrreldes viimasega tekitavad puurvasarad palju põrinat, mis ohtlikes kohtades töötamisel takistab kuulmast toestiku ragisemist ja raputab puurija käsi, mis mõjub väsitavalt.

Tabel 14.

Käsi-puurvasaraid iseloomustavad andmed.

Puurvasarate margid	Kaal kg	Pikkus mm	Löökide arv minutis	Õhutarvitus m <sup>3</sup> /min.	Normaalne suruõhu surve at	Puurimis-kiirus mm/min.
ПБ— 15	15,5	550	1900	1,8—2,0	5	140
ПБМ— 15	17,0	520	1900	1,8—2,0	5	140
РП— 17	16,2	550	1700	1,8—2,0	5	90
РПМ— 17	17,5	550	1700	1,8—2,0	5	90
ПА— 16	16,0	530	—	1,66	5	—
ПА— 23	23,0	620	—	2,35	5	—
ОМ—506	27,0	—	1500	2,40	5—6	—
ПР— 35	35,0	638	—	2,45	5	—

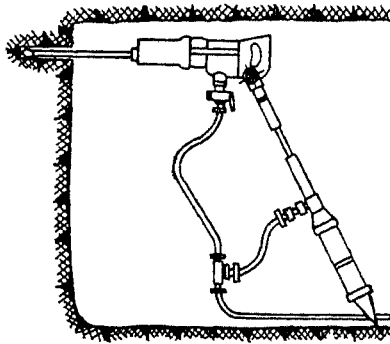
Puurija töö kergendamiseks valmistatakse kergeid hoidetugesid, millele puurvasarat toetades on hõlpus puurida lõhkeauke kõrgematesse kohtadesse. Iseäranis head on selleks kerged pneumaatilised toed, mis kinnitatakse puurvasara käepideme külge ja mis võivad automaatselt pikenedes aidata puurile peale suruda (joon. 143). Lahtistes kaevandustes kasutatakse perforaatori hoidmiseks erilisi kolmjalgu (joon. 144) või neljale jalale monteeritud rõhttugesid, millede jalgade külge kinnitatakse massiivsed raskused paigalpüsivuse suurendamiseks.

S a m m a s - p u u r v a s a r a t e k s nimetatakse raskeid puurvasaraid, mille tööasendis hoidmiseks peab kasutama vastavat tuge. Tugi kinnitatakse kas vertikaalsesse või horisontaalsesse asendisse. Veel sobivam on kasutada raskete puurvasarate tööasendis hoidmiseks liikuvaid seadeldisi, mida nimetatakse puursõidukiteks.

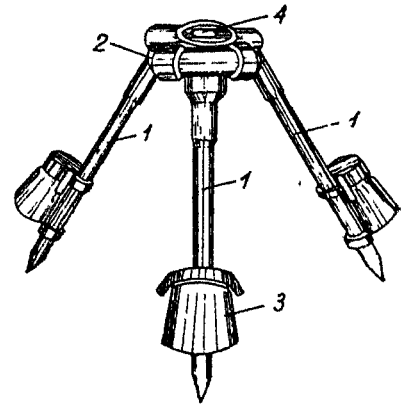
Sammas-puurvasara ПС (joon. 145) tähtsamad osad on: silinder, milles liigub kolb 1 ühes kolvi varrega 2, suunamispuks 3, puuripööraja 4.

Vasakul pool kolbi on spiraalsooneline pöördepolt 5 ühes kärisrattaga, õhujaotuse seadis 6, mis on varustatud siiber-rõngas-klapp-õhujaotajaga 7.

Kirjeldatav perforaator kõrvaldab puurjahu veega uhtmise teel. Vesi juhitakse puuri õõnsusse toru 8 abil.

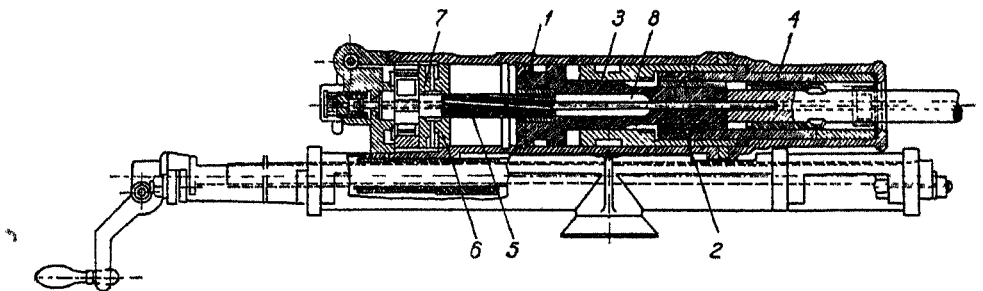


Joon 143. Puurimine pneumaatilise hoide-  
toega.



Joon. 144. Kolmjalg puurvasara hoidmi-  
seks: 1 — jalad, 2 — jalgade liikmed,  
3 — massiivsed raskused, 4 — pea puur-  
vasara kinnitamiseks.

Liikuvate osade määrimine toimub automaatselt. Õlikamber on ühen-  
datud määret vajavate hõõrdekohtadega kanalikeste abil, mida mööda töö-  
tamise ajal imbub vajalikul määral õli.

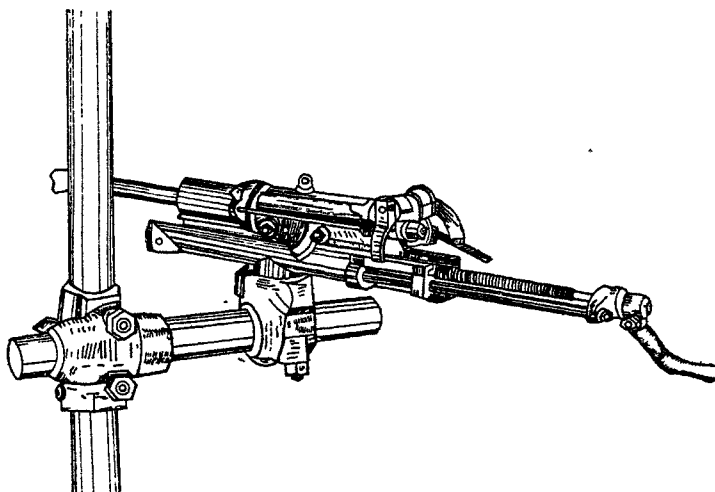


Joon. 145. Sammas-puurvasara ПС läbilõige. (Numbrite seletus tekstis.)

Puurvasar ПС on asetatud liugraamile. Puurvasara kere külge on  
kinnitatud mutter, mida läbib liugraami kruvivarras. Keerates kruvivarda  
otsa asetatud vända ühele või teisele poole võib puurvasarat liugraamil  
suunata kas edasi või tagasi. Liugraam kinnitatakse toe külge sõõri-

kujulise jala abil, mis võimaldab raami pöörata jala asendi tasapinnas. Vertikaalpinnas pööramist võimaldab toe konstruktsioon (joon. 146).

Kõvade ja väga kõvade kivimite puurimiseks ja sügavate lõhkeaukude puurimiseks valmistatakse NSV Liidus rasket puurvasarat KLIM-4. Masin on monteeritud liugraamile, millega ta kinnitub kas toe või puursõiduki



Joon. 146. Sammas-puurvasar tööasendis.

poomi külge. Liugraam on varustatud automaatselt töötava vindiga, mis masinat tööprotsessis edasi nihutab. Vindi käitamiseks kasutatakse suruõhurotatsioonmootorit, millesse juhitakse suruõhk eri voolikuga.

Sammas-puurvasaraid iseloomustavad tehnilised andmed on esitatud tabelis 15.

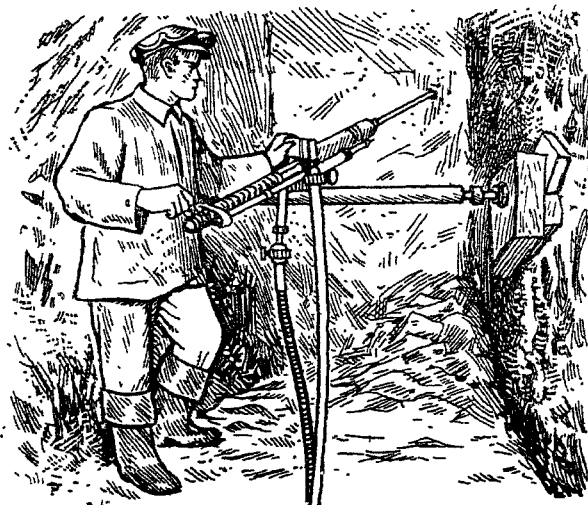
Tabel 15.

Sammas-puurvasaraid iseloomustavad andmed.

Nimetus	KLIM-4	ПС	HK-2
Pikkus mm . . . . .	1563	1387	1430
Kaal kg . . . . .	73	85	84
Kolvi diameeter mm . . . . .	—	100	102
Löökide arv min. . . . .	1750	1500	—
Õhutarvitus m <sup>3</sup> /min. . . . .	2,7	5	5,1—6,4
Õhuvooliku sisemine diameeter mm	25	25	25

Toed on vastavalt tööülesannetele erineva konstruktsiooniga. Allmaatöödel kasutatakse vertikaalselt (joon. 146) ja rõhtsalt ülesseatud tugesid (joon. 147). Esimesed kinnitatakse kaeveõõnsuse lae ja põranda vahele, teised õõnsuse külgsainte vahele. Toe kinnitamisel asetatakse tema otste alla puuklotsid. Toed kaaluvad 35—140 kg.

Perforaatori edasinihutamine tööprotsessis inimjõul on jõudukulutav ja pole kooskõlas puurmasina võimete ja kivimite kõvadusega. Viimasel ajal on konstrueeritud rida nihutusautomaate, milledest mõned on katsetel näidanud häid tagajärgi. Perforaatori tööviljakus tõuseb nende kasutamisel 25—30% võrra, tööline vabaneb väsitavast tööst ja puuriterade kulu väheneb tunduvalt. Nihutusautomaatide tarvituselevõtmist tuleb igati tervitada.



Joon. 147. Rõhttugi.

Viimasel ajal on hakatud tarvitama rõhtsate kaeveõõnsuste rajamisel erilisi puursõidukeid, mis kiirendavad tunduvalt puurimistöid.

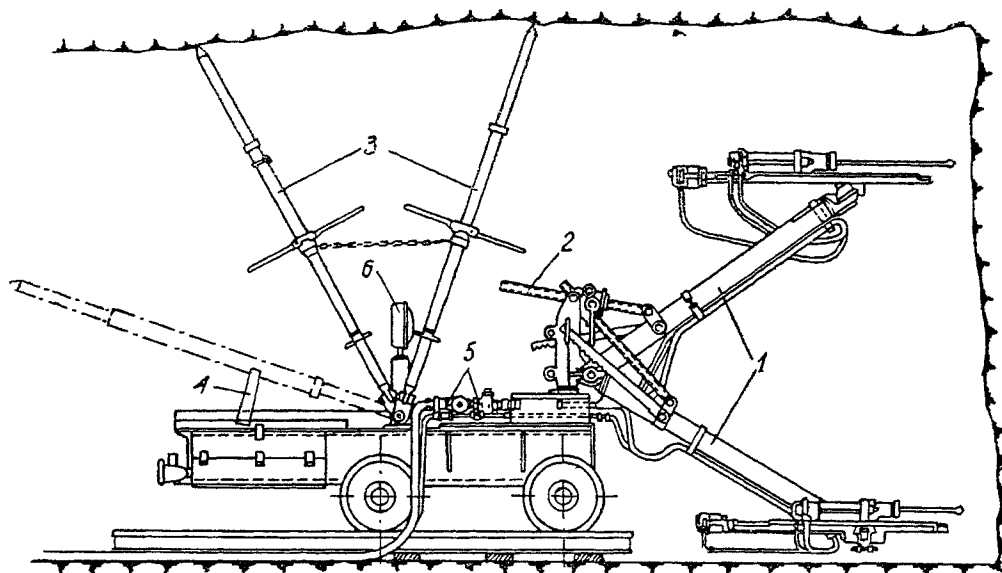
NSV Liidus valmistatakse käesoleval ajal kahte tüüpi puursõidukeid — BK-2 ja BK-4. Esimene on kahe perforaatori ja teine nelja perforaatori üheaegseks tööerakendamiseks.

Peale mainitud tehastes ehitatavate puursõidukite ehitatakse ratastel liikuvaid puurvasarate tugesid ka kaevanduste mehhaanikatöökodades.

Puursõiduk BK-2 (joon. 148) koosneb ratastel liikuvast platvormist, mille eesosas on kinnitatud šarniiridega kaks poomi 1 perforaatorite tööasendis, hoidmiseks. Poome võib tõsta ja alla lasta tiguajamiga varustatud seadise 2 abil. Ühtlasi võib poome pöörata horisontaaltasapinnas 190°. Seega on võimalik poomidele kinnitatud perforaatoritega puurida lõhkeauke 4,5 m laiuselt ükskõik missugusesse kohta ee pinda vajaliku nurga all alt põhjast kuni 3,0 m kõrguseni.

Sõiduki kinnitamiseks tööajal kasutatakse kahte keermete abil pikendatavat kinnitustuge 3, millede minimaalne pikkus on 1,55 m ja maksimaalne 3 m. Sõiduki liikumise ajaks asetatakse kinnitustoed alusele 4.

Sõiduki keskpaigas on suruõhu- ja uhtevvee-torustiku lülitid 5, mis ühendatakse ühelt poolt eesse tulevate suruõhu- ning veetorustikuga ja teiselt poolt perforaatorite vastavate voolikutega.



Joon. 148. Puursõiduki BK-2 skeem tööasendis. (Numbrites seletus tekstis.)

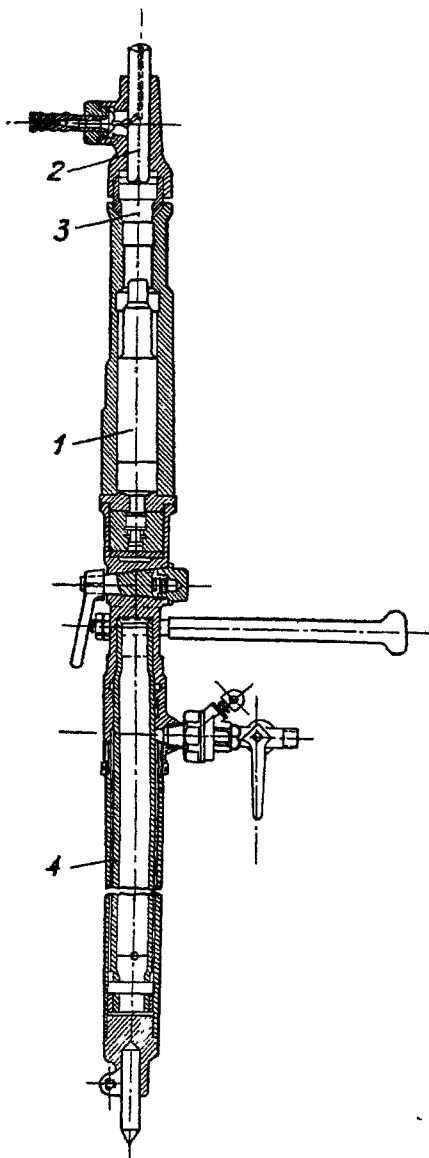
Ee valgustamiseks on sõidukile monteeritud prožektor 6.

Puursõiduk BK-2 on määratud lõhkeaukude puurimiseks kahe perforaatoriga üheaegselt horisontaalsete kaeveõõnsuste rajamisel. Sõiduk on kohandatud töötamiseks raskete perforaatoritega KLIM-4.

Tabel 16.

Puursõidukeid iseloomustavad andmed.

Nimetus	BK-2	BK-4
Maksimaalne puurimislaius m . . . . .	4,5	5,5
Puurimiskõrgus m . . . . .	3,3	3,0
Poomide pööramine horisontaaltasapinnas <sup>o</sup> . . . . .	0—250 ja 0—190 <sup>o</sup>	—
Pikkus mm . . . . .	2440	2600
Laius mm . . . . .	1010	1930
Kõrgus mm . . . . .	784	810
Kaal kg . . . . .	1500	2700



Joon. 149. Teleskoobiline puurvasar: 1 — kolb, 2 — puuripära, 3 — löögi edasiandja, 4 — teleskoobiline tugi.

Puursõidukite BK-2 ja BK-4 isoleerimustavad tehnilised andmed on tabelis 16.

Puursõidukeid saab kasutada etes põikilõikega alates 6 m<sup>2</sup> ja suuremates.

Puursõiduki kasutamise paremused on:

1) võimalus alustada puurimist 5—10 minutit peale sõiduki eesse saabumist, kuna tugisammaste ülesseadmiseks ja 1—2-kordseks ümberpaigutamiseks läheb vähemalt üks tund;

2) võrreldes käelt puurimisega võimaldab kasutada raskeid võimsaid puurvasaraid; puurimine toimub kiiremini ja lõhkeaugud võivad olla sügavamad;

3) kergendab puurijate tööd ja võimaldab pärast puurimise lõpetamist ühes ees kiiresti siirduda teise eesse puurima.

Teleskoobiliseks perforaatoriks nimetatakse puurvasarat, mille pärapoolse otsa pikenduseks on monteeritud eriline teleskoobisarnaselt pikendatav tugi (joon. 149). See tugi valmistatakse kahest silindrist, millest üks võib kolvina teise sees liikuda. Töö ajal juhitakse suruõhk silindrisse, mis kolbi välja surudes pikendab tuge 50—60 cm võrra.

Teleskoobilisi puurvasaraid valmistatakse ülespoole suunatud aukude puurimiseks, seejuures toetub tugi kaeveõõnsuse põhjale või muule alusele.

Teleskoobilised perforaatorid ei erine konstruktsioonilt harilikest puurvasaratest. Meil, NSV Liidus, valmistatakse mitut tüüpi teleskoobilisi puurvasaraid Uuralis, Krivoi Rogis ja mujal. Neid kasutatakse laialdaselt maakide kaevandustes, kus rajatakse palju järsult üles-



poole suunatud kaevõõnsusi. Hariliku puurvasara kasutamine neis tingimustes on peaaegu võimatu.

Tabelisse 17 on paigutatud andmed teleskoobiliste puurvasarate kohta, mis on tänapäeval kasutusel NSV Liidu kaevandustes. Tabelis ei ole andmeid ainult kõige uuema teleskoobilise puurvasara TLIM-3 kohta, mida alles on hakatud valmistama. See puurvasar võib puurida sügavaid ülespoole suunatud lõhkeauke kivimites kõvadusega 6—20 Protodjakonovi järgi.

Tabel 17.  
Teleskoobilisi puurvasaraid iseloomustavad andmed.

Nimetused	Mõõduühikud	Teleskoobiliste puurvasarate margid		
		ПР	ПА-20	ТП-4
Suruõhu surve . . . . .	at	5	5	4,5—5,5
Õhukulu . . . . .	m <sup>3</sup> /min.	2	1,85	2,6
Edasinihke pikkus . . . . .	mm	580	650	—
Vooliku diameeter . . . . .	mm	19	19	19
Pikkus . . . . .	mm	1580	1845	1450
Kaal . . . . .	kg	51	20	48
Löökide arv . . . . .	min.	—	—	1650
Võimsus . . . . .	HJ	—	—	1,6

Ühenduses stahhaanovlaste töömeetodite rakendamisega rauamaagi-kaevandustes (Krivoi Rog) levis vajadus puurida sammas-puurvasaratega sügavaid miinipuurauke, mis võimaldavad korruga eraldada ja purustada suuremat hulka kivimit.

Sügavate miinipuuraukude puurimisel tarvitatakse jämedaid puure ja jätkatavaid puurivarbu. Nii võib teleskoobiliste ja raskemate sammas-puurvasaratega puurida üle 10 meetri sügavusi auke.

Suruõhu-puurvasarad nõuavad head hoolitsemist. Tehasest saadud puurvasarad tuleb lahti võtta, puhastada ja pesta petrooleumiga. Uuesti kokkupandud, korralikult õlitatud ja proovitud puurvasaraid võib rakendada tööle.

Enne töö algust tuleb puurijail:

- a) kontrollida, kas puurvasara kraani juures olev kaitsevõrk on puhas;
- b) kõrvaldada läbipuhumise teel voolikust sinna juhuslikult sattunud kivimipuru;
- c) määrada puurvasarat õli valamise ja vooliku külgekinnitamise avausse ja siis ühendada voolik puurvasaraga;
- d) kontrollida, kas pöördetuksi avaus on puhas, ja pühkida puuripära lapiga puhtaks enne selle avausse asetamist;
- e) kontrollida õhusurvet ja torustiku korralikkust;
- f) proovida puurvasara töötamise korralikkust alul kraani poolteldi avamisega; pärast seda võib alustada puurimist.

Töö ajal on vaja:

- a) jälgida, et puurvasar töötaks normaalselt;
- b) hoida voolikut mehhaaniliste vigastuste eest;
- c) hoida, et voolik ei painduks terava nurga all ega satuks kahekorra;
- d) parandada viibimata kõik korratused, mis ei nõua puurvasara lahtivõtmist; kui puurvasaras esineb viga, mis nõuab lahtivõtmist, tuleb see puurvasar ära anda ja võtta uus;
- e) määrida puurvasarat 2—3 korda vahetuses;
- f) kasutada aeg-ajalt otsest puhumist puurjahu täielikumaks kõrvaldamiseks;
- g) hoiduda kinnijäänud puuri väljatõmbamisest puurihoidja abil; kui puur on lõhke-  
auku kinni jäänud, siis kõrvaldatakse puurvasar ja puur tõmmatakse välja, kasutades sellekohast võlit ja kangi;
- h) lühikestel töövaheegadel asetada puurvasar nii, et ta ei saaks prahiseks; pike-  
maks töövaheajaks viia puurvasar laoruumi;
- i) puurida algul lühikese puuriga ja asendada kord-korralt pikemate puuridega, nii nagu on ette nähtud antud olukorras.

Lõpetanud puurimise, peab:

- a) kinni keerama õhutorustiku kraani;
- b) võtma küljest vooliku, kerima selle kokku ja asetama toestiku külge rippuma;
- c) kõrvaldama puuri puurvasara küljest;
- d) viima puurvasara laoruumi ja teatama esinenud vigadest; laoruumis tuleb puur-  
vasar üle vaadata ja vajaduse korral lahti võtta, puhastada, pesta petrooleumiga, proovida ja seada korda järgmiseks vahetuseks.

## 8. Puurid puurvasaratega töötamiseks.

Puurvasara töötavaks mehhanismiks on puur (joon. 150), mis koosneb tavalistest puuri elementidest. Ta puuripära on täiendatud õlaga  $D$  või ümarate puuripärade puhul veel kõrvadega. Puurid võivad olla väliselt ümmargused, kuuekandilised, kaheksakandilised või keermega ja seest kas õõnsad või täied. Õõnsaid puure tarvitatakse igal pool, kus puurjahu kõrvaldatakse mehhaaniliselt kas veega väljauhtmise teel või suruõhuga välja puhudes. Täispuure võib kasutada ainult ülespoole suuna-  
tud aukude puurimiseks, kui puurjahu oma raskuse mõjul variseb välja. Kui puur on varustatud keermetega ja puurvasar keerab puuri intensiiv-  
selt, siis toimub puurjahu kõrvaldamine ka keermete abil.

NSV Liidus turustatakse puuride valmistamiseks teraslatte järgmistes mõõtmetes:

Lati diameeter . . . . .	mm	19	22	25	28	32	35	38
Siseaugu (õõne) diameeter . . .	mm	5,0	6,0	6,4	7,0	8,0	9,5	9,5

Neist tarvitatakse laiemalt:

- 1) käsipuurvasarate jaoks — kuuekandilisi õõnsaid,  $d = 22$  mm;
- 2) teleskoobiliste puurvasarate jaoks — ümmargusi õõnsaid või täislatte,  $d = 25$  mm;
- 3) raskete sammastepuurvasarate jaoks — ümmargusi õõnsaid,  $d = 32$  mm.

Eespool on tähendatud, et tööprotsessis kulub puuri pea (-tera) kitsamaks ja sellega ühenduses muutub puuritav auk peenemaks. Harilikult kuluvad terasest puuriterad märksa kiiremini kui kõvadest sulamitest puuriterad. Keskmise kõvadusega kivimites kulub harilik puuritera iga 0,6—

0,7 m sügavuse augu puurimisel 1,5—3 mm kitsamaks. Kui kahe meetri sügavuse lõhkeaugu puurimisel vahetatakse 3 puuri, saame augu lõppdiameetri

kuni 9 mm võrra väiksema tema algusest. Harilikult lõhkeainepadruni läbimõõt on 32 mm. Vastavalt peab augu lõppdiameeter olema vähemalt 34—35 mm ja esimese puuri tera laius järelikut 44 mm.

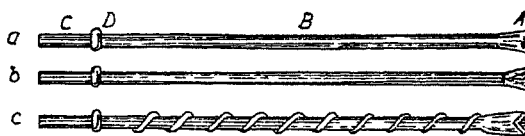
Korralik puuri pea peab vastama järgmistele nõuetele:

- 1) suur vastupidavus kulumisele ja murdumisele;
  - 2) ei tohi takistada puurjahu kõrvaldamist;
  - 3) ei tohi puurimisel kinni jääda;
  - 4) peab olema sümmeetriline, et kulumine oleks igalt poolt võrdne.
- Puuri pea tähtsaimaks osaks on tera.

Praktiliste andmete ja teoreetiliste arvestuste abil on kindlaks tehtud, et vooljamad — väiksema nurga all teritatud terad tungivad väiksema jõukulutusega sügavamale kivimisse. Kuid vastupidi: mida suurema nurga all on puurid teritatud, seda kauem nad püsivad teravad.

Praktiliste katsete abil leitakse antud kivimile kohane puuri teritusnurk. Harilikult kasutatakse pehmetes kivimites teritusnurka 60—70°, keskmistes ja kõvades 90—120°.

Ühtlasi on selgunud praktiliste tööde tulemusena, et töötades ühesugustes tingimustes, on peitlikujulise puuri pea tööviljakus märksa suurem kui ristikujulisel, ja ristikujulisel suurem kui tähekujulisel. Seepärast soovitatakse igal pool, kus kivimid lubavad, kasutada peitlikujulist puuri pead. Ka on peitlikujuliste puuri peade valmistamine odavam. Praolistes kivimites tuleb kasutada ristikujulist või kaksikpeitlikujulist puuri pead.

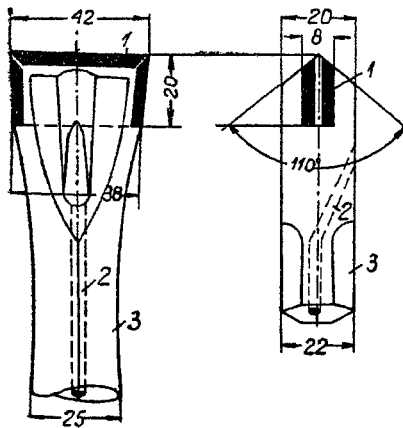


Joon. 150 Suruõhu-puurvasarate puurid: *a* ja *b* — harilikud puurid, *c* — keermega puur; *A* — puuri pea, *B* — puurivars, *C* — puuripära, *D* — õlg.

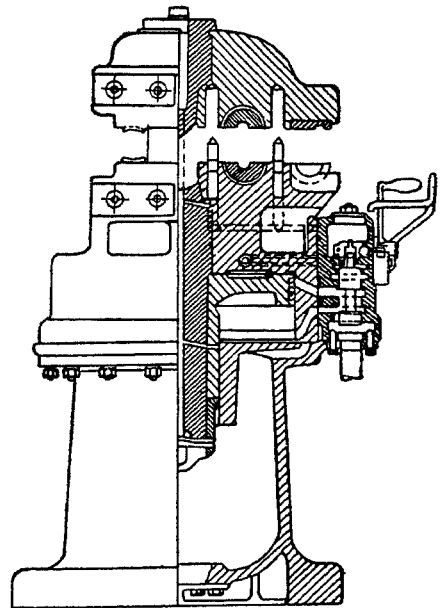
NSV Liidus võeti esimesena kasutamisele puuripeade armeerimine kõvade sulamitega. Nüüd on see viis levinud igale maale.

Eksperimentaalsete uurimistööde tulemusena leiti, et mitmesuguste kõvade sulamite kulumine eri kivimites on erinev. Vastavalt nende uurimiste tulemustele valmistatakse meil, NSV Liidus, puuriterade jaoks plaadikesi:

- 1) ühtlaste keskmise kõvadusega kivimite puurimiseks marki BK-8;
- 2) kõvu tükikesi sisaldavate keskmise kõvadusega kivimite puurimiseks marki BK-12;
- 3) kõvade kivimite puurimiseks — marki BK-15.



Joon. 151. Puuripea kõvast sulamist teraga: 1 — kõva sulam, 2 — õõnsus suruõhu või vee juhtimiseks, 3 — puurivars.



Joon. 152. Puuride teritamise masin.

Kõvade sulamitega varustatakse tavaliselt peitlikujulisi puuripäid, sest nende valmistamine on lihtsam. Tehastes valmistatakse ka ristikujulisi armeeritud puuripäid. Plaadikesed selleks otstarbeks valmistatakse 8—10 mm paksud ja 13—20 mm kõrged. Plaadikesed kinnitatakse jootmisel punase vasega.

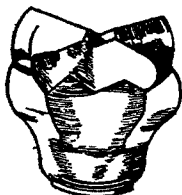
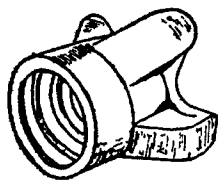
Keskmete ja kõvade kivimite puurimisel kiirendab kõvade sulamite tarvitamine puurimistöid ja on tunduvalt odavam.

Kõvade kivimite puurimisel tuleb tihti vahetada puure. Puurijal tuleb

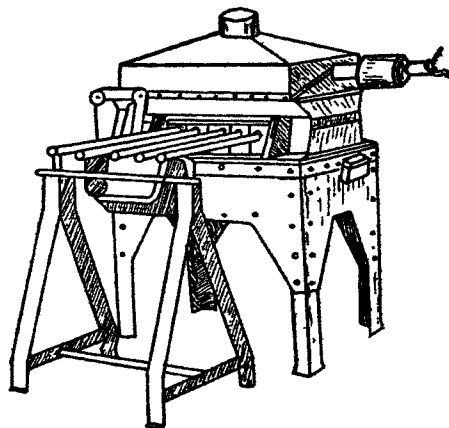
enesega kaasas kanda kitsastes allmaatingimustes rasket puuride komplekti, mis on väga tülikas. Ka on suure hulga nüride puuride sepikotta toimetamine niisama tülikas.

Et seda tülikat toimetust vältida, on hakatud kasutama vahetatavate peadega puure. NSV Liidus tarvitatakse selleks lihtsaid puuripäid terasest CT7X (joon. 153) ja kõvadest sulamitest teradega. Esimesi valmistatakse peitlikujulise ja ristikujulise teraga, teisi ainult peitlikujulisi.

Puure teritatakse kas sepikojas käsitsi harilikkude sepatööriistadega või selleks konstrueeritud erilise teritusmasina abil (joon. 152).



Joon 153. Vahetatavad puuripead.



Joon. 154. Naftaääs puuride kuumutamiseks.

Käsitsi teritamist tarvitatakse juhtumil, kui teritamist nõudvate puuride hulk ei ole suur.

Masinaga teritamine on mitmeti kasulik: 1) puuriterad saavad täpse vormi ja mõõtmed, 2) väheneb terasekulu, 3) kiireneb teritamise protsess ja 4) vähenevad töökulud.

Ühe teritamismasinaga võib üks tööline teritada 8-tunnise tööpäeva jooksul 250—350 puuri, mis ületab käsitsi teritamise mitmekordselt.

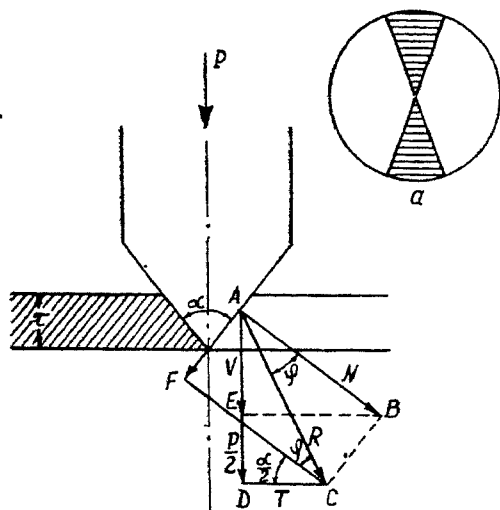
Teritatud puuride pead karastatakse. Karastamise protsess seisneb selles, et puuride otsad kuumutatakse 750—800° (olenevalt terase sordist) ja jahutatakse kiiresti külmas vees või õlis 10—15 mm pikkuselt. Silma järgi kuumutamine ei ole küllalt täpne: puuride terad võivad jääda liiga pehmeks või muutuda rabedaks (ülekuumutuse puhul). Mõlemal juhul kahaneb puuri väärtus. Vastava temperatuuri määramiseks tarvitatakse mitmesuguseid püromeetreid.

Suurema hulga puuride kuumutamiseks tarvitatakse naftaga kōetavaid ääse (joon. 154).

Kōva sulamiga armeeritud puuriotsi teritatakse karborundkaiadel.

### 9. Lõõkpuurimise teooria<sup>1</sup>.

Puuripärarele antud lõõgi mõjul tungib puuritera kivimisse. Märgime lõõgi jõu tähega  $P$ . Jõu  $P$  mõjul tekivad tera mingis punktis  $A$  jõud  $N$ , mis surub kivimile, ja hõõrumisjõud  $F$  (joon. 155). (Ülesande lahenduse lihtsustamiseks on  $F$  suunatud allapoole.) Jõudude  $N$  ja  $F$  liitmisel saame resulteeruva jõu  $R$ .



Joon 155 Lõõkpuurimisel esinevad jõud.

kus  $\varphi$  — hõõrumisnurk,

$\alpha$  — puuri teritusnurk.

Kolmnurgast  $ABC$  leiame jõu  $N$ .

$$N = R \cos \varphi = \frac{P \cos \varphi}{2 \sin \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right)}. \quad (2)$$

Kolmnurgast  $ABE$  leiame purustava ehk survejõu  $V$ .

$$V = N \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{P \cos \varphi \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right)}. \quad (3)$$

<sup>1</sup> А. М. Терпигорев и другие. Горные машины для выемки пластовых полезных ископаемых, изд. 1940 г. Глава XVIII, составленная И. П. Федотовым.

Kolmnurgast ADC leiame nihkejõu  $T$ .

$$T = \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right). \quad (4)$$

Nüüd leiame puuri kivimisse tungimise sügavuse  $\tau$  ühe löögi mõjul. Puuritera kivimisse tungimisel avaldab viimane survejõule vastupanu. See vastupanu võrdub:

$$dk\tau \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (5)$$

kus  $d$  — puuraugu diameeter või puuritera pikkus,  
 $k$  — 1 cm<sup>2</sup> kivimi survetugevus,  
 $\tau$  — puuri kivimisse tungimise sügavus ühe löögi mõjul,  
 $\tau \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$  — sissetunginud puuritera põse projektsioon rõhtpinnale.

Valemis (5) on puuri teraalune pind  $d\tau \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$  korrutatud 1 cm<sup>2</sup> kivimi survetugevusega  $k$ . Seepärast peab see korrutis võrduma purustava survejõu suurusega:

$$V = dk\tau \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (6)$$

Järelikult

$$dk\tau \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{P \cos \varphi \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right)}. \quad (7)$$

Viimasest võrrandist leiame  $\tau$ :

$$\tau = \frac{P \cos \varphi \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right) dk \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{P \cos \varphi \cos \frac{\alpha}{2}}{2 dk \sin \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right)}. \quad (8)$$

Valemist (8) näeme, et kivimisse tungimine suureneb löögijõu  $P$  suurenemisega ja väheneb teritusnurga  $\alpha$ , puuraugu diameetri  $d$  ning kivimi survetugevuse  $k$  suurenemisega.

Edasi leiame puuri ühe tiiru (täie ringipöörde) kohta vajaliku kolvi löökide arvu  $n$  puuripära pihta.

Igale löögile järgneb puuri pööramine mingi nurga võrra; ühtlasi murduvad nihkega kivimi segmendid, mille pindala on  $\frac{\pi d^2}{4n}$  (joon. 155,  $a$ ).

Nihkejõud väljendub valemis:

$$T = \frac{\pi d^2}{4n} c, \quad (9)$$

kus  $d$  — puuraugu diameeter,  
 $n$  — löökide arv,  
 $c$  — I cm<sup>2</sup> kivimi vastupanu nihkele.  
Võrrandid (4) ja (9) on võrdsed.

$$\frac{\pi d^2}{4n} c = \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right), \quad n = \frac{\pi d^2 c}{2P \operatorname{ctg} \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right)}. \quad (10)$$

Saadud valemist (10) võime näha, et vajalik löökide arv puuri ühe tiiru (pöörde) kohta on proportsionaalne puuraugu diameetri ruuduga. Ta suureneb kõvade kivimite puurimisel ja väheneb nihketugevuse  $c$  vähenemisega.

Vajalike löökide arv ühe tiiru kohta väheneb, kui suurendada löögijõudu  $P$  ja vähendada teritusnurka suurust  $\alpha$ .

Puurimisprotsessi analüüsides selgub, et löökpuurimise tööviljakus oleneb nihkejõududest, mis on suunatud perpendikulaarselt puuraugu teljele. Samuti selgub, et mida väiksem on puuri teritusnurk, seda suurem on puurimise kiirus (kui muud olud ei muutu).

Tööpraktikas kõigub teritusnurka suurus 60—120° vahel ja võrdub keskmiselt 90°. Väiksemate teritusnurkade tarvitamisel nürineb tera kiiresti või põhjustab puuri kinnijäämist, mis tunduvalt kahandab tööviljakust.

Kogemustest selgub, et puuripea kuju mõjub tunduvalt puurimise kiirusele. Ühtlasi peab puuri suurus vastama puuritava kivimi kõvadusele. Kui võimsate löökide puhul on puuri pöördnurk liiga suur, siis ei murra puuritera segmente ühetasaselt välja ja augu põhi muutub astmeliseks, mis kahandab tööviljakust. Vastupidi, kui pöördnurk on väiksem vajalikust, siis langeb ka töö efektiivsus ja perforaatori võimsust ei saa täielikult kasutada.

Üldine põhimõte puuripeade vormi valikul seisneb selles, et puuriterade arv (peitlikujuline, topeltpeitel, ristikujuline jne.) vastaks perforaatori löögijõule ja puuri pöördenergale.



Puurvasara võimsuse  $N$  ja löögi (põrke) kasuteguri  $\eta$  arvutamiseks võib kasutada insener J. M. Malahhovi valemeid:

$$N = \frac{C_0}{1 + \alpha} \cdot D^3 \sqrt{\frac{S}{m_1}} \cdot p \sqrt{p},$$

$$\text{kus } C_0 = \left(\frac{\pi}{4}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{75 \sqrt{D}}, \text{ ja } \alpha = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}};$$

$$\eta = \frac{m_1 \cdot m_2 (1 + K)^2}{(m_1 + m_2)^2}.$$

Sümbolite tähendus:

$N$  — puurvasara võimsus kgm/sek.,

$D$  — silindri diameeter cm,

$S$  — kolvi käik cm,

$m_1$  — kolvi mass, võrdub  $\frac{G}{g}$ ,

$m_2$  — löögisaaja (puuri) mass,

$p$  — suruõhu surve,

$K$  — materjali konstant (elastsuse koefitsient),

$F_1$  — kolvi pindala, millele surub õhk löögi suunas,

$F_2$  — „ „ „ „ „ kolvi tagasi liikudes.

Esimesest valemist selgub:

1) perforaatori võimsus on proportsionaalne silindri diameetriga kuubis ja ruutjuurega kolvikäigu pikkusest;

2) perforaatori võimsus oleneb suruõhu survest ja on sellega proportsionaalne.

Teisest valemist võib leida, et löögi kasutegur on maksimaalne, kui kolvi kaal võrdub puuri kaaluga, seepärast peab puurvasara kasuteguri tõstmiseks hoiduma liiga raskete puuride tarvitamisest.

## 10. Kivimite kõvaduse kahandamine puurimisel.

Mõned nõukogude teadlased eesotsas P. A. Rebinderiga uurisid vee ja mitmesuguste lahuste mõju kivimi kõvadusele puurimisprotsessis. Selgus huvitav nähtus, et vesi juhitult puuritavasse auku mitte ainult ei uha välja purustatud kivimit, vaid võtab aktiivselt osa ka kivimi purustamisest. Vesi tungib kõige väiksematesse praokestesse, mis ilmnevad puuritava kivimi pinnas ja, tegutsedes neis kiiludena, kahandab kivimi vastupanu.

Et vee praokestesse tungimist suurendada, lisasid uurijad veele keemilisi aineid, mis suurendavad vee märgamisvõimet. Nii leiti mitmeid lahu-

Tabel 18

Kivimite kõvadust kahandavate lahuste tarvitamise tulemusi puurimisel.

Jrk. nr.	Kaevandused ja kivimid	Kõvadust kahandav lahus ja kontsentratsioon	Perforaatorid ja puurid	Puurimiskiirus mm/min.		Puurimiskiiruse tõus %
				veega	kõvadusekahandajaga	
1.	Uural, Kizel, kaevandus nr. 6; peeneteraline räni	Alumiiniumkloriid, 0,3%	Perforaator HP-2; puurid pobediit-teraga;	91	120	32
			teraspuurid	34	47	30—35
2.	Uural, Kizel, kaevandus nr. 6	Sooda, 0,2 — 0,5%	Samad tööriistad, mis p. 1 all	97	110	12—16
3.	"	Naftaseep, 0,1%	"	54	65	15—20
4.	"	Vesi	"	24—32 ilma veeta	40—60 veega	70
5.	Krivoi Rog, Lenini nimel. kaev.; rauda sisaldav kvartsiit	Alumiiniumkloriid, 0,10 — 0,15%	Raske perforaator ПС; teraspuurid	33	44	36
6.	Uural, „Kotškarzolo“, K. Marxi nimel. kaevandus; kvartsiit	Keedusool, 0,25%	Sammasperforaator; teraspuurid	68	102	16—38
7.	Kasahstan, kullakaevandus „Stepnjak“; peeneteraline liivakivi	Alumiiniumkloriid, 0,2%	Perforaator CP-5; teraspuurid	105	194	61—85

seid, mis märgatavalt kiirendasid puurimist, kahandades kivimi vastu-panu puuriterale. Neid lahuseid on hakatud nimetama kivimi kõvaduse kahandajateks.

Kui teatava petrograafilise koosseisuga kivimi jaoks on õigesti valitud kõvadusekahandaja ja tema kontsentratsioon, siis suureneb puurimise kiirus 20—60%, võrreldes puhta vee abil puurimisega (vt. tabel 18). Ühtlasi väheneb ka puuride kulu 10—35% võrra. Tabelisse 18 on paigutatud andmed mainitud uurimistöö tulemustest.

Tabel 19

Kivimite klassifikatsioon puuritavuse järgi.

Kivimite klassid	Kivimite puuritavuse aste	Kivimite klassid puuritavuse järgi	Puuritavus mm minutis (ainult tegelik puurimise aeg)		Ühe jm. lõhkeaugu puurimise aeg min. (tegelik puurimise aeg)	
			terasest puuridega	sulamiga BK-15 armeeritud puuridega	terasest puuridega	sulamiga BK-15 armeeritud puuridega
1	2	3	4	5	6	7
I	Üliraskesti puuritavad kivi- mid	Ülitihed kvarts ilma sulfiidideta. Tihe jaspis ja mikrokvartsiid. Oliiviinsed ja labradoriitsed basaldid. Ülitihedad sarvkivid.	12	31	83	32
II	"	Ülitihedad kvartsiidid, rauda sisaldavad sarvkivid, basaldid, diabaasid, porfüriidid, kvartsporfüürid, ilma murenemise tunnusteta keratofüürid. Väga tihe, ilma sulfiidideta kvarts.	15	40	67	25
III	"	Ülitihedad kvartsiidid, porfüürid, magnetiidid, rauda sisaldavad sarvkivid, andesiidid, basaldid ja diabaasid, kiltse ehituse tunnuseid sisaldavad murenemata mikrograniidid, süenildid. Kulda, tina, molübdeeni, volframit sisaldav tihe soonkvarts. Ülitihedad polümineraalsed, ilma maagita skarnid.	20	50	50	20
IV	Väga raskesti puuritavad kivi- mid	Väga tihedad ja sitked kvartsiidid, rauda sisaldavad sarvkivid, andesiidid, basaldid ja diabaasid. <b>Peeneteraline granit.</b> Väga tihedad peeneteralised dioriidid, tihedad granaat-pürokseen- sed, mineraliseeritud (volframi, molübdeeni ja teistega) skarnid.	25	60	40	17

1	2	3	4	5	6	7
V	Väga raskesti puuritavad kivi- mid	Kvartsporfüür. Ulitihe peeneteraline magnetiit, porfüriit. Tihead andesiidid, basaldid ja diabaasid. Graniitgneisid. Tihe sulfiididega soonkvarts. Ulitihedad peeneteralised kvartsistunud liivakivid. Tihead gneisid ja trahhüüdid. Keskmise terapeenusega graniidid ja süeniidid. Platinat sisaldavad muutmatud duniidid. Granaat-pürokseensed kaltsiiti ja teisi mineraale sisaldavad skarnid.	30	75	88	13
VI	"	Ulitihe magnetiidi-hematiidi-rauamaak. Tihead vähepragunenud kvartsiidid. Väga tihe kvartslivakivi, kvartsistunud lubjakivid. Väga tihe ühtlaseteraline kromiit. Kulda sisaldav kvartsistunud beresiit. Kvartsistunud ilmoniit. Nõrgalt murenenud kivid: trahhüüdid, süeniidid, andesiidid, basaldid, porfüriidid, diabaasid, proterobaasid, jämedateralised gneisid, granodioriitid, dioriidid, peridotiidid, kvarts-turmaliinkvivimid, kvartsporfüürid, keratofüürid, gabro, pürokseeniidid. Vilgused tina sisaldavad pegmatiidid. Ränioksüüdiga tsementeerunud tardkivimite konglomeraat. Väga tihead kvartsistunud kiltkivid; kloriit-, seritsiit-, vilk- ja teised kiltkivid. Tihead peeneteralised plii-, tsingi- ja ränisisaldusega antimonimaagid. Püriit. Murenenud skarnid. Tihead vase-niklismaagid.	40	90	25	11
VII	Raskesti puuritavad kivi- mid	Väga tihead lubjakivid. Tihe jämedateraline graniit ja graniitkivimid. Väga tihe jämedateraline magnetiidi-hematiidi-rauamaak. Tihead kvartslivakivid. Jämedateraline süeniit. Väga tihe kvartsistunud dolomiit. Väga tihe limoniit. Pentlantiitsed ja pürroitiinsed vase-niklismaagid. Kloriitkiltkivid, vääristunud püriidi, kalkopüriidi ja teiste sulfiididega. Tihead serpentiinid (serpentiinid). Vaskporfüürsed maagid. Sulfiidsed plii-tsingimaagid. Dolomiidistunud ja kergelt skarnistunud lubjakivid. Nikliit sisaldavad serpentiinid. Kruusa sisaldav tardkivimitest konglomeraat lubitsemendil.	50	110	20	9

1	2	3	4	5	6	7
VIII	Raskesti puuritavaid kivi- mid	<b>Marmor. Tihedad lubjakivid, liivakivid, dolomiidid, kalkopüriidid, hematüid-martiidi-rauamaak, sitked beresiidid. Tihe, ühtlaselt sõmer kromiit serpentiniitides. Kergelt murenenud dioriidid, graniidid, gabro, süeniidid, diabaasid, proterobaasid, andesiidid, lipariidid, kvartsporfüürid. Viik-, kloriit- ja seritsiitkildad tunduva ränisisaldusega. Kalkopüriit ja arsenopüriit. Arkoossed vaske sisaldavad liivakivid, elavhõbedamaagid.</b>	65	130	15	8
IX	Üle keskmise raskusega puuritavaid kivi- mid	<b>Liivakivid, dolomiidid. Porsunud graniidid, gneisid, süeniidid, gabro, dioriidid, kvarts- ja turmaliinkivimid. Kergelt murenenud praolised mineraliseerunud kvartsiidid. Vähemurenenud diabaasid, proterobaasid, andesiidid, amfiboliidid, lipariidid, kvartsporfüürid. Kromiidimaagid serpentiinides. Maagid kvartsisoontes, milles sulfiidid on ülekaalus. Kvartskarbonaatsed kivimid. Sideriit. Magnesiit. Talgistunud serpentiniit. Lubjakivi. Tihe, kulda sisaldav barüüt. Kergelt murenenud mineraliseerunud kvartsiit. Martiidimaagid.</b>	85	160	12	6
X	"	<b>Kergelt murenenud beresiidid. Apatiidi-nefeliinimaagid. Tihedad boksiidid. Kvartsiita kloriit-talk-, talk-seritsiit-, kloriit-seritsiit-, seritsiit- ja teised kiltkivid. Liivased kiltkivid.</b>	110	200	9	5
XI	Keskmise raskusega puuritavaid kivi- mid	<b>Liivakivi lubitsemendil, lubjakivi. Murenenud mineraliseerunud väga praolised kvartsiidid. Murenenud püriitsed maagid. Boksiidid. Liivakiltkivid. Jämedateralised sulfiidsed plii-tsingimaagid. Murenenud duniidid, peridotiidid, serpentiniidid. Murenenud beresiidid. Porne limoniit. Setekivimite konglomeraadid kruusasisaldusega silikaat-tsemendil. Tihe savikiltkivi.</b>	150	250	7	4
XII	"	<b>Tugevasti murenenud aluspõhjaktivimid: dioriidid, graniidid, süeniidid, porfüürid, gabro, beresiidid. Tugevasti murenenud sulfiitsed kvartsisooned. Murenenud viik-, kloriit- ja seritsiitkiltkivid. Raudkaap. Plingid püriiti sisaldavad antratsiidid. Tihe mergel.</b>	200	300	5	3,3

1	2	3	4	5	6	7
XIII	Võrdlemisi kergesti puuritavad kivid	Tugevasti murenenud mineraliseerunud kvartsilidid. Kriit, hari-lik mergel, täiesti murenenud liivakivi, kruus ja killustik lubi-tsemendil, kivine pinna. Täiesti murenenud (kaoliniseerunud) alus-põhjakivimid: graniidid, diorliidid, süeniidid, porfüriidid jt. Savi-segused jämedateralsed liivakivid. Murenenud poorsed lubjakivid. Külmunud tihedad savid. Ühtlased (plingid) antratsliidid. Tihedad ühtlased püriiti sisaldavad kivisöed. Bituumenised ja sütt sisaldavad kiitkivid. Savikiitkivi. Kivisool.	250	350	4	2,9
XIV	"	Klibune pinna (maapind). Täiesti murenenud, sütt sisaldavad talk-kloriit- ja viik-kiitkivid. Tserussiidimaagid. Kaoliniseerunud murenemisproduktid. Suhkrutaoline apatiidimaak. Uhtepüriit. Püriidi lagunemisproduktid („sõputška"). Plingid kivisöed. Antrat-siidid. Konglomeraadid. Setekivimid, kruus lubi-savitsemendil. Sitke, tihe, kuiv savi (kõvastunud).	325	400	3,1	2,5
XV	Kergesti puuritavad kivid	Kips. Konglomeraadid pehmetest setekivimitest savitsemendil. Külmunud jämedaterallne liiv, tihe, vähese veega muda. Kivi-söed selge klivaaziga (ristpraokestega). Ilma pragudeta pruun-söed. Liivasegune savi.	425	500	2,4	2,0
XVI	"	Pimsskivi, triipel, tuff ja pehmed kiitkivimid. Rauamaak „sinjka". Täiesti murenenud klibukivimid. Murenenud pruunsöed. Pehme liivasegune savi. Löss.	550	600	1,8	1,7

Märkus: Klassi iseloomustavamad kivid on trükitud rasvase kirjaga.

Tabel 20.

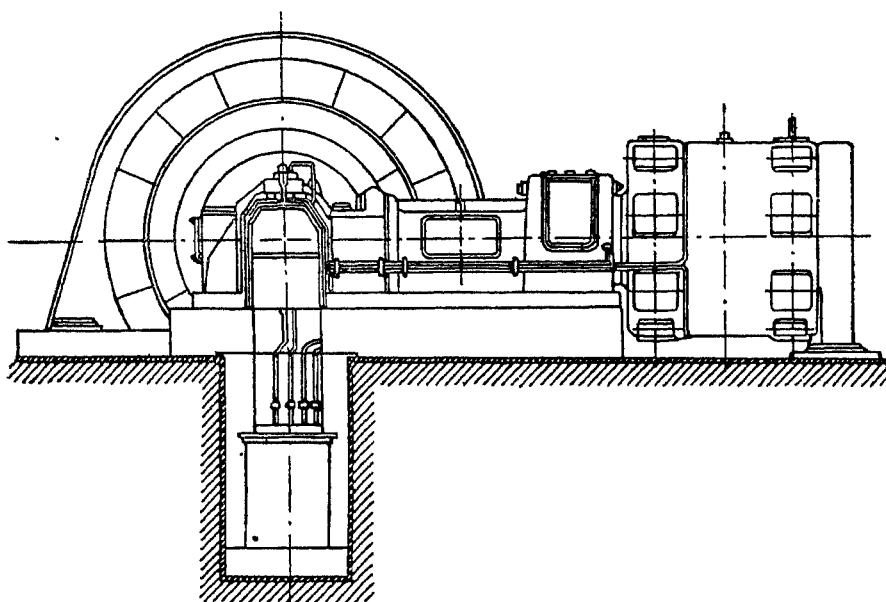
## Kivimite kõvaduse näitajad mitmesuguste väliste mõjude suhtes.

Kivimite klassid	Klassi tüüpilisemad kivimid	Puuritavuse näitajad								Lõhatavuse näitajad			Võrdlev kõvaduse koefitsient $f$	Kõvadus Moosi skaala järgi
		Kulunud puuriterade arv 1 jm. lõhkeaugu puurimiseks		Puuritavus mm minutis (ainult tegelik puurimise aeg)		Ühe jm. lõhkeaugu puurimise aeg (ainult tegelik puurimise aeg)		Töö 1 cm <sup>3</sup> augu sisepuurimiseks kgm		Annoniidi nr. 2 kulu 1 m <sup>3</sup> kivimi lõhkamiseks massiivis kg	Lõhkeaugu pikkus meetrites 1 m <sup>3</sup> kivimi kohta massiivis	Kobestuskoeffitsient		
		armeermata puuride teritusi	kõvade sulamitega armeeritud puuride teritust	armeermata puuridega	sulamiga BK-15 armeeritud puuridega	armeermata puuridega	sulamiga BK-15 armeeritud puuridega	armeermata puuridega	sulamiga BK-15 armeeritud puuridega					
I	Tihedad mikrokvartsliidid . .	50	1,00	12	31	83,0	32,2	750	250	8,3	8,0	2,25	32	9,0
II	Väga tihe kvarts ilma sulfiidideta	37	0,75	15	40	67,0	25,0	525	175	6,7	7,3	2,20	27	8,5
III	Ülitihedad kvartsliidid ja basaldid . . . . .	25	0,50	20	50	50,0	20,0	400	140	5,3	6,7	2,15	22	8,0
IV	Väga tihedad andesiidid ja diabaasid . . . . .	17	0,35	25	60	40,0	17,0	300	120	4,2	5,7	2,10	18	7,5
V	Kvarts-porfüür . . . . .	11	0,23	30	75	33,0	13,0	225	90	3,8	5,0	2,05	15	7,0
VI	Väga tihe kvartslüvakivi . .	7	0,15	40	90	25,0	11,0	175	70	3,0	4,5	2,00	12	6,5
VII	Tihe granit . . . . .	4,5	0,10	50	110	20,0	9,0	145	63	2,4	3,9	1,95	10	6,0
VIII	Tihedad liivakivid, lubjakivid	3,0	0,07	65	130	15,0	8,0	100	49	2,0	3,5	1,90	8	5,5
IX	Liivakivi . . . . .	2,0	0,05	85	160	12,0	6,0	70	35	1,5	3,2	1,85	6	5,0
X	Liivasegused kiltkivid . . . .	1,4	0,04	110	200	9,0	5,0	60	31	1,25	2,9	1,80	5	4,5
XI	Lubjakivid . . . . .	1,0	0,03	150	250	7,0	4,0	40	28	1,0	2,5	1,75	4	4,0
XII	Kiltkivid . . . . .	0,7	0,025	200	300	5,0	3,3	35	23	0,8	2,2	1,70	3	3,5
XIII	Pehmed kiltkivid . . . . .	0,5	0,02	250	350	4,0	2,9	28	19	0,6	2,0	1,65	2	3,0
XIV	Antratsiidid . . . . .	0,35	0,018	325	400	3,1	2,5	17	14	0,5	1,6	1,60	1,5	2,5
XV	Tihe savi, kivisüsi . . . . .	0,25	0,015	425	500	2,4	2,0	11	10	0,4	1,4	1,55	1,0	2,0
XVI	Pimsskivi, tuff . . . . .	0,15	0,01	550	600	1,8	1,7	8	7	0,3	1,2	1,50	0,8	1,5
VII	Liiv, kruus . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	—
VIII	Vedeldunud kivimid . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	—

Lõhkeaukude puurimise ja kivimite lõhkamise tööd on otseselt sõltuvad nende kivimite füüsikalisi-mehhaanilistest omadustest, mida puuritakse ja lõhatakse. Kivimite liigitusi nende kõvaduse järgi on palju, kuid kõik omavad olulisi puudusi. Nende puuduste kõrvaldamiseks on nüüd välja töötatud prof. Suhhanovi tööde alusel uus kivimite klassifikatsioon nende puuritavuse järgi (tabel 19) ja kivimite kõvaduse näitajad mitmesuguste väliste mõjustuste suhtes (tabel 20). NSV Liidu Teaduste Akadeemia Mäeasjanduse Instituudi komisjoni poolt on see liigitus vastu võetud. Uus liigitus on sunduslik kasutamiseks küttein tööstuses.

### 11. Suruõhk.

Masinaid, mis on määratud puurvasarate ja teiste pneumaatiliste mehhanismide tööks vajaliku suruõhu tootmiseks, nimetatakse kompressoriteks. Kompressoreid valmistatakse kolme erinevat tüüpi: kolbkom-



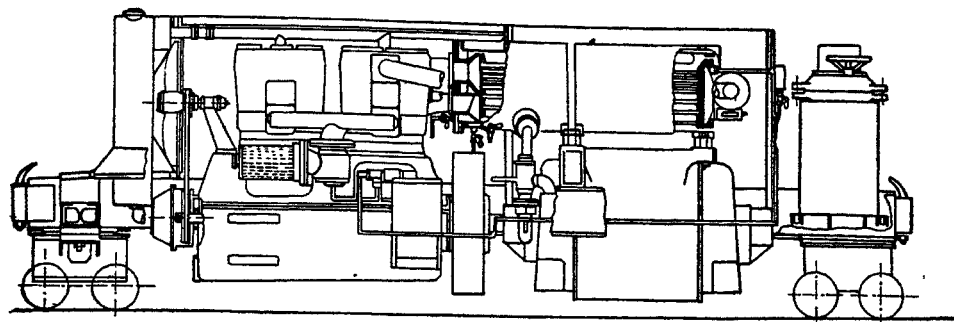
Joon. 156. Statsionaarne kompressor

ressorid, rotatsioonikompressorid ja turbokompressorid. Esimesed kaks tüüpi on leidnud laialdast tarvitamist mäetööstuses.

Turbokompressoreid eelistavad suured suruõhu tarvitajad, mis vajavad suruõhku sadu kuupmeetreid minutis.



Kompressorid võivad olla statsionaarsed (joon. 156) — monteeritud kindlatele alustele, ja liikuvad (joon. 157) — asetatud ratastele, mis võimaldavad neid viia kaevanduse rõõbasteedel töökohtadele.



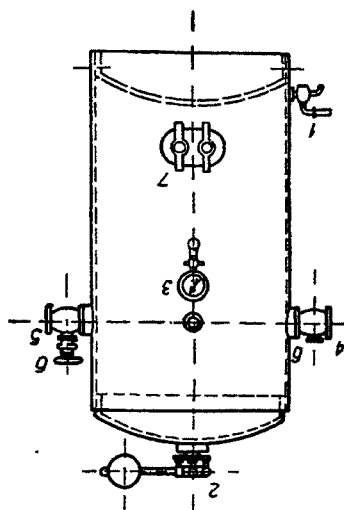
Joon. 157. Ratastel liikuva kompressori skeem.

Statsionaarsed kompressorid asetatakse harilikult selleks ehitatud erilisse hoonesse, võimalikult lähemale suruõhu tarvitajatele, šahtide või šurfide suudmete lähedusse maa peale.

Kompressoris vähendatakse õhu mahtu, mille tulemuseks on tema surve ja temperatuuri tõus. Kokkusurutud õhk jahutatakse ja juhitakse õhukogujasse, mis on asetatud kompressori lähedusse. Õhukogujast liigub suruõhk hargneva torustiku kaudu edasi üksikutesse etesse, kus asetsevad suruõhku tarvitavad masinad.

Õhukoguja (joon. 158) on metall-reservuaar, mis on lülitatud suruõhutorustiku võrku ja milles on teatav hulk suruõhu tagavara. Kogujas sadestub õhust tolm, õliosakesed, mis on õhku sattunud kompressorist, ja niiskus, mis on ühes õhuga sisse imetud välisõhust. Ka suruõhu lõplik jahtumine välise temperatuurini toimub kogujas.

Koguja tähtsaimaks ülesandeks on summutada kõikumist, mis tekib torustikus suruõhu ebaühtlase juurdevoolu ja tarvitamise tagajärjel. Iga õhukoguja peab olema varustatud: kaitseventiiliga, mille



Joon. 158. Õhukoguja: 1 — vee väljalaskmise kraan, 2 — kaitseventiil, 3 — manomeeter, 4 — õhu juurdevoolu klapp, 5 — äravoolu-ventiil, 6 — ühendustoru, 7 — ava sisemise kontrolli teostamiseks.

kaudu õhk võib väljuda üleliigse surve juhtumel; kraaniga, mille kaudu võib sadestunud vett ja õlisid välja lasta, ja manomeetriga sisemise surve kindlakstegemiseks. Õhukogujas peab olema suletav avaus, mis võimaldab sisemiste järelevalvete teostamist.

## 12. Suruõhutorustik.

Suruõhumajanduse kõige nõrgemaks kohaks on torustik, mille valik, monteerimine ja korrashoid nõuavad suurt tähelepanu. Torustiku olukorrast oleneb surve langemise suurus ja väljaimbuva õhu hulk. Kui kaevanduse suruõhutorustik ei ole tehniliselt õigesti arvestatud või tema üksikud osad on järelevalve puudusel korratus olekus, siis on kogu kaevanduse töö vilets ja korratu.

Suruõhutorustiku jaoks tarvitatakse normaalseid (standardseid) terastorusid, mis ühendatakse harilikult flanšside abil. Viimaste tihendus peab olema kindel. Peened torud (kuni 50 mm) ühendatakse keermetega muhvide abil. Viimasel ajal on hakatud torusid ühendama ka kokkukeevitamise teel.

Suruõhutorustik peab olema käänakute kohal koolutatud. Kooldudel peavad olema võrdlemisi suured raadiused. Üleminekud jämedamatelt torudelt peenematele peavad toimuma sujuvalt, koonusvahelülide abil.

Hargnemisel ühendatakse toru kas ülalt või kõrvalt terava nurga all õhu liikumise suunale. Iga haru peab olema hargnemiskohal varustatud ventiiliga, mis võimaldab selle haruliini väljalülitamist, kui sellel ajutiselt puuduvad suruõhu tarvitajad. Kõige peenemad torud ei või olla alla 25 mm.

Torustik peab ulatuma eele võimalikult lähemale, selleks et kummi-voolikud, mille abil torud ühendatakse masinaga, tuleksid lühemad.

Suruõhutorustiku monteerimisel ja järelevalve teostamisel peab juhtima erilist tähelepanu ühenduste tihenduste korralikkusele. Torud peavad olema seest puhtad, sest kõik võõrkehad ja mustus kantakse õhuvooluga pneumaatiliste tööriistade ja masinate sisemusse, mille tagajärjel viimased muutuvad töökõlbmatuiks.

Torustik asetatakse kaevandustes võimalikult kõrgele külgselina lähedale, langusega 3—5 mm 1 m kohta õhuvoolu suunas. Madalamatesse kohtadesse, kuhu võib koguneda niiskest õhust sadestuv vesi, asetatakse vee väljalaskmise seadised — kondensatsioonipotid, mis on varustatud selleks otstarbeks kraaniga.

Suruõhu liikumisel torustikus kahaneb tema surve. Surve kahanemist põhjustavad: 1) torustiku takistus, mis suureneb torustiku läbimõõdu

vähenedisega; 2) liikumissuuna muutmine (käänak), (mida järsem käänak, seda suurem takistus); 3) torude peenemaks muutumine, mis põhjustab õhu liikumise kiirenemist ja takistuse suurenemist; mida järsemalt see toimub, seda suurem on takistus.

Tihti põhjustab surve langemist peenike torustik. Tabelis 21 on toodud surve kaod 1000 m pikkuses erineva jämedusega torustikus mitmesuguse õhuhulga jaoks 6-atmosfäärilisel survel. Neid andmeid võib kasutada torustiku valikul.

Tabel 21.

Suruõhu surve kadu atmosfäärides 1000 m pikkuses sirges torustikus.

Sisseimetud õhu hulk m <sup>3</sup> /tunnis	Torustiku sisemine diameeter mm										
	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500
200	0,4										
500	2,5	0,2									
1000	—	0,9	0,3	0,1							
1500	—	1,8	0,6	0,2							
2000	—	3,0	1,0	0,3	0,1						
3000	—	—	2,0	0,7	0,3						
4000	—	—	—	1,3	0,5	0,1					
5000	—	—	—	2,0	0,7	0,2					
6000	—	—	—	2,5	1,0	0,3					
8000	—	—	—	—	1,7	0,4	0,1				
10 000	—	—	—	—	2,5	0,6	0,2				
12 000	—	—	—	—	—	0,9	0,3	0,1			
15 000	—	—	—	—	—	1,3	0,4	0,2			
20 000	—	—	—	—	—	2,2	0,7	0,3	0,1		
25 000	—	—	—	—	—	—	1,0	0,4	0,2	0,1	
30 000	—	—	—	—	—	—	1,5	0,6	0,3	0,2	
40 000	—	—	—	—	—	—	2,6	1,0	0,5	0,3	
50 000	—	—	—	—	—	—	—	1,5	0,7	0,4	0,1

Peale mainitud survekadude torustikus tuleb arvestada kadusid, mida tekitavad armatuur ja muud vahelülid. Selleks et ühtlustada arvutust, asendatakse need pikkused sirgetele torudele ekvivalentset takistust omavate pikkustega. Andmed ekvivalentse takistusega pikkuse kohta on toodud tabelis 22.

Torustiku arvestusel tuleb valida torude diameeter nii, et surve langus torustikus kompressori ja kõige kaugema töökoha vahel ei oleks väikese ja keskmise suurusega suruõhuseadeldistel üle ühe atmosfääri. Seejuures

tuleb arvestada maksimaalset suruõhumasinat tööerakendamist ja nende töö üheaegsuse tegurit.

Toome torustiku arvutuse näite.

Ülesanne: Leida surve kadu 1,5 km pikkuse ja 100-mm-se sisemise diameetriga torustikus, millel on 10 käänakut ja üks nurkventiil, kui läbi-juhitava suruõhu hulk on 33 m<sup>3</sup> minutis survega 6 at (7 ata).

Tabel 22.

Ohutorustiku armatuuri ekvivalentsed pikkused meetrites.

	Torustiku sisemine diameeter mm											
	25	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500
Sulgeventiil . .	6	15	25	35	50	60	85	110	140	170	200	260
Väiksema takistusega (nurk-) sulgeventiil .	3	7	11	15	20	25	35	50	60	70	85	100
Silber . . . . .	0,3	0,7	1	1,5	2	2,5	3,5	5	6	7	8,5	11
Täisnurkne pööre (käänak) .	0,2	0,4	0,7	1	1,4	1,7	2,4	3,7	4	5	6	7
Torukolmik . .	2	4	7	10	14	17	24	32	40	50	60	70
Üleminek ühelt jämeduselt teiselt . . . . .	0,5	1	2	2,5	3,5	4	6	8	10	12	15	18

Lahendus: Võtame tabelist 22 ekvivalentsed torupikkused, mis moodustavad võrdsed takistused käänakute ja nurkventiilide takistusega ja lisame need torustiku üldpikkusele juurde.

$$1500 + 15 + 1 \times 10 = 1525 \text{ m.}$$

Tabelist leiame, et 100-mm-ste torude nurkventiilile vastab 15 m ja ühele käänakule 1 m sirget toru.

Leiame tabelist 21 torustiku takistuse vastavalt ülesande tingimustele ( $d = 100 \text{ mm}$ , õhu hulk 33 m<sup>3</sup>/min. = 1980 m<sup>3</sup> tunnis). Antud õhuhulga arv ei lange täpselt ühte tabeli arvuga; võtame lähema suurema arvu — 2000 m<sup>3</sup> tunnis, millele vastab surve kadu 1,0 at 1000 m kohta.

Meie torustikus oleks see:

$$\frac{1}{1000} \cdot 1525 = 1,525 \text{ at.}$$

See kadu on võrdlemisi suur. Antud tingimustel tuleb võtta järgmised jämedamad torud  $d = 125 \text{ mm}$ .

Tabelist 22 leiame, et selle jämedusega nurkventiilile vastab 20 m ja käänakule 1,4 m sirget toru.

Torustiku arvutus pikkus on:

$$1500 + 20 + 1,4 \times 10 = 1534 \text{ m.}$$

Leiame surve kao, mis on 125-mm-ses torustikus 0,3 at 1000 m kohta. Kogu arvutus pikkuse kohta annab see:

$$\frac{0,3}{1000} \cdot 1534 = 0,46 \text{ at,}$$

mis on vastuvõetav. Meile jääb võimalus tarbe korral kas suurendada mõnevõrra õhu hulka või pikendada torustikku.

### 13. Puurimistöõde organiseerimisest.

Kui kaevanduse tootmis- ja kaeveõõnsuste rajamise tööd tuginevad lõhkamistöõdele, nii nagu see on Eesti NSV põlevkivikaevandustes, siis peab nende töõde korraldamisele pühendama peamise tähelepanu.

Puurimistöõ on tähtsaim osa lõhkamistöõde kompleksis. Kiire ja korralik puurimine tõstab kaevanduse toodangut ja võimaldab kiiresti rajada kaeveõõnsusi.

Puurimistöõde organiseerimise tähtsaimaks ülesandeks on saavutada kõrget tööviljakust.

Tööviljakus oleneb esiteks töölisest enesest ja teiseks töötingimustest.

Nõukogude töölisel on rakendunud massiliselt sotsialistlikku võistluse kõrgete töötulemuste saavutamiseks. Insener-tehnilise personali tähtsaim ülesanne on luua töölistele kõik võimalused stahhaanovlikuks töötamiseks ja organiseerida sotsialistlikku võistlust.

Õheks peamiseks teguriks kõrge tootlikkuse saavutamisel on tööprotsessi õige organiseerimine. Õige tööprotsessi aluseks on: 1) töõtsükli organiseerimine, 2) töõjõu õige paigutamine, 3) töõpäeva täielik ära kasutamine, 4) töõkoha ettevalmistamine, 5) töõ normeerimine, 6) töõtasu korraldamine, 7) töõkaitse.

Kõikjal mäetöõstuses toimub töõ tsüklikena. Tsükkel koosneb ühest komplektist korduvaist töõoperatsioonidest, mille tulemuseks on teatava hulga kaevise tootmine või kaeveõõnsuse edasinihutamine teatava pikkuse võrra.

Kaeveõõnsuste rajamisel koosneb tsükkel järgmistest põhimistest töõdest: puurimine, laadimine ja lõhkamine, tuulutamine, kaevise koristamine

ja kaeveõõnsuse toetamine Igas tsüklis korduvad need tööd samas kindlas järjekorras.

Koristustöödel (tootmistöödel) koosneb tsükkel samuti kindlaist tööoperatsioonidest, milles lõhkamistööd omavad peaaegu kõikjal otsustavat osatähtsust. Mida kõvemad on toodetavad maavarad, seda suurem osatähtsus on lõhkamistöödel.

Eesti NSV põlevkivi- ja fosforiidikaevandustes on puurimisel ja lõhkamisel otsustav tähtsus nii kaeveõõnsuste rajamisel kui ka tootmisprotsessis koristustöödel. Olenevalt sellest, kuidas kaevanduses on organiseeritud puurimistööd, täidab kaevandus tootmisplaani. Puurimistöö on Eesti NSV kaevandustes juhtivaks alaks, seepärast peavad puurijad olema ka kõrgema kvalifikatsiooniga oskustöölised.

Mida kiiremini kordub tsükkel, seda kiiremini liiguvad edasi ettevalmistuskaeveõõnsused, seda suurem on kaevise toodang koristuses.

Tsükli moodustavad operatsioonid (tööd) on üksteisega tihedalt seoses ning olenevad üksteisest. Kui üks neist ei valmi õigeks ajaks, luhtub kogu tsükli normaalne töö ja kogu tööprotsess muutub aeglasemaks.

Tsükilise töösüsteemi korral peab tööd korraldama rangelt graafiku järgi, milles on täpselt märgitud, missugune töö toimub ühelgi tunnil.

Kaevandustöödel on töögraafik seadus, millele alluvad kõik tööprotsessid, seepärast peab töögraafikust rangelt kinni pidama.

Töökohta peab teenindama nii, et puurijal oleks võimalus töötada stahhaanovlikult. Töölised peavad olema kohtadele paigutatud kooskõlas töökohtade graafikutega ja kogu kaevanduse tööde plaaniga.

Esi, kuhu saadetakse puurija tööle, peab olema korras, s. o. kõik eelnevad tööd peavad olema lõpetatud, esi toetatud, nõutavalt tuulutatud ja puhastatud kõigest üleliigsest, mis tööd võiks takistada.

Kui puurimist alustatakse pikas ees (koristustöödel), kus toimub korraga mitu tööprotsessi, peab olema valmistatud töö alguseks teatav järk, kus puurija võib viibimata tööle asuda.

Enne töö algust peab puurija kontrollima, kas puurvasar, suruõhuvoolikud, lähedane torustik ja kraanid (ventiilid) on korras.

Elektripuuridega töötades peab samuti kontrollima töö alguses elektri juhtmeid ja aparatuuri.

Puurvasarate töövõimsus oleneb täielikult korralikust õhusurvest, mis ei tohi langeda töökohal alla 5 at.

Tähtsaimateks tingimusteks puurijate töö korraldamisel ja tööjõu paigutamisel on: 1) puurijale alalise töökoha kindlustamine (üks või rohkem ett), 2) igale puurijale alaliste tööriistade (puurvasara jne.) kinnistamine

pidevaks töötamiseks, ilma et keegi teine tohiks neid kasutada tema puhkeajal.

Tuleb hoiduda puurijat kõrvalisi ja abitöid teha laskmast.

Normaalsetes oludes töötamisel koosneb puurija töö järgmistest elementidest: 1) puurmasina eesse ülesseadmine ja lahtivõtmine; 2) puurimine, 3) puuride vahetamine ja 4) augu puhastamine.

Kaevandustest saadud andmed näitavad, et tegelikult kulub puurimiseks ainult 50—55% tööajast, ülejäänud aeg kulub p. 1, 3 ja 4 all märgitud töödele ning pahatihti ka säärasele töödele, mida peaksid tegema väiksema oskusega abitöötajad.

## D. Lõhkeaukude paigutus kaeveõõnsuste rajamisel.

### 1. Üldandmed.

Kivimite vastupanu lõhkeainete tegevusele on väga mitmesugune. Eelkõige olenevad lõhkamistöõde tulemused kivimite kõvadusest, monoliit-susest, kihisusest, silkusest ja pragunevusest.

Lõhkamistöõd annavad tulemusi ainult siis, kui lõhkeaugud ees on paigutatud õigesti, arvestades kivimite omadusi, ee mõõtmeid, vabade pindade arvu, naaberkivimite omadusi ja muid tingimusi, mis võivad soodustada või takistada laengute tegevust.

Lõhkeaukude õige ja otstarbekohane paigutus võimaldab lõhkeaine ökonoomset kasutamist, ee maksimaalset edasinihkumist ja lõhkeaukude sügavuse täielikku ärakasutamist. Vaatamata sellele, et see asjaolu peaks olema mäemecstele küllaltki selge, esineb praktikas tihti olulisi kõrvalekaldumisi üksikasjaliselt väljatöötatud ja tööprotsessis proovitud lõhkeaukude asetamise skeemidest.

Harilikult on nende kõrvalekaldumiste algatajateks puurijad, kes kasutavad võimalusi, et iseenda tööd antud hetkel lihtsustada. Seepärast pole tarvilik mitte üksnes range kontroll tehnilise järelevalve poolt, vaid ka mineerijad peavad enne laadimist kontrollima lõhkeauke ja nõudma nende õiget asetust ja sügavust.

Kihtvarapaikade (kivisüsi, põlevkivi jne.) kaevandamisel juhitakse kaeveõõnsused (käigud) harilikult kihi rõhtsuunas, s. o kihtipidi (strekid) või risti rõhtsuunaga (kveršlagid).

Sääraseid varapaigad ja neid ümbritsevad kivimid on oma koosseisult kihilised, mis osaliselt kergendab tükkide lahtimurdmist kihituspind-pidi. Kui võrrelda mainitud kihiliste kivimite läbistamist kveršlagiga ühelt

poolt, ja strekiga teiselt poolt, siis selgub, et võrdsete omadustega kivimites annavad lõhkamistööd märksa paremaid tulemusi kveršlagide etes, kus kihipinnad ühtivad rohkem ee rinnaga. Strekkide etes, kus lõhkeaugud suunatakse ligikaudu paralleelselt kihipindadele, on lõhkeaine purustav mõju tunduvalt väiksem.

Eeltoodu alusel tuleb teha järgmised praktilised järeldused.

1) Kui vertikaalse šahtiga läbitakse horisontaalseid kihte, siis võivad lõhkeaugud olla sügavamad ja nende asetus harvem kui vertikaalsete või järskude kihtide läbimisel.

2) Mida järsema asetusega on kihid, seda soodsamad on lõhkamistöõde tingimused ning seda sügavamad võivad olla lõhkeaugud kveršlagide etes, ja vastupidi — kihtide kallakuse vähenemisega halvenevad lõhkamistöõde tingimused kveršlagides

3) Strekkide rajamisel vähendatakse mõnevõrra lõhkeaukude sügavust ja suurendatakse nende arvu, sest strekid suunatakse alati kihtipidi.

Kui eest on ära koristatud kogu purustatud ja lahtilöödud kaevis, siis selgub, et ee rind on praktiliselt perpendikulaarne kaeveõõnsuse teljega. See on kaeveõõnsuses ainuke pind, mis avab meile võimaluse pääseda nende kivimite juurde, mida peame purustama ja kõrvaldama eega edasimineku puhul

Lõhkeainelaengutest tekkivad gaasid avaldavad kivimitele, millesse laengud on paigutatud, igas suunas survet, kuid ainult see osa gaase, mis avaldab survet ee pinna suunas, purustab kivimeid. Kõigis teistes suundades on vastusurve suurem kui gaaside surve ja seepärast seal purustus ei teki. Seda pinda, mille poole suruvad lõhkegaasid kivimit teda purustades, nimetatakse vabaks ehk avatud pinnaks. Kui näiteks kõrvaldada kaeveõõnsuse laekivimid tema edaspidise rajamise kohalt või rajada kaeveõõnsust nagu kraavi maapinnal, siis võivad lõhkegaasid paisata või suruda kivimeid mitte ainult ee rinna suunas, vaid ka üles, avatud lae või maapinna suunas. Seega on antud tingimustes kaks vaba pinda, kuhu poole lõhkegaasid suruvad kivimeid neid purustades.

Nimetatud tingimustes on niisama suure lõhkeainekoguse plahvatamisel saadud purustatud kivimite hulk palju suurem kui ühe vaba pinna puhul. Kõige soodsamad tingimused on maapinnal lebava rändkivi lõhkamisel, millel on kõik küljed vabad peale alumise, s. t on olemas 5 vaba pinda.

Kivimite üldmassist eraldamisel allmaa-tingimustes ei ole võimalik saada nii soodsaid tingimusi kui lahtistel töödel ja harilikult lepitakse sellega, kui ees on kaks vaba pinda. Kõvades kivimites aga tuleb leppida

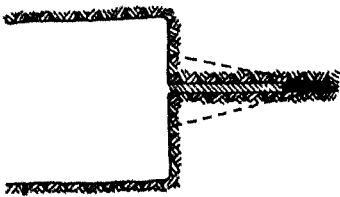


ühe vaba pinnaga. Seejuures asetatakse aga osa lõhkeainelaenguid nii, et teine osa laenguid võiks töötada kahe vaba pinna tingimustes.

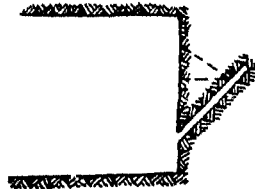
Pehmetes kivimites saadakse teine vaba pind soonimismasina töö tulemusena. Kõvades kivimites aga moodustatakse teine vaba pind eriliselt asetatud lõhkeaukude abil, mida nimetatakse algmurde-lõhkeaukudeks.

## 2. Algmurded.

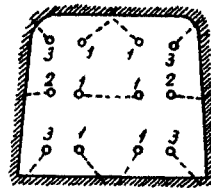
Kui puurida auk perpendikulaarselt ee pinnaga ja asetada sellesse lõhkeainelaeng, siis näeme, et vähima vastupanu joon langeb ühte augu teljega ja lõhkegaaside tegevuse jõud suundub peamiselt selles suunas. Säärane laeng paiskab eelkõige välja topise ja purustab augu ümb-



Joon. 159. Ee rinnaga risti suunatud lõhkeauk.



Joon. 160. Ee rinnaga kaldu paigutatud lõhkeauk.



Joon. 161. Lõhkeaukude paigutus vertikaalse kiil-almurde puhul: 1 — kiil-almurde lõhkeaugud.

rust, moodustades lehtrikujulise õõnsuse. See purustus on aga võrdlemisi väike, võrreldes lõhkeaine kuluga (joon. 159).

Selleks et kergendada lõhkeaine tööd ja saada suuremal hulgal purustatud kivimit, asetatakse algmurde-lõhkeaugud ee pinnaga kaldu, sest siis ei lange vähima vastupanu joon ühte lõhkeaugu teljega ja niisama suur lõhkeainelaeng purustab tunduvalt rohkem kivimit (joon. 160).

Algmurre tehakse ee rinda kindla korra (süsteemi) kohaselt, vastavalt konkreetsetele töötingimustele ja kivimite omadustele. Kauaaegsete kogemuste tulemusena lõhkamistöõde alal on kujunenud rida laialt tarvitatavaid algmurrete kujundamise viise.

Algmurde sügavusest oleneb ee edasinihke samm. Mida sügavamale kivimisse tehakse algmurre, seda rohkem ja sügavamalt purustab antud lõhkeaukude komplekt. Järgmiste, nn. järelmurde-aukude laengud,

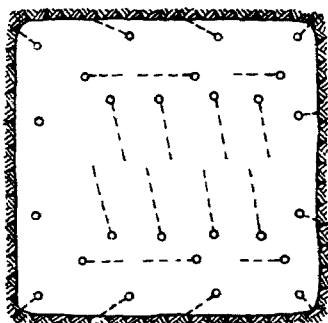
plahvatades kindlas järjekorras, purustavad ülejäänud ee rinna, kusjuures äärmised nendest annavad rajatavale kaeveõnsusele tema põikilõike vormi.

Kui osa algmurde laengutest tõrgestub (mõni laeng ei lõhke või purustab madalalt), siis ebaõnnestuvad ka kõik teised, mille tegevust mainitud laengud pidid soodustama.

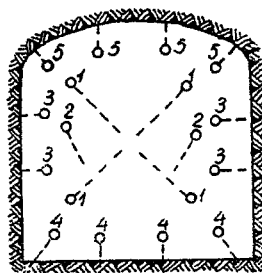
### Algmurrete kujud.

Horisontaalsete kaeveõnsuste rajamisel kasutatakse sageli kiil-almurret, püramidaal-almurret ning alumist ja ülemist algmurret. Igaüks neist võib teataval tingimustel osutada kohaseks ja anda häid tulemusi. Seepärast omab kohase algmurde valik suurt tähtsust lõhkamistöõde edukaks kordaminekuks.

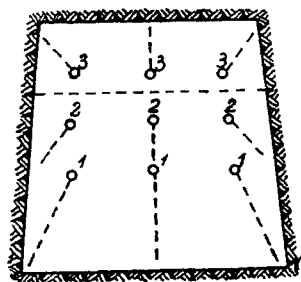
Kiil-almurre võib olla vertikaalne (joon. 161) või horisontaalne (joon. 164). Lõhkeaugud asetatakse paarikaupa vastastikku kaldu



Joon. 162. Lõhkeaukude paigutus horisontaalse kiil-almurde puhul.



Joon. 163. Lõhkeaukude paigutus püramidaal-almurde puhul: 1 — algmurde-lõhkeaugud, teised nr-d tähendavad lõhkamise järjekorda.



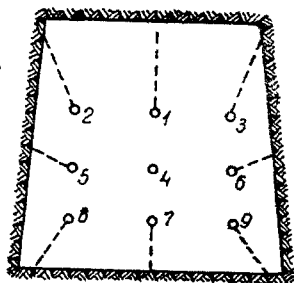
Joon. 164. Lõhkeaukude paigutus alumise algmurde puhul: 1 — algmurde-lõhkeaugud.

nii, et nende põhjad oleksid lähestikku ja suudmed võimalikult kaugemal üksteisest. Paaride read moodustavad kiilu, mis lõhkamisel purustatakse ja ee rinnast välja lüüakse. Vertikaalset kiil-almurret võib tarvitada võrdlemisi laias ees. Kui esi on kõrge, võib kasutada horisontaalset kiil-almurret. Algmurde-lõhkeaukude arv oleneb kivimi kõvadusest ja ee mõõtmetest. Kõvemates kivimites peab laengud asetama tihedamalt, suuremas ees aga rohkemal hulgal. Kiil-almurret kasutatakse kõvades kivimites.

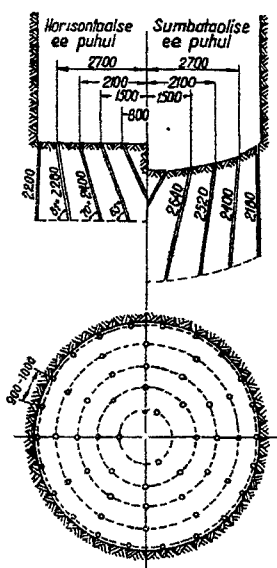
**Püramidaal-almurre.** Kui algmurde-lõhkeaugud asetatakse keset ee rinda nii, et nad moodustavad tõmp-püramiidi, mille tipp on suu-

natud ettepoole, siis kujundatakse nendega püramidaal-almurre. Algmurde moodustamiseks võib puurida kolm või rohkem lõhkeauku, mille põhjad on üksteisele üsna lähedal (joon. 163). Püramidaal-almurre tehakse kõvades kivimites tihti kahekordne. Sel juhul moodustavad sise-mise püramiidi lühemad lõhkeaugud. Seda almmurret kasutatakse kitsamate horisontaalsete kaeveõõnsuste rajamisel.

Alumine almmurre kujundatakse rea lõhkeaukudega, mis puuritakse ee rinna alumisse ossa, suunates nad üsna järsult ee põhja



Joon. 165. Lõhkeaukude paigutus ülemise almmurde puhul: 1, 2, 3 — almmurde lõhkeaugud.

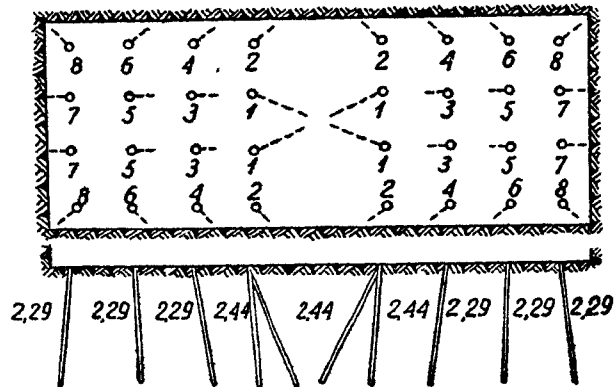


Joon. 166. Lõhkeaugud ringasendis ringikujulise põiki-lõikega šahti ees.

poole. Seda almmurret kasutatakse edukalt kitsaste kaeveõõnsuste rajamisel, mille suund on risti kihtide rõhtsuunaga, kui kihilised, keskmise kõvadusega kivimid on kallakuga ee poole (joon. 164). Alumise almmurde puhul on soovitatav, et almmurde-lõhkeaugud oleksid suunatud kihtidele 90°-se nurga all.

Ülemist almmurret kasutatakse samades tingimustes kui alumistki, ainult selle vahega, et sel juhul langevad kivimikihid ee poolt. Ülemine almmurre moodustatakse rea aukudega, mis puuritakse ee rinda järsu tõusuga üles lae poole (joon. 165).

Silindriliste vertikaalsete šahtide põhja asetatakse algmurde-lõhkeaugud koonusekujuliselt (joon. 166). Ristkülikulise põikilõikega šahti põhjas kasutatakse ülalmainitud kiil- või püramidaal-almurdeid (joon. 167).



Joon. 167. Lõhkeaukude paigutus täisnurkse põikilõikega šahti ees.

### 3. Järelmurde-lõhkeaukude asetus.

Järelmurde-lõhkeaukude ülesanne on purustada algmurde poolt purustamata jäänud esi ja anda rajatavale kaeveõõnsusele vajalik kuju. Kui esi on suurem ja kivimid kõvad, puuritakse rida auke väikese kallakuga algmurde suunas, mille ülesandeks on suurendada algmurret ja kergendada kaugemale asetatud lõhkeaukude tööd. Kui ee pind on väike, siis neid lõhkeauke ei puurita.

Äärmised lõhkeaugud peavad kindlustama rajatavale kaeveõõnsusele nõutava põikilõikega vormi ja seepärast nimetatakse neid kontuur-lõhkeaukudeks.

Tehnilistel põhjustel ei ole võimalik teha kontuurlõhkeauke kaeveõõnsuse külgedele pindadesse.

Olenevalt perforaatorite gabariitidest asetsevad kontuurlõhkeaukude suudmed 10—15 cm seespool nõutavat kontuuri. Et kaeveõõnsuse läbimõõt ei väheneks, suunatakse kontuurlõhkeaugud väikese kallakuga välja-poolle nii, et nende põhjad ulatuvad kõvade kivimite puhul pisut välja-poolle kaeveõõnsuse kontuuri ja pehmete kivimite puhul selle lähedale. Äärmiste aukude asetamisel ja suunamisel peab rangelt jälgima, et rajatava kaeveõõnsuse põikilõike mõõtmed ei muutuks.

Lae lõhkeaugud ei tohi kunagi kontuurist välja ulatuda, sest see nõr-

gestaks lage. Põhja lõhkeaugud seevastu puuritakse nii, et põhja jääks 10 cm paksune purustatud kivimi kord, mis kergendab rööbastee liiprite asetamist.

Silindriliste kaeveõõnsuste etesse asetatakse lõhkeaugud kontsentriiliste ringidena. Sisemised, kõige väiksema ringi augud moodustavad algmurde, ja välimised — kaeveõõnsuse kontuuri (joon. 166).

Kõikide lõhkeaukude põhjad peavad asuma ühel tasapinnal, mis on paralleelne ee rinnale. Ainult algmurde-lõhkeaugud ulatuvad 15—20 cm sügavamale.

Lõhkeaukude põhjad võivad olla lähestikku laengute üheaegsel plahvatamisel. Kui kasutatakse tulega süütamist või viitdetonaatoreid, siis peab see vahemaa olema vähemalt 20—30 cm. Vastasel korral võivad ennem plahvatavad laengud välja lüüa süütamata laengud.

Laengute süütamise järjekord peab olema kindel, nii et esimesed plahvatused valmistaksid järgmistele teist vaba pinda ee rinnas ja soodustaksid järgmise laengu tegevust. Joonistel on märgitud süütamise järjekord numbritega.

#### 4. Lõhkeaukude sügavus.

Kapitaalsete ja ettevalmistuskaeveõõnsuste rajamisel oleneb lõhkeaukude sügavus läbitavate kivimite vastupanust ja kõvadusest, puurimise viisist, ee mõõtmetest (suurusest) ja tsükli kordamise võimalustest teataval ajavahemikul (1 vahetuses, 2 vahetuses jne.).

Kui rajatava kaeveõõnsuse lagi on küllalt püsiv ja lõhkamistöõde tagajärjel ei esine lae sisselangemist, siis võib lõhkeauke pikendada. Vastavalt suurenevad ka lõhkeainelaengud, kuid nende tegevus võib liiga sügavate lõhkeaukude puhul kahjustada kaeveõõnsuse püsivust. Kui suured lõhkeainelaengud ohustavad käigu püsivust, siis tuleb auke lühendada ja laenguid vähendada.

Kveršlagide ja šahtide rajamisel võivad läbitavad kivimid tunduvalt muutuda, vastavalt sellele tuleb muuta ka lõhkeaukude arvu ja sügavust kooskõlas kivimite omadustega. Strekkide ja teiste kihi rõhtsuunas rajatavate kaeveõõnsuste rajamisel neid muutusi peaaegu ei esine, sest need kaeveõõnsused rajatakse ühte kihti pidi või kihtide kompleksi pidi, mille omadused on pikkadel vahemaadel muutumatud.

Professor Protodjakonov annab lõhkeaukude sügavuse väljaarvutamiseks järgmised valemid:

$$l = \frac{3}{\sqrt{f}} - \text{käsitsi puurimisel;}$$

$$l = \frac{3,5}{\sqrt{f}} - \text{keskmise raskusega perforaatoritega puurimisel;}$$

$$l = \frac{4}{\sqrt{f}} - \text{raskete perforaatoritega puurimisel.}$$

Need valemid on koostatud, tuginedes peamiselt Donbassi revolutsioonilise praktika andmetele.

Prof. A. F. Suhhanov annab lõhkeaukude sügavuse määramiseks järgmise valemi:

$$l = \frac{B}{4 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}.$$

Tähtede tähendused:

$l$  — järelmurde-lõhkeaugu sügavus meetrites,

$f$  — kivimi kõvaduse koefitsient Protodjakonovi tabelist,

$B$  — kaeveõõnsuse laius meetrites,

$\alpha$  — algmurdeaukude kaldenurk ee rinna suhtes, mille prof. A. F. Suhhanov soovitab võtta:

kõvade kivimite jaoks —  $60^\circ$ ,

keskmiste „ „ —  $50^\circ$ ,

pehmete „ „ —  $40^\circ$ .

Tänapäeval eelistatakse kaeveõõnsuste rajamise praktikas kasutada võimalikult sügavaid lõhkeauke, mis kiirendab kaeveõõnsuse rajamist.

Lõhkeaukude sügavus oleneb ee laiusest, mida arvestab ka prof. A. F. Suhhanovi valem. Praktiliste andmete vaatlusel on selgunud, et paremat edu saavutati, kui lõhkeaukude sügavus oli 0,55—0,8 ee laiusest.

Käikude rajamistöde korraldamisel omab suurt praktilist tähtsust tööde tsükli kestus, mille vältel tehakse kõik vajalikud tööd ühest puurimisest teiseni. Tihti on nõutav, et tsükkel toimuks teatava vahetuse või vahetuste vältel. Et seda saavutada, tuleb auke mõnevõrra pikendada või lühendada, ka siis, kui muud tingimused on rahuldatud.

Kõvemates kivimites suureneb lõhkeaukude arv ja nende sügavus on väiksem. Lõhkeaukude sügavuse määramiseks tarvitatakse ka prof. Suhha-

novi poolt koostatud tabelit 23, mille koostamisel on arvestatud peale kivimite kõvaduse ja ee mõõtmete ka puurvasarate või elektripuuride võimsust.

Tabel 23.

Kivimite kõvadus $f$	Lõhkeaukude sügavus meetrites															
	Sammas-puurvasaratega (kuni 90 kg) puurimisel				Keskmiste puurvasaratega (kuni 35 kg) puurimisel				Käsi-puurvasaratega (kuni 20 kg) puurimisel				Elektripuuridega puurimisel			
	Eelaisus meetrites															
	2,0	2,5	3,0	4,0	2,0	2,5	3,0	4,0	2,0	2,5	3,0	4,0	2,0	2,5	3,0	4,0
20	0,6	0,8	1,0	1,0	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	—	—	—	—
15	0,6	0,8	1,1	1,6	0,6	0,8	1,0	1,2	0,6	0,8	1,0	1,0	—	—	—	—
10	1,0	1,3	1,6	2,1	1,0	1,3	1,5	1,5	1,0	1,2	1,2	1,2	—	—	—	—
6	1,1	1,4	1,8	2,1	1,1	1,4	1,8	2,0	1,0	1,3	1,5	2,5	—	—	—	—
3	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	1,9	2,3	3,0	1,5	1,9	2,3	2,5	1,5	1,9	2,3	3,0
2	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	1,9	2,3	3,0	1,5	1,9	2,3	2,5	1,5	1,9	2,3	3,0
1	1,5	2,0	2,5	3,0	1,5	1,9	2,3	3,0	1,5	1,9	2,3	2,5	1,5	1,9	2,3	3,0

### 5. Lõhkeaukude arvu leidmine ee kohta.

Lõhkeaukude arv ee pinnaühiku kohta kasvab kivimite kõvaduse suurenemisega ja väheneb ee pinna suurenemisega.

Prof. M. M. Protodjakonov, uurinud puurimise ja lõhkamistöõde praktikast saadud andmeid, koostas nendele tuginedes järgmise empiirilise valemi lõhkeaukude arvu kohta 1 m<sup>2</sup> ee pinna jaoks:

$$n = 2,7 \sqrt{\frac{f}{S}},$$

kus  $n$  — lõhkeaukude arv 1 m<sup>2</sup> ee pinna kohta,

$f$  — kivimite kõvaduse koefitsient Protodjakonovi tabelist,

$S$  — ee pind ruutmeetrites.

Prof. M. M. Protodjakonov kasutas valemi koostamisel peamiselt revolutsioonieelse käsitsitootmise praktika andmeid ja seepärast on arusaadav, et tema arvutused nõuavad korrigeerimist, võttes arvesse kaasaege nõukogude tehnika saavutusi. N. M. Pokrovski väidab, et M. M. Protodjakonovi valem annab, võrreldes kaasaege praktika andmetega, 1,2—1,25 korda vajalikust suurema aukude arvu.

Prof. A. F. Suhhanov esitab lõhkeaukude arvu määramiseks 1 m<sup>2</sup> ee pinna kohta järgmise valemi:

$$n = 1,6335 + 0,665 t - S(0,0033 t + 0,0267),$$

kus tähed  $n$  ja  $S$  tähendavad sedasama, mis Protodjakonovi valemis, kuna  $t$  on puuritavuse koefitsient Suhhanovi järgi.

Prof. A. F. Suhhanovi valem on koostatud, tuginedes peamiselt Krivoi Rogi maagikaevanduste praktikale.

Lõhkeaukude arvu kindlaksmääramiseks võib edukalt kasutada kivimite lõhatavuse näitajaid (tabel 20), kus on antud lõhkeaugu pikkus meetrites 1 m<sup>3</sup> lõhatava kivimi kohta massiivis. Õigem on võtta need arvud tabelist 32, kus nad on antud olenevalt kaevõõnsuse põikilõikest. Tabeli 20 kasutamisel leitakse esiteks lõhatava kivimi maht m<sup>3</sup>, mis korrutatakse lõhatavale kivimile vastava augu pikkusega ühe m<sup>3</sup> kohta ja jagatakse lõhkeaugu keskmise pikkusega.

Kui märgime, et ee pind on ruutmeetrites —  $S$ , lõhkeaukude arv kogu ee kohta —  $N$  ja 1 m<sup>2</sup> kohta  $n$ , lõhkeaukude keskmine sügavus —  $l$  ja kasulik sügavus —  $l_1$  ning lõhkeaugu pikkus 1 m<sup>3</sup> kivimi kohta  $l_2$ , siis lõhkeaukudega lõhatava kivimi maht on:

$$V = Sl_1.$$

Harilikult lõhkamisviisi kasutamisel, kui ees ei ole teist vaba pinda, ei purune kivimid lõhkamisel lõhkeaukude sügavuseni, vaid mõnevõrra vähem. See lõhkeaugu kasutamise koefitsient on harilikult 0,85—0,9 lõhkeaugu keskmisest pikkusest. Võtame siin  $l_1 = 0,9 l$ .

Lähtudes ülalmainitust väljendub lõhkeaukude arv ee pinna kohta järgmiselt:

$$N = \frac{V \cdot l_2}{l} = \frac{S \cdot l_1 l_2}{l} = \frac{0,9 Sl l_2}{l} = 0,9 Sl_2$$

ja 1 m<sup>2</sup> kohta:

$$n = \frac{V l_2}{Sl} = \frac{0,9 Sl l_2}{Sl} = 0,9 l_2.$$

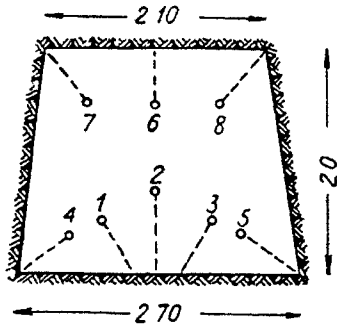
Sageli kasutatakse lõhkeaukude arvu määramiseks tööpraktika andmetel koostatud tabeleid.

Mõlemal viisil saadud lõhkeaukude arv on ikkagi enam-vähem ligikaudne. Neid tuleb aluseks võtta esialgsete arvutuste tegemisel selleks, et

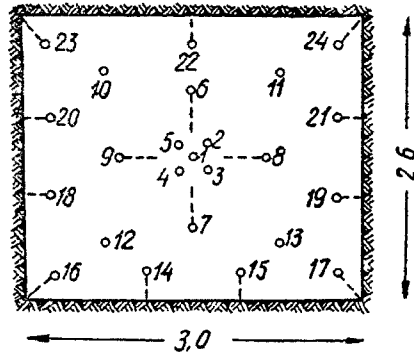


edaspidi praktiliste katsete abil lõplikult kindlaks määrata lõhkeaukude arvu antud konkreetsetes tingimustes.

Lõhkeaukude paigutus ja sügavus tuleb lõplikult kindlaks määrata katsetamise teel, võttes arvesse kivimite kõiki omadusi, ee mõõtmeid jne. Erilist tähelepanu peab osutama kasulikuma lõhkeaukude komplekti ja algmurde kuju väljaarendamisele.



Joon. 168. Lõhkeaukude paigutus Stalini-nimelises kaevanduses Kuznetski basseinis streki rajamisel kivisöes.



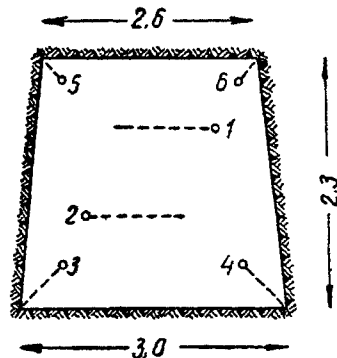
Joon. 169. Lõhkeaukude paigutuse skeem, mida kasutati streki rajamisel Kirovskis

Kui lõhkeaukude asetus on kindlaks määratud, tuleb koostada puurimise „pass”, mida peavad peensusteni tundma tehnilise järelevalve töötajad, mineerijad ja puurijad.

Allpool on toodud mõned tüüpilised lõhkeaukude asetuse skeemid, mida on edukalt kasutanud kaevurid-stahhaanovlased.

Kuznetski basseinis kasutati streki rajamisel kivisöekihis lõhkeaukude asetuse skeemi, mis on toodud joonisel 168. Iseloomustav selles skeemis on kolmest lõhkeaugust koosneva püramidaalse alumise algmurde kasutamine. Kõik lõhkeaugud peale ühe olid 1,6 m sügavused. Auk 2 oli 1,7 m sügav. Ühe lõhkamisega saavutati edasinihe 1,7 m.

Huvitava näitena võib tuua skeemi (joon. 169), mida kasutati streki rajamisel apatiidikaevanduses, kus kivimid omasid



Joon. 170. Lõhkeaukude paigutus kallakkäigu rajamisel savi-kiltkivis

IX b kategooria kõvadust „Sahtstroi” tabeli järgi. Lõhkeaukude 1—5 ja 10—24 sügavus oli 2,6—2,8 m ja lõhkeaukudel 6—9 — 1,8 m. Siin kasutati kahekordset algmurret, mis kujundati 5 rõõbiti suunatud ja 4 püramidaalselt suunatud lühema lõhkeauguga. Ühe lõhkamisega saadi 2,4 m pikkune edasinihe. Rõõbiti suunatud algmurde-lõhkeaukude kasutamisel sageli keskmisse auku laengut ei panda.

Ühes kaevanduses Donbassis kasutati kallakkäigu rajamisel VIII kategooria kõvadusega savikiltkivis lõhkeaukude asetuse skeemi, mis on toodud joonisel 170.

Lõhkeaukude 1 ja 2 pikkus oli 1,75 m, 3 ja 4 — 1,6 m ja 5—6 1,55 m. Edasinihe ühe lõhkamisega oli 1,5 m.

## E. Laengute arvutus lõhkamistööks.

### 1. Üldandmed.

Laenguks nimetatakse lõhkeainekogust, mis on määratud teatava objekti lõhkamiseks. Laeng koosneb lõhkeainehulgast, mida mõõdetakse kaaluühikuga (gramm, kilogramm, tonn).

Kui laeng on kuubi- või kerakujuline, siis nimetatakse seda koondatud laenguks. Koondatud laenguks võib praktiliselt nimetada mistahes vormiga laenguid, kui nende pikkus ei ületa jämedust neli korda.

Kui laengu pikkus on rohkem kui neli korda suurem tema läbimõõdust, siis nimetatakse seda piklikuks laenguks.

Piklik laeng võib olla vahedega, kui tema üksikud osad on eraldatud õhu või muu ainega, ja ilma vahedeta, kui lõhkeaine osad on vahetult üksteise vastas.

Laengud võivad olla välised, kui laeng asetatakse lõhkamiseks määratud objekti peale (vastu), ja sisemised, kui laeng asetatakse selle objekti sisse.

Laengute asetamise tööd nimetatakse laadimiseks.

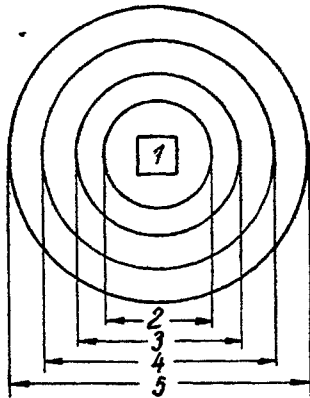
Kui laeng asetatakse lõhkamiseks määratud objekti sisse, siis augu, stolli, šurfi ülejäänud osa täidetakse. Seda täidet nimetatakse topiseks ehk täiteks ja täitematerjali topis- ehk täitematerjaliks.

### 2. Laengu mõjusfäärid ja laengute liigitus.

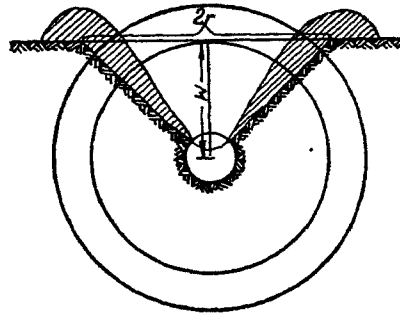
Kui asetada koondatud laeng ühtlase piiramatusse keskkonda (kivimisse), siis mõjub tema plahvatuse toime igas suunas ühesuguselt, moodustades keratalise sfääri.

Kaugenedes laengu keskkohast nõrgeneb plahvatuse mõju. Laengu keskkohale lähemal olevad ümbritseva aine osad purunevad, kaugemal pragunevad ja edasi ainult võnguvad. Vastavalt sellele eristatakse järgmisi sfääre (joonis 171).

1) Pihustus- ehk kokkusurumissfääri mõõdetakse pihustus- ehk kokkusurumisraadiusega. See sfäär on erinevates kivimites erisugune. Savis ja savisegustes kivimites, mis on kokkusurutavad, esineb ta õõnsusena. Kaljused kivimid purunevad selle sfääri piirides pulbriks.



Joon. 171. Laengu plahvatamisel esinevad sfäärid: 1 — laeng, 2 — pihustus sfäär, 3 — väljaviskesfäär, 4 — kobestussfäär, 5 — võnkumissfäär.



Joon. 172. Normaalne väljaviskelehter.

2) Järgmist sfääri nimetatakse väljaviskesfääriks. Selle sfääri piirides puruneb kivim tükkideks ja visatakse välja, kui see sfäär ulatub lõhkamistöodel maapinnani või ee pinnani.

3) Väljaspool väljaviskesfääri piire kahaneb lõhkeainete jõud veel enam, sellest jätkub ainult kivimi pragundamiseks ja seepärast nimetatakse seda pragunemis- ehk kobestussfääriks.

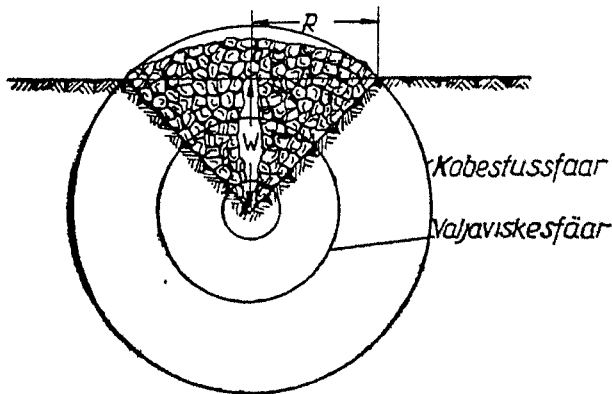
4) Edasi märgitakse võnkumis- ehk raputussfääri. Selle sfääri piirkonnas ei allu kivimid mingisugustele muudatustele, vaid ainult võnguvad.

Praktiliselt ei ole nende üksikute sfääride vahel kindlat piiri. Harilikult ühendatakse lõhkamistöode praktikas kolm esimest sfääri üheks purustussfääriks ja tema raadiust nimetatakse purustusraadiuseks. Sfäärid levivad ühtlaselt ainult siis, kui ka kivimi vastu-

panu on igas suunas ühtlane. Kui mingis purustussfääri osas on kivim välja võetud või kui purustussfäär ulatub kivimist välja, siis suundub suur osa laengu jõust avatud pinna poole ja purustamine toimub selles suunas.

Kui laeng on sügavamal ja avatud (vaba) pind ei puuduta purustussfääri, siis ei toimu sellel pinnal mingisuguseid deformeerumisi (muudatusi) ja laengu jõud väljendub õõnsuse tekitamisega pihustussfääris.

Kui purustussfääri raadius ulatub vaba pinnani (näit. maapinnani), siis tekivad pärast lõhkamist maapinnale praod ja esineb kivimi kerkimist (joon. 173). Nende purustuste ulatus piirdub maapinnal ringiga, mille



Joon. 173. Kobestuslaengu tegevus.

moodustab purustussfäär vabal pinnal. Üldine purunenud kivimi hulk moodustab koonuse, mille aluseks on vabale pinnale ulatuv purustuste ring ja kõrguseks laengu keskkoha kaugus sellest vabast pinnast.

Kui vaba pind läbib väljaviskesfääri, siis visatakse laengu toimel puru-

nenud kivim mainitud koonusest välja, mille tagajärjel tekib lehtrikujuline auk. Osa väljavisatud kivimist kukub auku tagasi, kuna suurem osa jääb augu ümbrusse (joon. 172).

Kui valida laeng, mis pärast plahvatamist moodustab lehtri, mille raadius ( $r$ ) on võrdne vähima vastupanu joonega ( $W$ ) ja nende vahekord  $n = \frac{r}{W} = 1$ , siis nimetatakse säärast lehtrit normaalseks väljaviskelehtriks (joon. 172) ja laengut normaalseks väljaviskelaenguks.

Kui paigutada see laeng sügavamale, kuid nii, et väljaviske raadius ulatub maapinnale, siis väheneb lehtri raadius mõnevõrra ja  $n = \frac{r}{W} < 1$ . Säärast lehtrit nimetatakse vähendatud väljaviskelehtriks ja laengut vähendatud väljaviskelaenguks.

Kui väljaviske näitaja  $n < 0,75$ , siis nähtavat lehtrit ei teki ja laengu tegevus väljendub kivimi kergitamises ja kobestamises (joon. 173).

Säärast laengut nimetatakse kobestuslaenguks.

Kui vähima vastupanu joon on suurem purustusraadiusest, siis ei toimu purustusi. Niisugust laengut nimetatakse kamuflettlaenguks.

Kui normaalne väljaviskelaeng paigutada maapinnale lähemale ja  $n = \frac{r}{W} > 1$ , siis nimetatakse sellist laengut suurendatud väljaviskelaenguks ja lehtrit — suurendatud väljaviskelehtriiks. Seda võib tarvitada praktiliselt kuni  $n=3$ , siis väljaviske efekt enam ei suurene.

### 3. Mitme laengu ühisest tegevusest.

Tihti ei ole tööülesannete täitmisel võimalik üksikute laengutega saada nõutavaid tulemusi. Tekib nõue kasutada korraga mitme laengu lõhkamist, mis on asetatud teatava vahemaa tagant üksteise järele.

Kui korraga plahvatavad normaalsed väljaviskelaengud ( $n = \frac{r}{W} = 1$ ), mis on asetatud sirgjoonele, siis võib saada järgmised tulemused.

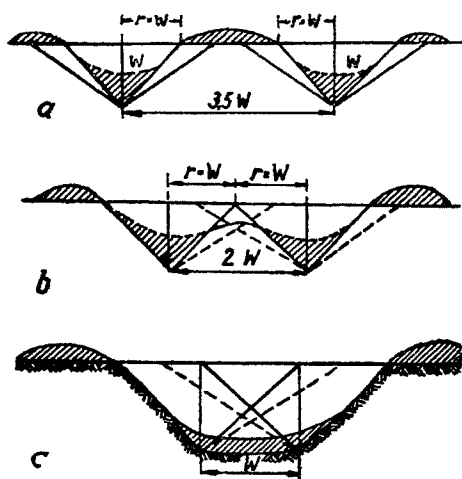
1) Kui laengute vahemaa on  $3,5 W$  või rohkem, siis tekib rida üksikuid normaalseid väljaviskelehtrid, mille vahele jäävad purustamata kivimi tervikud (joon. 174, a).

2) Kui lähendada laenguid seni, kuni vahemaa võrdub  $2 W$ , siis lehtrite näiline sügavus suureneb (väljavisatud kivimit kukub vähem auku tagasi), tervik aukude vahel väheneb tunduvalt ja tema kõrgus on umbes  $\frac{2}{3} W$  (joon. 174, b).

3) Kui laengute vahemaad vähendada  $1 W$ -ni, siis kaob lehtrite vahe täielikult (joon. 174, c).

4) Edasine laengute lähendamine annab suurendatud väljaviske-laengu tulemused (lehter laieneb ja näiline sügavus suureneb).

Selliste laengute tegevusel heidetakse purustatud kivim kaugemale ja suurem osa temast kukub augu äärtele. Sellele on rajatud suurte kraavide



Joon. 174. Kahe laengu ühine tegevus.

ning lahtiste õõnsuste tekitamine ehitustöödel ja avamistöodel lahtistes kaevandustes.

#### 4. Laengute suuruse arvutamise alused.

Laengute suuruse arvutamiseks kasutatakse mitmesuguseid valemeid, kuid neis kõikides oletatakse, et laengu suurus on proportsionaalne purustatava kivimi mahuga. Purustatava kivimi maht ( $V$ ), mis on üksiku laengu puhul koonusekujuline, väljendatakse seejuures vähima vastupanu joone pikkuse  $W$  abil. Arvutamine näitab, et kivimi maht  $V$  võrdub ligikaudu  $W^3$ .

Tuginedes ülaltähendatule võib kirjutada lõhkeainelaengu suuruse arvutamise valemi:

$$L = qV.$$

Asendame  $V$  temaga võrduva suurusega  $W^3$ , saame

$$L = qW^3,$$

kus  $L$  — laengu suurus kilogrammides,

$q$  — lõhkeaine hulk kilogrammides, mis kulub  $1 \text{ m}^3$  kivimi purustamiseks;  $q$  oleneb lõhkeaine võimsusest ning kivimi omadustest ja teda nimetatakse lõhkeaine erikuluks.

$W$  — vähima vastupanu joone pikkus meetrites.

Kui on teada vähima vastupanu joon  $W$  ja lõhkeaine erikulu  $q$  antud kivimi kohta, siis võib vastavalt nõudele välja arvutada kas kobestuslaengu, normaalse väljaviskelaengu või suurendatud väljaviskelaengu suuruse. Kobestuslaengu suuruseks võetakse üks kolmandik normaalsest väljaviskelaengust.

Tabelis 24 on esitatud arvulised andmed  $q$  suuruse kohta normaalse väljaviskelaengu ja kobestuslaengu suuruse arvutamiseks. Andmed esimesest lahtrist võetakse siis, kui on vaja, et plahvatuse jõud mitte ainult ei purustaks kivimit, vaid paiskaks selle purustatud kivimi ka ülespoole, oma asupaigast välja, tekitades lehtri, mille raadius on võrdne vähima vastupanu joonega.

Maavarade tootmistöödel juhtub harva, et on vaja lõhkeaine jõudu kasutada purustatud kivimi väljapaiskamiseks. Seda tööviisi võib edukalt kasutada uute lahtiste kaevanduste ja suurte kraavide rajamisel.

Tootmistöödel ei vajata maavara paiskamist, vaid tema purustamist

Tabel 24.

Kivimi kate- gooria	Kivimi nimetus	q arvuline tähendus kg	
		normaalse välja- viskelaengu jaoks	kobestuslaengu jaoks
1	2	3	4
I	Liiv, saviliiv, muld, turvas . . .	0,50—0,90	0,17—0,30
II	Kerge ja lössisarnane liivakas savi, märg kobe löss, pehme soolak, kruus kuni 15-mm-se terajämeduseni, tihe, rohujuurtega läbikasvanud muld, turvas juurtega kuni 30 mm, klibu ja jämedat kruusa sisaldav liiv ja muld, klibu, kruusa ja ehitusprahti sisaldav saviliiv . . . . .	0,60—1,10	0,20—0,37
III	Pehme savi, samuti ka juura- ja moreensavi, plink (raske) liivakas savi, kruus, veerkivid ja klibustik 15 kuni 40 mm, kuiv löss, looduslikult niiske löss, mis sisaldab kruusa ja veerkive, muld ja turvas, milles on üle 30 mm jämedused juured, liivakas savi, mis sisaldab kruusa, veerkive, klibustikku või ehitusprahti . . . . .	0,90—1,30	0,30—0,43
IV	Raske plink savi, selle hulgas kõva juurasavi ja pehme karbonisavi, savi ja raske (tihe) liivakas savi, klibustik, mis sisaldab kruusa ja ehitusprahti ning kive raskuseni kuni 25 kg ja kuni 10% mahult, moreen-savi kividega kuni 50 kg raskuseni ja kuni 10% sisaldusega mahult, kiltne savi, kuni 90 mm jämedune kruus puhtal kujul või, kuni 10 kg raskuste kivide sisaldusega . . . . .	1,20—1,50	0,40—0,50
V	Tihe kõvastunud löss ja kõvaks muutunud soolak, tsementeerunud ehitusrusu, murenemata metallurgiaräbu, pehme mergel ja ränikas savi, rähk, moreen, mis sisaldab rändkive raskusega kuni 50 kg ja mahult mitte rohkem kui 30%, pruunsüsi, pehme kivi-süsi, pehmed kriitkivimid, kõva karbonisavi, kergelt tsementeerunud konglo-meraat, mitmesugused pehmed kiltki-vid, kips . . . . .	1,40—1,60	0,47—0,53

(Tab. 24 järg.)

1	2	3	4
VI	Tuff ja poorne pimsskivi; pehmed ja väga pragunenud paekivid ning karp-lubjakivid, tihe kriit, antratsiit, keskmise kõvadusega kiltkivid ja mergel . . . . .	1,50—1,65	0,50—0,55
VII	Konglomeraat setekivimite kruusast, tsementeerunud lubjaga, murenenud ja tugevasti pragunenud liivakivi, kõva savikiltkivi, kõva mergel . . . .	1,60—1,70	0,53—0,57
VIII	Rähkne graniit, mergline lubjakivi, vilgused ja liivased kiltkivid .	1,65—1,75	0,55—0,58
IX	Pehme, tugevasti murenenud graniit, gneiss, süeniit, serpentiin, tihe lubjakivi (paas), konglomeraat setekivimite kruusast, tsementeerunud kvartsiga, liivakivi, sideriit, liivakas-lubjased kiltkivid, magneesiit . . . . .	1,75—1,85	0,58—0,62
X	Dolomiit, kõva lubjakivi (paas), marmor, tihe, lubjaga tsementeerunud liivakivi, kõva liivakas kiltkivi . . . .	1,80—2,0	0,60—0,67
XI	Jämedateraline graniit, ülikõva dolomiit, serpentiin, konglomeraat tardkivimite kruusast, mis on lubjaga tsementeerunud, kvartsiga tsementeerunud kõva liivakivi, jämedateraline süeniit . . . . .	1,85—2,20	0,62—0,73
XII	Kergelt murenenud andesiit ja basalt, gneiss, ülikõva lubjakivi, konglomeraat tardkivimite kruusast, tsementeerunud ränioksüüdiga, trahhüüt . . . . .	1,90—2,40	0,63—0,80
XIII	Keskmise terasuurusega graniit, kõva gneiss, diabaas, porfüriit, kõva trahhüüt, keskmise terasuurusega süeniit . . . . .	2,00—2,60	0,68—0,87
XIV	Kõva peeneteraline graniit, graniitgneiss, dioriit, ülikõva lubjakivi, kõva porfüriit . . . . .	2,10—2,80	0,70—0,93
XV	Andesiit, basalt, kõva sarvkivi, diabaas, ülikõva dioriit, gabro ja kõva ränikivi . . . . .	2,20—2,90	0,73—0,96
XVI	Labrador ja oliviinbasalt, gabro-diabaas, erilisel kõva porfüriit ja ränikivi . . . . .	2,30—3,25	0,76—1,08



ja kobestamist. Selleks kasutatakse andmeid, mis on toodud tabeli 24 teises lahtris.

Tabeli 24 andmed on kehtivad lõhkeaine ammoniit nr. 2 kohta, õigmini öeldult lõhkeaine kohta, mis Trauzli pommis annab mahu suurusduse 280 cm<sup>3</sup>. Kui tarvitatakse teisi lõhkeaineid, siis peab korrutama need andmed üleminekukoefitsiendiga, mida võib leida tabeli 4 lahtrist 13.

Kui purustatavad kivimid ei ole ühtlased, erinevad tunduvalt üksteisest ja lasuvad nii, et neid on vaja purustada ühe laenguga, siis arvutatakse laengu suuruse keskväärtus, võttes arvesse erinevate kihtide paksused ja omadused. Näiteks kui purustamisele tuleb korraga kolm ülestikku lasuvat erinevat kihti, mille paksused on  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$ , ja lõhkeaine erikulu nendele kivimitele on  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ , siis leiame keskmise arvu nende kohta järgmiselt:

$$q = \frac{q_1 h_1 + q_2 h_2 + q_3 h_3}{h_1 + h_2 + h_3} = \frac{q_1 h_1 + q_2 h_2 + q_3 h_3}{W},$$

sest

$$h_1 + h_2 + h_3 = W.$$

### 5. Laengute arvutus täpsustatud valemiga.

Täpsustatud valemit kasutatakse kobestuslaengute arvutamisel. Arvukate praktiliste andmete varal on selgunud: esiteks, et laengud, mis olid arvutatud, kasutades harilikke valemid, olid liiga väikesed, kui vähima vastupanu joon oli alla 1 meetri, ja liiga suured, kui see arv oli üle 2 meetri. Selgus, et lõhkeaine purustav jõud ei ole proportsionaalne väikeste ja suurte kivimikoguste purustamisel; teiseks, endised arvutusvalemid ei arvestanud paljude kivimite omadusi lõhkeainekoguse määramisel 1 m<sup>3</sup> kivimi kohta; kolmandaks, lõhkeaine erikulu oleneb purustatava kivimi ja laengu surutusseisukorrast.

Tähendatud puuduste vältimiseks kasutatakse järgmist valemit:

$$L = f(n) q W^3,$$

kus  $f(n)$  — laengu toime näitaja funktsioon, mis sõltub vähima vastupanu joone pikkusest,

$q$  — lõhkeaine erikulu kilogrammides, mis oleneb: purustatava kivimi omadustest, plahvatustingimustest, lõhkeaine omadustest, topise korralikkusest, laadimistihedusest ja laengu surutusest,

Tabel 25.

Vähima vastupanu joon $m$	$f(n)$ väärtused	
	Melnikovi järgi	Filippovitši järgi
1,00	1,00	1,00
1,10	0,97	0,93
1,20	0,89	0,89
1,30	0,83	0,83
1,40	0,80	0,79
1,50	0,76	0,76
1,60	0,73	0,73
1,80	0,70	0,68
2,00	0,68	0,65
2,25	0,61	0,62
2,50	0,58	0,58
3,00	0,55	0,54
3,50	0,54	0,52
4,00	0,53	0,50
5,00	0,47	0,46
6,00	0,44	0,45
7,00	0,43	0,44
8,00	0,42	0,42
9,00	0,41	0,41
10,00	0,40	0,40
15,00	0,39	0,39
20,00	0,38	0,38
25,00	0,37	0,38
30,00	0,37	0,37

$W$  — vähima vastupanu joon meetrites (harilikult saadakse suurus jooniselt).

Laengu toime näitaja funktsiooni  $f(n)$  arvulise suuruse määramiseks on esitatud nõukogude teadlaste poolt kaks valemit.

Melnikovi valem:

$$f(n) = \frac{\left(W + 1 - k \sqrt{\frac{W + 1}{W}}\right)^2}{2\sqrt{2W^3}},$$

kus  $k$  — laengu toime raadiuse ja vähima vastupanu joone suuruse vahe.

Filippovitši valem:

$$f(n) = \left(\frac{W + 1}{2W}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

Tabel 26.

Kivimid	Normaalne $q_1$ kg
1. Olikõvad, sitked ja tihedad kvartsiidid . . . . .	1,3—1,5
2. Olikõvad tihedad basaldid, andesiidid, diabaasid, dioriidid, eklogiidid, granuliidid, grauvakk-konglomeraadid . . . . .	1,2
3. Väga kõvad graniidid, kvartsiidid, kvartsporfüür, ränikiltkivi . . . . .	1,1
4. Grauvakk-konglomeraadid, gneisid, basaldid, porfüriidid, amfiboliidid	1,0
5. Graniidid, gneisid, süeniidid, porfüriidid, amfiboliidid . . . . .	0,9
6. Kõige kõvemad lubjakivid, liivakivid, konglomeraadid . . . . .	0,8
7. Väga tihedad graniidid, grauvakk-konglomeraadid, väga kõvad sideriidid, magnesiidid, liivakivid . . . . .	0,7
8. Kõvad lubjakivid, gneisid, porfüriidid, püritoidid, kristalsed lubjakivid, väga kõvad kiltkivid . . . . .	0,6
9. Marmorid, lubjakivid, dolomiidid, sideriidid, magnesiidid . . . . .	0,5
10. Sideriidid, lubjakivid, liivakivid . . . . .	0,4
11. Liivased kiltkivid, kihilised liivakivid . . . . .	0,3
12. Kõvad savikiltkivid, liivakivid, kips . . . . .	0,2
13. Kivisõed . . . . .	0,1

Tabel 27.

Kivimite struktuuri ja kihisuse iseloomustus	Koefitsiendi $s$ väärtused
Ühtlane (homogeenne) massiivne tihed kivim . . . . .	1,0
Paks kihisus: kihid, mille paksus on üle 0,6 m; lõhkeauk võib olla suunatud kihtide vahele . . . . .	0,8
Pragudeta kihid paksusega 0,6 m, kuid tihedad; lõhkegaaside äravool ei ole võimalik . . . . .	0,7
Ristpraolised kivimid, mis võimaldavad lõhkegaaside äravoolu; lõhkeaukude paigutus pragude vahele . . . . .	0,9 —1,1
Dislotseerunud, paigalt nihkunud kihid, väikeste pragudega kivimid, mille kaudu võib esineda lõhkegaaside kadu . . . . .	1,2 —1,4
Kiltne ladestumine, vahelduva kõvadusega kivimid; laeng on osaliselt pehmes kivimis . . . . .	1,15—1,25
Murenenud kivimid . . . . .	1,05—1,10
Rabedad, murduvad kivimid . . . . .	0,8
Kihiline kivim, kui lõhkeaugud on suunatud risti kihipindadega . . . . .	1,25—1,35
Vertikaalne kihtide asend, kui laeng asetatakse kihipindade vahele	1,10—1,15
Konglomeraatsed kivimid . . . . .	1,9 —2,0
Sitked kivimid (savi, liivane savi, kivisool, mergel poorne lubjakivi)	2

Märkus: Kui lõhatav kivim omab mitut iseloomu, siis nende kõikide koefitsiendid korrutatakse ja võetakse nende korrutis.

Tabel 28.

Lõhkamistingimused	v väärtused, kui laengu vorm on	
	koondatud	piklik
Lahtistel töodel ühe vaba pinna puhul		
Lõhkeauk vertikaalne, rööbiti eele . . . . .	1	1
„ ee rinda pidi ülespoole suunatud . . . . .	1,1	1,3
„ määratud üleskergitamiseks . . . . .	1,2	1,4
„ põhjapealne . . . . .	1,3	1,6
„ põhjast allapoole suunatud . . . . .	1,6	2,0
„ horisontaalne, rööbiti pealispinnaga, 1,5—2 m sügavusel . . . . .	1,1	1,2
„ nagu eelmine, kuid sügavamal kui 2 m; laeng koosneb kahest vahetopisega eraldatud osast:		
alumine laeng . . . . .	1,1	1,3
ülemine laeng . . . . .	1	1
Lahtistel töodel mitme vaba pinna puhul		
Kaks vaba pinda (kaks lõõgi suunda 90° nurga all) . . .	0,5	0,6
Kolm vaba pinda (kolm lõõgi suunda 90° nurga all) . . .	0,3	0,4
Neli vaba pinda (neli lõõgi suunda) . . . . .	0,2	0,24
Allmaatöodel		
Algmurde-lõhkeauk 45° nurga all . . . . .	—	3
Algmurde-lõhkeauk väiksema kui 45° nurga all . . . . .	—	4
Järelmurde-lõhkeauk . . . . .	—	2,5
Külgmine järelmurde-lõhkeauk (kontuurlõhkeauk) . . . . .	—	1,9
Ülemine algmurre . . . . .	—	1,6
Alumine algmurre . . . . .	—	2,0
Lõhkeauk vaba ee ja küljega . . . . .	0,65	1,9
„ vaba ee ja aluspinnaga . . . . .	0,40	1,25
„ vaba ee, aluspinna ja küljega . . . . .	0,25	0,75

Tabel 29.

Laadimise tihedus	Tiheduse koefitsiendi väärtused
Plastiliste dünaamiitide jaoks	
Tihedalt laetud laeng . . . . .	1,0
Mittetihedalt laetud laeng . . . . .	0,9
Pakkidest koosnev laeng . . . . .	0,9
Pulbriliste lõhkeainete jaoks	
Tihendatud laeng (kuid mitte üleliia) . . . . .	1,0
Puistatud laeng ilma tihendamata . . . . .	0,9—0,6
Pakkidest koosnev laeng . . . . .	0,9

Viimane valem on lihtsam ja annab väiksema täpsusega väärtused. Tabelisse 25 on paigutatud  $f(n)$  arvulised väärtused, arvatud Melnikovi ja Filippovitši valemiga.

Ühe m<sup>3</sup> kivimi purustamiseks nõutavat lõhkeainehulka määratakse järgmise täpsustatud valemi abil:

$$q = q_1 s v \frac{e}{\Delta} d.$$

Sümbolite tähendused valemis on:

- $q_1$  — normaalne (normaalse kobestuslehtri moodustamiseks) lõhkeaine tarvidus 1 m<sup>3</sup> kivimi kohta kilogrammides, arvestades keskkonna vastupanu (antud tabelis 26);
- $s$  — koefitsient, mis iseloomustab kivimi struktuuri (antud tabelis 27);
- $v$  — koefitsient, mis iseloomustab laengu surutust (tab. 28);
- $e$  — koefitsient, mis võetakse tabelist 4 (lahter 13) ja korrutatakse arvuga 1,7;
- $\Delta$  — koefitsient, mis iseloomustab laadimistihedust, võetakse tabelist 29;
- $d$  — topise mõju (täiendus-) koefitsient, võetakse tabelist 30.

Tabel 30.

Jrk. nr.	Topise suurus, võrreldes lõhkeaugu pikkusega	Täienduskoeffitsiendi suurus		
		Suure brisantsusega lõhkeaine (brisantsus üle 14 mm)	Keskmise brisantsusega lõhkeaine (brisantsus 10—14 mm)	Madala brisantsusega lõhkeaine (brisantsus alla 10 mm)
1.	0,5	1,0	1,0	1,0
2.	0,4	1,0	1,05	1,1
3.	0,3	1,1	1,10	1,15
4.	0,25	1,15	1,25	1,35
5.	0,2	1,2	1,35	1,50
6.	0,15	1,25	1,45	1,75
7.	0,1	1,3	1,6	2,0
8.	0,0	1,5	2,0	2,5

Tööstuslikel lõhkamistöodel kasutatakse järgmisi topise pikkusi:

- a) lõhkeaukudega töötades — 0,5 kuni 0,6 kogu lõhkeaugu pikkusest;
- b) lõhkeaugu põhja laiendamisega — 0,6 kuni 0,9 kogu lõhkeaugu pikkusest;
- c) miinipuuraukudega töötades — 0,7 kuni 0,8 vähima vastupanu joone pikkusest;

d) miinikambritega töötades — mitte vähem kui 1,25 vähima vastupanu joone pikkusest;

Märgitud normidest kinnipidamisel võetakse arvutamisel topise koefitsiendi suuruseks üks. Laengu suuruse muudatusi topise suuruse vähendamisel iseloomustavad täienduskoefitsiendid, mis leiduvad tabelis 30.

### 6. Laengute suuruse arvutus allmaa-kaeveõõnsuste rajamisel.

Kui ees on kaks vaba pinda, siis asetatakse lõhkeaugud rööbiti teise vaba pinnaga ja laengu suurused leitakse eespoolkirjeldatud põhimõttel.

Lõhkeaugud puuritakse nii, et vähima vastupanu joon on suunatud vaba pinna poole, millega lõhkeauk on rööbiti; siis purustab piklik laeng kivimi kogu oma pikkuses ja surub selle rööbiti oleva vaba pinna poole.

Kivimi maht, mida purustab vaba pinnaga rööbiti asetatud piklik laeng, leitakse järgmiselt:

$$V = W^2 \cdot l + W^3,$$

kus  $V$  — purustatava kivimi maht (piklik lehter)  $m^3$ ,

$W$  — vähima vastupanu joon  $m$ ,

$l$  — laengu pikkus  $m$ .

Lõhkeainetarviduse leiame valemist

$$L = qV,$$

kus  $q$  — lõhkeaine hulk  $kg$ , mis on vajalik  $1 m^3$  kivimi purustamiseks (võib võtta tabelist 24).

Seda arvutust võib kasutada ka järelmurde-laengute väljaarvutamiseks.

Algmurde-laengud, mis paigutatakse kallakatesse lõhkeaukudesse, ei ole üksikult asetatult suutelised oma sügavamas osas purustuslehtrit moodustama. Seepärast ei anna nende paigutamine üksikult nõutavat tulemust. Algmurde-laengud tuleb asetada vähemalt paarikaupa nii, et nende alumised osad oleksid lähestikku. Siis võib ka kahe algmurde-laenguga purustatava kivimi mahu leida järgmiselt:

$$V_1 = \frac{2W^2 \cdot l + W^3}{k},$$

kus  $k$  — laengute läheduse koefitsient, mille suurus võetakse olenevalt kivimi kõvadusest ja sitkusest 0,8—1,5.

Kahe algmurde-laengu suuruse leiame valemiga

$$L_1 = qV_1,$$

kus  $q$  on sama, mis eelmises valemis ja võetakse tabelist 24.

Ülalkirjeldatud meetodi järgi võib leida laengute suurused ja lõhkeaukude arvu kogu ee pinna jaoks.

Lihtsustamise mõttes kasutatakse praktikas harilikult lõhkamistööde kauaaegsete kogemuste andmeid.

Tabelitesse 31 ja 32 on paigutatud ajutised normid lõhkeainetarviduse kohta kg-des ja lõhkeaugu pikkuse kohta meetrites 1 m<sup>3</sup> lõhatava kivimi jaoks allmaatöödel ühe vaba pinnaga ees.

Kui on teada lõhkeainetarvidus 1 m<sup>3</sup> kivimi kohta, lõhkeaukude arv ja keskmine sügavus, leitakse kivimi maht, mis purustatakse ühe lõhkeaukude komplektiga:

$$V = Sb,$$

kus  $S$  — ee pind m<sup>2</sup>,

$b$  — purustussügavus m, mis võrdub lõhkeaukude keskmise sügavuse ja koefitsiendi 0,85—0,90 korrutisega.

Lõhkeainetarvidus üheks lõhkamiseks on:

$$Q = qV;$$

$q$  võetakse tabelist 31 vastavalt ee pinna suurusele. Leitud lõhkeainekogus  $Q$  jagatakse lõhkeaukudesse, kusjuures algmurde-laengud võetakse 20—25%, alumised nurkmised laengud 10% ja ülemised nurkmised 5% suuremad kui ülejäänud.

Kui lõhkeainekogus iga lõhkeaugu kohta on selgunud, siis kontrollitakse laengu pikkust, s. o. lõhkeaugu täitumist, kasutades valemit:

$$K = \frac{knl_1}{l},$$

kus  $K$  — lõhkeaugu täitumise koefitsient,

$k$  — lõhkeaine kokkusurumise koefitsient, mis võetakse 62%-lisel dünaamiidil 0,8 ja ammooniumsalpeeter-lõhkeainetel 1,

$n$  — padrunite arv lõhkeaugus,

$l_1$  — padruni pikkus m,

$l$  — lõhkeaugu pikkus m.

Lõhkeaugu täitumise koefitsient  $K$  ei tohi ületada algmurde-lõhkeaukudel 0,6 ja teistel 0,4—0,5. Kiirrajamisel soovitatakse võtta  $K = 0,7$ .

Tabel 31.

Ajutised normid lõhkeainekulutuse kohta kg-des  
ühe vaba pinnaga

Kivimite klassifikatsioon		Kivimite nimetus ja iseloomustus	Kõvaduse koefitsient Protodjako- novi järgi
Kategooriad Protodjako- novi järgi	„Mintopstroj“ puuritavuse klassid		
I	3—4	Väga kõvad kvartslüivakivid. Kvartslüiva- kivid, eriliselt kõvad liivakivid ja lubjakivid. Väga kõvad ja sitked kvartsiidid ja basaldid. Tihedad kvartsiidid, porfüürid, magne- siidid, andesiidid, basaldid ja diabaasid kihi- suse tunnustega. Peeneteraline graniit . . .	25—20
II	5—6	Tihedad kvartslüivakivid. Peeneteralised monoliitsed kõige kõvemad liivakivid ja lubjakivid. Tihedad peeneteralised kvartsistu- nud liivakivid. Keskmiseteralised graniidid ja süeniidid. Väga tihedad kvartslüivakivid ja kvartsistunud lubjakivid. Jämedateralised gheisid. Kergelt murenenud süeniidid, ande- siidid, basaldid. Kvartsporfüür. Väga kõva graniit ja kvartsistunud kiltkivi. Kõva mar- mor ja dolomiit . . . . .	15—12
III	7—8	Tihedad liivakivid ja lubjakivid ja nähtava khisusega. Kõva konglomeraat. Väga kõvad rauamaagid. Kõvad lubjakivid, liivakivid. Mitteskõva graniit. Püriit. Tardkivimite kong- lomeraat lubitsemendil. Kalkopüriit. Vähe- murenenud graniit . . . . .	10—8
IV	9—10	Harilik liivakivi ja lubjakivi. Liivased kilt- kivid ja lubjakivid, kiltsed liivakivid, sütt sisaldavad liivakivid, kõvad kiltkivid. Mure- nenud graniidid, dolomiidid ja süeniidid. Tihedad boksiidid . . . . .	6—5
V	11—13	Kõvad ja keskmise kõvadusega süttisald- avad ja savikiltkivid. Pehme liivakivi ja lubjakivi. Pehme konglomeraat. Antratsiit. Pehmed liivakiltkivid ja kivisüsi. Kruusa sisaldavad setekivimitest konglomeraadid lubi- ja ränitsemendil . . . . .	4—3



1 m<sup>3</sup> lõhatava kivimi kohta massiivis  
kaeveõnsustes.

Lõhkeainete nimetus	Kaeveõnsuste rajamispõiklõiked m <sup>2</sup>							
	4—6	7—9	10—12	13—15	16—20	21—25	26—30	31—40
	Lõhkeaine kulu kg							
62%-line dünaamiit . . . . .	4,2	4,0	3,8	3,6	3,3	2,9	2,5	2,1
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 6 ja nr. 7 . . . . .	5,0	4,8	4,6	4,3	4,0	3,5	3,0	2,5
Antigrisuutne ammoniit AII-1 . . . . .	6,3	6,0	5,7	5,4	5,0	4,4	3,8	3,15
62%-line dünaamiit . . . . .	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,1	1,75
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 7 ja nr. 6 . . . . .	4,2	3,95	3,72	3,4	3,25	2,88	2,5	2,1
Antigrisuutne ammoniit AII-1 . . . . .	5,25	4,95	4,65	4,35	4,0	3,6	3,15	2,6
62%-line dünaamiit . . . . .	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0	1,8	1,55	1,25
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 6 ja 7 . . . . .	3,0	2,9	2,75	2,6	2,4	2,2	1,95	1,5
Antigrisuutne ammoniit AII-1 . . . . .	3,75	3,6	3,45	3,3	3,0	2,7	2,3	2,1
62%-line dünaamiit . . . . .	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,75
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 7 ja nr. 6 . . . . .	1,8	1,65	1,55	1,45	1,3	1,2	1,1	0,9
Antigrisuutne ammoniit AII-1 . . . . .	2,25	2,1	1,95	1,8	1,65	1,5	1,35	1,1
Antigrisuutne ammoniit nr. 8 . . . . .	2,55	2,4	2,21	2,0	1,87	1,7	1,55	1,25
62%-line dünaamiit . . . . .	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6	0,5
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 7 ja nr. 6 . . . . .	1,2	1,15	1,1	1,0	0,95	0,85	0,7	0,6
Antigrisuutne ammoniit AII-1 . . . . .	1,5	1,45	1,35	1,3	1,2	1,05	0,9	0,75
Antigrisuutne ammoniit nr. 8 . . . . .	1,7	1,6	1,55	1,45	1,35	1,2	1,0	0,85

Tabel 32.

Ajutised normid lõhkeaukude kogupikkuse  
massiivis ühe vaba

Kivimite klassifikatsioon		Kivimite nimetus ja iseloomustus	Kõvaduse koefitsient Protodjako- novi järgi
Kategooriad Protodjako- novi järgi	„Mintopstroï“ puuritavuse klassid		
I	3—4	Väga kõvad kvartslüivakivid. Kvartslüiva- kivid, eriliselt kõvad liivakivid ja lubjakivid. Väga kõvad ja sitked kvartsiidid ja basal- did. Tihedad kvartsiidid, porfüürid, magne- siidid, andesiidid, basaldid ja diabaasid kihi- suse tunnustega. Peeneteraline graniit . . .	25—20
II	5—6	Tihedad kvartslüivakivid. Peeneteralised monoliitsed kõige kõvemad liiva- ja lubja- kivid. Tihedad peeneteralised kvartsistunud liivakivid. Keskmiseteralised graniidid ja süeniidid. Väga tihedad kvartslüivakivid ja kvartsistunud lubjakivid. Jämedateralised gneisid. Kergelt murenenud süeniidid, ande- siidid, basaldid. Kvartsporfüür. Väga kõva graniit ja kvartsistunud kiltkivi. Kõva mar- mor ja dolomiit . . . . .	15—12
III	7—8	Tihedad liivakivid ja lubjakivid nähtava kihilisusega. Kõva konglomeraat. Väga kõvad rauamaagid. Kõvad lubjakivid, liivakivid. Mittetekõva graniit. Püriit. Tardkivimite kong- lomeraat lubitsemendil. Kalkopüriit. Vähe- murenenud graniit . . . . .	10—8
IV	9—10	Harilik liivakivi ja lubjakivi. Liivased kilt- kivid ja lubjakivid, kiltsed liivakivid, sütt sisaldavad liivakivid, kõvad kiltkivid. Mure- nenud graniidid, dolomiidid ja süeniidid. Tihedad boksiidid . . . . .	6—5
V	11—13	Kõvad ja keskmise kõvadusega süttisäl- davad ja savikiltkivid. Pehme liivakivi ja lubjakivi. Pehme konglomeraat. Antratsiit. Pehmed liivakiltkivid ja kivisüsi. Kruusa sisaldavad setekivimitest konglomeraadid lubi- ja ränitsemendil . . . . .	4—3

kohta meetrites 1 m<sup>3</sup> lõhatava kivimi jaoks  
pinnaga kaeveõõnsustes.

Lõhkeainete nimetus	Kaeveõõnsuste rajamispõikilõiked m <sup>2</sup>							
	4—6	7—9	10—12	13—15	16—20	21—25	26—30	31—40
	Lõhkeaukude kogupikkus 1 m <sup>3</sup> kivimi kohta							
62%-line dünaamiit . . . . .	6,0	5,7	5,4	5,1	4,7	4,1	3,5	3,0
Pressitud ammoonit nr. 6 . . . . .	7,5	7,3	7,0	6,5	6,0	5,3	4,55	3,8
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 6 ja nr. 7 . . . . .	9,62	9,1	8,7	8,14	7,6	6,63	5,68	4,74
Antigrisuutne ammoonit AII-1 . . . . .	13,8	13,31	12,3	11,84	11,0	9,65	8,33	6,8
62%-line dünaamiit . . . . .	5,0	4,7	4,4	4,1	3,8	3,4	3,0	2,5
Pressitud ammoonit nr. 6 . . . . .	6,0	5,6	5,3	5,0	4,6	4,1	3,6	3,0
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 6 ja nr. 7 . . . . .	8,0	7,5	7,0	6,6	6,1	5,45	4,8	4,0
Antigrisuutne ammoonit AII-1 . . . . .	11,5	10,8	10,2	9,5	8,75	7,88	6,9	5,45
62%-line dünaamiit . . . . .	3,6	3,4	3,25	3,1	2,85	2,55	2,2	1,6
Pressitud ammoonit nr. 6 . . . . .	4,3	4,1	3,9	3,75	3,4	3,1	2,8	2,1
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 6 ja nr. 7 . . . . .	5,7	5,45	5,2	5,0	4,55	3,9	3,7	2,8
Antigrisuutne ammoonit AII-1 . . . . .	8,2	7,9	7,55	7,3	6,6	5,9	5,0	4,6
62%-line dünaamiit . . . . .	2,2	2,0	1,85	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1
Pressitud ammoonit nr. 6 . . . . .	2,7	2,55	2,35	2,2	2,0	1,8	1,65	1,35
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 6 ja nr. 7 . . . . .	3,4	3,2	2,95	2,25	2,5	2,3	2,05	1,7
Antigrisuutne ammoonit AII-1 . . . . .	4,9	4,6	4,25	3,95	3,6	3,3	2,95	2,45
Antigrisuutne ammoonit nr. 8 . . . . .	5,6	5,2	2,8	4,4	4,1	3,7	3,35	2,8
62%-line dünaamiit . . . . .	1,45	1,35	1,28	1,2	1,15	1,0	0,85	0,7
Pressitud ammoonit nr. 6 . . . . .	1,8	1,37	1,65	1,55	1,45	1,3	1,1	0,9
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammo- niidid nr. 6 ja nr. 7 . . . . .	2,3	2,15	2,05	1,95	1,9	1,6	1,35	1,15
Antigrisuutne ammoonit AII-1 . . . . .	3,3	3,15	2,59	2,8	2,65	2,3	1,95	1,65
Antigrisuutne ammoonit nr. 8 . . . . .	3,7	3,5	3,35	3,20	3,0	2,6	2,2	1,85

Kui ilmneb, et *K* tuleks suurem lubatust, siis suurendatakse lõhkeaukude arvu. Kui lõhkeaukude arvu suurendamine ei ole soovitatav, siis vähendatakse purustussügavust või tehakse mõne augu põhja koobas suurema laengu paigutamiseks.

Iga rajatava kaeveõõnsuse esi joonestatakse mõõduga 1:20 eestvaates ja lõikes, millele märgitakse lõhkeaukude asetus ja suund. Augu suudmed märgitakse ringikestega, mille sisse kirjutatakse lõhkeaine kaal ja kõrvale lõhkamise järjekorranumber.

Lõhkeaugu laadimiseks, topisega sulgemiseks ja kontrollimiseks kulub keskmiselt 4—5 minutit. Kui topist ei ole vaja teha (lastes augud vett täis), väheneb see aeg 3 minutini. Kui mineerija töötab abiliseaga, väheneb see aeg kahekordselt.

## F. Lõhkamistöõde teostamine.

### 1. Üldandmed.

Lõhkamistöõdel kasutatakse kahte süütamisviisi: tulega süütamist ja elektriga süütamist.

Tulega süütamisel plahvatab kapseldetonaator süütenööri põlemisest; elektriga süütamisel — hõõgtraati ümbritseva põleva aine leegist, mis süttib, kui elektrivool läbib hõõgtraadi.

Laenguid võib süüdata ka detoneeriva süütenööri abil, kuid selle süütamiseks peab kasutama ikkagi ühte või teist ülalkirjeldatud süütamisviisi.

### 2. Tulega süütamise ettevalmistamine.

Tulega süüdatakse välimisi ja ka sisemisi laenguid, mis asuvad kuni 6 m sügavusel. Seda süütamisviisi kasutatakse lahtistel töõdel ja allmaakaevandustes, milles ei ole gaasi- ega tolmuohtu.

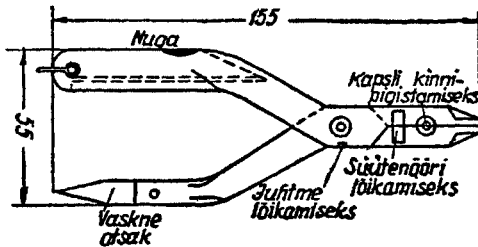
Tulega süütamine on keelatud gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes ning vertikaalsete ja kallakate kaeveõõnsuste rajamisel, kui kallakus on üle 30°.

Ettevalmistus tulega süütamiseks algab sellega, et kontrollitakse hoolikalt süütenööri kõlblikkust ja kõik tema kahtlased kohad lõigatakse välja. Nõõrivihhi (-rõnga) otstest, kus südamik võib olla murenenud, lõigatakse ära 5 cm pikkused tükid. Ülejäänud nõõr lõigatakse vajaliku pikkusega lõikudeks. Lõikamisel peab tarvitama teravat nuga.

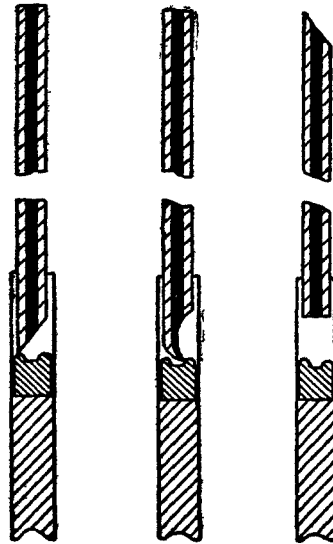
Lõikude pikkus oleneb lõhkeaukude sügavusest. On nõutav, et hõlp-

saks süütamiseks ulatuksid august välja 15—20 cm pikkused süütenööri otsad. Üldiselt peavad aga süütenööri lõigud olema nii pikad, et mineerija pärast süütamist jõuaks eemalduda ohutusse kaugusse. Kivisöetööstuse Ministeriumi ohutusjuhendis on keelatud alla 1 m pikkuste süütenööri lõikude kasutamine (Raua ja Värviliste Metallide Tööstuse Ministeriumi ohutusjuhendites on see arv 1,5 meetrit).

Kui ees süüdatakse üheaegselt mitu laengut, siis nõutakse süütamise aja kontrolliks kontrollnööri tarvitamist. Kontrollnõör valmistatakse süüte-



Joon. 175. Tangid kapseldetonaatori kinnipigistamiseks süütenööri külge.



Joon. 176. Süütenööride ebaõiged paigutused kapseldetonaatoritesse.

nööri lõigust, mis peab olema 60 cm võrra lühem laengu süütenööri kõige lühemast lõigust ja mille otsa kinnitatakse paberist kestaga kapseldetonaator. Kontrollnõör asetatakse nii, et ta oleks laengute süütamise ajal vähemalt 5 m kaugusel mineerijast. Laengute süütamisel süüdatakse kõige enne kontrollnõör. Kontrollnööri detonaatori plahvatusel peab mineerija lõpetama süütamise ja eemalduma ohutusse paika.

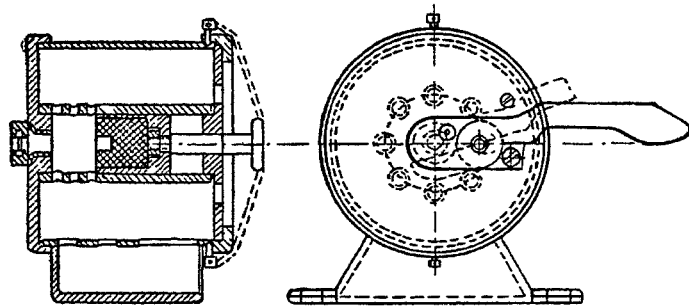
Süütenööri lõikude otsad, mis suunatakse kapseldetonaatorisse, lõigatakse risti nõori teljega ja vastaspoolsed otsad, mis on määratud süütamiseks, lõigatakse viltu, et hõlpsam oleks süüdata.

Enne süütenööri ühendamist kontrollitakse kapseldetonaatorit vaatluse teel ja koputatakse lahtist otsa allapoole hoides kergelt sõrmküünele,

et kõrvaldada juhuslikku prügi, mis võis temasse sattuda. Süütenööri ots lükatakse kergelt kapseldetonaatorisse kuni laenguni, kusjuures nõõri pööramine tema telje ümber on keelatud.

Süütenööri kinnitamine metallkestaga kapseldetonaatori külge toimub kesta ülemise ääre kinnipigistamise teel eriliste pigistustangidega (joon. 175) või erilise seadme abil (joon. 177). Viimasega pigistamine on täiesti ohutu. Detonaatori plahvatamise korral kaitseb tugev seadeldise kest töötavat mineerijat.

Kinnitamisel peab valvama, et pigistuskoht ei tuleks lõhkeaine ega metallist kaitsekaanekese lähedale: eksimine selles võib tekitada plahva-



Joon. 177 Kaitseseadis kapseldetonaatori kinnipigistamiseks süütenööri külge

tuse. Peab hoiduma ka liiga tugevast pigistamisest, mis võib vigastada süütenööri südamikku või tekitada detonaatori kesta pragusid. Keelatud on pigistamine hammastega või mõnel muul ohtlikul viisil.

Kui kasutatakse paberist kestadega kapseldetonaatoreid, siis toimub nende kinnitamine süütenööri külge sel teel, et süütenööri otsa ümber mähitakse isoleerpaela või paberist linti, kuni on saavutatud kesta sise-mise läbimõõdu suurus, ja lükatakse see ots siis kesta sisse, laengut hoidva kaanekese vastu. Et kapseldetonaator süütenööri otsast ära ei libi-seks, mähitakse ühenduskoha ümber tükike kleepuvat isoleerpaela.



Joon. 178 Süütenööri õige paigutus kapseldetonaatorisse.

Tõrgete vältimiseks ja korraliku plahvatuse saavutamiseks peab kapseldetonaatorite ühendamine süütenööri lõikudega toimuma hoolikalt.

Joonisel 176 on toodud mõned näited ebaõigest ühendamisest. Säärase ühendamise korral tekib tõrge kõigi oma halbade tagajärgedega.

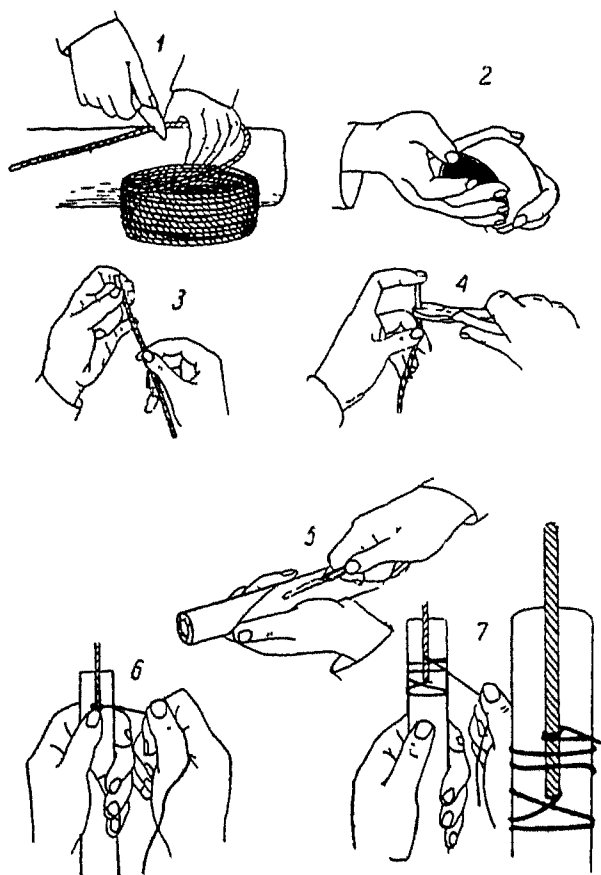
Joonisel 178 on näidatud õige ühendamine: süütenööri ots on kaitsekaanekese vastas ja ta südamik on otse kaanekeses oleva augu kohal, mis tagab tõrketa plahvatuse.

Kapseldetonaatorite kinnitamine süütenööri lõikude külge võib toimuda ainult selleks määratud erilises ruumis, kus ei tohi olla üheaegselt üle 100 detonaatori. Kui ühendamiseks on määratud suurem arv, siis ei tohi enne uut partiid detonaatoreid ühendusruumi tuua, kuni eelmised on ära viidud.

### 3. Löökpadrunita valmistamine tulega süütamiseks.

Löökpadrunitaiks nimetatakse lõhkeainepadrunit, millesse on asetatud süütenööri ühendatud kapseldetonaator või elektridetonaator. Detonaatori lõhkemisest plahvatab löökpadrunit ja temaga ühes kogu lõhkeainelaeng, millesse on löökpadrunit asetatud.

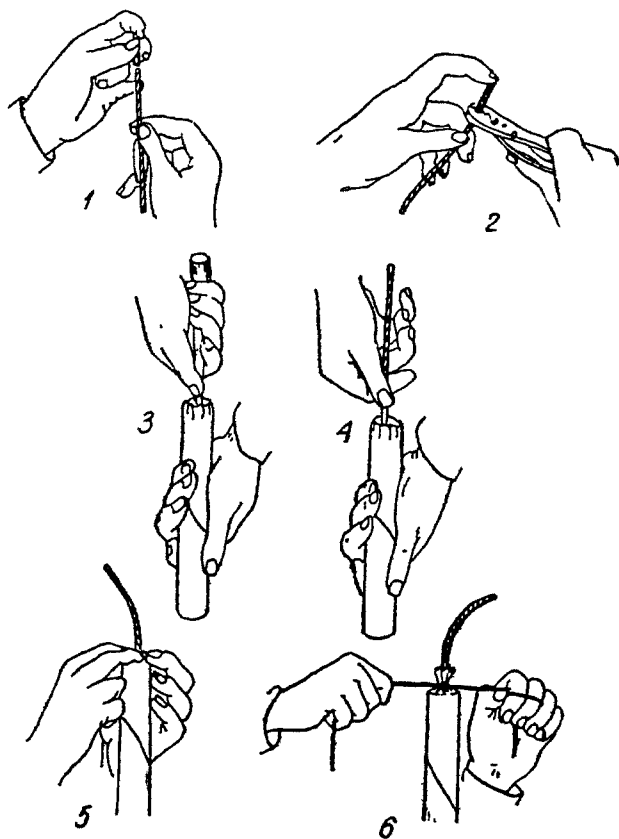
Löökpadrunita valmistamine seisnebki selles, et kapseldetonaator, mis juba varem on ühendatud süütenööri, kinnitatakse lõhkeainepadrunita. Selleks tehakse lõhkeainepadrunita puupulgakesega auk, asetatakse sellesse auku detonaator ja pannakse kindlalt kinni. Löökpadrunita valmistatakse mitmel



Joon. 179. Süütenööri kinnitamine kapseldetonaatori külge ja üks löökpadrunita valmistamise viisidest: 1 — süütenööri lõikudeks lõikamine, 2 — kapseldetonaatori karbist väljavõtmine, 3 — kapseldetonaatori asetamine süütenööri otsa, 4 — kapsli kinnipigistamine, 5 — augu tegemine lõhkeainepadrunita küljele terava puupulga abil, 6 — kapseldetonaator on paigutatud auku (sidumise algus), 7 — sidumise lõpp.

viisil; joonistel 179 ja 180 on esitatud kaks levinumat valmistusviisi. Viimane neist on NSV Liidus laialt kasutatav lõõkpadrunitõ valmistusviis.

Kui lõõkpadrunitõ valmistamiseks kasutatakse kergesti põlemasüttivaid lõõkeaineid (dünaamiit), siis ei tohi detonaatorit asetada sügavamale lõõkeainesse kui  $\frac{2}{3}$  kapsli pikkusest. Vastasel korral võib lõõkeaine süüte-



Joon. 180. Teine lõõkpadrunitõ valmistamise viis: 1 — kapseldetonaatori asetamine süütenõõri otsa, 2 — kapsli kinnipigistamine, 3 — augu tegemine lõõkeainepadrunitõ lahtivõõtud otsa terava puupõlga abil, 4 — detonaatori paigutamine auku, 5 — lahtivõõtud padrunitõ paberkesta asetamine süütenõõri ümber, 6 — paberi kinnisidumine süütenõõri ümber.

nõõri põlemisest hakata põlema enne detonaatori plahvatust Ammoniidi puhul pole see ettevaatusabinõu nõutav.

Pulbriliste lõõkeainete puhul, nagu ammoniidid, ei ole igakord võimalik detonaatori jaoks pulgaga süvendit teha, sest kuiv pulbriline lõõkeaine



vajub pärast pulga väljatõmbamist kokku. Säärasel juhul puistatakse padrunist osa lõhkeainet välja, asetatakse detonaator ühes süütenõoriga kohale ja puistatakse lõhkeaine padrunisse tagasi.

Märgade töökohtade jaoks valmistatud löökpadrunid peavad olema kaetud niiskuskindla isolatsiooniga.

Kasutamata jäänud löökpadrunid tuleb hävitada.

Löökpadrunitest valmistamine on lubatud ainult lõhkamistöõde kohal ja mitte varem kui laadimise algul. Löökpadruneid ei tohi valmistada rohkem, kui on vaja antud laengute jaoks.

Ainult šahtide rajamisel või süvendamisel on lubatud kokkuleppel kohaliku riikliku mäetehnilise inspektoriga valmistada löökpadruneid eraldi selleks määratud ruumis, kusjuures nende padrunite kandmisel töökohale peab kinni pidama järgmistest nõuetest.

1) Löökpadrunitest vedu on keelatud, neid peab viima töökohale kotis, mis on seestpoolt vildiga vooderdatud.

2) Löökpadruneid võib kanda ainult mineerija. Kotis, kus kantakse löökpadruneid, ei tohi olla teisi lõhkeaineid ega lõhkamisvahendeid.

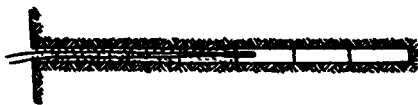
3) Löökpadrunitest kottide allalaskmine šahti peab toimuma eraldi teistest lõhkematerjalidest, ilma inimeste juuresolekuta; allalaskmiseks võib kasutada tösteseadeldisi, kusjuures kiirus ei tohi olla suurem kui 1 m/sek.; löökpadruneid võib alla lasta ainult vajaliku laengute seeria jaoks.

Kui löökpadrunitest valmistamiseks kasutatakse poolikuid dünamiitpadruneid, siis peab padrunite poolekslõikamisel kasutama vasest või luust nuga.

#### 4. Löökpadrunitest paigutamine lõhkeauku.

Pikemates lõhkeaukudes (pika laengu korral) on laengu parema detoneerimise saavutamiseks löökpadrunitest asukohal laengus suur tähtsus.

Löökpadrunitest võib asetada: kõige viimasena (laengu peale), laengu keskele või lõhkeaugu põhja (laengu alla). Harilikult asetatakse löökpadrunitest kõige viimasena, s. o. laengu peale või laengu keskele.



Joon. 181. Löökpadrunitest õige paigutus.

Kui asetada löökpadrunitest laengu põhja, siis on lõhkegaaside surve, alates augu põhjast, suunatud augu suudme poole ja aeglase detonatsiooni

puhul läheb suur osa laengu jõust kaotsi. Seepärast kasutatakse seda asetusviisi brisantsete lõhkeainete puhul väga harva, ainult siis, kui tavaline laeng jätab kivimite sitkuse tõttu sügavad augu põhjad (kannud).

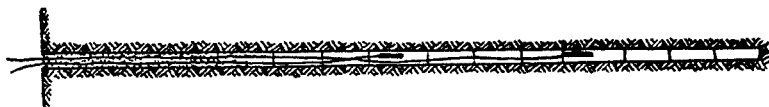
Kui lõõkpadrun on asetatud laengu peale, siis gaaside surve suuremine on suunatud lõhkeaugu põhja poole. See asetusviis tagab lõhkeaine paremat kasutamist (joon. 181). Pika laengu puhul ei ole aga detonatsioonilaine küllaldane kõikide padrunite detoneerimiseks ja lõhkeaugu põhja võib jääda lõhkemata padruneid.



Joon. 182. Lõõkpadruni paigutus pikendatud laengu puhul.

Kui laengud on suuremad, siis asetatakse lõõkpadrun laengu keskele. Teoreetiliselt peaks see asetus andma parima tulemise seepärast, et detoneerimine algab laengu keskelt korruga mõlemale poole, mis lühendaks laengu lõhkemise aega ja lõhkeaine purustustegevus peaks tõusma, kuid praktiliselt seda märgata ei ole. Selle asetusviisi halvaks omaduseks on pealmiste padrunite väljaviskamise võimalus, mis ka tihti esineb, sest detonatsioonilaine on suunatud detonaatori põhja suunas ja pealmiste padrunite detoneerimiseks on vähem võimalusi.

Kui kasutatakse leegist põlemasüttivaid lõhkeaineid, siis võib viimast paigutusviisi tarvitada ainult tulekindla kattega süütenõõri kasutamise



Joon. 183. Kahe lõõkpadruni paigutus suures laengus.

korral. Ka viitsüüte-elektridetonaatorite kasutamine laengu keskel on keelatud. Ainult ammooniumsalpeeter-lõhkeainete tarvitamisel on see lubatud.

Gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes padrunite väljaviskamise ohu ärahoidmiseks ei ole lubatud asetada lõõkpadrunit laengu keskele.

Lõõkpadruni laengu keskele asetamisel on soovitatav, et lõõkpadrun asetataks  $\frac{1}{3}$  laengupikkuse kaugusele, arvates lõhkeaugu suudme poolt (joon. 182).

Kui kasutatakse eriti pikki laenguid (15—20 padrunit, kaaluga

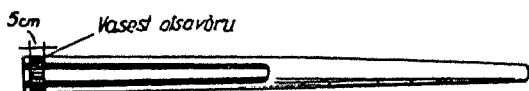
2—3 kg), peab panema lõhkeauku 2 lõõkpadrunit, asetades need nii, nagu on näidatud joonisel 183.

Pika laengu parimaks detoneerimiseks on soovitatav kasutada laengu keskel kumulatiivtoimega padruneid, mis suurendavad detonatsiooni kiirust ja garanteerivad kõikide padrunite plahvatuse.

### 5. Lõhkeaukude laadimine.

Lõhkeaukude laadimisel kasutatakse peale lõhkeaine ja lõõkpadrunite veel topismaterjali, millega täidetakse laengust vabaksjäänud augu osa. Tööriistaks laadimisel on laadimisvarras. Padrundamata ammoniitide laadimisel kasutatakse peale tähendatu veel letrit ja kruusi.

Laadimisvardaks nimetatakse puust valmistatud ümmargust keppi, mis on 20—30 cm võrra pikem kõige sügavamast laaditavast lõhkeaugust ja mille jämedus (diameeter) on 20—25 mm (joon. 184).



Joon. 184. Laadimisvarras.

Laadimisvarda ots, millega teostatakse laadimist, on pisut jämedam ja omab pikuti kulgevast soont. See ots on tugevdatud vasest otsavõruga. Laadimise ajal pööratakse soon süütenõõri või elektrijuhtmete poole, et vältida nende katte rikkumist.

Enne laadimise algust peab mineerija laadimisvardaga kontrollima lõhkeaugu sügavust ja suunda ning kindlaks tegema, kas auk on küllalt puhastatud kivimitükikestest ja puurimispurust.

Ainult korralikult puhastatud lõhkeauku võib laadida.

Kui lõhkeaugud on puhtad ja tõestik cēs on nõuetekohane, võib alustada lõhkeaukude laadimist. Lõhkeainepadrunid asetatakse üksikult auku ja lükatakse ettevaatlikult selle põhja. On keelatud lükata mitut padrunit korraga. Padrunite arv iga lõhkeaugu kohta peab vastama kindlaksmääratud skeemile. Ka lõõkpadruni koht laengus määratakse varem kindlaks. Kui lõhkeaugu laadimine lõhkeainega on lõpetatud, täidetakse ülejäänud lõhkeaugu osa topisega.

Plastiliste dünaamitide laadimisel on soovitatav padrunid lõhkeaugus kergelt kokku suruda, mis suurendab nende tegevusvõimet. Ammo-

niitide padrunid lükatakse tihedalt üksteise vastu, kuid üleliigne tihendamine on keelatud, sest liiga tihedalt laetud ammoniit lõhkeb halvasti ja annab palju mürkgaase.

Kui lahtistel töödel laetakse vertikaalseid auke padrundamata (lah-tise) ammoniidiga, siis kasutatakse ammoniidi mõõtmiseks ja auku valamiseks kruusi või selleks valmistatud kruusitaolist mõõduriista. Et ammoniit ei hakkaks augu seinte külge, tarvitatakse valamisel pika toruga lehitrit.

Sügavatesse allapoole suunatud lõhkeaukudesse ei tohi dünamiitpad-runeid loopida. Niisugusel korral tuleb augud enne laadimist täita veega; antud juhul täidab vesi ka topise ülesannet.

Ülespoole suunatud lõhkeaukude laadimisel võivad padrunid tagasi kukkuda. Et seda ei juhtuks, määratakse padrunite küljed saviga, seejuures peab toimima nii, et savi ei satuks padrunite vahele. Padrunite vahele sattunud savi, puurimispuuru, kivimitükikesed jne. takistavad plahvatuslai-net ja osa laengut võib jääda plahvatamata, mis põhjustab kogu lõhke-aukude komplekti nurjumise.

Eespool on tähendatud, et lõhkeaine parema kasutamise seisukohalt tähtsaks laengust ülejäänud lõhkeaugu osa täitematerjaliga — topi-sega.

Topise ülesanne on ära hoida lõhkegaaside väljumist lõhkeaugust. Topis väldib ka ülemääraste mürkgaaside tekkimist. Gaasi- ja tolmuohtli-kes kaevandustes takistab topis leegi väljumist, vältides seega plahvatusohtu.

Topiseks võib tarvitada anorgaanilist tolmu, liiva ja savi ning savi ja liiva segu. Allapoole suunatud lõhkeaukudes võib topiseks tarvitada vett.

Tolmust topised ei ole küllalt tihedad, niiskest savist topised võivad kergesti august välja paiskuda. Parimaks topise materjaliks on savi ja jämedateralise liiva segu, milles on üks osa savi ja kolm osa liiva. Sää-rased topised valmistatakse maa peal ja tuuakse kaevandusse tarvita-miseks.

Topise materjal surutakse laadimisvardaga kergelt laengu peale osade kaupa (nagu padrunid) ja viimase 30 cm ulatuses võib topist laadimis-warda lõõkidega tihendada.

## 6. Lõhkamise kord.

Lõhkamistöde juhendi kohaselt on keelatud laadimis- ja lõhkamis-tööde juures viibida isikutel, kes ei ole lõhkamisega otseselt tegevuses. Kõik kõrvalised isikud peavad minema pärast signaali andmist ohutusse

paika (signaali andmiseks kasutatakse vilet, pasunat, kella jne.). Heli-signaale antakse neli<sup>1</sup>.

Esimene (hoiata v) signaal antakse enne laadimistöö algust. Kõik kõrvalised isikud peavad minema ohutusse paika. Valvepostid ja signaallipud või -tuled pannakse välja. Mineerijad alustavad laadimist.

Teine (etteteata v) signaal antakse siis, kui lõhkamistööde läheduses enam inimesi ei ole. Mineerijad valmistuvad süütenõõride süütamiseks. Elektriga süütamisel mõõdetakse elektrijuhtmete takistust ja ühendatakse siis juhtmete otsad süütemasina või lülitiga..

Kolmas (valmisoleku-) signaal antakse mitte varem kui ühe minuti möödumisel pärast teist signaali. Mineerija süütab laengud ja läheb ohutusse paika. Elektriga süütamisel ühendatakse voolulüliti ja juhitakse vool elektridetonaaatorisse.

Neljäs, lõppsignaal tähendab, et lõhkamised on lõppenud ja mineerijad võivad läheneda töökohale. Pärast lõppsignaali kõrvaldatakse vahipostid ja kõik nähtavad signaalid.

Pärast lõhkamistööde teostamist on mineerija kohustatud lõhkamistööde koha üle vaatama. Kui leitakse lõhkeaine tükke või padruneid, tuleb need viibimata kõrvaldada.

Enne laadimistööde algust peab tehniline järelevalve (kümnik, vanem tööline jne.) ee järele vaatama. Kui esineb sissevarisemise oht, rippuvaid kivimitükke jne., kõrvaldatakse need viibimata tehnilise järelevalve juhatusel. Kui seda on võimatu kohe teostada, keelatakse edasitöötamine kuni ohu kõrvaldamiseni.

Kui leitakse plahvatamata või osaliselt plahvatanud laenguid, likvideeritakse need viibimata korra kohaselt, mis on ette nähtud ohutuskaitse juhendis.

Peale ülalkirjeldatud sunduslike ettevaatusabinõude [süütenõõri minimaalse pikkuse ja kontrollnõõri (signaalpaugu) tarvitamise] peab mineerija täitma veel järgmisi nõudeid.

Mineerija peab pauke lugema; kui arvuliselt on kõik laengud plahvatanud, siis võib pärast viimast pauku varjupaigast kohe välja tulla. Lahtistel töödel ei või töökohale minna enne 5 minuti möödumist. Allmaatöödel peab ootama seni, kuni esi on küllaldaselt tuulutatud.

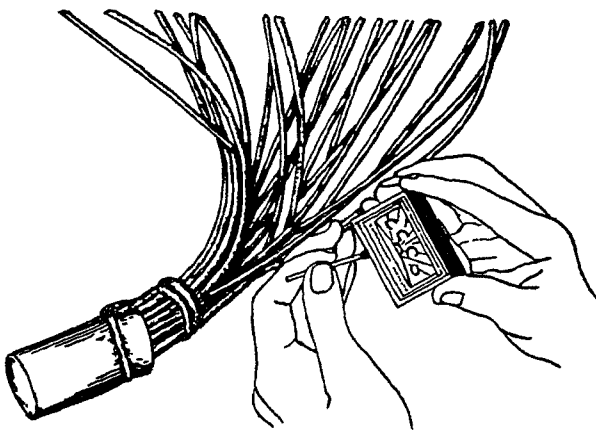
Kui paukude arv osutub väiksemaks süüdatud laengute arvust või kui paukude lugemine oli raskendatud, siis ei tohi väljuda varjupaigast enne 15 minuti möödumist pärast viimast pauku.

<sup>1</sup> Ruumi säästmiseks on seletused toodud lühendatult. Täielikud juhendid leiduvad raamatust „Правила безопасности при ведение взрывных работ”. Утв. НКТП СССР от 23 IX 1939 г. § 242.

Süütenööri süütamine on lubatud hõõguva tahiga, süütenõoriga või erilise küünlaga, mida mäetehnilise inspektsiooni poolt on lubatud kasutada. Süütamine dünamiidirullidega ja igasugusel muul viisil on keelatud.

Tulega süütamine on veel laialt kasutatav. Selle süütamisviisi üks olulisemaid puudusi on ohtlikkus, mis tekib suurema arvu laengute süütamisel ühes ees. Viimasel ajal on tehtud mõned tähelepanuväärsed ettepanekud süütamise lihtsustamiseks, millede oluline osa kokkuvõetult seisneb järgmises:

Lõhkeaukudest väljaulatuvad süütenõõride otsad jäetakse nii pikaks, et neid on võimalik ühte kimpu koguda. Laengud, mis järjekorras enne



Joon. 185. Süütamine kimpu kogutud süütenõõridega.

peavad lõhkema (algmurde-lõhkeaugud), varustatakse lühemate süütenõõridega ja järgmised kordkorralt pikematega. Kimbu ots lõigatakse tasaseks ja kaetakse erilise padruniga (joon. 185), mille põhjas on intensiivselt põlev aine (85% püssirohtu, 10% naptaliini ja 5% kampo lit), mis süüdatakse erilise 15—20 cm

pikkuse süütenõõrilõiguga põlema. Padrunist süttivad kõik süütenõõrid ja laengud lõhkevad süütenõõride pikkuse järjekorras. Kimpe võib olla ees rohkem kui üks (2—4). Siis kogutakse ühte kimpu kõik ühepikkused nõõrid. Näiteks algmurde-lõhkeaugud varustatakse lühemate süütenõõridega ja need kõik kogutakse ühte kimpu, teise kimpu kogutakse järelmurde-aukude süütenõõrid, mis pikkuselt on järgmised ja järgmisena peavad lõhkema, jne. Kimpude süütamine toimub ka nõõride pikkuse järjekorras. Nii võib ohutult süüdata piiramata arvu laenguid ühes ees.

Kui juurdepääs lõhkamiskohale on raskendatud ja nõuab eriliste seadiste kasutamist, nagu redelid, trepid, nõõrid jne., siis ei tohi neis paikades kasutada tulega süütamist, samuti ka kohtades, kus mineerijal on võimatu õigeks ajaks ohutusse paika pääseda. Tulega süütamine on keelatud vertikaalsetes ja kallakates kaeveõõnsustes, mille kallakus on üle 30°.

Tulega võib üks mineerija lahtistel töödel süüdata ühe korraga

12 laengut (süütenööri). Allmaatöödel võib korruga süüdata (üks või kaks mineerijat) mitte rohkem kui 16 süütenööri. Pikkades tootmistes kaevandustes, kus pole tolmu- ja gaasiohtu, ei ole süütamise arv piiratud, kui ee kallakus ei ole üle 22° ja minöör ei ole plahvatavatele laengutele lähemal kui 30 m. Seejuures peavad lõhkegaasid suunduma vastaspoolsesse külge.

### 7. Elektriga süütamise paremused.

Laengute süütamisel elektriga on suur paremus lõhkamistöõde teostamisel. Eriti tähtis on see süütamisviis gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes, kus teised süütamisviisid on keelatud.

Võrreldes tulega süütamist elektri abil süütamisega on viimasel hulk paremusi:

1) Tulega süütamisel võib süütenööri sädemeist plahvatada kaevandusgaas või tolm, elektriga süütamisel seda ohtu pole.

2) Tulega süütamisel plahvatavad laengud üksikult ja vaheaegadega, tekitades kohalikku purustust. Elektriga süütamisel plahvatavad laengud korruga ja laengute üheaegne tegevus suurendab purustusi tunduvalt, mis võimaldab elektriga süütamise korral asetada laenguid mõnel juhul üksteisest 1,5 korda kaugemale kui tulega süütamisel.

3) Tulega süütamisel tekitab süütenööri põlemine gaase, mis mürgitavad kaevanduse õhku; elektriga süütamisel selliseid gaase ei teki.

4) Tulega süütamisel peab mineerija toimetama süütamist, olles ise laengute läheduses, mis on alaväärtusliku süütenööri puhul ohtlik; elektriga süütamisel asub aga mineerija laengutest kaugel, ohutus paigas.

5) Elektriga süütamisel on võimalik enne voolu lülitamist kontrollida juhtmete ühenduse korralikkust, kuna tulega süütamisel on süütenööri ühenduse korralikkuse kontrollimine võimatu.

6) Elektriga süütamisel on võimalik, kasutades viitsüütedetonaatoreid, korraldada lõhkamist vajaduse kohaselt kas üksikute laengute kaupa, gruppides või detoneerida kõik laengud korruga.

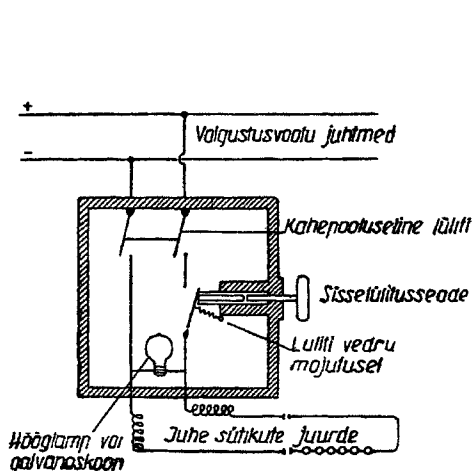
### 8. Elektrivoolu allikad ja mõõtevahendid.

Lõhkamistöõdel kasutatakse elektrivoolu allikatena: 1) elektervalgustusvõrku ja 2) erilisi kantavaid elektrimasinaid, mida nimetatakse lühidalt s ü ü t e m a s i n a t e k s.

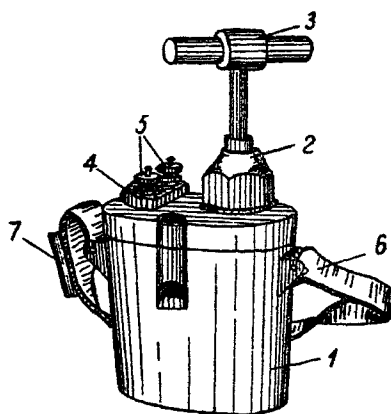
Valgustusvoolu ei tohi kasutada gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes,

sest voolu lülitamisel tekivad harilikult sädemed, mis võivad põhjustada kaevandusgaasi ja tolmu plahvatamist. Plahvatusohutute lülitite ja erilise seadme kasutamisel võib tarvitada valgustusvoolu ka gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes.

Valgustusvoolu juhtmete ja süütevõrgu vahel peab kasutama erilist lülitusseadist, mis automaatselt lülitab voolu välja (joon. 186). Kui kõik



Joon. 186. Lülitusseadise skeem valgustusvoolu kasutamisel elektridetonatorite süütamiseks.



Joon. 187 Süütemasina PIM-2 üldvaade: 1 — kest, 2 — võtme ava, 3 — võti, 4 — isoleerplaat, 5 — vindid juhtmete kinnitamiseks, 6 — kanderihm, 7 — võtme tupp.

ettevalmistused on tehtud ja süütevõrk korras, surutakse vedrulüliti erilise võtme abil alla. Seega juhitakse vool süütevõrku ja tekib plahvatus.

Sahtide süvendamisel ja töödel, kus lõhkamistöõde koht pole kiiresti edasiliikuv, on soovitatav kasutada valgustusvoolu.

Edasiliikuvatel ja laialipaisatud töökohtadel on mõnusam ja käepärasem süütemasinate kasutamine, mis on seetõttu ka laialt levinud.

Süütemasinate jagunevad magneti-elektrimasinateks ja dünamo-elektrimasinateks. Esimeste kasutamine on nende väikese võimsuse tõttu piiratud 3—5 laenguga ja seepärast pole nad käesoleval ajal enam tarvitusel.

Nõukogude vabrikud valmistavad kahte tüüpi dünamo-elektrisüütemasinaid: PIM-2 (joon. 187) 25 järjestikku ühendatud laengu jaoks ja PIM-1 (joon. 188) kuni 100 järjestikku ühendatud laengu jaoks.

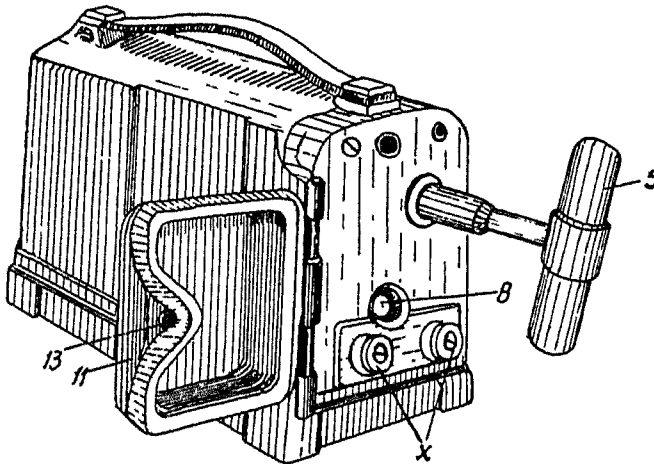
Gaasi- ja tolmuohtlike kaevanduste jaoks valmistatakse süütemasinaid PIM-3Г, mis erinevad PIM-2-st põhimiselt sellega, et nad on sädemeohutud.

Elektriga süütamisel on vaja kontrollida elektridetonatorite kõlb-



likkust, elektrivõrgu ühenduste korralikkust ja vooluallikate võimsust. Selleks kasutatakse vastavaid elektri-mõõteaparaate.

Elektrivõrgu ja üksikute elektridetonaatorite takistuse täpseks kontrollimiseks kasutatakse aparaate, mis mõõdavad takistust täpsusega 0,05 oomi. Kaevandustes eelistatakse kasutada selleks Kohlrauschi silda, mis võimaldab mõõta takistusi alates 0,05 oomist kuni 1000 oomini, lõhketakistuste mõõtjat JMB, millega saab mõõta takistusi 0,2 oomist kuni 5000 oomini, oommeetrit ja teisi.

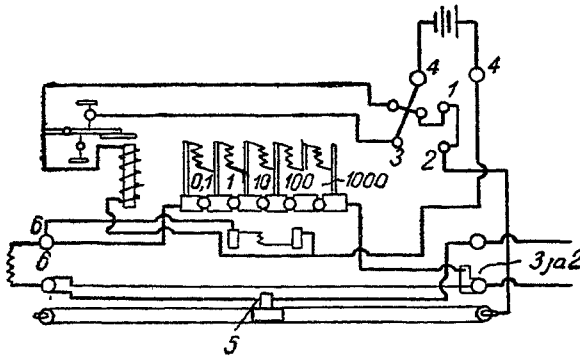


Joon. 188. Süütemasin IIM-1: 5 — võli, 8 — ava vedru üleskeeramiseks, 11 — uks, 13 — ukse sulgemise vint, x — klemmid juhtmete kinnitamiseks.

Kohlrauschi sild (joon. 189) koosneb reast takistustest ja reostaadist, mis on monteeritud ühisele plaadile. Kohlrauschi sillaga võib mõõta vedelate ja kõvade kehade takistusi. Lõhkamistööl on vaja mõõta kõvade kehade (elektridetonaatorid, traadid) takistusi. Selleks ühendatakse Kohlrauschi sillaga veel galvanomeeter. Aparaaadi varustamiseks elektrivooluga kasutatakse harilikult kuivelementi pingega 1,5 V, mis ühendatakse klemmidega 4—4 (joon. 189). Pinge alandamiseks lülitatakse tööohutuse eesmärgil silla klemmi ja elemendi vahele 35—40-oomiline takistus.

Elektridetonaatorite kontrollimist teostatakse järgmiselt: klemmidega 3 ja 2 ühendatakse galvanomeeter. Klemmidega 6—6 ühendatakse proovitava elektridetonaator. Ohu ärahoidmiseks asetatakse detonaator 1 m kaugusele liivakasti, vähemalt 15 cm sügavusele, või tema külge kinnitatakse juhtmed ja ta asetatakse vähemalt 10 m kaugusele vineerist kaitse

taha. Mõõtmise ajal ei tohi töökohas olla üle 100 elektridetonaatori. Takistuse 1 pesast tõmmatakse pistik välja. Link 1 asetatakse nupule 2. Siis lükkatakse reostaadi nihkurit 5 paremale või vasakule seni, kuni



Joon. 189 Kohlrusch'i sild: 1 — takistus, 2, 3 — klemmid galvanomeetriga ühendamiseks, 4 — klemmid elemendi ühendamiseks, 6 — klemmid elektridetonaatori ühendamiseks.

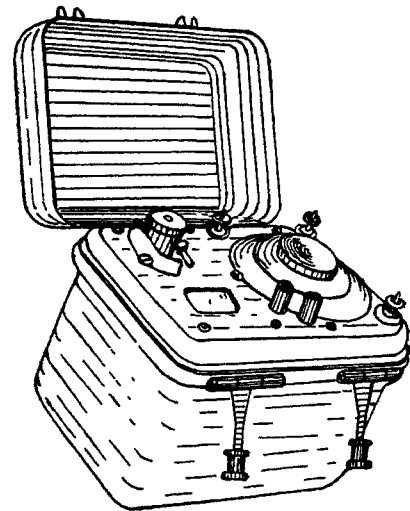
(joon. 190) võimaldab mõõta takistusi 0,2—50 oomi või 20—5000 oomi vastavalt sellele, missuguste klemmidega ühendatakse mõõdetav takistus. Takistuste mõõtjaga JIMB võib mõõta kogu ühendatud juhtmete võrgu takistust, samuti ka tema üksikute lülide ning üksikute elektridetonaatorite takistust.

Suuri takistusi mõõdetakse ühendamisega klemmide  $I_2$  ja  $I_3$  külge (joon. 191) ja väikesi takistusi — ühendamisega klemmide  $I_1$  ja  $I_3$  külge. Vooluallikaks on aparadis kuivelement pingega 1,5 V.

Mõõtjat JIMB kasutatakse järgmiselt: algul vabastatakse galvanomeetri osuti pidurist, lükates piduri äärmisesse vasakusse asendisse. Seejärel ühendatakse klemmid  $I_1$  ja  $I_3$  metallesemega (joon. 191) ja surutakse nupule  $2_1$ . Samal ajal vaadatakse galvanomeetri osutile. Kui osuti kaldub täielikult kõrvale oma esialg-

galvanomeetri osuti näitab nulli. Kui galvanomeetri osuti näitab nulli, siis näitab nihkuri osuti elektridetonaatori takistuse suurust mõõtetalil. Kontrollitud detonaatori juhtmed võetakse klemmide küljest lahti ja keeratakse endiselt kokku, asetatakse eraldi karpis ja alustatakse järgmise kontrollimist.

Lõhketakistuste mõõtja JIMB

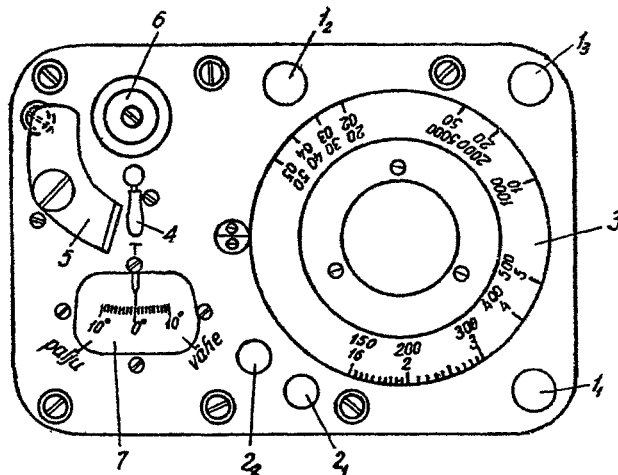


Joon. 190. Lõhketakistuste mõõtja JIMB üldvaade.

sest asendist, siis on mõõtja korras. Kui osuti kaldub vähe või jääb paigale, siis on aparaadis mingi ühenduse rike või kuivelemendis ei ole küllaldast pinget. Kui rike on parandatud või element vahetatud, kontrollitakse uuesti aparaaadi korrasolekut.

Töö algul peab galvanomeetri osuti näitama nullile, kui ta aga näitab mujale, siis, pöörates silindrit 6, asetatakse osuti täpselt nullile.

Elektridetonaatorite proovimisel ühendatakse tema juhtmed klemmidega  $I_1$  ja  $I_3$ , rõhutakse nupule  $2_1$  ja pööratakse suurt ketast seni, kuni



Joon. 191. Lõhketakistuste mõõtja JIMB pealtvaate skeem. (Numbrites seletus tekstis.)

galvanomeetri osuti jääb püsima nullile. Seejärel leitakse takistuse numbriline suurus kettal olevate arvude alumisest reast, kohalt, millele näitab osuti.

Suuremate takistuste mõõtmisel talitatakse samuti, ainult selle vahega, et mõõdetav takistus ühendatakse klemmidega  $I_2$  ning  $I_3$  ja mõõtmise ajal surutakse nupule  $2_2$ .

Kui mõõtmisel galvanomeetri osuti ei pöördu nullile ka siis, kui suur ketas on pööratud viimase võimaluseni ja mõõtesuti vastas on ketta jao- tus üle 50 oomi, siis tähendab see, et voolu ühendus on katkenud.

Mõõltjat JIMB võib kasutada kui oommeetrit ka juhtmete isolatsiooni vigastuste ja nende katkenud kohtade leidmiseks.

Lõhketakistuste mõõltjat JIMB peetakse senini parimaks kontroll- ja mõõtevahendiks lõhkamistöodel elektridetonaatoritega.

Kaevanduses, kus kasutatakse elektriga süütamist, peab olema üks

ülaltähendatud mõõtevahendeist, suur oommeetri või mõni teine aparaat, mis võib täita vastavaid ülesandeid.

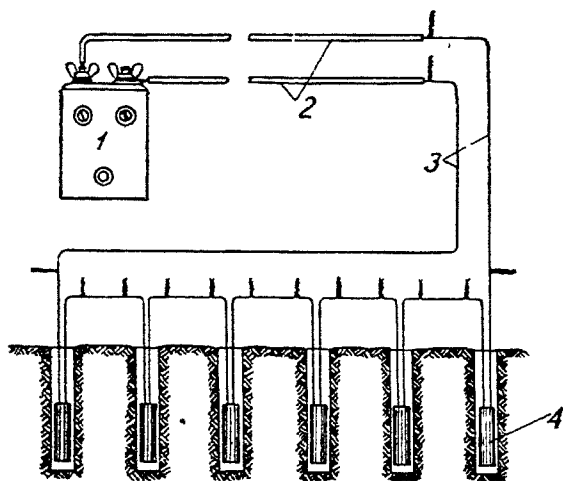
Kasutades neid vahendeid, võib alati vältida tõrkeid elektriga süütamisel. Lõhkamistöõdele minnes peavad mineerijal kaasas olema korralikult proovitud elektridetonatorid, kontrollitud, korraliku isolatsiooniga juhtmed ja korrasolevad mõõte- ning süütamisvahendid.

Kõik mõõteriistad tuleb hoida kuivas ja soojas kohas.

### 9. Laengute lülitamise viisid.

Elektridetonatoreid, mis on paigutatud lõhkeainelaengutesse, võib omavahel lülitada: 1) järjestikku, 2) paralleelselt ja 3) segalülituslikult.

Järjestikusel lülitamisel (joon. 192) ühendatakse üks



Joon. 192. Elektridetonatorite järjestikune lülitamine: 1 — süütemasin, 2 — magistraaltraadid, 3 — otsatraadid, 4 — laengud elektridetonatoritega.

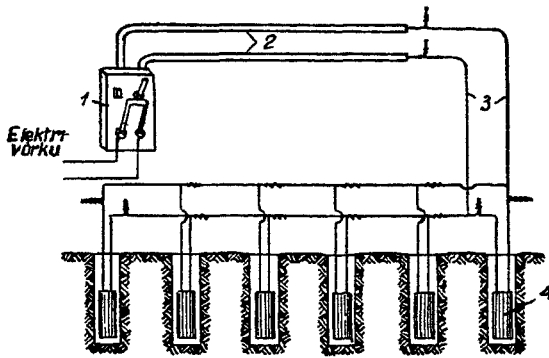
elektridetonatori traat teise elektridetonatori traadiga, teise vabaksjäänud traat kolmandaga, kolmanda vabaksjäänud traat neljandaga jne., seni kui kõik laengud on omavahel ühendatud. Vabaksjäänud esimese ja viimase elektridetonatori traadid ühendatakse juhtmetega, mis ulatuvad ohutusse paika, kus nende otsad ühendatakse vooluallikaga. See ühendusviis on lihtne ja käepärane, kui laengud on laial alal, üksteisest kaugel, samuti on selle ühendusviisi puhul, võrreldes teiste viisidega, traatide kulu väiksem.

Kaasaegsete hõõgsütikute kasutamisel on see ühendusviis rohkem levinud kui teised. Järjestikku lülitamisel läbib elektrivool kõik detonatorite süitikud ühesuguse tugevusega ja seepärast ei või ühte võrku lülitada elektridetonatoreid, millede takistus erineb rohkem kui 0,3 oomi.

Paralleelse lülitamise korral (joon. 193) võetakse kaks traati, asetatakse nad rööbiti ja ühendatakse nendega elektridetonatorite

juhtmetraadid nii, et iga elektridetonaatori esimene juhtmetraat tuleb esimese rööbiti asetatud traadi külge ja teine juhtmetraat teise rööptraadi külge. Rööbiti asetatud traatide otsad ühendatakse juhtmetega, mis ulatuvad vooluallikani.

Elektrivool, juhitud vooluallikast säärasesse ühendusvõrku, hargneb igasse elektridetonaatorisse eraldi ja, läbinud need, ühineb jälle ühte juhtmesse.

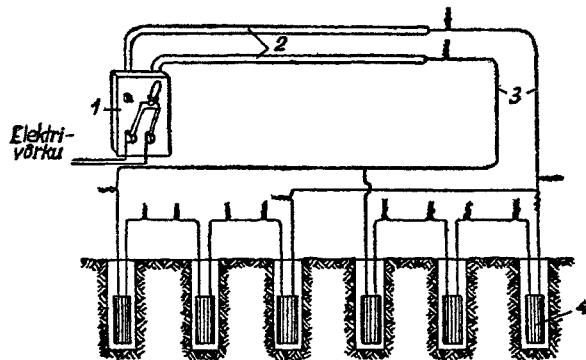


Joon. 193. Elektridetonaatorite paralleelse ühenduse skeem: 1 — lüliti, 2 — magistraaltraadid, 3 — otsatraadid, 4 — laengud elektridetonaatoritega.

Kui elektridetonaatorid on ühesuguse takistusega, siis satub igasse neist nii mitu korda väiksema tugevusega vool, kui palju neid on võrgus. Seepärast tuleb paralleelse lülitamise korral võtta võimsam vooluallikas. Selleks tarvatakse harilikult valgustusvõrku.

Segalülituseks nimetatakse säärast lülitusviisi, mille puhul kasutatakse üheaegselt järjestikust ja paralleelset lülitust. Elektridetonaatorid eraldatakse gruppidesse ja iga grupi elektridetonaatorid ühendatakse omavahel järjestikku (joon. 194). Järjestikku ühendatud rühmad ühendatakse paralleelselt juhtmetega, mis viivad vooluallikani.

Võib ka talitada vastupidi: enne ühendada üksikud elektridetonaatorid paralleelsetesse gruppidesse ja siis grupid ühendada omavahel järjestikku. Esimesel segalülitusviisi juhul hargneb elektrivool rühmadesse ja läbib iga rühma elektridetonaatorid järjestikku, teisel juhul läbib vool järjestikku mitu paralleelset rühma.



Joon. 194. Elektridetonaatorite segalülitus: 1 — lüliti, 2 — magistraaltraadid, 3 — otsatraadid, 4 — laengud elektridetonaatoritega.

Elektrisüütemasinat

tarvitamise korral on soovitatav kasutada ainult järjestikust lülitamist. Paralleel- ja segalülitust saab kasutada ainult siis, kui vooluallikaks on elektrivõrk.

#### 10. Lülitusviisi valik ja elektrivoolu tugevuse arvutus.

Elektrivoolu tugevuse arvutusel peab meele pidama, et ühe elektridetonaatori süütamisel on nõutav voolutugevus 1—1,5 A. Mitme järjestikku lülitatud elektridetonaatori tõrketa süütamiseks peab olema voolutugevus vähemalt 2,5 A. See on maksev praegu NSV Liidus valmistatavate konstantaantraadist hõõgsildadega elektridetonaatorite kohta.

Äärmiselt kõrge voolutugevuse mõju ei ole kindlaks määratud. Katsed on näidanud, et vool tugevusega 100 A ei mõjunud halvendavalt elektridetonaatorite täielikule süttimisele.

Elektrivoolu tugevust arvutatakse Ohmi seaduse alusel, kusjuures tuleb arvestada ka juhtmete takistust, elektridetonaatorite arvu ja gruppide arvu segalülituse puhul.

Järjestikuse lülituse korral arvutatakse elektrivoolu tugevust valemiga:

$$J = \frac{E}{R + rn},$$

kus  $J$  — voolu tugevus amprites, mis juhitakse elektridetonaatorite süütamiseks,

$E$  — pinge voltides,

$R$  — juhtmete takistus oomides,

$r$  — ühe elektridetonaatori takistus oomides,

$n$  — elektridetonaatorite arv.

Paralleelse lülituse korral arvutatakse elektrivoolu tugevust järgmise valemi abil:

$$J = \frac{E}{R + \frac{r}{n}},$$

siin võrdub elektridetonaatorite takistus ühe elektridetonaatori takistuse ja nende arvu jagatisega.

Segalülituse korral arvutatakse elektrivoolu tugevust järgmise valemi abil:

$$J = \frac{E}{R + \frac{rn}{m}},$$

kus  $m$  — gruppide arv,  
 $n$  — elektridetonatorite arv grupis,  
 $r$  — ühe elektridetonatori takistus.

## 11. Elektrijuhtmed.

Lõhkamistöodel kasutatakse peaausjalikult kummiga isoleeritud juhtmeid, mis on niiskuskindlad ja väldivad seega võimalikke lühiühendusi ning kaitsevad hulkurvoolude eest.

Üksikute elektridetonatorite vaheliseks ühenduseks, nende juhtmete jätkamiseks ja otsatraatideks on soovitav kasutada traati ПІВМ, mis on isoleeritud kummiga ja kaetud pealt puuvillkoega.

Märgades töökohtades kasutatakse traati ПІР, mis on valmistatud vasest või alumiiniumist, diameetriga 0,5—0,8 mm. See traat on kaetud kahekordse kummikattega, mille peal on osokeriidiga immutatud niitkude.

Magistraaljuhtmeteks, mis ühendavad elektridetonatorite asukohta vooluallikaga, kasutatakse veekindla isolatsiooniga traati, mille läbilõige ei tohi olla alla 1,5 mm<sup>2</sup>.

Kuivades töökohtades võib kasutada detonaatorite ühendamiseks kellatraati ЗП (diameeter 0,5—0,8 mm), mis on isoleeritud kahekordse parafineeritud niitkoega.

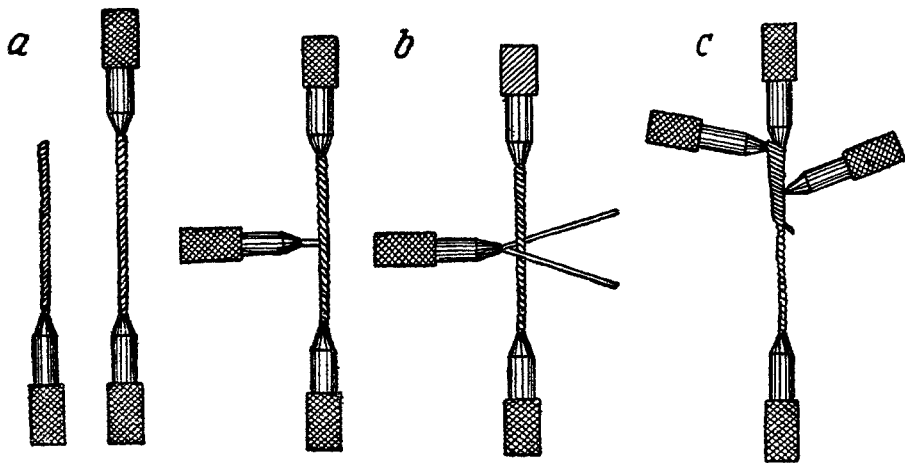
Šahtide rajamisel kasutatakse magistraaljuhtmeteks kahejuhtmelist kaablit, mis on hästi isoleeritud ja mida on hõlpus trumlitele kerida (üles tõstes ja alla lastes).

## 12. Juhtmete ühendamine ja isoleerimine.

Juhtmete õige ja korralik ühendamine on väga tähtis asjaolu elektriga süütamisel. Ei tohi unustada, et korratu ühenduse tagajärjel esinevad tõrked, millede likvideerimine on väga tülikas ja aegaviitev. Iga ühendamise korral peab vabastama ühenduskohad isolatsioonist ja enne traatide kokkukeeramist noaseljaga või liivapaberiga puhtaks hõõrsuma. Seda tehakse seepärast, et metallide pealispinnal on hapnikuga ühinenud kord, mis suurendab takistust ja võib põhjustada tõrget.

Juhtmete otsad vabastatakse isolatsioonist 5 cm pikkuselt, puhastatakse kuni läikimiseni ja keeratakse kokku nii, nagu on näidatud joonisel 195.

Alalised ühendused, mis tehakse magistraaltraatide juures, tuleb kokku joota.



Joon. 195. Voolujuhtmete ühendamise viisid: *a* — harilik jätkamine, *b* — haru ühendamine, *c* — mitme haru ühendamine.

Ühenduskohdade isoleerimiseks kasutatakse kummilinti, kummiliimi ja kleepuvat isoleerpaela. Alguses kaetakse ühenduskoht pinguletõmmatud



Joon. 196. Ajutised (lihtsustatud) ühendused: *a* — otste kokkukeeramise, *b* — otste keeramisega teineteise ümber.

kummilindiga ja tõmmatakse üle kummiliimiga. Kummilindi peale keeratakse kleepuv isoleerpael.

Ajutised ühendused (elektridetonaatorite-vahelised ühendused) tehakse lihtsamalt (joon. 196), kuid hea ühenduse (kontakti) saavutamine on ka siin nõutav. Ühenduskohad puhastatakse kuni läikimiseni ja keeratakse pingule üksteise ümber, seejuures peab vältima ebaõigeid ühendusi, mis annavad liikuda (joon. 197).



Ka ajutised ühendused peavad olema isoleeritud.

Juhtmed, alates vooluallikast kuni laenguteni, peavad olema asetatud toestiku külge puust klotsidele rippuma. Ühenduskohad peavad olema õhus, ei tohi millegi vastu puutuda ega tohi olla tilgete all.



Joon. 197. Ebaõige ühendus.

### 13. Elektridetonaatoritega löökpadruneite valmistamine.

Löökpadruneid valmistatakse ainult töökohal. Mineerijal peavad kaasas olema proovitud, ühesuuruse takistusega elektridetonaatorid.

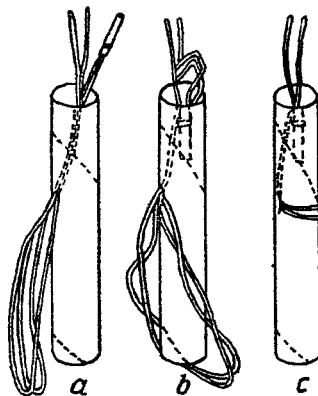
Löökpadruneid võib valmistada kahel viisil. Esimene nendest ei erine eespoolkirjeldatud, tulega süüdatavate löökpadruneite valmistusviisist (vt. joon. 180). Momentaanselt süütav elektridetonaator võib olla sügaval põlemasüttivate lõhkeainete sees, viitsüüte-elektridetonaator tuleb aga asetada ainult oma  $\frac{2}{3}$  pikkuse ulatuses põlemasüttiva lõhkeaine sisse.

Teine valmistusviis, mis annab küll püsivama ühenduse, kuid ei kõlba märgades paikades niiskuvate lõhkeainete tarvitamise korral, on järgmine.

Teritatud puupulgaga torgatakse 5—6 cm kauguselt padruni otsast läbi padruni viltune auk, millest lükatakse läbi kahekorra keeratud elektridetonaatori juhtmed (joon. 198). Siis tõmmatakse juhtmed laiemale ja lükatakse üle padruni vastaspoolse otsa. Peale selle tehakse padruni otsa teine auk, millesse asetatakse detonaator ning tõmmatakse juhtmed pingule. Valmistamise järjekord on märgitud joonisel tähtedega *a*, *b* ja *c*. Traatide kõveraks painutamisel peab jälgima, et isoleerlakk detonaatori juures ei murduks.

Topise lõhkeauku paigutamisel peab hoidma vasaku käega juhtmetraatidest kinni, et traate mitte ühes tõpisega lõhkeauku lükata.

Kui traadid on ühendatud, peab enne süütamist kontrollima võrgu ühenduste korralikkust. Kontrollimise ajal peavad kõik inimesed olema eemaldunud ohutusse paika.



Joon. 198. Löökpadruneite valmistamine elektridetonaatorite kasutamisel: *a*, *b*, *c* — valmistamise järjekord.

#### 14. Elektriga süütamine.

Pärast juhtmetevõrgu kontrollimist ja nõutavate signaalide andmist võib teostada süütamist.

Juhul, kui ilmneb tõrge, peab mineerija magistraaltraadid vooluallika küljest lahti võtma ja kontrollima takistust mõõteriistadega. Enne 10 minuti möödumist ei tohi laengute juurde kontrollima minna. Kui tõrge on parandatud, korratakse süütamist.

Pärast lõhkamist peab minõör lahutama juhtmed vooluallikast. Pärast ee küllaldast tuulutust (lahtistel töödel mitte enne 5 minuti möödumist) peab mineerija ee üle vaatama ja juhtmed ära korjama.

Alles pärast seda, kui esi on mineerija ja administratiivisiku poolt (kümnik, brigadir, jaoskonna juhataja) põhjalikult kontrollitud ja leitud täiesti ohutu olevat, võivad töölised eesse minna.

Kui kasutatakse viitsüüte-elektridetonaatoreid, siis ei tohi keegi eesse minna enne 15 minuti möödumist viimasest paugust.

Hulkurvoolude ohu ärahoidmiseks peab elektridetonaatorite juhtmed väljaandmisel ühendama (lühiühendusse asetama). Selles olekus hoitakse neid ka laadimise ajal ja võetakse lahti alles siis, kui hakatakse üldvõrku ühendama. Samuti peavad magistraaltraadid olema maandatud enne vooluallika külge ühendamist ja püsima selles olekus seni, kuni hakatakse võrgu korralikkust kontrollima.

#### 15. Tõrgete põhjused ja nende kõrvaldamine.

Tähelepaneliku töötamise ja kõigi nõuete korraliku täitmise puhul ei tohi elektriga süütamisel ilmnedä tõrkeid. Et juhuslikud tõrked siiski mõnikord võivad esineda, on kasulik selgitada nende põhjuste kõrvaldamisviise.

L ü h i ü h e n d u s t on kerge ära hoida juhtmete korraliku hoidmise ja parandamisega. Pärast lõhkamistööd peab iga kord magistraaltraadid hoolikalt üle vaatama ja kõik kahtlased kohad isoleerima. Kui ühendamisel on hooletult isoleeritud, võib tekkida lühiühendus traatide omavahelelisel kokkupuutumisel.

Lühiühendust on kerge avastada oommeetri abil, kui on teada takistuse üldine suurus. Lühiühenduse puhul on takistus alati harilikust väiksem.

Lühiühendus maaga esineb siis, kui traatide isolatsioon on rikutud või ühendused ei ole küllalt korralikult isoleeritud ja need kohad puutuvad

kokku maaga, veega, metallesemetega. See nähtus on kõrvaldatav traatide vigastuste ja ühenduskohtade hoolika isoleerimisega.

Töötingimustele mittevastavate juhtmete kasutamine. Märkades kohtades peab kasutama ainult kummi-isolatsiooniga traate. Elektridetonatorite juhtmed peavad olema kummi-isolatsiooniga, vastasel korral on tõrked mõõdapääsmatud. Kellatraadist juhtmetega detonatoreid võib kasutada ainult kuivades paikades, kus ei ole vett ega tilkeid.

## 16. Tõrgeslaengute likvideerimine.

Plahvatamata jäänud või osaliselt plahvatanud laeng likvideeritakse lõhkamisega uue (teise) laengu abil. Lõhkeauk uue laengu jaoks puuritakse paralleelselt plahvatamata jäänud laengule mitte lähemale kui 30 cm. Selle lõhkeaugu koht ja suund valitakse tehnilise järelevalve isiklikul juhatusel. Kui tõrgeslaeng on varustatud elektridetonatoriga, peab enne puurimise algust selle juhtmetraadid asetama lühiühendusse.

Tõrgeslaengute likvideerimist peab toimetama mineerija isiklikult. Selle juures ei tohi viibida teisi isikuid, kelle töö ei ole ühenduses tõrgeslaengute likvideerimisega.

Kui naaberlaengud plahvatades on purustanud lähedaloleva laengu ja paisanud laiali lõhkeaine, peab mineerija purustatud kaevisse hoolikalt läbi vaatama ja lõhkeaine ära korjama; alles pärast seda võib lubada töolistel alata koristamist.

Kui mineerijal ei ole võimalik ee ülevaatusel täpselt kindlaks teha, kas laengu plahvatamine on olnud täielik ja kas on olnud tõrkeid, peab ta sellest teatama kaevanduse tehnilisele järelevalvele, kes siis peab tarvitusele võtma vastavad abinõud võimaliku hädaohu kõrvaldamiseks.

Kui tõrgeslaengut on ühe töövahetuse jooksul võimatu likvideerida, peab mineerija üles seadma hoiatusmärgi ja teatama sellest tõrkest kaevanduse jaoskonna tehnilisele järelevalvele ning järgmise vahetuse mineerijale, tehes selle kohta vastava sissekande erilisse žurnaali, mille vormi suhtes peab olema kokku lepitud Riikliku Mäetehnilise Inspektsiooniga.

Enne tõrgeslaengu likvideerimist on keelatud teha selles tööes mingisuguseid teisi töid.

## 17. Leegita lõhkamise viisid.

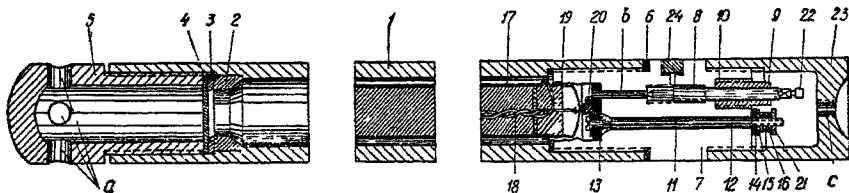
Kõik kaasaegsed lõhkeained põhinevad keemilisel reaktsioonil, millega kaasub hulgalise soojuse eraldumine ja leegi tekkimine. Leegita lõhkamise viis põhineb seevastu puhtfüüsikalisel nähtusel — aine vedelast olekust gaasilisse olekusse üleminekul. Selle ülemineku juures ei teki soojust ega leeki ja seepärast nimetataksegi seda lõhkamise viisi leegita lõhkamiseks. Protsessi algatamiseks kasutatakse ka siin kuumutamist.

Leegita lõhkamisel kasutatakse veeldatud süsihappegaasi ( $\text{CO}_2$ ), mis kuumutamisel üle  $31^\circ$  muutub momentaanselt gaasiks, vaatamata surve suurusele. Vedelast olekust gaasiks muutumisel suureneb tema maht 332 korda, kuid soojenduselemendi kuumutuse mõjul suureneb see maht tunduvalt. Nii saavutatakse surve, mis tõuseb 700—1500 atmosfäärini.

Veeldatud süsihappegaasi kasutamiseks on konstrueeritud eriline padrun, mida nimetatakse kardokspadruniks.

Teiseks leegita lõhkamise vahendiks kasutatakse hüdrokspadrunit, milles vedela süsihappegaasi asemel kasutatakse lõhkamisvahendina vett, mis kuumutatult üle  $374^\circ$  muutub mistahes surve all gaasiks.

Kardoks- ja hüdrokspadrunid valmistatakse heast terasest, millest gaasid pääsevad lõhkeauku rauast tihendussõõri purustamisel.



Joon. 199. Kardokspadrun. (Numbrit seletus tekstis.)

Kardokspadrun (joon. 199) on valmistatud tugevast terassilindrist, mille otsad suletakse silindriliste teraskorkidega. Korgis 5 on 4 avaust *a*, millede kaudu gaasistunud süsihappegaas väljub kardokspadrunist. Tugirõnga 2 ja korgi 5 vahele on asetatud pehmest rauast sõõrikujuline plaadike 4, mis suleb padruni otsa hermeetiliselt. Parema tihenduse saavutamiseks asetatakse tugirõnga ja sõõri 4 vahele tinast rõngas 3. Vedela süsihappegaasi gaasiks muutumisel purustab tekkinud surve sõõri 4 ja tungib aukude *a* kaudu lõhkeauku. Teist padruni otsa nimetatakse laadimisotsaks. Korgi eesmise (sisemise) otsa külge kinnitatakse kuumutus-element 17 ja keeratakse vintide abil padruni otsa nii, et kuumutuselement

jääb padruni sisemusse. Tihenduseks asetatakse korgi alla tinast rõngas. Veeldatud süsihappegaasi sissevalamiseks on korgis niplipesa 24 ja kanal, mis suletakse koonusekujulise terasest sulguriga 8, mutri 9 ja tihenduse 10 abil. Rööbiti täitmiskanaliga on paigutatud elektrivoolu juhtimiseks isoleeritud varb 11; 12, 13 ja 14 on varva isoleerimise materjal. Kuumutuselemendi süütamiseks kasutatakse elektrisütitikut, mille juhtmed on ühendatud elemendi kesta otsas oleva kontaktühendusega 19, mis meenutab elektrilambi kontaktotsa. Voolujuhtmeteks on kirjeldatud varb 11 ja teiseks padruni korpus. Juhtmetraadid kinnitatakse klemmidega 21 ja 22. Laadimisots suletakse massiivse kübarsulguriga 23, mille põhjas on auk juhtmetraatide jaoks. Soojenduselement koosneb 90% bertolee soolast ja 10% naftaliinist.

Laetud padrun asetatakse lõhkeauku, mille diameeter peab olema 3—5 mm suurem padruni diameetrist, gaasi väljumisotsaga eespool. Padrun peab lükatama kindlalt vastu lõhkeaugu põhja ja suletama pealt topisega, samuti nagu harilik laeng. Lõhkeauk peab olema nii sügav, et topise jaoks jääks vähemalt  $\frac{1}{3}$  augu pikkusest. Topis peab olema tehtud tugevasti.

Kuumutuselemendi süütamine ei erine laengute süütamisest elektriga.

Uuesti gaasistunult avaldab süsihappegaas suurt survet padruni seinetele, tungib eespoolkirjeldatud viisil lõhkeauku ja purustab auku ümbritsevat kivimit.

Kardokspadruni tegevus on pikaldasem kui paiskavatel lõhkeainetel ja seepärast annab tema tarvitamine suuri tükke.

Pärast lõhkamist korjatakse kardokspadrunid kokku ja saadetakse laadimisjaama uuestilaadimiseks.

Hüdrokspadruneid on kahte tüüpi: nõukogude ja inglise tüüp.

Nõukogude hüdrokspadrun on esitatud ins. N. P. Komari poolt. Põhimõtteliselt sarnaneb see padrun kardokspadruniga, vahe on ainult selles, et süsihappegaasi asemel kasutatakse vett, mis kuumutatult üle kriitilise temperatuuri, 347°, muutub gaasiks, olenemata survest.

Ka inglise hüdrokspadrun on põhimõtteliselt sarnane kardokspadruniga, kuid temas ei kasutata vett, vaid pulbrilisi aineid, mis kuumutuselemendi mõjul tekitavad kloornaatriumi (keedusoola), lämmastikku ja veeauru. Selle padruni tegevus on sarnane kardokspadruni tegevusega.

Mõnikord tarvitatakse lõhkamiseks ka suruõhku, mis surutakse kõrgsurvekompressoritega teraspadrunisse, kust ta eriliste ventiilkappide kaudu satub lõhkeauku ja paisudes murrab kaevise suurte pankade viisi lahti.

Leegita lõhkamise heaks omaduseks on see, et seda viisi võib kasutada igas kaevanduses. ka seal, kus isegi antigriisuitsed lõhkeained pole lubatud, nagu äkilise gaasialdumisega kaevandustes. Leegita lõhkamine on täiesti ohutu. Tema puuduste hulka kuuluvad:

- 1) padrunite suuremõdulisus ja raskus,
- 2) padrunite laadimisjaama sisustuse keerukus,
- 3) padruni enda suhteline keerukus,
- 4) jämedate lõhkeaukude puurimise vajadus.

#### IV OSA.

### RÕHTSATE JA KALLAKATE KAEVEÕONSUSTE RAJAMINE.

#### A. Rõhtsate kaeveõonsuste rajamine.

##### 1. Üldised märkused.

Kaeveõonsusi tuleb rajada mitmesuguste omadustega kivimites, mis sageli lasuvad erinevates tingimustes.

Vastavalt kivimite omadustele ja mäetööde teostamise tingimustele jagatakse kaeveõonsuste rajamise tööd järgmiselt:

- 1) horisontaalsete kaeveõonsuste rajamine, mille hulka kuuluvad:
  - a) rajamine ühtlastes kõvades kivimites, b) rajamine ühtlastes pehmetes ja pudedates kivimites, c) rajamine erineva kõvadusega kivimites,
- 2) kallakate kaeveõonsuste rajamine,
- 3) vertikaalsete kaeveõonsuste rajamine.

Kaeveõonsuste rajamisel esineb kaks tööde rühma: 1) põhitööd ehk kaevuritööd, mis tehakse otseselt ees (kivimite eraldamine üldmassist, nende koristamine ja kaeveõonsuste teostamine); 2) abitööd (transport, vee kõrvaldamine jne.), mis tagavad põhitöödele normaalsed töötingimused. Põhitöid ilma alatise teostamiseta nimetatakse kaeveõonsuse läbinõudamiseks.

Rajamistööd korduvad kindlas järjekorras ja moodustavad rajamistöörde tsükli. Kaeveõonsuse ee edasimineku tsükliks nimetatakse ee edasinihkesammuks (-järguks) ehk edasinihkeks.

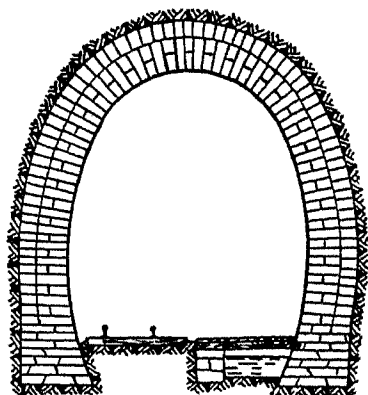
Rajamistöörde tsükli kestus on tihedalt seotud abitööde organiseerimisega, mis peab looma põhitööde teostamiseks normaalsed tingimused. Abitöid tehakse rööbiti põhitöödega.

Tööde tsükli õigest organiseerimisest ja teostamisest oleneb tööplaani täitmine ja ületamine. Seepärast peab tsükli korraldamisele ning organiseerimisele osutama pidevat ja küllaldast tähelepanu.

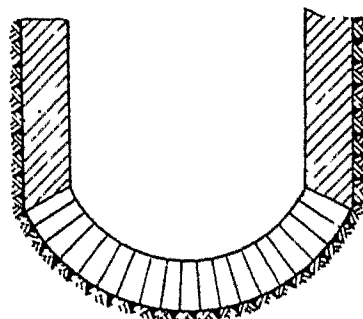
Rõhtsate kaeveõonsuste põikilõike kuju oleneb läbitavate kivimite püsivusest, toetusmaterjalist ja kaeveõonsuste kasutamise ajast.

Kui läbitavad kivimid on küllalt püsivad ja kaeveõõnsuste kasutamise aeg ei ole pikk, siis kasutatakse puittoestikku. Puittoestiku kasutamisel antakse rõhtsatele (ja ka kallakatele) kaeveõõnsustele harilikult trapetsikujuline (joon. 17) või täisnurkne (joon. 16) põikilõige. Viimast kasutatakse ainult siis, kui kaeveõõnsuse küljed on püsivad ja ei avalda survet.

Kui kaeveõõnsused peavad püsima pikemat aega (kapitaalsed strekid ja kveršlagid) ja kui nad läbivad vähepüsivaid kivimeid, siis kasutatakse vastupidavamaid toestusmaterjale — betooni, telliseid, metalli jms. Nen-



Joon 200. Kivitoestik väljapoole kumerate külgedega.



Joon. 201. Põhja toestamine suure põhjasurve esinemisel.

dest toestusmaterjalidest oleneb ka põikilõike kuju. Kui küljesurve on väike, kasutatakse vertikaalsete seinte ja võlvlaega toestamise viisi (joon. 19). Suurema küljesurve korral tehakse küljed väljapoole kumerad (joon. 200.). Kui kivimid ei ole püsivad ja surve esineb ülalt, alt ja külgedelt, antakse kaeveõõnsusele kas elliptiline (joon. 20) või sõõrikujuline põikilõige.

Surve esinemisel alt toestatakse põhi allapoole pööratud võlviga (joon. 201).

Sageli kasutatakse lae toestamiseks ka metalltalasid; siis muutub kaeveõõnsuse põikilõige täisnurkseks (joon. 203).

Rõhtsate kaeveõõnsuste põikilõike mõõtmed olenevad veovahendile gabariitidest, transpordiscadeldistest (konveierid, transportöörid), rõõbasleede arvust, tööliste liiklemise viisist ja õhu hulgast, mida peab läbi laskma kaeveõõnsus.

Kaeveõõnsuse põikilõike mõõtmete määramisel peab celkõige teadma



kaevanduses kasutusel olevate vagonettide ja elektrivedurite gabariitmõõtmeid.

Kaevanduse vagonetid ja elektrivedurid on standardsed ja omavad mõõtmeid, mis on paigutatud tabelitesse nr. 33, 34 ja 35.

Tabel 33.

Kivisekaevanduste vagonettide gabariidid.

	Maht tonnides			
	1 t	2 t	3 t	3 t S.-D.*
Kere laius (väline) mm	880	1240	1320	1460
Kõrgus rööpa pealt „	1190	1150	1300	1200
Pikkus ühes puhvritega „	2020	2800	3200	3284
Rööbaste vahe „	600	900	900	900

\* S.-D. = Sanford-Day tüüpi — tühjendatakse automaatselt, põhja avamisega.

Tabel 34.

Maagikaevanduste vagonettide gabariidid.

Vagonettide tüübid	Vagonettide maht m <sup>3</sup>	Vagonettide mõõtmed mm			Rööbaste vahe mm	Kaal kg
		pikkus	laius	kõrgus		
Kallutatav	0,32	1130	690	1100	500/600	300
„	0,38	1500	850	1100	600	525
„	0,6	2040	960	1200	600/75	300/340
„	0,8	2050	1200	1200	600/750	900/950
„	1,0	2090	1220	1240	750	1250
Mittekallutatav	1,2	2300	1220	1200	750	900
„	2,05	3080	1212	1200	750	1750

Tabel 35.

Elektrivedurite tehniline iseloomustus.

A. Kontakt-elektrivedurid.

	Mõõduühik	П-TP-2	П-TP-3	1-ТЛ-1	1-ТЛ-2	10-10-600 10-10-900
Rööbaste vahe laius .	mm	550-600	750-900	475-525 550-600	750-900	500-575- 600
Üldpikkus . . . . .	„	4070	4070	2570	2570	4260
Üldlaius . . . . .	„	1074	1344	950	1260	1028 ja 1328
Kõrgus allalastud voolu-vastuvõtjaga . .	„	1600	1600	1445	1445	1600
Telgede vahe laius . .	„	1100	1100	810	810	1100
Kaal . . . . .	t	6,5	7,0	3,5	3,5	10
Kestev tõmbejõud . .	kg	370	370	175	185	—
Tunnikiirus . . . . .	km	10,3	10,3	8,3	10,3	10,3
Kestev kiirus . . . . .	km/tun.	16	16	12	16	16
Voolu pingeline . . . . .	V	250	250	250	250	250

B. Akumulaator-elektrivedurid.

	Mõõdu- ühik	П-AP-1	П-AP-2	1-AJT-1	1-AP-113	3-AP-113
Rööbaste vahe laius .	mm	475—525 550—600	750—900	475—525 550—600	550—575 600	750—900
Üldpikkus . . . . .	"	4100	4100	2570	4050	4000
Üldlaius . . . . .	"	1041	1344	966	976	1266
Kõrgus . . . . .	"	1480	1480	1100	1100	1100
Telgede vahe laius . .	"	1100	1100	810	1100	1100
Kaal . . . . .	"	6,5	7,0	3,5	6,0	6,5
Tunniikiirus . . . . .	km/tun.	5,0	6,3	4,5	5,2	5,2
Kestev kiirus . . . . .	"	8,0	9,5	7,2	9,5	9,5
Kestev tõmbejõud . .	kg	320	320	160	230	230
Voolu pinge . . . . .	V	100	120	90	120	120
Kestev vool . . . . .	A	44	44	44	32	32
Akumulaatorite patarei maht . . . . .	A. tun.	370	370	250	250	250

Vahe transpordivahendi kõige rohkem väljaulatuva ääre või osa ja toestiku vahel ei või olla väiksem kui 250 mm puittoestiku korral ja 200 mm betoon-(kivi-) toestiku korral (joon. 202).

Elektrivedurite või vagonettide vahe, kui strekk on kahe- või rohkema-teeline, ei tohi olla väiksem kui 200 mm.

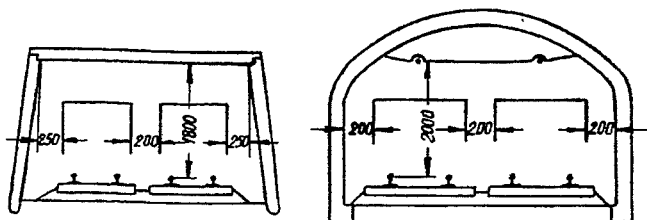
Rõhtsates kaeveõnsustes, kus toimub vedu vagonettidega, on lubatud käimine ainult siis, kui selleks on jäetud kõnnitee vastavalt normidele, mis on antud tabelis 36.

Tabel 36.

Transpordi liiklemiskiirus m/sek.	Kõnnitee laius ühel pool ääres
A. Ühe rööbasteega kaeveõnsused kõigil kiirustel . . . . .	Mitte vähem 0,7 m
B. Kahe rööbasteega kaeveõnsused: Kuni 1,5 . . . . .	Kõnnitee ei ole sun- duslik
Üle 1,5 . . . . .	Mitte vähem 0,7 m
C. Kõisveo korral kõigil kiirustel . . . .	Mitte vähem 0,7 m

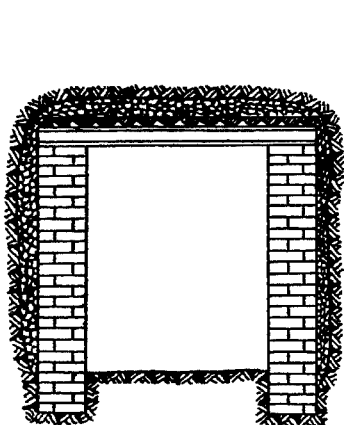
Kohtadel, kus vagonette kokku ja lahti haagitakse, peab olema ühe rööbaste korral vähemalt 0,7 m laiune vaba läbikäiguruum ühel pool kaeveõnsuse ääres.

Kõikide kapitaalsete kaeveõõnsuste ja korruste strekkide kõrgus rööpa pealt toestikuni peab olema vähemalt 1,8 m ning alakorruste strekkide (vahestrekkide) kõrgus vähemalt 1,6 m.

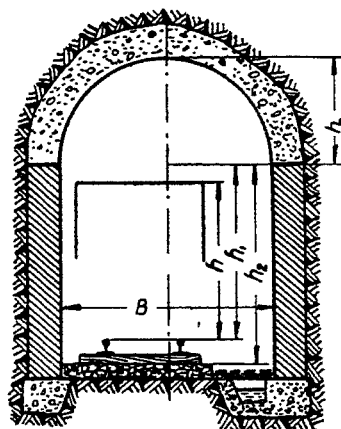


Joon. 202. Minimaalsed vahed ja mõõtmed veoki ja toestiku vahel.

Elektriveduri kontaktjuhtme kõrgus rööpa pealt peab olema vähemalt 2 m. Kui kõnnitee on eraldatud laudadest vaheseinaga või inimeste transport toimub pealt kaetud vagunites, võib kontaktjuhtme kõrgus olla rööpa pealt vähemalt 1,8 m.



Joon. 203. Kivitoestik metalltaladega.



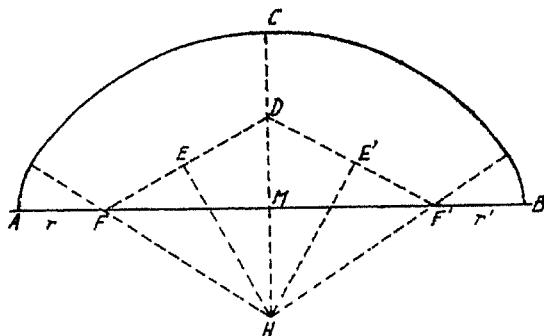
Joon. 204. Kaeveõõnsuse põhimõõtmed.

Kontaktjuhtme ja laetoestiku vahe peab olema juhtme kinnituskohas vähemalt 0,2 m.

Rööbastee kõrgus (pealisehitus) koosneb rööpa ja liipri kõrgusest ning liipri alla paigutatud pallastikorrast. Elektrivedurite kasutamisel võetakse harilikult rööpad kõrgusega 91 mm, liiprid paksusega 110—120 mm ja pallastikord pannakse liiprite alla 80—100 mm kõrguselt, mis annab kokku 300—330 mm.

Kui kaeveõõnsus rajatakse alasse, kus maavarakiht on välja võetud ja asendatud täidisega, siis tuleb kaeveõõnsus rajada läidise vajumise võrra kõrgem, milleks võetakse 40% kihi paksusest.

Kui kaeveõõnsuse mõõtmed on teada, leitakse tema põikilõike pind toestatult (seesmine pind), mis täisnurkse ja trapetsikujulise põikilõike korral ei tekita raskusi. Raskem on võlviitud laega kaeveõõnsuse põikilõike pinna leidmine. Selle leidmiseks tehakse eelkõige põikilõike täpne joonis. Võlvi kõrgus ( $h_0$ ) (joon. 204) võetakse vastavalt kivimite kõva-



Joon. 205. Skeem kolmest punktist joonestatud võlvi kujundamiseks (Andmed tekstis.)

dusele. Kui kivimite kõvadus Protodjakonovi tabeli järgi on  $f=3$  ja rohkem, siis võetakse  $h_0 = \frac{1}{3} B$ . Kui  $f=2-1$ , võetakse  $h_0 = \frac{1}{2} B$ . Siin on  $B$  kaeveõõnsuse laius. Harilikult kasutatakse kolmest punktist joonestatud kaarvõlvi (joon. 205). „Sahlstroi“ tüüpprojektides võetakse  $HC = R = 0,692 AB$  ja  $AF = r = 0,262 AB$ , kui  $h_0 = \frac{1}{3} AB$ . Siin on:  $R$  -

keskne raadius ja  $r$  - äärmised raadiused.

Vertikaalsete seinte kõrgus rõõpa pealt ( $h_1$ , joon. 204) võetakse järgmiselt:

1) kui vedu toimub ühetonnistes vagonettides akumulaatorvedurite abil ühe rõõbastega kaeveõõnsuses 1420 mm, kahe rõõbastega kaeveõõnsuses — 1320 mm;

2) kahetonniste vagonettide ja akumulaatorvedurite kasutamisel, vaatamata rõõbasteede arvule — 1300 mm;

3) kui vedu toimub trolliveduritega ja ühetonniste vagonettidega: ühe rõõbastee korral — 1620 mm ja kahe rõõbastee korral — 1520 mm;

4) kahetonniste vagonettide ja trollivedurite kasutamisel, vaatamata rõõbasteede arvule — 1500 mm;

5) kui vedu toimub kolmetonniste vagonettidega, võetakse igal juhul 1600 mm.

Kolmest punktist kujundatud kaarvõlviga kaeveõõnsuse põikilõike seesmist pinda võib leida, kasutades järgmist valemit:

$$S = B(h_2 + 0,26 B)$$

ja poolringikujulise võlvi korral:

$$S = B(h_2 + 0,39 B).$$

Valemites on:

$B$  kaeveõõnsuse laius,

$h_2$  vertikaalse seina kõrgus, alates pallastist.

Kui toestatud kaeveõõnsuse sisepõikilõike pind on leitud, kontrollitakse, kas ta on võimeline läbi laskma vajalikku hulka õhku. Kui selgub, et rajatava kaeveõõnsuse põikilõige ei ole selleks küllaldane, suurendatakse seda nõutaval määral.

Määruste kohaselt ei tohi tuulutus-kaeveõõnsuste (kveršlagid, strekid, bremsbergid, tõstekallakud jt.) sisepõikilõiked olla väiksemad kui  $4,5 \text{ m}^2$  puittoestiku korral ja  $4,0 \text{ m}^2$  beloon- ning kivitoestiku puhul.

Inimkäikude ja tootmisvälja tuulutus-kaeveõõnsuste põikilõiked ei tohi olla väiksemad kui  $3,5 \text{ m}^2$ .

Kohalike tuulutuslõõride minimaalne põikilõige ei tohi olla alla  $1,5 \text{ m}^2$ . Kui kaeveõõnsus on ainult sõekihis ja kiht on alla  $0,6 \text{ m}$  paks, siis ei ole viimane nõue maksev, kuid see kaeveõõnsus ei tohi olla kitsam kui  $2 \text{ m}$ .

Ohuvoolu maksimaalne kiirus võib olla kapitaalsetes kveršlagides ja peastrekkides kuni  $8 \text{ m/sek.}$  ja teistes kuni  $6 \text{ m/sek.}$  Piki ett liikuva õhuvoolu kiirus ei tohi ületada  $4 \text{ m/sek.}$

Kui saadud toestatud kaeveõõnsuste mõõtmetele lisada mõõtmed, mida võtab enda alla toestik, siis saame kaeveõõnsuste välismõõtmed. Vastavat põikilõiget nimetatakse rajamispõikilõikeks.

Rajamisel peab hoiduma saadud välismõõtmete suurendamisest. Üleliigne kaevis suurendab põhjendamatul tõid ees, koormab transporti ja suurendab toestuskulusid.

Kaeveõõnsuse külgede ja lae konaruse arvel suureneb harilikult saadud kaevise hulk mõnevõrra, kuid see ei tohi ületada  $3\text{--}5\%$  üldarvust.

## 2. Rõhtsate kaeveõõnsuste rajamine kõvades ühtlastes kivimites.

Kaeveõõnsused maagikaevandustes ja kveršlagid ning välisstrekid kivisõekaevandustes rajatakse harilikult kõvadesse kivimitesse.

Kaeveõõnsuste rajamisel kõvades ja väga kõvades kivimites kasutatakse järgmisi tööoperatsioone: lõhkeaukude puurimine, nende laadimine lõhkeainelaengutega, lõhkamine, tuulutamine, kaevise laadimine ehk koristamine ja toestamine. Nende tööde kiirest teostamisest ja tööprotsessi õigest organiseerimisest oleneb kaeveõõnsuste rajamise edukus.

Kaevetööde kiirus on peamiseks näitajaks, kuivõrd on õnnestunud üksikute tööde teostamine ja tööde üldine korraldus.

Rõhksate kaevetööde kiire rajamine omab suurt tähtsust, sest peamiselt nende rajamisest oleneb kaevanduste käikulaskmine.

Kaevetööde kiiruse keskmise kiiruse kõvades kivimites on mehhaniseerimata laadimise puhul 25—30 m kuus. Seda tuleb pidada mittekülmaldaseks. Uute kaevanduste kiire käikulaskmine nõuab palju suuremat rajamiskiirust.

Paljud NSV Liidu kaevandused on saavutanud mehhaniseeritud laadimisega suuri rajamiskiirusi. Iseäranis suuri kiirusi on saavutatud Põhja-Uurali boksiidikaevandustes, kus sm. Minzaripovi brigaad rajas 1950. a. ühe eega kuni 286 m strekki kuus.

Kui võrrelda keskmisi rajamiskiirusi maksimaalsetega, siis näeme, et seal, kus rajamistöõdele pööratakse küllaldast tähelepanu, saavutatakse ka häid tagajärgi.

Võimsate masinate rakendamisega ja kõrgekvaliteedilise tehnilise juhtimisega on võimalik seniseid saavutusi mitmekordselt ületada. Selleks on vaja:

1) Vähendada mitmekordselt puurimisaega võimsate sammastpuurvasarate kasutuselevõtmisega ja nende arvu suurendamisega ees, mis on võimalik puursõidukite kasutamisel. Teha sügavad algmurded eriliste, kivimi omadustele vastavate viisidega.

2) Lõhkamistöõde kiiret teostamist ja võimsate lõhkeainete kasutamist, mis võimaldab tunduvalt suurendada lõhkeaukude sügavust.

3) Lõhkegaaside kiiret kõrvaldamist eest võimsate ventilaatorite ja kombineeritud tuulutussüsteemi kasutuselevõtmisega.

4) Laadimismasinate kasutamist, mis võimaldavad lühendada kaevise koristamise aega miinimumini.

5) Kaevise transpordi korraldamist nii, et laadimismasinad ei seisaks vagonettide puudumise tagajärjel; vagonettide manööverdamiseks tuleb kasutada viimistletud manööverdusseadeldisi.

6) Tööde kõrgesti kvalifitseeritud juhtimist ja organiseerimist, võimaldades töölistel töötada stahhaanovlikult.

7) Kõik üksikud tööd peavad olema komplekselt üksteisega seoses ja võrdselt mehhaniseeritud, nii et üksikud tööoperatsioonid ei tekitaks raskusi üldises kooskõlastatud töös.

8) Küllaldast energiaga varustamist ja õigeaegset materjalide kohaletoimetamist, et töö käik võiks toimuda ilma takistusteta.

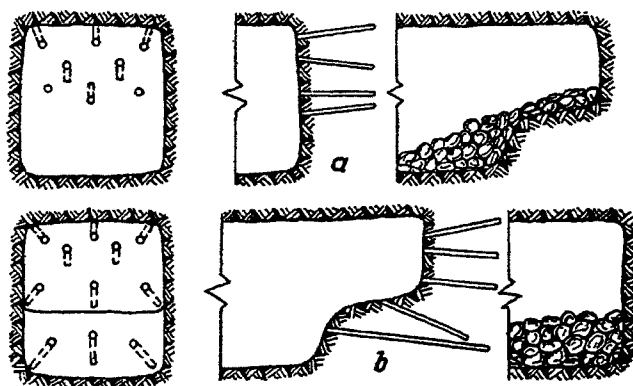
9) Tööde tsükli head korraldamist ja selle ranget täitmist.

Kui antud oludele vastavat laadimismasinat pole võimalik saada, siis

võib kasutada teist tööde kiirendamise viisi, korraldades aegaviitvamad tööd — puurimise ja kaevise koristamise — rööbiti. See võimaldab lühendada tööde tsükli üldist kestust, kuid nõuab keerukamat ja täpsemat tööde organiseerimist. Laadimismasina asemel võetakse seejuures kasutusele skreeper.

Põhimised rööbiti töötamise viisid on järgmised.

1) Pärast lõhkamistöid kinnitatakse kiiresti skreeperi plokk eesse ja kaevis veetakse ee rinnast eemale, 4—8 m kaugusele hunnikusse. Selleks kulub 1,5—2 tundi.



Joon. 206. Astmelise ee skeem.

Sellega vabastatakse esi puurimiseks. Puurimise ajal laaditakse kaevis skreeperiga hunnikust vagonettidesse. Nii saadakse 50—60% võrra laadimisaega kokku hoida.

Seda töötamisviisi kasutas esmakordselt sm. Batalov 1938. a. vasekaevanduses Uuralis ja saavutas silmapaistvat edu. Suurim saavutus oli 118,6 m kaeveõõnsust kuus. Sm. Batalovi eeskujul kasutati seda töötamisviisi ka boksiidikaevandustes heade tagajärgedega.

2) Puurvasara rõhtsa kinnitustoe kasutamisel võib alustada ülemiste lõhkeaukude puurimisega kohe pärast lõhkegaaside kõrvaldamist. Et kaevisehunnik oleks madalam, selleks laaditakse alumised augud suurendatud laengutega, mis plahvatusel kaevise ee rinnast eemale viskavad. Puurimisega rööbiti alustatakse ka kaevise koristamist. Ülemiste aukude puurimise ajal eemaldatakse osa kaevist, mis võimaldab tuge asetada madalamale. Kui kaevist ei jõuta vajalikul määral ära koristada, tõmmatakse kaevis ee rinnast kaugemale ja jätkatakse puurimist.

Kirjeldatud tööviisi kasutamine võimaldab laadimiseks määratud aega 40—50% võrra lühendada.

3) Astmelise ee kasutamisel korraldatakse lõhkamistööd kahes järgus (joon. 206). Alguses puuritakse ülemised ja keskmised lõhkeaugud. Need laetakse lõhkeainelaengutega ja lõhatakse (joon. 206, a), mispeale esi saab astmelise kuju.

Lõhkamisel paiskub suurem osa kaevist ülemiselt astmelt ära; ülejäänud kaevis tõmmatakse kas skreeperi abil või käsitsi kaugemale ja hakatakse puurima. Samal ajal koristatakse skreeporiga kaevist. Ülemise astme kõrgus peab olema võetud nii, et selle puurimise ajal jõutaks kogu kaevis ära koristada ja alumine aste vabastada puurimiseks. Alumise astme lõhkeaugud peavad olema nii sügavad, et pärast teistkordset lõhkamist esi muutuks vertikaalseks (joon. 206, b).

Alumise astme lõhkeaukudesse laetakse suurendatud laengud, selleks et kaevis paiskuks eest kaugemale ja vabastaks ee järgmiseks, ülemise astme lõhkeaukude puurimiseks.

Astmelise ee kasutamine võimaldab teostada puurimis- ja laadimistöid rõõbiti, 65—70%-ga harilikust koristamiseks määratud ajast.

Huvitava näitena kaeveõõnsuse kiirest rajamisest võib esitada sm. Minzaripovi brigaadi tööd Põhja-Uurali boksiidibasseinis. Brigaad rajas 1946. a. augustikuus 172 m strekki ühe eega. Streki põikilõike pind oli 8 m<sup>2</sup> ja läbitavate kivimite kõvadus  $f$  — 6 kuni 8 (Protodjakonovi järgi). Kivim oli suuremalt osalt kõva paas. Nõrga lae tõttu teostati strekk vahedeta lengtoestikuga.

Puurimine toimus käsipuurvasaratega CP-32 ja „Pobeda”. Üheaegu puuriti 2—3 puurvasaraga. Kaevisse koristamiseks kasutati МПЛ tüüpi laadimismasinat, mille kopa maht on 0,17 m<sup>3</sup>.

Lõhkeaukude keskmine sügavus oli 1,67 m ja nende kasutamise koefitsient 0,76. Lõhkeaineks oli ammoniit 2T, lõhkeaukude arv ees 20—21.

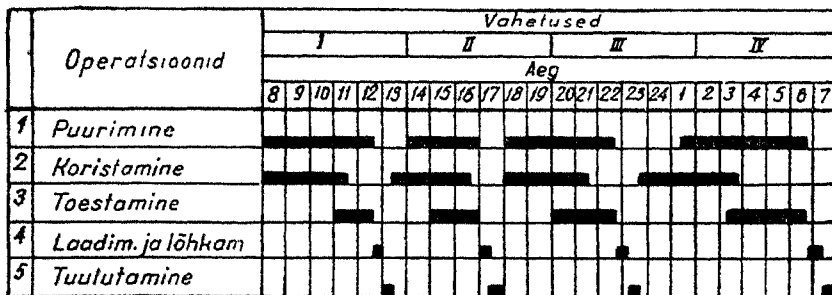
Keskmine rajamiskiirus ööpäevas oli 5,55 m ja maksimaalne — 7 m. Töögraafik ja lõhkeaukude asetus on esitatud joonisel 207.

Brigaad koosnes 20 töolisest, kes olid jaotatud 4 vahetusse, igas vahetuses 5 inimest, nendest 4 kaevurit ja 1 masinist. Brigaad teostas pidevalt 4 tsüklit ööpäevas töögraafiku kohaselt.

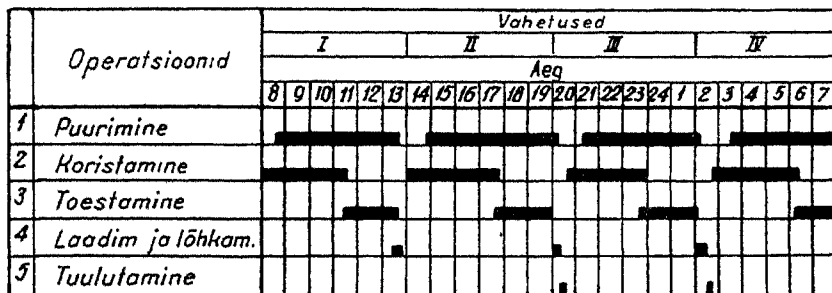
Töö algas kaevisse koristamise ja puurimisega üheaegselt (vt. joon. 207). Ülemised lõhkeaugud puuriti alguses seistes kaevisse peal. Kaevisse vähenemisel puuriti keskmised ja lõpuks alumised lõhkeaugud. Koristamise lõppedes asusid 2 kaevurit ühes masinistiga toetama ja ülejäänud 2 kaevurit lõpetas alumiste lõhkeaukude puurimise.



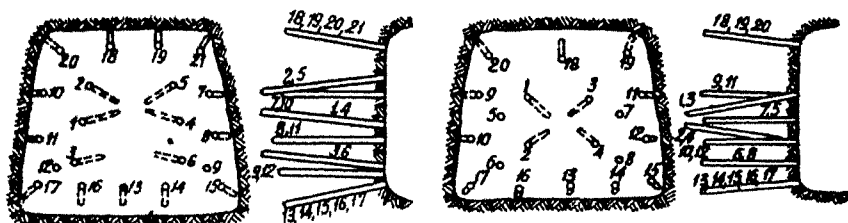
Üksikute tööoperatsioonide teostamiseks kulus aega järgmiselt:  
 puurimine 293 min.;  
 lõhkeaukude laadimine ja lõhkamine 23 „ ;



a



b



Joon. 207. Minzaripovi brigaadi töögraafik ja lõhkeaukude paigutus ees: a – ööpäevane, b kuu keskmine.

tuulutus 18 min.;  
 kaevise koristamine 211 „ ;  
 toestamine 133 „ .

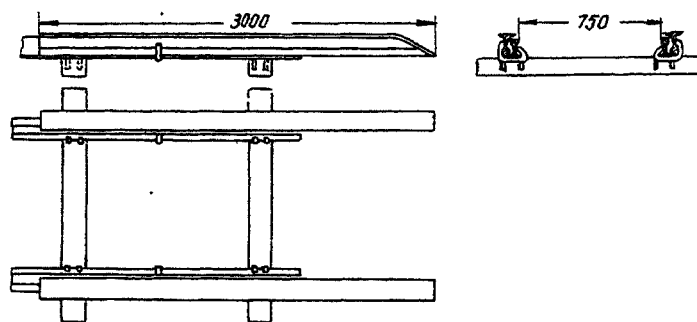
Tööde üheaegne teostamine võimaldas lõpetada kõik tähendatud tööd 6 tunniga.

Laadimismasina eele lähemale liikumist võimaldati rööbastee jätkamisega väljalükatavate rööbaste abil (joon. 208).

Tuulutuseks kasutati „Sirocco” tüüpi ventilaatorit nr. 8 ja puldanist tuulutustorusid, millede diameeter oli 500 mm.

Puuride pead olid varustatud kõvast sulamist plaatidega PŽ-15. Ühtlasi kasutati ka vahetatavaid legeeritud terasest puuripäid. Puuripeade läbimõõt oli 39, 42 ja 45 mm.

Et vagonettide vahetus toimuks kiiremini, asetati iga 50 m tagant möödapääsukohad.



Joon 208 Rööbastee pikenduse skeem väljalükatavate rööbastega.

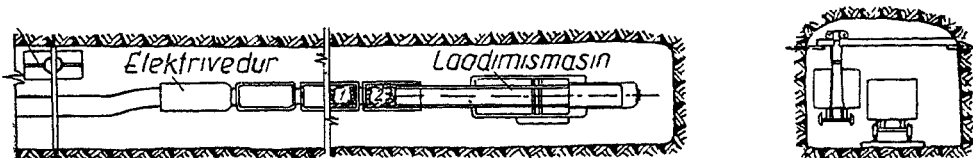
Minzaripovi brigaadi töötulemused oleksid võinud olla sama tööviisi juures veel tagajärjekamad, kui oleks kasutatud paremini laadimismasinaid ja sügavamaid lõhkeauke.

Lõhkeaukude mitteküllaldane sügavus oli tingitud liiga nõrgast lõhkeainest — ammoniidist 2T —, mille brisantsus Hessi järgi on 9—11 mm. Üleminek tugevamajoolise lõhkeaine kasutamisele (näit. teraline dinaftaliit, mille brisantsus on 14 mm) oleks võimaldanud saada 2,5 m sügavusi lõhkeauke ja tööjõudlust märksa tõsta.

Laadimismasin jõudis täita 0,75-m<sup>3</sup>-se mahuga vagoneti 1,8—2,5 minutiga, kuid vagonettide vahetamiseks ja ootamiseks kulus iga vagoneti kohta keskmiselt 3,5 minutit. Nii langes laadimismasina tööviljakus rohkem kui 2 korda, võrreldes tema võimega. Tegelikult jõudis masin laadida ainult 4,1 m<sup>3</sup> tunnis. Vagonettide vahetamise aega osutus võimalikuks lühendada 2—4 korda, kui kasutati lihtsat manööverdusseadeldist — portaal-kõrvaletõstjat (joon. 209) või pealepandavat pöörangut.

Vagonettide kiire vahetamine kaevise koristamisel on väga oluline. Portaal-kõrvaletõstja võetakse tarvitusele siis, kui kaevetööks on üks rööbastee. Seda seadeldist kasutatakse järgmiselt: vagonettidest koosneva

rongi pikkuse kaugusel ee rinnast kinnitatakse kaeveõõnsuse lae lähedale horisontaalne metallist tugi, mille peal rullidel liigub suruõhu-tõstesilinder. Tema kolvi varda külge on riputatud haakeseadis, mille abil võib haarata vagonetti, tõsta ta üles ja viia rööbasteest kõrvale. Tõstesilindri kõrvalelukkamiseks kasutatakse teist toe külge kinnitatud suruõhusilindrit. Teelt kõrvale tõstetakse korraga üks tühi vagonet. See seadeldis on kerge, kompaktne ja lihtne, mis võimaldab tema kiiret ümberpaigutamist ee rinnale lähemale, kui esi on 15—20 m edasi liikunud.



Joon 209 Portaalkõrvaletõtja

Joonisel 209 on näidatud vagonet 2 on laadimisel ja üks tühi vagonet on portaal-kõrvaletõtja abil riputatud rööbasteest kõrvale. Kui vagonet 2 saab täis, viib elektrivedur selle ühes teiste vagonettidega eest välja, kõrvaletõtjast mööda; seejärel asetatakse kõrvaletõtja abil tühi vagonet rööbasteele ja elektrivedur, liikudes tagasi, lükkab selle laadimispaika. Laadimise ajal tõstetakse seadeldisega järgmine tühi vagonet kõrvale jne. Vagonettide keskmine manööverdamise aeg on 1,25—2 minutit.

Selle seadeldise puuduseks on vajadus nihutada rööbasteed portaal-kõrvaletõtja paigutamise kohal keskasendist kõrvale ja teha kaeveõõnsuse seina nišš, kui strekk on üheteeline ja kõnniteed rööbasteel kõrvale ei ole ette nähtud.

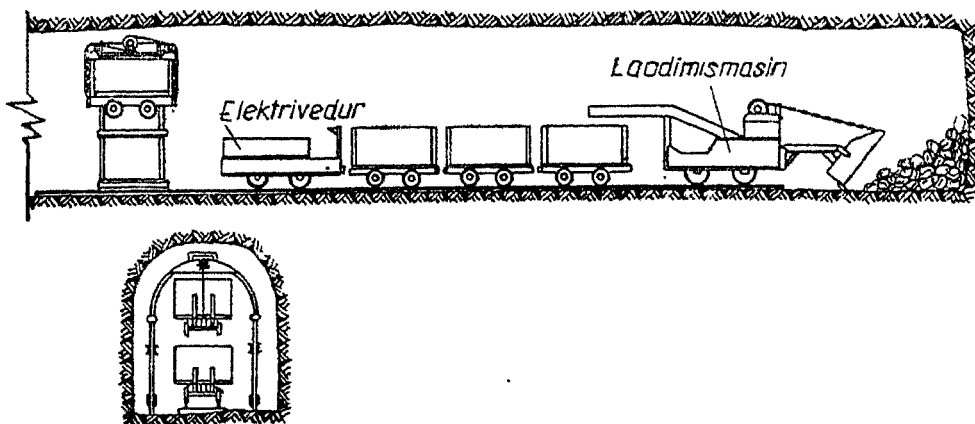
Mainitud puudust ei esine portaal-ülelõtja kasutamisel (joon. 210).

Selle seadeldise moodustab metallraam, mille ülemisse ossa on kinnitatud kahe trumliga varustatud suruõhu-tõsteseadeldis. Trumlite peale on keritud tõsteköied, mille otses olevad konksud haagitakse tühja vagoneti külge ja tõstetakse see nii üles, et rong ühes elektriveduriga mahub alt läbi. Täie vagonetiga lõpus liigub rong edasi ülelõtja alt läbi. Seal asetatakse ülelõstetud vagonet rongi lõppu ning lükatakse eesse laadimiseks. Edasi toimuvad manöövrid nii nagu portaal-kõrvaletõtja kasutamisel. Vagonettide keskmine manööverdamise aeg on seejuures 1,25—1,5 minutit.

Sageli kasutatakse vagonettide vahetamiseks ka rööbasteel pealepandavaid pööranguid ja pealepandavaid rulliksildu, mida komplekselt järkude kaupa edasi nihutatakse. Pealepandavate pöörangutega moodusta-

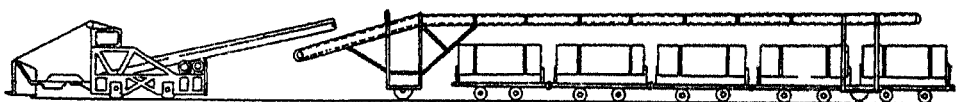
takse edasikantav möödumiskoht. Rulliksilla abil lükatakse vagonet rööbasteelt kõrvale analoogiliselt portaal-kõrvaletõstjale. Üle pealepandava pöörangu või rulliksilla lükatakse vagonetid elektriveduriga.

Vagonettide vahetamine on seotud suurema või väiksema ajakaotusega. Et vältida mainitud ajakaotust, kasutatakse ka vahepealseid sildtransportööre (joon. 211).



Joon. 210. Portaal-ülestõstja.

Töö vahepealsete sildtransportööridega korraldatakse järgmiselt: laadimismasin laadib kaevise sildtransportöörile, mille alla on paigutatud suurem arv tühje vagonette (4—6). Alguses täidetakse vagonet, mis on rongis viimane ja asetseb transportööri otsa all; kui see on täidetud,



Joon. 211. Laadimiskeem vahepealse sildtransportööri kasutamise.

tõmmatakse rong ühe vagoneti kaupa edasi ja jätkatakse täitmist seni, kuni kõik on täidetud. Seejärel lükatakse täis vagonettide asemele tühjad.

Vahepealne sildtransportöör võimaldab manööverdamise aega vähendada nii mitu korda, kui palju vagonette mahub transportööri alla.

Kui vagonetid on väikesed (kuni 1 tonn) ja manööverdamine toimub inimjõul, võib kasutada joonisel 212 kujutatud manööverdamisviisi: pärast vagonettide paigutamist transportööri alla alustatakse viimase vagoneti 3 laadimist (asend 1). Kui vagonet 3 on täidetud, lükatakse see kauge-

male ja asetatakse transportööri otsa alla vagonet 2 (asend 2). Vagoneti 2 täitmise ajal lükatakse vagonet 3 vahetuskohast mööda ja selle asemele lükatakse sealt tühi vagonet 4. Kui vagonet 2 on täidetud, lükatakse see tagasi sildtransportööri alla ja hakatakse laadima vagonetti 4 (asend 3). Kui selle laadimine lõpeb, lükatakse täidetud vagoneti 2 ja 4 vahetuskohast mööda ja alustatakse vagoneti 1 läitmist (asend 4). Vagoneti 1 täitmise ajal võetakse vahetuskohast kaks tühja vagonetti --- 5 ja 6, milledest 5 lükatakse ühes täidetud vagonetiga 1 transportööri alla ja alustatakse vagonet 6 täitmist (asend 5). Järgmisena täidetakse vagonet 5 ja täidetud vagonet 6 asendatakse tühjaga 7. Kui vagonet 5 on täidetud, lükatakse see tagasi transportööri alla ja täidetakse vagonet 7.

Scepeale katkestatakse laadimismasina töö seniks, kuni kõik kolm täidetud vagonetti (1, 5 ja 7) asendatakse tühjadega.

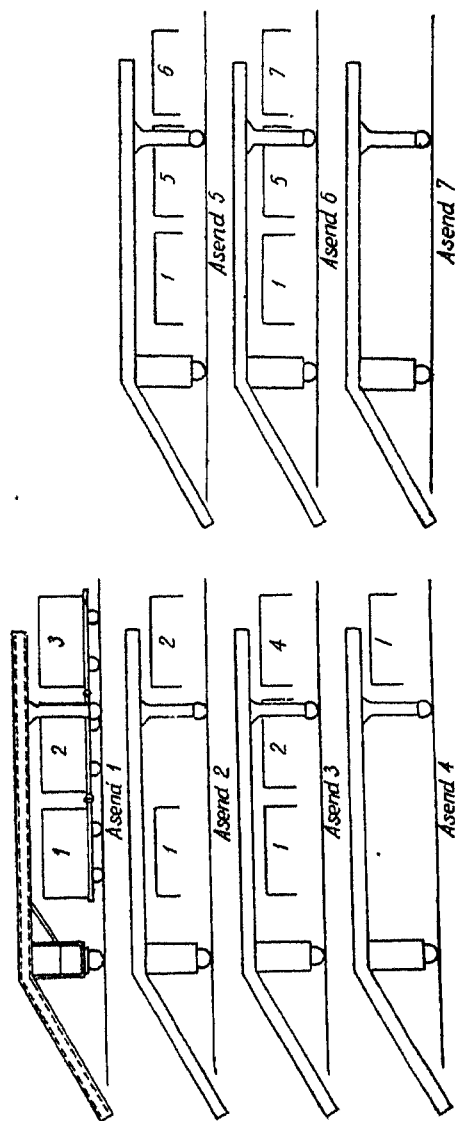
Edasi kordub kirjeldatud manööverdamine.

Vagonettide arv, mida võib täita laadimismasina tööd katkestamata, oleneb sildtransportööri alla paigutatavate vagonettide arvust ja leitakse järgmise valemi abil:

$$x = 2^n - 1,$$

kus  $x$  - vagonettide arv, mida võib täita ilma laadimismasina tööd katkestamata;

$n$  - üheaegselt transportööri alla paigutatud vagonettide arv.



Joon. 212. Manööveridus skeem sildtransportööri laadimisel.

Kui näiteks transportööri alla mahub üheaegselt 4 vagonetti, siis

$$x = 2^4 - 1 = 15.$$

Kirjeldatud manööverdamisviisi võib kasutada siis, kui ee lähedal on kaks rööbasteed.

### 3. Rõhtsate kaeveõnsuste rajamine ühtlastes pehmetes kivimites.

Kaeveõnsuste rajamine paksudes ja keskmistes kivisöe- ja põlevkivikihtides, kivisoolakaevandustes jm., kus esi on täielikult ühtlaste, küllalt pehmete kivimite sees, erineb tööriistade, masinate ja tööde teostamise viiside poolest eespoolkirjeldatud kaeveõnsuste rajamisest kõvades kivimites.

Kaeveõnsuste rajamisel pehmetes ja kergesti murduvates kivimites võib kasutada tükkide eraldamiseks nende üldmassist kõblast, piikvasarat, soonimismasinat, lõhkamist ja rajamiskombaine.

Kaevisse koristamine võib toimuda käsitsi või masinatega ja ei erine põhiliselt eespoolkirjeldatud laadimistödest.

Kivimi tükkide lahtimurdmine tema üldmassist kõpla abil nõuab suurt tööjõukulutust ja annab ebarahuldavaid tulemusi, ainult väga pehmetes pruunkivisöe kihtides on veel mõeldav selle tööviisi rakendamine.

Piikvasarate kasutamine tõstab märksa tööliste jõudlust, võrreldes kõpla kasutamisega. Piikvasaraid kasutatakse käikude rajamisel pehmetes ja pragunenud kivisöekihtides.

Kaeveõnsuste rajamisel pehmetes kivimites kasutatakse laialdaselt ka lõhkamistöid. Kuznetski kivisöebassinis rajatakse 68% kaeveõnsusi lõhkamistöodega ja põlevkivikaevandustes rajatakse käesoleval ajal kaeveõnsusi ainult lõhkamistöode abil.

Soonimismasinate ülesanne on algmurde - soone tegemine eesse, mis suurendab tunduvalt lõhkamistöode tulemusi ja tõstab piikvasaratega töötamisel tööviljakust. Soonimismasinaid kasutatakse ka siis, kui töötatakse kombineeritult lõhkamisega ja piikvasaratega.

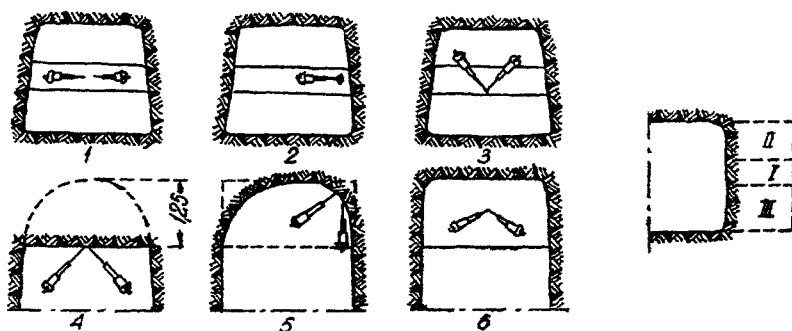
Kaeveõnsuste rajamisel kasutatakse kergeid, raskaid ja universaalseid soonimismasinaid, millede kirjeldus on loodud eespool.

Piikvasaratega töötamine annab iseäranis häid tulemusi, kui kasutada stahhaanovlase Taruta paaristootamise viisi. Selle tööviisi põhimõte seisneb selles, et kasutatakse kahe piikvasara ühist jõudu suurema kivisöetüki lahtimurdmiseks.

Asudes tööle teevad kaevurid kõigepealt ee keskossa 1—1,25 m süga

vuse soone; seejuures suunatakse piikvasarate piigid kahelt poolt vastamisi umbes  $45^{\circ}$ -se nurga all ee rinna suhtes ühise kivisõetüki lahtimurdmiseks (joon. 213, asendid 1 ja 2). Seejärel töötatakse välja ee alumine osa soone sügavuseni (asend 4) ja lõpuks ülemine (asendid 5 ja 6). Nurdade väljatöötamisel ja seinte tasandamisel juhitakse üks piikvasar seinaga rööbiti ja teine  $45^{\circ}$ – $60^{\circ}$ -se nurga all.

Piikvasaratega paaristöötlamine on laialt levinud Moskva-lähedases sõebasseinis. Selle tööviisiga on saavutatud silmapaistvaid tulemusi.



Joon. 213. Piikvasaratega töötamine Taruta viisil.

Kui kasutada soone tegemiseks soonimismasinat, võib selle tööviisiga saavutada veel suuremat edu.

Kui kaeveõõnsuste rajamisel pehmetes kivimites kasutatakse ainult lõhkamistöid, siis ei erine üldine tööde korraldus eespoolkirjeldatud kaeveõõnsuste rajamisest kõvades kivimites. Ainult vastavalt kivimite kõvadusele väheneb lõhkeaukude arv ees ja puurimiseks võib kasutada käsi- või sammaselektripuure.

Lõhkeaukude asetamisel peab hoiduma nende liigsest suunamisest seinte ja lae lähedale, mis võib viimaseid nõrgendada. Lõhkeaukude arv ees oleneb kivimite kõvadusest ja kõigub  $0,8$ – $1,5$  vahel  $1 \text{ m}^2$  ee pinna kohta. Eesti NSV põlevkivikaevandustes, kus rajamisel tuleb purustada ka kõvemaid paekivi-vahekihte, puuritakse lõhkeauke  $1,4$ – $1,9$  iga  $1 \text{ m}^2$  ee pinna kohta.

Suurte laengute kasutamine pehmetes kivimites võib ohustada kaeveõõnsuste püsivust ja seepärast piiratakse lõhkeaukude sügavust  $1,5$ – $2$  meetriga. Lõhkeaukude kasutamistegur on  $0,8$ – $0,85$ .

Nii võib lõhkamistöodega rajada igas tsüklis  $1,2$ – $1,7 \text{ m}$  kaeveõõnsust.

Kui soone tegemiseks kasutatakse soonimismasinat, siis väheneb lõhke-  
aukude arv tunduvalt ja kõigub 0,5—0,7 vahel 1 m<sup>2</sup> ee pinna kohta.

Lõhkeaugud asetatakse lae ja seintega rööbiti, et anda kaeveõnsusele  
nõutav põikilõige, ja nende sügavus võrdub harilikult soone sügavusega.  
Mõnikord, kui kivimid murduvad lahti soone sügavuseni, puuritakse augud  
5—10 cm madalamad.

Ee konarused ei võimalda kasutada soonimisraami pikkust täiel mää-  
ral ja seepärast on harilikult soone sügavus soonimisraami pikkusest 20 cm  
võrra väiksem.

Kaeveõnsuste rajamisel kasutatakse soonimisraame pikkusega  
1,6—3,2 meetrit.

Soonimismasinat kasutamine võimaldab kaeveõnsuste kiirendatud  
rajamist pehmetes kivimites. Eesti NSV põlevkivikaevandustes on sooni-  
mismasinat kasutamiseks kõik võimalused olemas.

Alates 1939. a. katsetati Nõukogude Liidus mitmes kivisõekaevanduses  
kaeveõnsuste rajamist hüdromonitoride abil. Katsed näitasid, et see töö-  
viis võimaldab pidevat tööd tingimustes, kus kivisõekihtide naaberkivimid  
on kõvemad.

Kaeveõnsuste rajamist hüdromonitoridega korraldatakse järgmiselt.

Monitor (joon. 44) asetatakse ee rinnast 0,5—1 m kaugusele ja moni-  
torist väljuv võimas veejuga, survega 20—60 at, juhitakse vastu ee rinda.  
Veejuga purustab kivisõekihi. Alguses tehakse 0,5—1 m sügavune soon  
ja seejärel laiendatakse seda kaeveõnsuse põikimõõtmeteni. Seda operat-  
siooni korratakse, kuni ee rind on nihkunud 6—8 m võrra edasi, siis eral-  
datakse monitor veetorst, tõmmatakse eele lähemale, jätkatakse veetoru  
ja töötatakse edasi. Purustatud süsi segatult veega kandub eest kauge-  
male ja juhitakse torude või rennide kaudu laadimispaika.

Kuzbassis rajati hüdromonitoridega keskmiselt 12,2 m strekki ja 15 m  
ühenduslõõri õöpäevas.

Trusti „Projektgidromehhanisatsija” andmete kohaselt on Moskva-  
lähedase sõebasseini tingimustes kulutused strekkide rajamisel hüdro-  
mehhaniseerimisega järgmised: veekulu 1 m<sup>3</sup> kivisõe eraldamiseks — 15 m<sup>3</sup>,  
ja selle transportimiseks — 5 m<sup>3</sup>; seadeldise summaarne võimsus peab  
olema 400 kW ja 1 m<sup>3</sup> kivisõe eraldamiseks on vaja 15—18 kWh (kilo-  
vatt-tundi).

Need arvud näitavad, et hüdromehhaniseerimine nõuab suurt energia-  
kulu ja teda võib kasutada kaeveõnsuste rajamiseks ainult seal, kus on  
selleks eriliselt soodsad tingimused (odav energia, veeküllus jm.).

Kaevis koristatakse kaeveõnsuste rajamisel pehmetes ja kergesti  
murduvates kivimites sageli veel käsitsi, kuid laadimismasinad, eriti



haardekäppadega masinad, on osutunud nendes tingimustes kõige efektiivsemateks ja nüüd on need juba laialt kasutusel.

Käsitsi laadimisel kasutatakse laadimistööde kiirendamiseks ja kergendamiseks ümberlaadijaid, mille töö annab olulise efekti suurematesse kui ühetonnistesse vagonettidesse laadimisel. Praegusel ajal asendatakse ümberlaadijad üldiselt laadimismasinatega.

Koristamise mehhaniseerimine tuleb lahendada eeskätt koos transpordi ja soonimisega. Sellest lähtudes on välja arendatud järgmised peamised rajamisskeemid.

Kaheteelise kapitaalstrecki rajamisel võetakse universaalne roomikutel liikuv soonimismasin BTY ja laadimismasin C-153, transport toimub vagonettides, kasutades portaal-kõrvaletõstjat või rööbastele pealepandavat rulliksilda vagonettide vahetamiseks. Rööbastransport võib olla asendatud kummiratastel liikuvate elektrivagonettidega. Kui kasutatakse väiksema gabariidiga soonimismasinat, nagu ГТК-3МЛЛ, siis võib kaevise transport toimuda ka kraapkonveieritega. Masinate täielikuks ärakasutamiseks teindatakse ühe komplektiga 2—3 lähestikku olevat ett. Soonimismasin ja laadimismasin töötavad siis kordamööda ühes või teises ees. Laadimistööde säärase mehhaniseerimisega saavutatakse kõige suurem ee edasinihkumise kiirus: üks laadimismasin võib välja laadida vahetuses viis ja mõnikord rohkem ee edasinihke järku, mis teeb 10—12 meetrit strekki vahetuses ühe laadimismasina kohta, kui transport toimub transportööridega, elektrivagonettidega või suurte (5—10 t) kaevandusvagonettidega.

Üheteelise strecki rajamisel ei mahu soonimismasin BTY ja laadimismasin kõrvuti. Seepärast rajatakse üheteelist strekki kõige efektiivsemalt lõhkamistöödega (ilma soonimiseta), mehhaanilise laadimisega ja transportööride abil kaevise väljatoomisega. Ühe komplekti masinatega võib siin teha niisama palju tsükleid kui kaheteelises streckis.

Põlevkivi sisaldab suurel määral kõvemaid paekivi-vahekihte, mis murduvad suurte tükkidena, seepärast võib arvata, et nõrga konstruktsiooniga kivisõelaadimismasinad ei tööta nendes tingimustes küllalt tagajärjekalt. Kuid tugevad käppadega sõelaadimismasinad on osutunud kõlblikuks ka rauakaevandustes. Sellest võib teha järelduse, et võimsamad haardekäppadega sõelaadimismasinad kõlbavad ka põlevkivi jaoks, rääkimata koppadega laadimismasinatest, mis säärase materjali jaoks on ehitatud.

Kaaveõõnsuste keskmine rajamiskiirus pehmetes ja kergesti murduvates ühtlastes kivimites on suurem kui kõvades kivimites. Viimase aja maksimi-

maalsed saavutused mehhaanilise laadimisega on 400—500 meetrit kuus.

Tabeli 37 andmed näitavad, et piikvasarate kasutamine annab silmapaistvaid tulemusi ka käsitsi laadimisel, kui tööprotsess on eeskujulikult korraldatud. On iseenesest mõistetav, et laadimismasinat kasutuselevõt-

Tabel 37.

	Urvanovskaja	Tšeljabugol	Tovarkovugol	Brunjanskaja
	Kaevandus nr. 26	Kaevandus nr. 201	Kaevandus nr. 64	Kaevandus nr. 4
Streki põikilõige m <sup>2</sup> .	6,53	5,3	6,5	6,75
Läbitav kivim . . . .	kivisüsi	kivisüsi	kivisüsi	kivisüsi ja savi
Töövahendid . . . .	piikvasar	piikvasar	piikvasar	piikvasar
Töölise arv vahetuses	6	4	6	6
Brigadir . . . . .	Taruta	Dubössev	Rublev	Fomenko
Rajatud vahetuses m .	5,8	5—6	5—6	6,4
Rajatud ööpäevas m .	12—22	12—15	16,2	12,9

mine võimaldab neid saavutusi tunduvalt suurendada, kuna aga rajamiskombainide kasutamine pehmetes ja kergesti murduvates kivimites kindlustab kõige suuremaid kiirusi.

Eesti NSV põlevkivikaevandustes ei ole kaeveõõnsuste kiirendatud rajamisele seni veel küllaldast tähelepanu pööratud. Keskmise rajamiskiirus — 20—35 m kuus — on liiga madal selleks, et efektiivselt kasutada kaevanduste ehitamiseks minevaid kapitaalvahutusi ja alandada omahinda. Kui aga rajamistöid ümber korraldada, võib rajamiskiirust tunduvalt suurendada ka praeguste vahenditega töötades.

Selleks tuleb eelkõige parandada ete tuulutust ja luua tööliste võimalused stahhaanovlikuks töötamiseks. Teiseks tuleb loobuda aegaviitvast käsitsi pae eraldamise tööst ees. Aheraine eraldamine põlevkivist tuleb korraldada maa peal erilistes sorteerimisseadmetes.

Ainult õige tuulutusi viisi sisseseadmine võimaldab kahe tsükli kordamist ööpäevas, mis annaks kuus 60—65 m rajatud strekki. Kui loobuda pae eraldamisest ees, võib töötada kolmetsükllilise töögraafiku kohaselt ööpäevas, mis võimaldaks rajada strekki ühe eega 100 ja rohkem meetrit kuus.

Strekkide mehhaniseeritud rajamist Eesti NSV põlevkivikaevandustes võiks teostada graafiku kohaselt, mis on toodud joonisel 214.

Aluseks on võetud kaheteelise streki rajamine mõõtmetega: laius

4,7 m ja kõrgus 2,9 m, soone sügavus 2 m. Lõhkeaukude arv on 8. Tsükli teostamiseks kulub 6 tundi. Ööpäevas tehakse 4 tsükli. Selle graafiku kohaselt töötades võib rajada üle 200 m strekki kuus.

Tööde teostamine toimub järgmiselt:

Puurimine — elektri-käsi puuriga.

Soonimine — raske lühiesi-soonimismasinaga; soonimisraami pikkus 2,2 m.

Lõhkamine — harilik, kas elektrivooluga või süütenööri.

Tööde nimetus	Tunnid ööpäevas																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Puurimine	■	■					■	■					■	■					■	■				
Soonimine	■	■					■	■					■	■					■	■				
Laadimine, lõhkamine			■						■						■						■			
Tuulutamine				■						■						■						■		
Koristamine				■	■					■	■					■	■					■	■	
Teostamine						■	■					■	■				■	■				■	■	
Rööbastee jätkamine						■	■					■	■				■	■				■	■	

Joon. 214. Streki mehhaniseeritud töö graafik.

Tuulutamine — kohalik, ventilaatori ja torude abil.

Koristamine — laadimismasinaga УМП-1 (või mõni teine tüüp).

Kui kaevanduses kasutatakse kahetonniseid kivisöevagonette või kui laaditakse laadimismasinatega УМП-1 või C-153, tuleb vagonettide manööverdamiseks võtta kerge kääbus-elektrivedur.

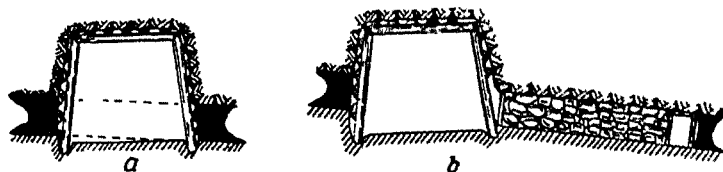
#### 4. Rõhtsate kaeveõõnsuste rajamine erineva kõvadusega kivimites.

Kui kaeveõõnsuse rajamisel esi hõlmab kaht või enam erineva kõvadusega kivimikihti, mis nõuavad eriliste tööviiside kasutamist, nimetatakse seda rajamiseks erineva kõvadusega kivimites.

Selle tööviisi kõige iseloomustavamaks näiteks on strekkide rajamine õhukestes kivisöekihtides. Kivisöe väärtus ja tema erinev kõvadus, võrreldes naaberkivimitega, põhjustavad kivisöe eraldi väljavõtmist, mille tagajärjel esi saab astmelise kuju.

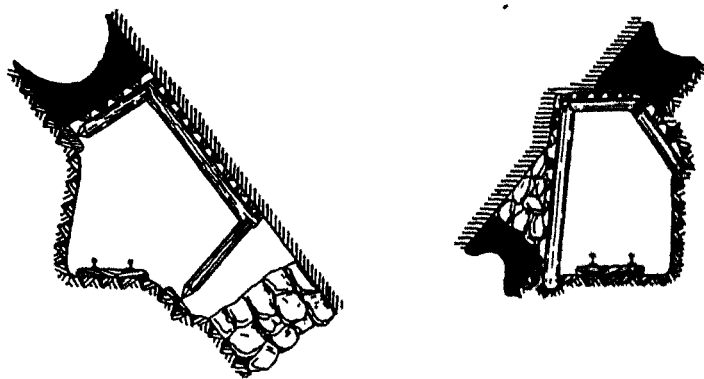
Neis tingimustes kasutatakse kahte rajamisviisi: kitsa eega ja laia eega.

Esimese rajamisviisi kasutamise korral võetakse maavarakihist välja ainult kaeveõõnsuse laiuselt (joon. 215, *a*), kuid teise viisi puhul laiemalt kui rajatava kaeveõõnsuse laius (joon. 215, *b*), selleks et moodustatud tühikusse oleks võimalik paigutada käigu rajamisel väljavõetavat aherkivimit.



Joon 215. Streki rajamine kitsa ja laia eega: *a* — kitsa eega rajatud strekk, *b* — laia eega rajatud strekk.

Tööd maavara- (kivisõe-) kihis ja naaberkivimites (aherkivimis) toimuvad järjekorras. Alguses murtakse lahti ja koristatakse ära maavara (kivisüsi) ja seejärel purustatakse ning koristatakse aherkivim. Maavara-kihi esi eelneb teatava vahemaa võrra aherkivimi eele.

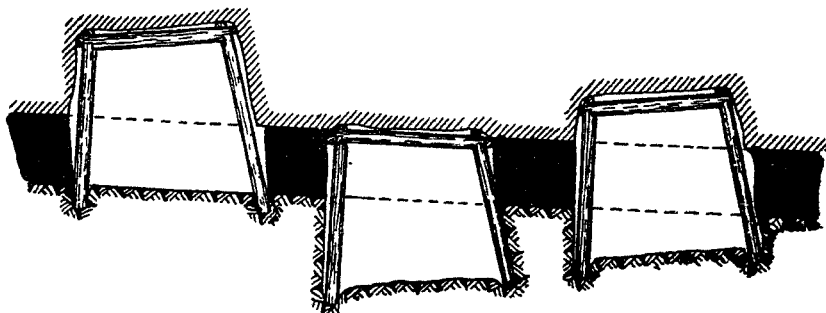


Joon. 216. Strekkide erikujulised põikilõiked.

Strekkidele antakse harilikult trapetsikujuline põikilõige, kuid olenevalt kihi kallakusest võib see kuju suuresti muutuda (joon. 216). Kaeveõõnsuste põikimõõtmete valikul tuleb lähtuda neist üldistest reeglitest, millega tutvusime eespool.

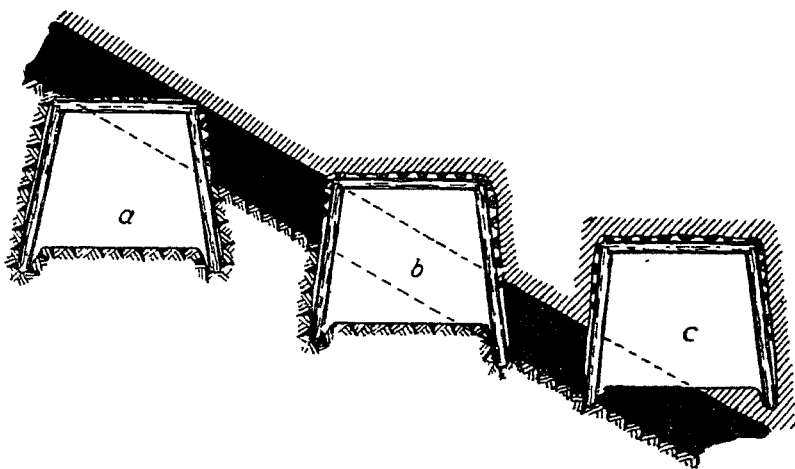
Enne rajamistöde algust tuleb selgitada ee asetus naaberkivimite suhtes ja kas süvendada lage, põhja või mõlemaid korruga. Aherkivimite kaevandamise tulemusena süvendatakse strekk osaliselt naaberkivimisse.

Süvendi asetus oleneb kihi kallaknurgast, kivimite kõvadusest laes ja põhjas ning kaevise transportimise viisist koristuseest strekini.



Joon. 217. Süvendi asetuse skeem lauge kihi puhul.

Kihi kallaknurga mõju süvendi asetusele on laugete kihtide korral (joon. 217) tähtsusetu, kuid kallakate kihtide korral ( $30\text{--}45^\circ$ ) annaks ainult lae või ainult põhja süvendamine tunduvalt rohkem aherkivimit kui



Joon. 218. Süvendi asetuse skeem kallaka kihi puhul: *a* — põhja süvendamine, *b* — põhja ja lae süvendamine, *c* — lae süvendamine.

lae ja põhja väljatöötamine (joon. 218). Tähendab, kallakate kihtide puhul on otstarbekohane lae ja põhja süvendamine.

Kui kiht on järsk ( $45\text{--}90^\circ$ ), tuleb eelistada põhja süvendamist, sest

laekivimite nõrgendamine nende süvendamisega võib põhjustada sissevarisemisi.

Lähtudes kivimite kõvadusest tuleb eelistada pehmema kivimi väljamurdmist kas laest või põhjast, kuid alati peab olema väga ettevaatlik laekihtide nõrgendamisega, mis võib tunduvalt suurendada toetamise kulusid.

Kui kaevise transpordiks koristuseest strekini kasutatakse konveierit, mida tarvitatakse laugete kihtide puhul, siis on otstarbekohane põhja süvendamine. See võimaldab kaevise otsesest suunamist konveierilt vagonetti.

Võrreldes kitsa ja laia eega rajamise viise peab märkima, et kitsa eega rajamise suurimaks puuduseks on aherkivimi eest väljavedamise vajadus ja umbse ee tuulutamine. Iga tonni aherkivimi vedu ja väljatõstmine kaevandusest tekitab Donbassi oludes 3,5--4 rbl. üleliigseid kulusid. Ühtlasi alaneks tõste- ja veovahendite tootlikkus 10--12% võrra, kui kogu aherkivim maa peale tõstetak.

Laia eega rajamise puuduseks on kaeveõõnsuse raskendatud toetamine, suuremad toetuskulud ja aherkivimi tülikas laiendisse paigutamine, mis ei ole senini veel rahuldavalt mehhaniseeritud. Kuid paremused, mida annab laia eega rajamine, on sedavõrd olulised, et seda rajamisviisi tuleb alati eelistada strekkide rajamisel õhukestes kihtides.

Kitsa eega rajamine on lubatud ainult erilistel tingimustel ja nimelt:

- 1) kui kaeveõõnsus rajatakse vähepüsivates kivimites;
- 2) kui kaeveõõnsus rajatakse pikemaks ajaks (12--15 aastat);
- 3) kui ajutiselt on vaja mingil erilisel põhjusel kiirendada kaeveõõnsuse rajamist, sest kitsa eega rajamine nõuab vähem tööjõukulu;
- 4) kui kaevandus on hästi mehhaniseeritud, s. o. töötavad laadimis- masinad, liiguvad suured vagonetid ja tõstescadeldis ei piira kaevanduse toodangut.

Laia eega rajamine sisaldab järgmisi paremusi:

- 1) eest väljavõetud aherkivim paigutatakse tervenisti, ilma kaugemale vedamata, väljavõetud maavarakihi asemele kohapeal;
- 2) laia eega rajamine võimaldab, võrreldes rajamisega kitsa ee abil, iga jooksva meetri kaeveõõnsuse kohta 6--12 rbl. kokkuhoidu, kui maavarakihi paksus on 1--1,2 m, 30--35 rbl. kui maavarakihi paksus on 0,7--1,0 m;
- 3) kaevanduse tootmisvõime tõuseb, kivisöe hind alaneb 5--7%;
- 4) ee tuulutus muutub lihtsamaks, jne.

a) Kaeveõõnsuste rajamine kitsa eega.

Nagu eespool oli tähendatud, jagunevad ebaühtlastes kivimites kaeveõõnsuste rajamise tööd kahte rühma: rajamistöodeks maavarakihi (kivi-sõekihis) ja rajamistöodeks aherkivimites. Ka esi jaguneb seetõttu kahte ossa, kusjuures esmalt võetakse välja pehmem osa, milleks on harilikult sõekiht või ka aherkivim, kui see on pehmem maavarast.

Seejuures võib esi olla astmeline, kui sõeesi on teatava vahemaa võrra aherkivimi eest ees, ja astmeta, kui sõekihi väljavõtmisele järgneb kohe aherkivimi väljavõtmine ja tsükli lõpuks on ee rind ühes tasapinnas.

Maavarakihi ja aherkivimi eraldi väljavõtmist põhjustab ka maavara väärtuse säilitamine, sest korraga väljavõtmisel seguneks maavara aherkivimiga ja läheks kas täiesti kaduma või vajaks väljasorteerimist.

Astmelise ee puhul valitakse sõe-ee eelnemise kaugus, lähtudes töötsükli paremast organiseerimisest ja rajamistöode kiirest teostamisest. Seejuures on põhimõtteks tsükli kordumine lühema aja vältel. Kui sõeest antakse kaevis välja eraldi konveieriga ja tuulutatakse rõõplõõridega, siis võib see eelnemine hea lae puhul tõusta kuni konveieri pikkuseni, s. o. 80—100 m-ni. Harilikult on mõlema ee vahe 1—5 edasinihke-sammu, mis on vajalik selleks, et mõlemas ees teha võimalikult rohkem üheaegset tööd.

Kivisõekihi väljavõtmine toimub samadel viisidel kui kaeveõõnsuste rajamisel ühtlastes pehmetes kivimites.

Järskudes kihtides kaeveõõnsuste rajamisel kasutatakse peaasjalikult piikvasaraid ja lõhkamistöid.

Piikvasaraga töötamisel oleneb tööjõudlus kihtide kõvadusest, paksusest, kallaknurgast ja ee laiusest. Keskmiselt võib üks tööline kaeveõõnsuse rajamisel toota kivisütt 5—8 t vahetuses.

Laugetes kihtides kasutatakse masinatega soonimise puhul JBIII-2 tüüpi soonimismasinaid.

Et soonimismasina JBIII-2 võimsus on väike, siis kasutatakse kõvemates sõekihtides mõnikord ka raskeid pikkesi-soonimismasinaid. Et pikkesi-soonimismasinate kasutamine ei ole tihti sobiv ja otstarbekohane, siis loobutakse sageli soonimisest ja kasutatakse edukalt lõhkamistöid.

Rajamistöodel järskudes kihtides arvestatakse ühe töölise kohta 2,5—5 m<sup>2</sup> kihipinna väljatöötamist vahetuses.

Masinatega soonimise korral kasutatakse järskudes ja kallakates kihtides kergeid (BIII tüüpi) sammu-soonimismasinaid. (Nende masinate iseloomustus on antud peatükis „Lühiesi-soonimismasinaid“.)

Kerged masinad aga ei ole garanteerinud vajalikku tööjõudlust ja seepärast minnakse üle raskematele masinatele. Pikkesi-soonimismasinad (ГТК-3 ja teised) ei ole kitsastes etes töötamiseks ette nähtud ja seepärast kasutatakse neid ainult siis, kui söesi rajatakse ettevalmistuslõõrina. Raskeid iseliikuvaid universaalseid soonimismasinaid (tüüp БТУ-1) pole võimalik kasutada kitsastes etes ja õhukestes kihtides nende gabariitide tõttu.

Parimaiks soonimismasinaiks kitsastes etes on osutunud rõõbastel liikuvad rasked soonimismasinad. Ühe niisuguse masinaga võib keskmistes tingimustes soonida 2—4 paralleelset ett vahetuses, kuid need masinad nõuavad võrdlemisi paksu horisontaalset kihti.

Sõe lahtimurdmiseks peale soonimist eelistatakse harilikult lõhkamistõid.

Puurimiseks kasutatakse nii elektri-käsi puure kui ka ratastel sõitva soonimismasina külge kinnitatud elektri-sammaspuure. Lõhkeaugud suunatakse harilikult rõhtsalt rõõbiti soonega ja nende sügavus võrdub soone sügavusega.

Lõhkeaugud, arvult 3—5, asetatakse nii, et kogu kivisüsi oleks pärast lõhkamist soone sügavuseni lahti murtud. Lõhkeainete kulu kõigub seejuures 0,15—0,2 kg piirides ühe tonni toodetud kivisõe kohta.

Kivisõe lahtimurdmist ainult lõhkamistõõdega kasutatakse harvem — siis, kui soonimine on raskendatud kas kõva kivisõe või kõvade sisaldiste pärast, või nõuetele vastavate soonimismasinade puudumisel.

Lõhkeaukude sügavus võetakse kooskõlas soovitava laadimise ja puurimise aja kestusega tööde tsüklis. Harilik aukude sügavus on 2—2,5 m ja arv kõigub 8—12 vahel. Lõhkeaukude arvu kindlaksmääramisel kasutatakse neid arvutusviise, mis on toodud käesolevas raamatus lõhkamistõõde osas.

Lõhkeaukude asetuse üks võimalikkudest skeemidest on toodud joonisel 219.

Laengu suurus gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes ei tohi ületada 600—800 g ja lõhkeaine peab olema gaasiohutu. Kus seda kitsendust ei ole, leitakse laengu suurus hariliku arvutuse tulemusena.

Lahtimurtud kivisüsi laaditakse antud juhul vagonettidesse käsitsi, mis on tingitud ühe tsükliga saadavast väikesest kivisõehulgast. On soovitatav kasutada käsitsi ümberloopimise vältimiseks ümberlaadijaid П-7 ja П-4, millede konstruktsioon võimaldab neid kasutada ka aherkivimi laadimistõõdel.

Tavalises korras liiguvad aherkivimi ees laugetel kihtidel tööd teatava vahemaa võrra maavarakihi ees järel. See vahemaa võetakse harilikult nii,



et peale lõhkamist aherkivimi ees maavarakihi esi eelneks veel 1—1,5 m võrra, mis võimaldab ohutut ja eraldi töötamist maavarakihi ees.

Maavarakihi suurema eelnemisega töötamine nõuab täiendavalt konveieri või skreeperi töölerakendamist maavara transportimiseks eest vagonetti, sest viimane pääseb ainult aherkivimi eni.

Aherkivimi purustamiseks ja lahtimurdmiseks kasutatakse harilikult lõhkamistöid. Kui kaevandus on tolmu- või gaasiohtlik, kasutatakse antigrisuutseid lõhkeaineid, mis leiduvad tabelis nr. 4 osas I a. Lõhkeainekulu väljaarvutamiseks ja lõhkeaukude arvu ning sügavuse leidmiseks kasutatakse valemeid ja tabeleid, mis on käesoleva raamatu lõhkamistöde osas. Arvutamise tulemusena saadud andmed võetakse aluseks ja kontrollitakse kontroll-lõhkamistöodega.

Lõhkeaukude sügavus aherkivimi ees võetakse kooskõlas maavarakihi ees edasiliikumisega, nii et mõlemad ees liiguksid tööde tsüklite kordumisel võrdselt edasi. Harilik lõhkeaukude sügavus aherkivimi ees on 2—3,2 m. Sügavamate lõhkeaukude puurimine on raske.

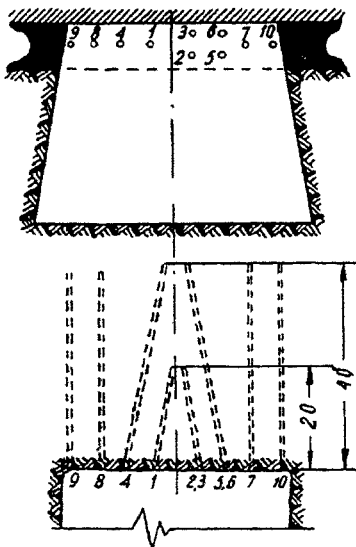
Lõhkeaugud võivad olla suunatud rõhtselt (rööbiti maavarakihi) või üles või alla, olenevalt sellest, kas kivimit muratakse laest või põhjast (joon. 220 ja 221).

Üles- ja allapoole saab lõhkeauke suunata ainult siis, kui maavarakiht on vähemalt 1,2 m paks. Kui maavarakiht on õhem, siis osutub see vastava ruumi puudusel võimatuks. Põhja süvendamise korral võimaldab aukude allapoole suunamine teostada puurimist üheaegselt aherkivimi koristamisega, mis kiirendab tunduvalt kaeveõõnsuse rajamist.

Osaliselt võib teostada üheaegset puurimist ja laadimist, kui kivisõekiht on õhuke, põhja süvendamise korral aherkivimi ees astmeliseks muutmiseks (joon. 221). Nii võib teostada puurimist ühes astmes, samal ajal kui teisest koristatakse purustatud aherkivimit.

Puurimiseks kasutatakse elektri-käsi puure ja elektri-sammaspuure. Kui kivimid on kõvad, võetakse tarvitusele suruõhu-puurvasarad.

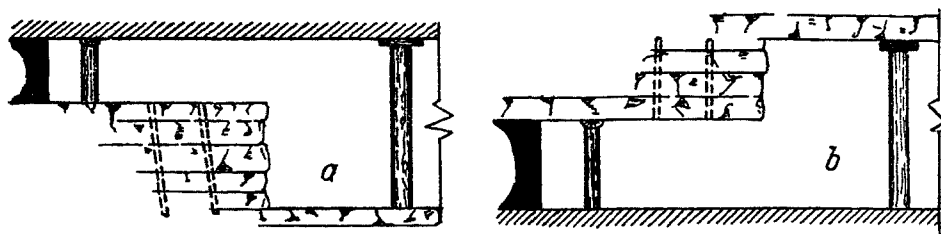
Purustatud aherkivimit võib koristada käsitsi ja laadimismasinatega.



Joon. 219. Lõhkeaukude paigutuse skeem kitsas ees.

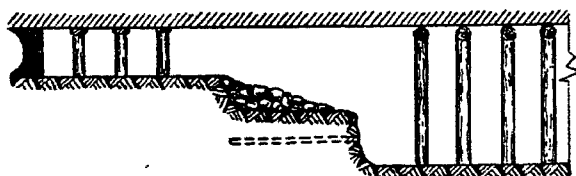
Laadimismasina valimisel tuleb silmas pidada, et valitud masin vastaks vajalikele lühiaegsele tippkoormustele, võimaldaks paremini tööd organiseerida ja erilistes oludes ka sütt laadida.

Pärast aherkivimi koristamist tasandatakse lõplikult seinad, püstitatakse alaline toestik ja jätkatakse rööbasteed.



Joon. 220. Alla- (a) ja ülesuunatud (b) lõhkeaugud aherkivimi ees.

Rajamistöõde kiirema teostamise eesmärgil on tähtis leida niisugune tööde korraldamise viis, mis võimaldaks maavara ja aherkivimi üheaegset koristamist. Selleks võib soovitada joon. 222 toodud poolmehhaniseeritud skeemi.



Joon. 221. Astmeline aherkivimi esi.

Maavarakihi tõusu poolsele streki küljel laiendatakse maavarakihi ett 1—1,2 m võrra, mille tagajärjel tekib streki äärde 1—1,2 m laiune vaba perv. Sellele pervele asetatakse konveier, mille abil maavara transportitakse kivimi eest mööda ja juhitakse lühikese kallakrenni abil rööbasteel asuvasse vagonetti.

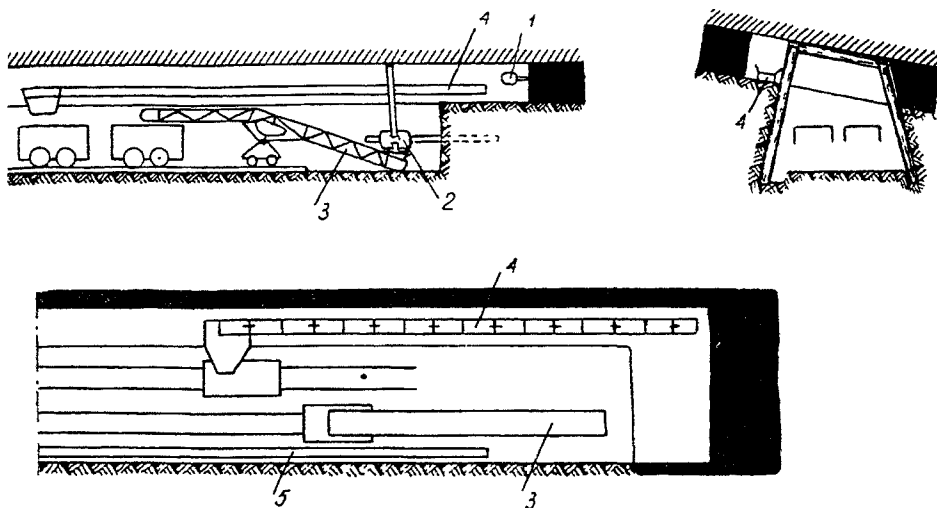
Samal ajal võib takistuseta koristada aherkivimit.

#### b) Kaeveõõnsuste rajamine laia eega.

Laia eega kaeveõõnsuste rajamist kasutatakse kõige rohkem õhukeste laugete kihtide puhul (Donbassis 65%). Selle rajamisviisi korral võetakse maavarakiht (kivisõekiht) välja palju laiemalt, kui on rajatava kaeveõõn-

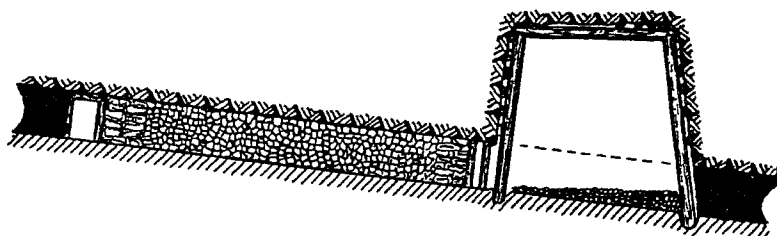
use mõõtmed. Seda üleliigset osa maavarakihi, mis ei kuulu rajatava kaeveõõnsuse piiridesse, nimetatakse laiendiks.

Laiendisse paigutatakse kogu see aherkivim, mis saadakse kaeveõõnsuse rajamisel maavarakihi naaberkihtidest. Laiendi mõõtmed arvutatakse jälja vastavalt saadava aherkivimi hulgale.



Joon. 222. Streki rajamine kitsa eega, kasutades poolmehhaniseeritud tööviisi: 1 — elektri-käsiuur, 2 — elektri-sammasuur, 3 — ümberlaadija, 4 — kraapkonveier, 5 — tuulutustoru.

Laiendit võib asetada kaeveõõnsuse suhtes kihi kallakupoolsesse külge, õusupoolsesse külge või mõlemale poole kaeveõõnsust. Esimest paigutust



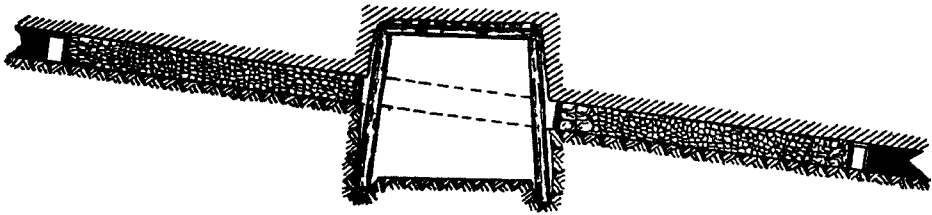
Joon. 223. Ülemine laiend.

nimetatakse alumiseks laiendiks (joon. 215, b), teist — ülemiseks (joon. 223) ja kolmandat — kahepoolseks laiendiks (joon. 224).

Rajamise praktikas on levinuim alumise laiendi kasutamine, mis omab järgmisi paremusi:

- 1) kivimi paigutamine allapoole nõuab vähem tööd ja
- 2) laiendisse paigutatud kivimid ei sega koristustööde teostamisel otsesest kaevisest laadimist vagonetti.

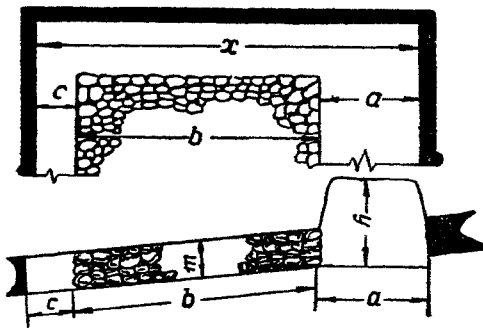
Kahepoolset laiendit kasutatakse siis, kui maavarakiht on väga õhuke ja ühepoolne laiend muutub liiga laiaks. Kahepoolset laiendit kasutatakse edukalt kallakate kaeveõõnsuste puhul (bremsbergid, tõstekallakud).



Joon. 224. Kahepoolne laiend.

Tuulutuse eesmärgil jäetakse laiendi äärde laiendi rõõplõõr (joon. 225, c), mille sisepõikilõike pind ei tohi olla väiksem kui 1,5 m<sup>2</sup>.

Rajatava kaeveõõnsuse põikilõike mõõtmed leitakse eespoolkirjeldatud viisil (vt. pkt. 1), ainult selle vahega, et tema kõrgus võetakse 40% võrra kihi paksusest suurem kui normaalne kõrgus, et kaeveõõnsus pärast täitemüüride vajumist omaks normaalset kõrgust.



Joon. 225. Skeem laiendi mõõtmete arvutamiseks

Ee laius maavarakihi  $x$  koosneb kaeveõõnsuse laiusel  $a$ , aherkivimiriba laiusel  $b$  ja laiendi rõõplõõri laiusel  $c$  (joon. 225):

$$x = a + b + c.$$

Aherkivimiriba laius on aherkivimi hulgest ja kaeveõõnsuse põikilõike mõõtmetest. Rajatava kaeveõõnsuse ee pind  $s$  on ligikaudu tema laiusel  $a$  ja kõrguse  $h$  korrutis, s. o.  $s = ah$ . Aherkivimi ee pinna  $s_1$  leiame, kui vähendame ee kõrgust maavarakihi paksuse  $m$  võrra:

$$s_1 = a(h - m).$$

Ühe jooksva meetri kaeveõõnsuse rajamisel saadava kivimi maht on:

$$v = a(h - m).$$

Pärast purustamist suureneb aherkivimi maht tunduvalt. Laiendisse aigutatava kivimi mahu suurenemise koefitsiendiks  $k$  võetakse 2—2,45. ee on suurem harilikust kobestamise koefitsiendist, sest et laiendisse jääad tihti toed, lagi vajub mõnevõrra allapoole ja aherkivimit ei ole võimalik küllalt tihedalt paigutada.

Kobestatud aherkivimi maht ühe meetri käigu kohta  $v_1 = ak(h - m)$ , iis paigutatakse ruumi  $bm$ . Järelikult saame võrrandi  $ak(h - m) = bm$ , illest leiame

$$b = ak\left(\frac{h}{m} - 1\right).$$

Asendame  $b$  temaga võrdse suurusega, siis saame ee lõpliku laiuse aavarakihis:

$$x = a + b + c = a + ak\left(\frac{h}{m} - 1\right) + c.$$

Tööd maavarakihis. Laia eega rajamisel koosnevad tööd maarakihis maavara eraldamisest, laadimisest transpordivahendile ja transportimisest kuni vagonetini. Need tööd sarnanevad kõigiti tootmistöödega ikas ees.

Maavara eraldamisel kihist kasutatakse harilikult soonimismasinat ja ihkamistõid. Soonimiseks on kõige kohasem kasutada kerget või rasket ihiesi-soonimismasinat, samuti võib eelmiste puudumisel kasutada heade ajajärgedega ka pikkesi-soonimismasinaid.

Raske soonimismasina rakendamisel tuleb kasutada pikka soonimis-aami (2,4—2,6 m), mis võimaldab masina võimsuse täielikumat kasutamist.

Soonimine toimub rajamisel samuti kui tootmistöödel, liikudes harilikult kihi põhjal kihi tõusu suunas alt ülespoole. Laugete kihtide puhul võib orraldada ka edasi-tagasi (mõlemapoolset) soonimist.

Puurimine toimub harilikult elektri-käsi puuridega üheaegselt soonimis-õdega. Lõhkeaugud asetatakse lae lähedale ja suunatakse rööbiti kihi innaga, nende vahemaa on üksteisest 1—2 m.

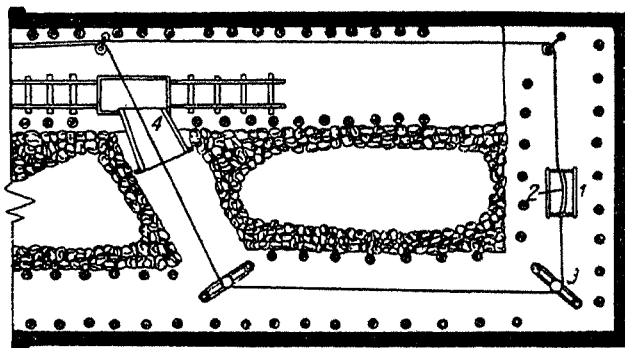
Lõhkeainekulu oleneb maavara kõvadusest ja määratakse kindlaks rvtuste ja katsete teel.

Olenevalt kihi paksusest, kõvadusest ja kallakusest kõigub ühe sõe- es töötava töölise jõudlus 5—12 t-ni vahetuses.

Transpordivahenditeks eest kuni strekis oleva vagonetini võib kasutada skreeperit, võnkkonveierit, lintkonveierit ja kraapkonveierit.

Skreeperseadeldise kasutamise skeem on toodud joonisel 226.

Skreeper 1 haarab ett mööda liikudes oma teelt kaevist ja viib selle alguses kihi kallaksuunas (allapoole). Alumises nurgas pöördub skreeper



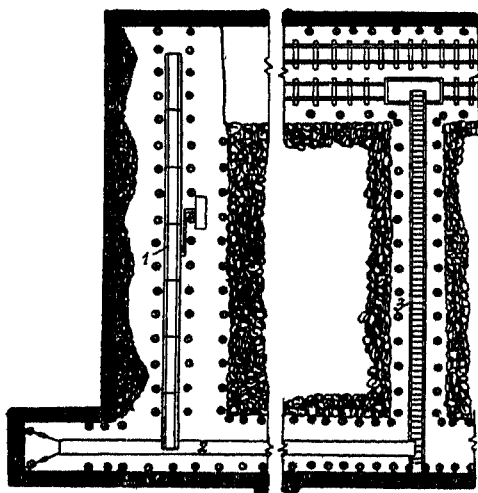
Joon. 226. Kivisõe koristamine laias ees skreeperiga: 1 skreeper, 2 pööramislook, 3 — pööramisseadis, 4 — laadimissild.

90° nurga all ja liigub rööplõõri-pidi kuni diagonaallõõrini, mis on tehtud laiendisse aherkivimi paigutamise ajal. Siin pööratakse skreeperit

teist korda ja ta liigub mainitud lõõri pidi ülespoole, tõuseb laadimissillale 4 ja puistab kaevise silla all olevasse vagonetti.

Skreeperi pööramine toimub erilise pööramislooga 2 abil, mis on kinnitatud skreeperi kasti ülemise osa külge. Skreeperi vints on paigutatud streki seinasse tehtud väikesse kambrisse (joonisel ei ole näha). Nagu jooniselt näha, on see skreeperseadeldis keerukas ja seepärast tehniliselt raske rakendada.

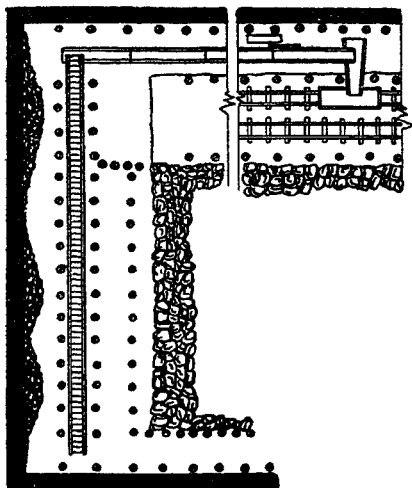
Paremaid tagajärgi annab kolmetrumlilise skreepervintsi kasutamine, mille puhul skreeperi kasti pööramine ei toimu ümber plokkide, vaid kolmanda trossi abil.



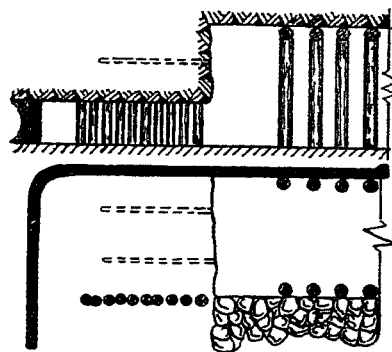
Joon 227. Kivisõe transportimine konveieritega streki rajamisel laia eega: 1, 2 ja 3 — konveierid

Skreeperiga laadimist kasutatakse harva; see on seletatav plokkide ja vintsi sagedase ümberpaigutamise, mis nõuab suurt ajakulu, ja kogu seadeldise keerukusega.

Laia eega rajamisel kasutatakse kaevisse väljatoomiseks sagedamini konveiereid (joon. 227). Rööbiviie ees rinnaga on paigutatud konveier 1, mille abil kaevisse transporditakse lõõrini. Seal satub kaevisse rööplõõri paigutatud konveierile, mis viib ta laiendi ühenduslõõri asetatud kraapkonveierile 3. Viimase ülemise otsa alla asetatakse laaditav vagon.



Joon. 228. Kaevisse transportimine laiast eest perve kasutamise.



Joon. 229. Toestiku paigutus enne aherkivimi lõhkamist.

Alles mõni aasta tagasi, kui kraapkonveierid polnud levinud, kasutati konveieritena 1 ja 2 enamasti võnkkonveiereid ja 3-ndana lintkonveiereid.

See kaevisse transportimise skeem annab rakendamisel häid tagajärgi, kuid nõuab kolme transpordivahendi kasutamist, mis ei ole soovitatav.

Töö lihtsustamise ja transpordivahendite vähendamise eesmärgil on soovitatav tarvitada järgmist laialt kasutatavat skeemi (joon. 228 ja 230).

Maavarakihi eesse asetatakse kraapkonveier, mille abil kaevisse transporditakse ee ülemisse nurka ja juhitakse seal teisele konveierile, mis on asetatud kaeveõõnsuse külgselina jäetavale pervele. See konveier transpordib kaevisse vagonetti. Selline transportimisviis nõuab 1—1,2 m laiuse perve jätmist kihi tõusu poolsesse streki külgselina.

Püsiva lae puhul rajatakse strekk kohe vajaliku laiusega (näit. 2 röö-

basteega) ja perv jääb kuni streki püsimise lõpuni alles. Nõrgema lae korral rajatakse strekk algul üheteeliseks ja tagapool maavara laadimis-kohta laiendatakse strekki perve võrra ning asetatakse teine rööbastee.

Laia eega rajamisel kasutatakse kergeid konveiereid.

Andmed laiemalt kasutatavate konveierite kohta on paigutatud tabelisse 38.

Tabel 38.

A. Kraapkonveierid.

	Tüübid				
	CTP-30	CT <sub>2</sub> -11	CT-6	CT <sub>2</sub> -5	CTC-3
Maksimaalne pikkus m	130	100	50	29,1	48,6
Tootlikkus t/tunnis . .	60—100	30—60	40	30—50	40
Kraapketi liikumise kiirus m/sek. . . . .	0,51	0,4	0,56	0,56	0,5
Mootori võimsus kW . . .	29	11,4	6,9	—	4,5
Laius mm . . . . .	700	524	530	—	910
Lüli kaal kg . . . . .	123	104	—	—	60

B. Lintkonveierid.

	Tüübid			
	PTY-30	ТЛШ-1	ТЛ-50	PT-60
Pikkus m . . . . .	105	100	50	300
Tootlikkus t/tunnis . . . . .	80; 120; 180	60	120	250
Lindi liikumise kiirus m/sek. . .	0,65; 1; 1,5	0,9	0,8	1,5
Mootori võimsus kW . . . . .	15; 21,5; 29	8	6	60
Lindi laius mm . . . . .	700	500	500	900

C. Võnkkonveierid.

	Tüübid		
	ПК-19	ДК-3М-15	ДК-5
Renni maksimaalne pikkus m . . . . .	100	80	30
Tootlikkus (0°—15°) t/tunnis . . . . .	49—150	14—100	17
Võnkeid minutis . . . . .	57,5	65 ja 72	85
Mootori võimsus kW . . . . .	19	14,5	5,3
Lüli kaal kg . . . . .	74—86	74—86	70—74



Aherkivimi lahtimurdmine laia eega rajamisel ei erine millegi poolest eespoolkirjeldatud aherkivimi lahtimurdmisest kitsa eega rajamisel. Lõhkeaukude arv, nende asetus, sügavus, puurimise viis, lõhkeainekulu ja laengute paigutus võetakse, lähtudes samadest põhimõtetest.

Erinevuseks on vajadus enne aukude laadimist asetada streki laiendipoolsesse äärde tugede rida (oreltoestik), mille eesmärgiks on hoida aherkivimit murdumast laiemalt kui on streki laius. Eriti tähtis on oreltoestiku asetamine lae süvendamise korral (joon. 229), sest lõhkamistöõde tagajärjel võib tekkida laiendis lae varisemine. Eraldatud aherkivimi toimetamine laiendisse ja laiendi täitmine sellega võib toimuda kas käsitsi või mehhaaniliselt.

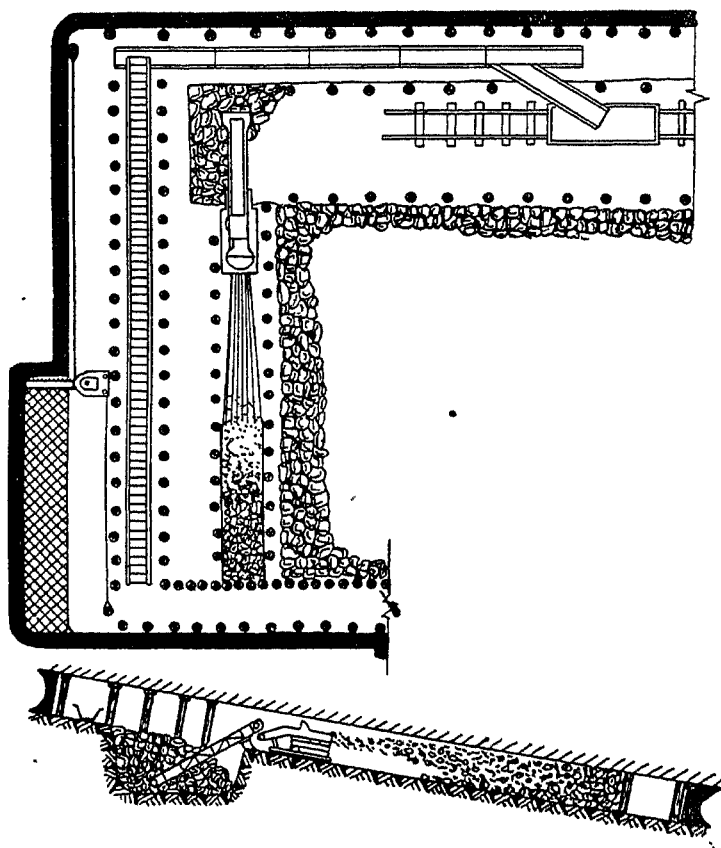
Aherkivimi käsitsi koristamine ja laiendi täitmine toimub järgmisel viisil. Pärast ee ülevaastust ja rippuvate tükide kõrvaldamist hakkavad koristajad purustatud kivimit laiendisse loopima; seejuures eraldatakse suuremad tükid lõõri- ja strekiäärsete seinte ülesladumiseks. Teine grupp töölisi asub samal ajal laiendi täitmisele ja mainitud seinte ülesladumisele. Täitmisel peab jälgima, et lae ja täite vahele ei jääks vaba ruumi, et täide oleks tihe ja et täiterind moodustaks sirgjoone, mis on rõõbiti maavarakihi eega.

Laiendi käsitsi täitmine nõuab suurt tööjõukulu ja pidurdab streki rajamise kiirust. Peale selle on käsitsi täitmise puuduseks mitteküllaldane tihedus, mis võimaldab lae vajumist. Selle tagajärjel tekib suur surve streki toestikule, streki kõrgus väheneb tunduvalt ja suurenevad ka remondikulud.

Hoolimata aherkivimi laiendisse asetamise raskusest ja väikesest tööviljakusest pole see töö rahuldavalt mehhaniseeritud. Senini ei ole suudetud konstrueerida ja valmistada masinaid, mis töötaksid laiendi täitmisel heade tagajärgedega. Laiendi täitmise ja aheraine koristustööde osaliseks mehhaniseerimiseks kasutatakse võnktransportööri ja ümberlaadijat. Laiendisse paigutatakse rõõbiti ee rinnaga võnktransportöör ja kivimi tõstmiseks streki põhjalt — ümberlaadija. Kaevurid laadivad purustatud kivimi ümberlaadijale, mis tõstab selle laiendis olevale võnktransportöörile ja viimane transpordib selle edasi laiendi sügavusse. Täitmine toimub käsitsi, alt ülespoole. Renni lühendatakse korduvalt lülide äravõtmisega alumisest otsast. See tööviis tõstab tööjõudlust 40—60% võrra. Kui aga arvesse võtta vähest kaevise hulka iga meetri kohta, siis on seadmete ülekandmine ja ülesseadmine suhteliselt tülikas, mis viib alla töölise keskmise tootlikkuse.

Täitmise mehhaniseerimiseks näib olevat võimalik kasutada ka skreerit, kuid senised katsed ei ole andnud veel rahuldavaid tulemusi.

Üleliidulise Sõetööstuse Teadusliku Uurimise Instituudi (ВУГИ) poolt on välja töötatud kaks laienditaitmismasina tüüpi — ЗД ja ЗЛ-1. Esimene neist töötab tsentrifugaaljõu põhimõttel ja viskab jõuliselt aherainet laiendisse, mille tagajärjel täide tuleb tihe, teise töötavaks mehhanismiks on kiiresti liikuv lint.



Joon. 230. Täitemasina ЗД töötamise skeem laiendi täitmisel streki rajamistöodel.

Täitemasinat ЗД on proovitud mitmes Donbassi kaevanduses heade tagajärgedega ja võib loota, et juba lähemas tulevikus hakatakse tema ülesannetele vastavat masinat hulgaliselt valmistama.

Täitemasina ЗД asetuse skeem töökohal on esitatud joonisel 230.

Strekkide kiire rajamine erineva kõvadusega kivimites omab

suurt tähtsust varapaikade ettevalmistus- ja tootmistöödel. Tootmistööde kiire edenemine nõuab kaeveõnsuste kiiret rajamist.

Kiirel rajamisel eelistatakse kitsa eega rajamist, mehhaniseerides võimalikult kõik tööprotsessid. Nõukogude kaevurid on kiirrajamises saavutanud silmapaistvaid tulemusi. Maksimaalsed rajamiskiirused ulatuvad juba üle 500 m kuus. Vaatamata eesrindlaste kõrgetele saavutustele on strekkide keskmine rajamiskiirus veel võrdlemisi madal (1950. a. normid — 60—100 m kuus). Maavara tootmise alal töötajate kohus on tõsta pidevalt rajamiskiirust uute masinate ja töövõtete kasutuselevõtmisega ning töö parema organiseerimisega.

## **B. Kallakate kaeveõnsuste rajamine.**

### **1. Üldised märkused.**

Tähtsamad kallakad kaeveõnsused on bremsbergid, tõstekallakud, liud ja kallakšahtid. Nende kaeveõnsuste rajamine sarnaneb põhimiste tööoperatsioonide ja tööde korraldamise poolest rõhtsate kaeveõnsuste rajamisega. Erinevused, mis nende rajamisel esinevad, on tingitud ainult nende kallakast asendist.

### **2. Bremsbergide rajamine.**

Vastavalt ülesannetele jagunevad bremsbergid kapitaalseteks ja kohalikkudeks. Kapitaalsete bremsbergide iga võrdub sagedasti kaevanduse töö kestusega, kuna kohalikkude bremsbergide iga ei ületa 2—3 aastat.

Kallakates kaeveõnsustes on inimeste liiklemine keelatud, kui kaevise transport neis toimub vagonettidega. Inimeste liiklemiseks rajatakse rööbiti nende kaeveõnsustega inimkäigud.

Kui kaevise transpordiks kasutatakse konveiereid, ei ole eriline inimkäik nõutav ja inimeste liiklemiseks jäetakse vähemalt 0,7 m vaba ruumi.

Bremsbergide põikilõike vorm ja mõõtmed võetakse, lähtudes üldistest tingimustest ja põhimõtetest, mis on kehtivad kõikide kaeveõnsuste kohta. Transportööri ja toestiku vahe peab olema vähemalt 0,4 m ühelt poolt ja 0,7 m teiselt poolt.

Kapitaalsete bremsbergide põikilõige võib olla võlvikujuline ja kohalikkudel — trapetsikujuline.

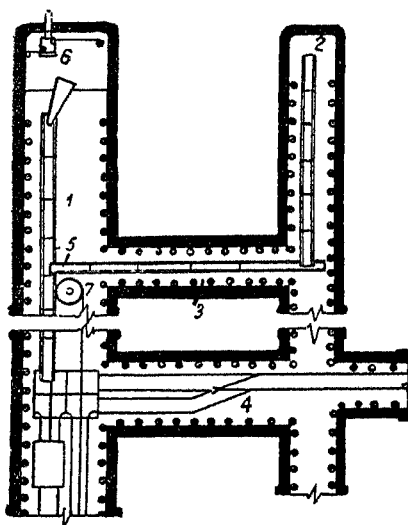
Inimkäigu kõrgus peab olema vähemalt 1,8 m ja laius 1,3—1,5 m

Bremsbergid rajatakse harilikult alt ülespoole ja scepärast peab nende rajamisel kasutama intensiivset tuulutamist. Iseäranis intensiivne peab olema tuulutamine sel juhul, kui kaevanduses eraldub metaani, mis koguneb oma kerguse tõttu ülespoole suunatud esse. Bremsberge rajatakse maavarakihti-pidi ja ka väljatöötatud ala piirides aherkivimites; esimene on tüüpiline lankidega kaevandamise viisi korral ja teine — umbkaevandamisviisi puhul.

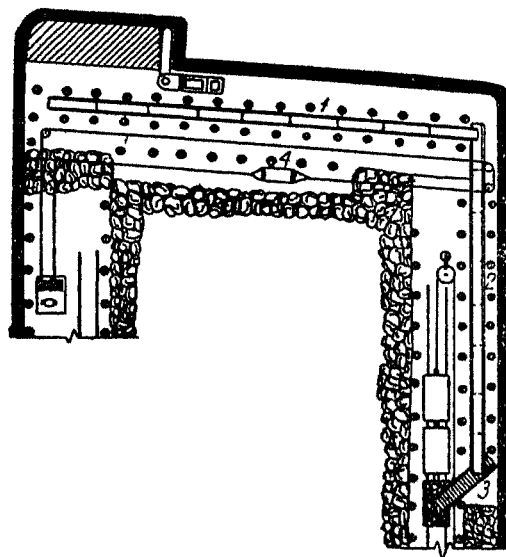
### 3. Bremsbergide rajamine maavarakihis.

Bremsbergide rajamine maavarakihis võib toimuda kitsa eega ja laia eega.

Kui bremsberg rajatakse kitsa eega, siis harilikult süvendatakse põhja samuti kui streki rajamisel.



Joon. 231. Bremsbergi ja inimkäigu rajamine kitsa eega. (Numbrite seletus tekstis.)



Joon 232. Bremsbergi ja inimkäigu rajamine ühise maavarakihi eega. (Numbrite seletus tekstis.)

Maavara- (kivisöe-) kihi väljavõtmine toimub harilikult piikvasaratega. Raskete tuulutamisolude tõttu kasutatakse lõhkamistõid harvem.

Tööde mehhaniseerimiseks kasutatakse lühiesi-soonimismasinaid. Kalalaka asendi tõttu on raskendatud ühe soonimismasina kasutamine mitmes ees.

Maavara transportimiseks eest vagonetini on soovitatav kasutada kraap-transportööri, mille peale juhitakse kaevis üle kivimi ee kallaka renni abil.

Aherkivimi purustamiseks kasutatakse lõhkamistöid, mis ei erine samadest töödest strekkide rajamisel.

Kivimi koristamiseks ja transportimiseks võib heade tagajärgedega kasutada võnktransportööri, mille külge on kinnitatud pardinokk-laadija.

Bremsbergi ja inimkäigu rajamistöõde skeem on näidatud joonisel 231, kus: 1 — bremsberg, 2 — inimkäik, 3 — tuulutustõõr, 4 — vahepealne strekk, 5 — transporttõõr, 6 — soonimismasin, 7 — bremsbergi pidurseib.

Bremsbergi rajamine laia eega võib toimuda inimkäigu ja bremsbergi ühise laiendiga (kui neil on maavarakihi esi ühine) või eraldi olevate laienditega (kui nende vahele jäetakse tervik)

Joonisel 232 on näidatud ühise maavarakihi eega rajamise viis. Bremsbergi ja inimkäigu süvenditest saadud aherkivim paigutatakse ühisesse laiendisse.

Sellel rajamisviisil on hulk paremusi: a) ühine maavarakihi esi võimaldab väiksema arvu mehhanismidega töötamist ja nende täielikumat kasutamist; b) töö organiseerimine on lihtsam; kahe ee kohta on vaja ainult kaks tööliste brigaadi, millest üks töötab maavarakihis ja teine mõlemas aherkivimi ees; d) ka järelevalve on lihtsam.

Ühtlasi peab tähendama, et selle tööviisi puhul on nõutav laiendi tihe täitmine. Vastasel korral tekib lae tunduv ühekülgne rõhumine kaeveõõnsuste toestikule, mis nõuab suuri remondikulusid. Kui täide ei ole tihe, tekib suur õhukadu, mille tagajärjel halveneb tööete tuulutus. Tunduv osa värskest õhust tungib läbi kaeveõõnsuste-vahelise täidetud ala ega jõua koristuseteni.

Maavara lahtimurdmisel tuleb kasutada lühiesi-soonimismasinat või pikkesi-soonimismasinat ja lõhkamistöid.

Maavara transportimiseks asetatakse eesse kraap- või võnktransporttõõr (joon. 232, 1), millelt kaevis juhitakse inimkäigu pervele asetatud teisele konveierile (2) ja sellelt edasi üle renni või ümberlaadija (3) vagonetti. See transportimisviis võimaldab maavara ja aherkivimi eele iseseisvat töötamist.

Aherkivim purustatakse lõhkamistöõdega ja paigutatakse laiendisse kas käsitsi või skreeperi (4) abil. Skreeperit võib kasutada kahepoolse töötamisega.

Parema tuulutuse saavutamiseks on soovitatav kasutada ventilaatorit ja õhutorustikku.

Bremsbergi ja inimkäigu rajamise skeem eraldi asetsevate laienditega on toodud joonisel 233. Selle rajamisviisi puudusteks on:

a) suurema arvu mehhanismide vajadus,

b) peab olema 4 tööliste brigadi,

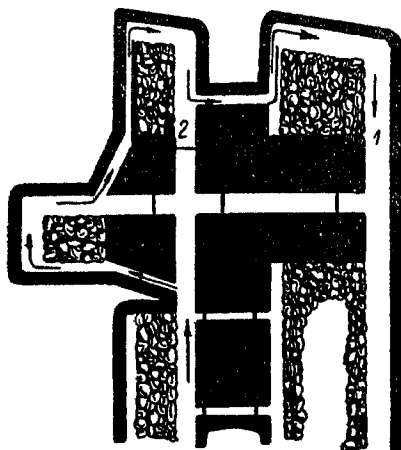
c) järelevalve on keerukas,

d) ühenduslõõride rajamise vajalikkus tuulutamise eesmärgil.

Paremusteks on väiksema surve tekkimine kaeveõõnsuste toestikule ja väiksem õhukadu.

Tööde teostamine ja korraldus ei erine seejuures eespoolkirjeldatust.

Maavara transport ee lähedusest kuni strekini korraldatakse bremsbergide rajamisel transportõõridega või edasipaigutatavate bremsbergiscadiste abil, kui bremsberg on kaheteeline, või streki lähedale asetatud vintsi abil, kui bremsberg on üheteeline.



Joon. 233. Bremsbergi ja inimkäigu rajamine laiade eraldi etega: 1 — bremsberg, 2 — inimkäik.

#### 4. Bremsbergide rajamine kaevandatud alas.

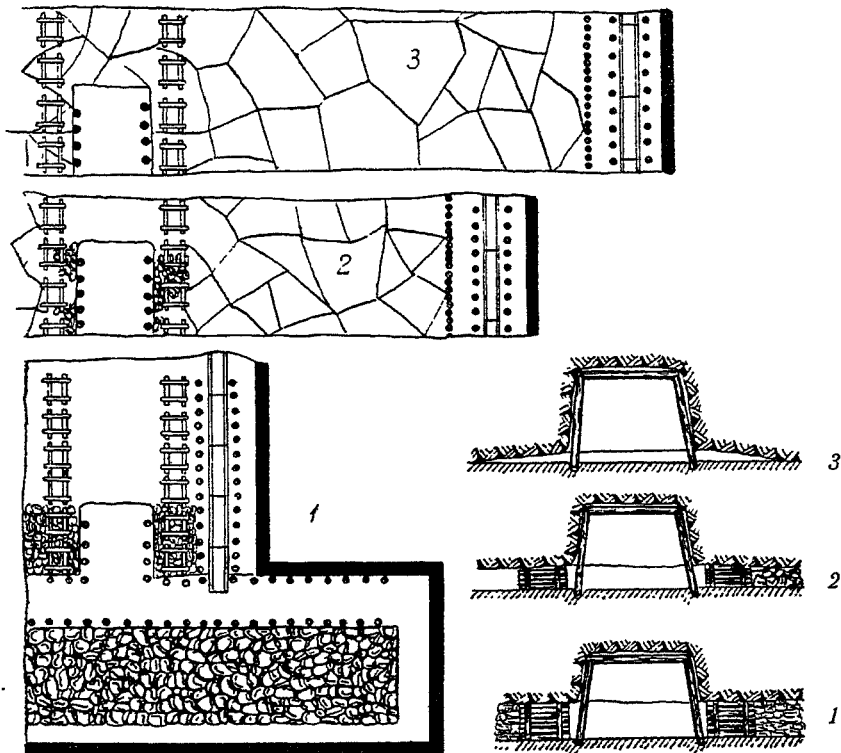
Umbkaevandamisviisi kasutamisel rajatakse bremsbergid väljatöötatud alasse.

Kui koristusesi on ületanud koha, kuhu tuleb rajada bremsberg, asetatakse mõlemale poole rajatavat bremsbergi üks või kaks rida riittoestikku ja alustatakse bremsbergi rajamist, mis seisneb selles, et lõhkamistöõde abil purustatakse lae- või põhjakivimeid vajaliku sügavuseni ja saadud kivim paigutatakse kahle poole kaevandatud ruumi (joon. 234, 1).

Alguses, kui koristusesi on veel lähedal ja lagi ei ole vajunud, edeneb töö kiiresti, kuid koristusee kaugemale liikudes hakkab lagi vajuma ja surub toestiku ikka rohkem kokku, mille tagajärjel bremsbergi rajamise töö raskeneb, sest purustatud kivimi paigutamiseks jääb ikka vähem ruumi (2). Lõpuks surub lagi toestiku peaaegu täielikult kokku (3) ja saadud kivim tuleb laadida vagonettidesse ning viia kaevandusest välja, mis on väga kulukas. Seepärast peab bremsbergide rajamise töid väljatöötatud alas teostama võimalikult kiiresti.

Kui kaevanduses on küllaldaselt reserv-koristusesi, siis võib töö mõneks päevaks katkestada selles koristusees, mille juures rajatakse brems-

bergi, ja korraldada kaevandamist seni reserv-eest, kuni bremsberg on rajatud. Niisugune korraldus võimaldab bremsbergi rajada kiiresti ja odavasti.



Joon. 234. Bremsbergi rajamine kaevandatud alas: 1—3 — kaevandatud ruumi vähenemine.

### 5. Tõstekallakute rajamine.

Tõstekallakud jagunevad samuti kui bremsbergid kapitaalseteks ja kohalikkudeks.

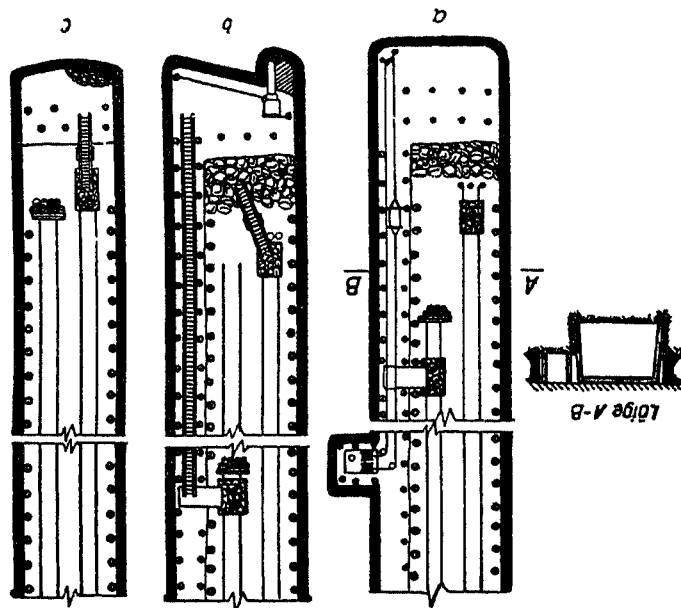
Tõstekallakutega rööbiti rajatakse ka inimkäik ja nende põikilõike vormid ei erine strekkide ja bremsbergide põikilõigetest.

Tõstekallaku rajamistööd maavara ja aherkivimi ees sarnanevad samade töödega strekkide rajamisel.

Maavara lahtimurdmine toimub harilikult lõhkamistööde abil või piikvasaratega. Tööde mehhaniseerimiseks kasutatakse ka soonimismasinat.

Maavara koristamiseks ja vagonetti laadimiseks on soovitatav kasutada skreeperit, laadimismasinat, ümberlaadijat ühes lühikese lint- või kraap konveieriga, mille abil maavara transportitakse vagonetini.

Kivimi lahtimurdmiseks kasutatakse lõhkamistöid. Selleks et võimaldada maavarakihi ja kivimi etes iseseisvat töötamist, on otstarbekohane jätta perv, millele asetatakse konveier või ka skreepersedeldis.



Joon. 235. Tõstekallaku rajamise skeemid.

Joonisel 235 on toodud kolm tõstekallaku rajamistöde skeemi. Esi- mese (a) skeemi kohaselt murtakse maavara ja aherkivim lahti lõhkamis- töödega. Aherkivim koristatakse käsitsi vagonetti, kuna maavara samal ajal toimetatakse pervele asetatud skreeperi abil teisel rööbasteel asuvasse vagonetti.

Teise (b) skeemi kohaselt kasutatakse maavarakihi ees soonimismasi- nat ja maavara toimetatakse eest vagonetini konveieri abil, mis on ase- tatud pervele. Kivim murtakse lahti lõhkamistödega ja laaditakse vago- netti, kasutades ümberlaadijat.

Kolmanda (c) skeemi kohaselt murtakse maavara ja aherkivim lahti lõhkamistödega ja laaditakse nad järjekorras vagonetti, kasutades ümber- laadijat. Viimane chitatakse pika konstruktsiooniga ja lauge tõusuga, eriti tõstekallakute rajamiseks.

Laugete kihtide puhul (kuni 10<sup>0</sup>) tarvitatakse tänapäeval ka laadimis-



masinaid. Samuti kasutatakse kaevis tõstmiseks kraaptransportööri ja mõnikord lühikest, ratastele monteeritud, kõrgete äärtega transportööri, mis pärast täislaadimist vintsi abil streki horisondile tõstetakse ja seal tühjaks lastakse. Seesuguse transportööri maht on kuni 10 tonni.

Tõstekallaku rajamisel peab korraldama määruste kohaselt kaitsevahendid, et vältida võimalikke õnnetusi vagonettide juhusliku lahtipääsemise korral. Samuti peab olema korraldatud nõutav signaliseerimine jm. ettevaatusabinõud.

Tõstekallakute rajamisel ei tekita tuulutamine erilisi raskusi. Tuulutamiseks kasutatakse kohaliku tuulutuse ventilaatorit, mis juhib õhu eesse torude abil.

Kui eesse koguneb vett, mis on harilik nähtus allapoole suunatud kaeveõõnsuste rajamisel, siis asetatakse selle kõrvaldamiseks eesse vastava võimsusega pump.

Pump monteeritakse puust raamile, millega ta nihutatakse kord-kordalt eele järele.

Tõstekallakute keskmine rajamiskiirus kuus kõigub 30—45 m vahel, mida ei saa pidada küllaldaseks. Kaevandustes, kus tõstekallakute rajamisele on osutatud vajalikku tähelepanu ja hoolt, on rajatud kuus 100—150 m.

## 6. Liugude ja lõõride rajamine.

Kui maavarakihi kallakus on küllalt suur, nii et kaevis võib libiseda alla oma raskuse mõjul kas põhja mööda või aluskattel, rajatakse kaevis allalaskmiseks liug. Liud rajatakse alt ülespoole, kitsa eega.

Liud jagatakse tugede ja laudvaheseinte abil kahte või kolme lahtrisse.

Joonisel 236, *a* on kujutatud kahte lahtrisse jaotatud liug, millest üks on määratud kaevis allalaskmiseks ja teine inimeste liiklemiseks.

Joonisel 236, *b* on esitatud kolme lahtrisse jaotatud liug, milledest keskmine on määratud inimeste liiklemiseks ja äärmistest üks maavara ja teine aherkivimi allalaskmiseks.

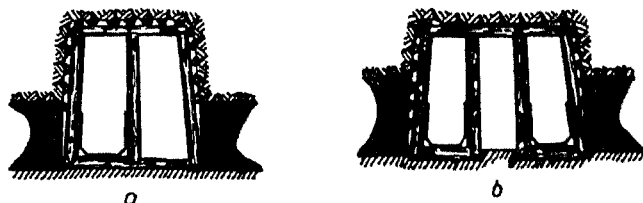
Väiksema kallakusega liugude põhi ja küljed vooderdatakse seest laudadega. Kui kallaknurk on alla  $40^{\circ}$ , siis kaetakse külgvooderduse alumine osa ja põhi tugeva raudplekiga, mis vähendab hõõrdumist.

Toestamiseks kasutatakse täis-lengtoestikku.

Liugude rajamine on lihtne. Maavarakiht murtakse lahti kas lõhkamise abil või piikvasaratega. Kõvemates kihtides kasutatakse enamasti lõhkamistöid. Lahtimurtud kaevis langeb oma raskuse mõjul eest välja

ja libiseb strekini, kus koguneb laudadest tehtud punkrisse, millest ta luugi kaudu vagonetti lastakse.

Aherkivimi lahtimurdmiseks kasutatakse piikvasaraid või lõhkamistöid.



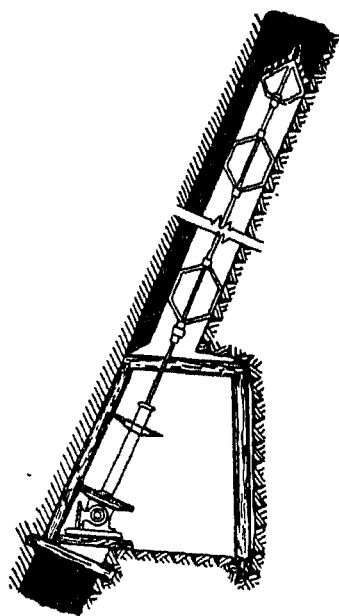
Joon. 236. Liugude põikilõiked.

Enne aherkivimi lahtimurdmist lastakse punkrist kogu maavara välja. Keskmise liugude rajamise kiirus on 40—60 m kuus ja rohkem.

Lõõrid rajatakse ilma süvenditeta ainult maavarakihis. Nende ülesanded võivad olla väga mitmekesised, nagu koristusee ettevalmistamine, tuulutus, veejuhtimine, toetusmaterjali allalaskmine alumistesse kaevöönsustesse, elektrikaablite paigutamine jne.

Lõõride rajamisel kasutatakse maavara lahtimurdmiseks piikvasaraid ja lõhkamistöid, mis võivad toimuda kas soonimisega või ilma selleta. Kui kihid on lauged või kui lõõr rajatakse tuulutamise eesmärgil rõõbiti strekiga, siis kasutatakse kaevise transportiks eest kuni strekini võnktransportööre, skreepereid või kraaptransportööre.

Vertikaalsete ja kallakate ühenduslõõride puurimiseks valmistatakse NSV Liidus leiutatud erilisi puurmasinaid (joon. 237).



Joon. 237. Masin ühenduslõõride puurimiseks

Käesoleval ajal valmistatakse see riaviisi ühenduslõõride puurmasina CBM-3Y, mida iseloomustavad järgmised andmed:

augu maksimaalne diameeter puurimisel 390 mm ja laiendamisel — 850 mm, sügavus kuni 150 m, mootori võimsus 11,4 kW gabariitmõõtmed 1895 × 1170 × 2300 mm, masina kaal ilma puurimisvahenditeta — 2545 kg, puurimiskiirus 15—20 m vahetuses.

## C. Horisontaalsete ja kallakate kaeveõõnsuste toestamine.

### 1. Toestamine puiduga.

Kaeveõõnsuste rajamine rikub seni püsinud tasakaalu kivimites. Kaeveõõnsust ümbritsevad kivimid võivad praguneda, painduda või puruneda ja tungida kaeveõõnsusse, mis ohustab tööliste julgeolekut, rikub transpordivahendite normaalset liiklemist ja tuulutust.

Mainitud ohu kõrvaldamise eesmärgil püstitatakse kaeveõõnsustesse **t o e s t i k**. Toestik peab olema püstitatud õigeaegselt, olema küllalt vastupidav kivimite survele ja vastama kaeveõõnsuse põikilõikele.

Põhimiseks toestusmaterjaliks ettevalmistuskaeveõõnsustes on puit. Okaspuudest kasutatakse peamiselt mäнди, kuuske ja nulgu, lehtpuudest tamme. Puittoestusmaterjal peab olema kuiv ja küllalt jäme, et osutada küllaldast vastupanu kivimite survele. Normaalsetes tingimustes kasutatakse peaveokäikude toestamiseks ümmargust puitu, mille diameeter on 180—200 mm.

Kõige laialdasemalt kasutatakse kaeveõõnsuste toestamiseks mäнди, kuid see on vähem vastupidav ja mädaneb kiiremini kui tamm.

Tamm on suurema vastupidavusega, kuid võrdlemisi kallis toestusmaterjal. Varemalt kasutati tamme ohtlike kohtade ja pika kestusega kaeveõõnsuste toestamiseks. Nüüdsel ajal toestatakse need kaeveõõnsused tamme asemel betooni ja metalliga.

Männipuust kaeveõõnsuse toestiku kestuseks võetakse halbades tingimustes 1 aasta, keskmistes tingimustes 2—4 aastat ja soodsates tingimustes 5—10 aastat. Tamme jaoks tuleb neid arve kaks korda suurendada.

Toestik püstitatakse kaeveõõnsusse kohe pärast purustatud kaevise koristamist ja seinte silumist.

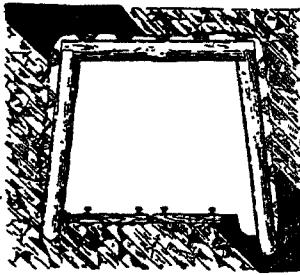
Kivimite surve toestikule ei tarvitse tekkida kohe. Kuid lühikese ajavahemiku järel tekkinud surve suureneb järjekindlalt ja saavutab mõne aja möödudes maksimaalse, nn. esialgse surve suuruse. See nähtus on selektav aja jooksul koormatavate kivimite tugevuse vähenemisega ja nende elastsusega, mis esineb eriti sügavamates paikades. Kivimid, olles ülemiste kihtide raskuse tõttu surutud olekus, saavad pärast kaeveõõnsuse rajamist võimaluse laieneda kaeveõõnsuse poole ja avaldavad toestikule sageli väga suurt survet. Seda nähtust nimetatakse **m ä e r õ h u k s**. Aja jooksul omandavad kivimid uue tasakaalu, mäerõhk väheneb ja muutub konstantseks.

Toestiku valikul peab arvestama seda esialgset survet seal, kus see esineb, vastasel korral võib toestik puruneda isegi siis, kui ta on suure vastupidavusega. Juhul, kui esialgne surve on suur, ei ole mõtet kohe

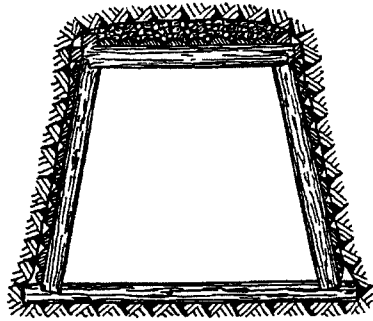
toestada kaeveõõnsust püsiva ja kindla toestikuga, mis võib ikkagi puruneda. Niisugusel korral on kasulikum püstitada algul lihtsam ajutine toestik ja vahetada see pärast esialgse surve möödumist alalise toestikuga. Selleks tuleb kaeveõõnsus rajada mõnevõrra suuremate mõõtmetega, et pärast uut toestamist tema mõõtmed ei osutuks nõutavatest väiksemateks.

Toestiku valikul peab arvestama mitte üksnes esialgset survet, vaid ka esineva surve suunda, mis võib tulla kas laest, külgedelt või põhjast.

Kui surve on suunatud kaeveõõnsuse alt (põhjast) ülespoole, siis kerkib kaeveõõnsuse põhi üles ja tekitab palju raskusi. Seda nähtust nimetatakse põhja pundumiseks, mis esineb juhul, kui kaeveõõnsuse põhja



Joon. 238. Lengtoestik.



Joon. 239. Täislangtoestik

moodustab savi või savikiltkivi. Kui mainitud kivimid niiskuvad vee mõjul, siis suureneb pundumine märksa.

Kui ülemine surve on väike, piisab mõnikord kaeveõõnsuse lae võlvikujuliseks tegemisest või ühe rea tugede püstitamisest ühele või mõlemale poole kaeveõõnsuse külge. Paremaks tugede kinnitamiseks pannakse lae ja tugede vahele kas pindlauad või klotsid.

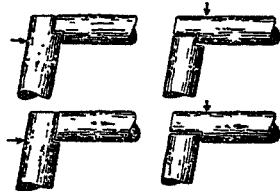
Kui surve kaeveõõnsuse lae poolt on suurem ja küljed on püsivad, siis toestatakse lagi taladega, mille otsad asetatakse seintesse tehtud pesadesse. Kui lagi on praoline või pole küllalt püsiv ja on karta kivimite sissevarisemist talade vahelt, siis kaetakse talade vahe laudade või pindadega, mis tuginevad taladele.

Harilikult kasutatakse kaeveõõnsuste toestamiseks lengtoestikku, mis koosneb üksikutest lengidest. Viimased moodustatakse kahest toest ja talast (joon. 238). Toed asetatakse tala otste alla.

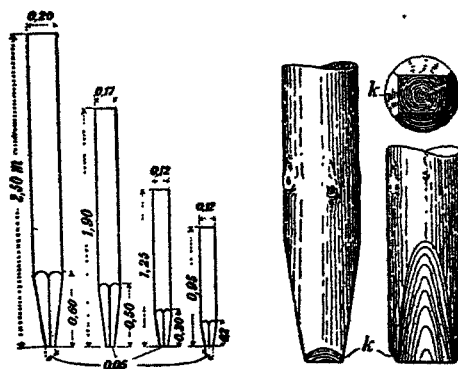
Kui surve lae poolt on suur, püütakse vähendada talade pikkust ja toed asetatakse 75—85°-lise nurga all ülalt koomale. Niisugusel juhul saab kaeveõõnsus trapetsikujulise põikilõike.

Põhja pundumise esinemisel tekib vajadus toetada ka kaeveõõnsuse põhja. Selleks asetatakse põhja peale lengi lävitala, mille otstele paigutatakse lengi toed (joon. 239). Kui küljerõhk puudub, siis asetatakse toed vertikaalselt taladele ja nende ühendamiseks pole vaja teha erilisi sisse-raideid. Säärast toestiku elementi nimetatakse raamiks.

Vastavalt kohalikele tingimustele võib tala ja tuge ühendada mitmel viisil. Kõige sagedamini kasutatakse käppseotist. Seda ühendusviisi võib kasutada nii lae- kui ka küljesurve puhul, muutes vastavalt ühenduse sisse-raide kaju. Joonisel 240 vasakul pool on ühendus küljesurve jaoks ja paremal — laesurve tarvis.



Joon. 240. Käppseotis



Joon. 241. Tugede teritatud otsad.

Pärast kohaleasetamist kinnitatakse leng kiiludega, mis lüüakse lengi nurkadesse lengi ja seinaga ning lengi ja lae vahele. Kohad, kus võib esineda kivimite sissevarisemist lengide vahelt, kaetakse pindlaudadest või lattidest kattega, mis peavad olema asetatud tihedalt vastu lae ja külgedele kivimeid.

Tugede alumised otsad asetatakse selleks tehtud aukudesse, et surve külgedelt ei suruks tugesid sissepoole. Aukude sügavus on põhja kivimite kõvadusest. Kõvemates kivimites tehakse need augud 100 mm sügavad ja pehmemates sügavamad.

Kaugus üksikute lengide vahel on surve suurusest ja kivimi püüdudest ning kõigub 0—2 m vahel. Toestikku, milles lengide vahele jätatakse vahed, nimetatakse sõrendatud toestikuks. Suurte survete ja püüdate kivimite esinemisel kasutatakse vahedeta toestikku, s. t. lengid asetatakse tihedalt üksteise vastu.

Eespoolkirjeldatud toestik on liiga jäik. Suurema esialgse surve esinemisel võib säärane toestik puruneda. Selle ärahoidmiseks kasutatakse

järeleandlikku toestikku, mis esialgse surve puhul võib mõnevõrra vajuda, ilma et oleks karta purunemist, ja edaspidi avaldada alalisele konstantsele survele niisama suurt vastupanu kui harilik puittoestik.

Elastsuse saavutamiseks teritatakse harilikult tugede alumised otsad kiilu-, püramiidi- või pliiatsikujuliselt teravaks. Terituse pikkus oleneb surve suuruselt. See võib olla 1,5—4 korda pikem toe jämedusest (joon. 241).

Surve tagajärjel puruneb toe teritatud ots ja leng surutakse madalamaks ilma sealjuures vigastumata. Pärast teritatud otsa purunemist muutub toestik jäigaks ja täidab oma ülesannet harilikul viisil.

Teritatud otstega tugede kasutamine võimaldab harilikult lengide kokkuvajumist 15—20 cm võrra. Kui lagi vajub esialgse surve mõjul rohkem, siis asetatakse tugede teritatud otsad laiadesse aukudesse ja teritatakse vajaduse puhul teistkordselt, ilma kohalt ära võtmata.

Järeleandlik toestik püsib kirjeldatud tingimustes mitu korda kauemini kui jääk toestik.

Bremsbergide ja tõstekallakute harilik toestik ei erine palju strekkide toestikust. Neid toestatakse samuti lengidega, mis paigutatakse risti kaeveõõnsuse teljega, vastavalt kallakusele.

Liud toestatakse harilikult raamidega: vastu põrandat ja lage asetatakse lõhki saetud või ümmargused talad ja nende vahele lüüakse kolm tuge — üks keskele ja kaks otseste. Keskmiste tugede rida jagab liu kahte lahtrisse, milledest üks jäetakse inimkäiguks, teine kaevisse allalaskmiseks, kusjuures tal vooderdatakse põhi, küljed ja lagi laudadega.

Lühikest aega püsivad ühendus- ja tuulutustõõrid toestatakse tuge-dega (propsidega). Pikemat aega püsivad vähemtähtsad kaeveõõnsused toestatakse tuge-dega, mille alla (vastu lage) asetatakse tugevad pindlauad või lõhkisaetud talad — poolpalgid ehk pindplangud.

Aja jooksul kaeveõõnsuste toestik kas murdub kivimite survele või mädaneb ja teda tuleb osaliselt või täies ulatuses asendada uuega. Eeskirjade kohaselt peab kaevanduse andministratsioon perioodiliselt korraldama toestiku järelevaatust ja tema puhastamist hallitusest ning tolmust.

Toestiku kestvuse suurendamiseks immutatakse puitmaterjali eriliste vedelikkudega. Aineid, millega võib puitu immutada, on väga palju, kuid nad jagunevad kahte suurde gruppi: 1) anorgaaniliste soolade lahused ja 2) fenooli sisaldavad vedelikud.

Sooladest tarvitatakse immutamiseks klooritsinki, vasevitrioli ja fluori-soolasid. Fenooliühenditest kasutatakse kreosooti, karboliineumi, fenolaati, põlevkiviõli jne.

Kõige parema immutamiseviisi kohaselt imetakse mahlad ja vesi enne immutamist hõrendatud õhuga autoklaavis puidust välja ja immutatakse siis surve all. Puitmaterjali immutamiseks peavad olema erilised, selleks valmistatud hermeetilised katlad ja seadised.

Immutatud puitmaterjalist toestik peab tunduvalt kauem vastu kui immutamata, kuid siiski muutub ta pikema aja vältel kõlbmatuks. Seepärast peab järjekindlalt ja põhjalikult kontrollima kaeveõõnsuste toestiku kõlblikkust; iga sügavalt mädanenud tugi või raam tuleb viibimata kõrvaldada ja asendada uuega. Selle tingimuse mittetäitmise tagajärjel võib esineda lae kivimite ulatuslikke sissevarisemisi kaeveõõnsustesse, mis takistab kaevanduse tööd ja toob tunduvat kahju.

## 2. Tellised ja kivimid.

Kaeveõõnsuste toestamiseks kasutatakse harilikult põletatud ehitustelliseid mõõtmetega  $250 \times 120 \times 65$  mm.

Põletamise taseme poolest jagatakse tellised kolme liiki: klaasistumiseni põletatud, harilikud ja nõrgalt põletatud (klaasistunud, punased ja valkjaspunased).

Klaasistunud tellised on kõvad, kuid löögi mõjul murduvad kergesti. Neid kasutatakse harilikult kivitoestiku alusmüürides.

Nõrgalt põletatud tellised on vähevastupidavad ja seepärast kasutatakse neid kaevanduste toetusmaterjalina väga harva.

Kõige sagedamini kasutatakse kaevandustes hästi põletatud punaseid telliseid, mis kaevanduste tingimustes on vastupidavad. Harilikud ehitustellised jagatakse survetugevuse järgi õhukuivas olekus kolme sorti: I sort —  $200 \text{ kg/cm}^2$ , II sort —  $120 \text{ kg/cm}^2$  ja III sort —  $90 \text{ kg/cm}^2$ . Toetusmaterjalina on šahtides soovitatav kasutada I sordi telliseid.

Toestamiseks kasutatakse ka kivimaterjali, mis saadakse kaeveõõnsuste rajamisel. Harilikult on see kivimaterjal lubjakivi või liivakivi. Sellest kivimaterjalist laotakse toestik üles kas lubi- või tsementmördil.

Tähtsamate kohtade toestamiseks kasutatakse sageli kunstlikke kive, mida harilikult valmistatakse betoonist. Vahel armeeritakse need kivid rauaga ja siis võib neid nimetada raudbetoonkivideks.

Ühe kuupmeetri seina ülesseadmiseks läheb  $0,75\text{--}0,85 \text{ m}^3$  betoonkive ja  $0,15\text{--}0,25 \text{ m}^3$  mörtil. Suuremate kivide puhul kulub mörtil vähem.

Betoonkivid valmistatakse betoonist margiga  $R_{28} = 110$  (mis tähendab, et selle betooni survetugevus 28 päeva järel pärast valmistamist on  $110 \text{ kg/cm}^2$  kohta).

### 3. Tsemendid ja betoon.

Sideained jagatakse õhus kivistuvateks ja hüdraulilisteks, mis kivistuvad nii õhus kui ka vee all.

Esimesse gruppi kuuluvad lubi ja kips, teise — hüdrauliline lubi, romaan-tsement, portland-tsement ja mitnesugused erilised tsemendid.

Lubi saadakse lubjakivi põletamisel, milles on vähemal määral savi. Põletamisel peab püüdma võimalikult kogu süsihappegaasi kõrvaldada, mille tagajärjel saame veevaba kaltsiumoksüüdi ehk kustutamata lubja.

Kustutamata lubi ühineb kergesti veega ja olenevalt vee hulgest muutub kas pulbri- või taigasarnaseks.

Kustutamata lubja ei või hoida laos kauemat aega, sest ta võtab endasse õhust niiskust ja süsihappegaasi ning muutub tarvitamiskõlbmatuks. Kustutatud lubja võib hoida pikemat aega.

Kustutatud lubjast ja liivast valmistatakse vee lisamisel lubimört, mis kivistudes omab survetugevust kuni 30—40 kg/cm<sup>2</sup>.

Portland-tsement on laialdaselt kasutatav sideaine. Tema valmistamiseks kasutatakse kas merglit või lubjakivi ja savi segu kindlates vahekordades ning põletatakse seda erilistes ahjudes kuni paakumiseni. Saadud materjal peeneks jahvatatult ongi tsement.

Tsemendi ja vee taigasarnane segu hakkab üsna kiiresti kivistuma, seepärast peab teda kasutama kohe pärast valmistamist. Harilik portland-tsement peab tehniliste nõuete kohaselt kivistuma hakkama mitte hiljem kui 12 tunni ja mitte varem kui 30 minuti pärast, arvates segu valmistamisest. Kivistumisprotsess on pikaldane. Tsemendi kõvadust määratakse 28 ööpäeva järel pärast tsemendi segamist liiva ja veega vahekorras 1 : 3. Selle aja möödudes on hariliku portland-tsemendi survetugevus 150 kg/cm<sup>2</sup> ja rohkem. Kivistumine kiireneb vee soojuse tõstmisega ja muutub aeglasemaks temperatuuri alanemisega. Temperatuuri alanemisel kuni —10° kivistumisprotsess lõpeb.

Kaevandustes tarvitatakse harilikult portland-tsementi. Erilistes oludes kasutatakse kiiresti kivistuvaid erilisi tsemendisorte. Nende tsementide kivistumine algab 1—2 tunni järel pärast veega segamist ja lõpeb 6—8 tunni möödudes.

Betoon on tsemendi, liiva, killustiku või kruusa ja vee segu. Betooni koostis võib olla mitmesugune, nagu 1 : 2 : 3; 1 : 2 : 4; 1 : 3 : 4; 1 : 3 : 5 jne. Arvud tähendavad järjekorras tsemendi, liiva ja kruusa (killustiku) mahtude vahetorda segus.

Liiv peab olema puhas, ilma orgaaniliste ainete ja mulla ning savi



sisalduseta. Eelistada tuleb kvartslüiva. Killustik või kruus peavad olema kõvadest kivimitest, terasuurusega 5—50 mm.

Tsemendisalduse poolest jagatakse betoonid rasvasteks ja lahjadeks. Betooni nimetatakse rasvaseks, kui tsemendi maht mördisegus ületab 15% võrra liivateradevahelise tühjuse mahu.

Kaevõõnsuste toestamiseks kasutatakse harilikult tihedaid rasvaseid ja normaalseid betoone.

Raudbetooniks nimetatakse betooni, millesse on asetatud rauast armatuur või karkass. Alguses püstitatakse metallist sõrestik (karkass) ja seejärel täidetakse sõrestiku vahed tihedalt betooniga.

Raudbetooniga kindlustatakse kapitaalsete kaevõõnsuste ohtlikke kohti, kui toestikus võivad esineda tõmbejõud.

Torkretbetooniks nimetatakse betoonkrohvi, mis heidetakse suruõhu jõul vastava pursketoru kaudu krohvitava toestiku või kaevõõnsuse seinte peale. Peeneteraline vedel betoon, kattes tiheda kihina puittoestikku, muudab ta tule- ja mädanemiskindlaks. Torkretbetooniga kaetud kaevõõnsuse seinad ei porsu ning muutuvad õhukindlaks.

#### 4. Betoon-, raudbetoon- ja kivitoestik.

Tellistest, looduslikest kividest ja betoonplokkidest püstitatakse kaarekujulise võlviga toestik, mille seinad on harilikult vertikaalsed. Seinte alla tehakse kindel vundament. Kivi- ja betoontoestiku vormid ühtivad (joon. 203 ja 204).

Kivitoestiku võlv ehitatakse šabloonidel, mis enne kindlalt kohale paigutatakse. Toestikumüüri ja õõnsuse seinte ning lae vahele jääb vahe, mis pärast läidetakse lahja betooniga. Tellisseinte paksuseks võetakse üks, poolteist ja kaks tellist. Võlvi keskmiseks paksuseks on poolteist tellist.

Betoontoestikku kasutatakse sagedamini kui kivitoestikku. Betoon valatakse raketise ja kivimist seinte vahele ning tambitakse hästi kokku. Betoontoestiku paksus on 18—40 cm, harva paksem.

Raudbetoonitoestikku võib kasutada mitmesuguste kaevõõnsuste toestamiseks.

Armatuuri jaoks kasutatakse 8—12-mm-se jämedusega raudvarbu, mis paigutatakse üksteisest 10—35 cm kaugusele betooni sisse, kohtadesse, kus on oodata tõmbepingeid.

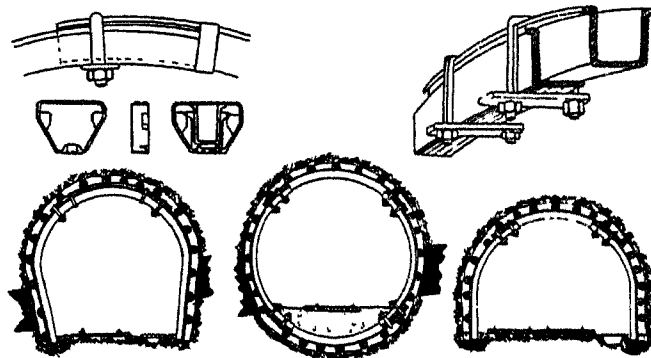
Viimasel ajal on Donbassis levinud eriline toestik, mis koosneb õõnsatest raudbetoonitudedest ja -taladest. Toed ja talad sarnanevad puidust valmistatutega ja nad püstitatakse ka nii nagu puidust lengid.

Selle toestikuga soovitatakse kindlustada esmajoones väljaviivaid tuulutuskaeveõõnsusi ja ka teisi kaeveõõnsusi, kus ei esine suurt küljesurvet ja põhja pundumist.

Sõjajärgsel viisaastakul on ette nähtud kindlustada Donbassis selle toestusmaterjaliga 600—650 km kaeveõõnsusi.

#### 4. Metalltoestik.

Kaeveõõnsuste toestamiseks kasutatakse viimasel ajal ikka sagedamini metalltoestikku. Metalltoestik püsib kaua ja vajab seejuures ainult vähesel määral remonti. Metalltoestik on tunduvalt kallim kui puittoestik, kuid eksploatatsioonitingimuste paranemine ja remondikulude järsk alane mine katavad need esialgsed suuremad kulud.



Joon. 242. Kaarekujuline metalltoestik.

Metalltoestik võib olla väga mitmesuguses vormis. Parimaks võib pidada kaarekujulist vormi, mis kõige paremini avaldab vastupanu kivimite survele laest ja külgedelt.

Lihtne ja tugev metalltoestik rõhtsate ja kallakate kaeveõõnsuste jaoks on näidatud joonisel 242.

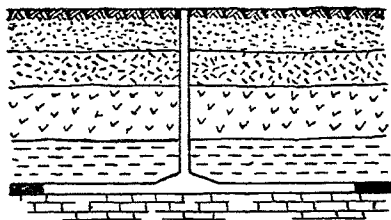
### D. Šahti õue ja kambrite rajamine.

#### 1. Üldmõisted.

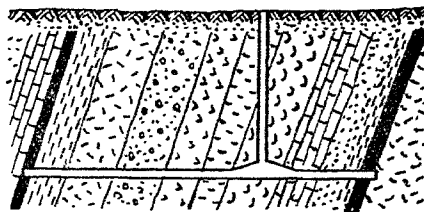
Kui šaht on rajatud vajaliku sügavuseni, alustatakse šahti õue rajamist. Sumba moodustamiseks süvendatakse šaht mõne meetri võrra alla poole šahti õue taset.

Kui šaht on määratud ühe kihi ekspluateerimiseks, siis rajatakse šaht harilikult kuni kihi läbimiseni ja šahti õu paigutatakse kihi rõhtsuunas. Niisugusel juhul areneb šahti õu otseselt strekiks (joon. 243).

Kui šaht on määratud kihtide rühma ekspluateerimiseks, siis paigutatakse šahti õu harilikult risti kihtide rõhtsuunaga ja tema pikendus areneb kveršlagiks (joon. 244).



Joon. 243. Kihi rõhtsuunas paigutatud šahti õu.



Joon. 244. Kihtide rõhtsuunaga risti paigutatud šahti õu.

Šahti lähedale ehitatakse kõik vajalikud kambrid, nagu pumbaruum, elektrialajaama ruum, ooteruum, veduridepoo, veekoguja jt. (joon. 27).

Šahti õue suurus (mõõtmed) oleneb tööde iseloomust ja hulgast, mida tehakse šahti õues. Kambrite mõõtmed olenevad masinate mõõtmetest, mis nendesse asetatakse, või nende kasutamise iseloomust.

Šahti õu ja tema juures olevad kambrid peavad püsima pikka aega ja seepärast toestatakse neid harilikult betooniga või muu kivimaterjaliga; seejuures võib lagi olla kas võlvikujuline või lame.

## 2. Šahti õue rajamine.

Šahti õuel peavad olema ühinemiskohal šahtiga tunduvalt suuremad põikimõõtmed kui mujal. See tähtis ühenduskoht peab võimaldama ohutut ja ladusat töötamist täite vagonettide tühjendamisel või tühjadega vahetamisel, inimeste ülestõstmisel ja allalaskmisel, materjalide ja seadeldiste kohaletoimetamisel.

Šahti õue suudme laius võrdub harilikult šahti diameetriga või täisnurkse šahti pika küljega ja kõrgus peab võimaldama pikkade esemete (rööpad, torud, toetusmaterjal) šahti toimetamist.

Šahti õue suudme kõrgus arvutatakse välja järgmiselt (joon. 245):

$$d = C_1 \sin \alpha; \quad h = (C - C_1) \cos \alpha; \quad \frac{d^2}{C_1^2} + \frac{h^2}{(C - C_1)^2} = 1;$$

$$h^2 = (C - C_1)^2 \left(1 - \frac{d^2}{C_1^2}\right); \quad h = \frac{C - C_1}{C_1} \sqrt{C_1^2 - d^2}.$$

Sümbolite tähendused:

$C$  — kõige pikem šahti toimetatav ese;

$d$  — šahti diameeter või kitsas külj;

$h$  — šahti õue suudme kõrgus.

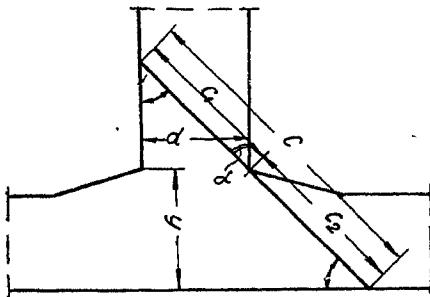
Šahti õue suudme kõrgus peab võrduma pika eseme ja suudme serva ordinaadi löikepunkti maksimaalse tõusu kõrgusega eseme šahti laskmisel, millejuures  $C_1 = \sqrt[3]{Cd^2}$ .

Harilikult võetakse šahti õue suudme kõrguseks puittoestiku puhul 3—3,5 m ja betoontoestiku kasutamisel 3,5—4 m.

Kui šaht toestatakse puiduga, kindlustatakse ülemine osa 2—3 m kõrguseni tulevase šahti õue laest

ja asetatakse tugev tammeprussidest alusrake allapoole šahti õue põrandat. Alusrakke peale püstitatakse prussidest valmistatud suudmeraam ja seejärel toestatakse šaht ülaltpoolt seda raami. Pärast seda alustatakse šahti õue rajamist.

Alguses tehakse võimalikult vähe lõhkamistöid ja kasutatakse selleks madalaid (0,5—0,7 m) lõhkeauke ning väikesi laenguid, mis



Joon. 245. Skeem šahti õue suudme kõrguse arvutamiseks.

on suutelised tekitama ainult pragusid.

Kui esi on jõudnud šahtist kaugemale, töölatakse edasi harilikul viisil.

Kui šaht on toestatud puiduga, siis toestatakse ka šahti õu puiduga.

Ringikujulise põikilõikega šahti toestiku viimane tugirõngas paigutatakse 8—10 m kõrgemale tulevases šahti õue horisondist (tasemest). Sellest allapoole kuni sumbani kasutatakse alguses ainult ajutist toestikku.

Šahti õue põranda kõrgusele asetatakse tugev ajutine puidust töölava, millelt alustatakse šahti õue rajamist ja kaevisse ülestõstmist.

Kui šahti õu rajatakse maavarakihti-pidi, mis harilikult on pehmem tema naaberkihtidest, siis alustatakse rajamist maavara-(kivisõe-, põlevkivi-) kihi väljavõtmisega. Maavarakiht võetakse välja šahti õue laiuselt 8—10 m kauguseni.

Alguses töötatakse ilma lõhkeaineid kasutamata käsitsi või piikvasaratega. Ee kaugenedes šahtist kasutatakse kaevisse transportimiseks transportööre.

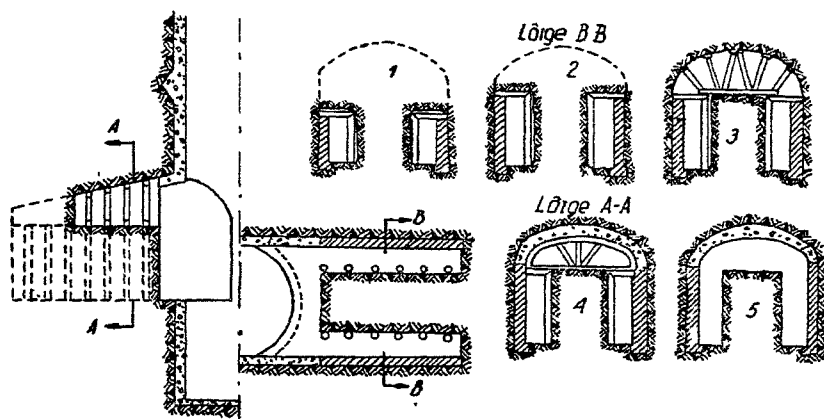
Lagi toestatakse ajutiselt poolpalgist tala alla asetatud tugeodega.

Kui maavarakiht on määratud kauguseni välja võetud, alustatakse

naaberkihtide väljavõtmist šahti õue suudme mõõtmete piirideni, kusjuures alguses kasutatakse võimalikult väikesi lõhkeainelaenguid.

Kui šahti õu on 8—10 m ulatuses rajatud, püstitatakse šabloonid ja toestatakse see osa betooniga või raudbetooniga järjekorras õue eest šahti poole. Ühtlasi toestatakse siis ka šahti toestamata osa.

Juhul, kui šahti õu tuleb ehitada vähepüsivates kivimites, toestatakse šahti alumine osa enne šahti õue suudme rajamist alalise betoontoestikuga. Toestamata jäetakse ainult šahti õue suudmete kohad.



Joon. 246 Šahti õue suudme rajamine vähepüsivates kivimites

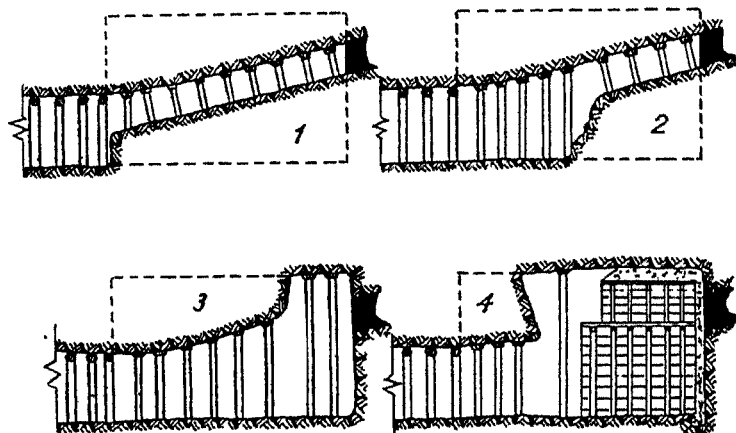
Šahti õue suudme rajamist alustatakse siis kahe iseseisva, 1,5—1,6 m laiuse ja 1,8—2 m kõrguse eega, millede vahele jäetakse tervik (joon. 246, 1). Nende õõnsuste välimised küljed, mis moodustavad rajatava šahti õue suudme seinad, toestatakse betoonist, betoonkividest või tellistest müüridega ja sisemised küljed — ajutise toestikuga. Seejärel kõrgeandatakse neid õõnsusi kuni suudme seinte osa kõrguseni ja toestatakse endiselt (2). Edasi töötatakse välja võlviosa (3) ja toestatakse betoonvõlviga (4).

Kui võlv on kivistunud, kõrvaldatakse šabloonvormid ja võetakse välja tervik (5).

### 3. Kambrite rajamine.

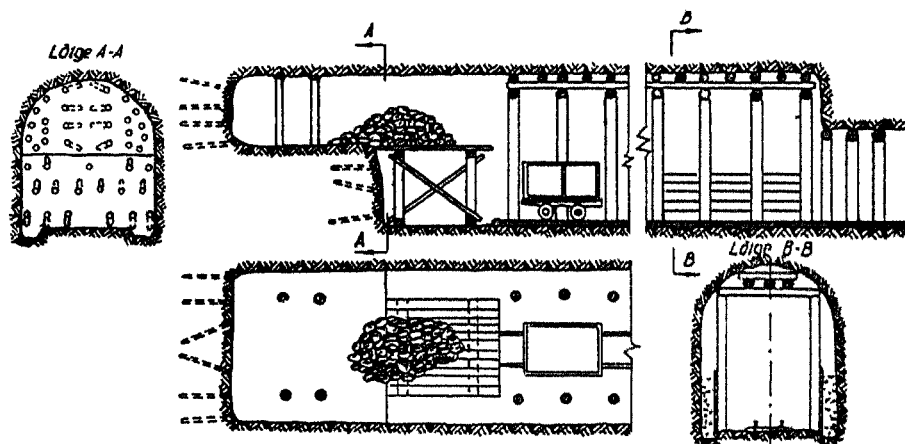
Suurem osa kambreid seadeldiste ja masinate paigutamiseks rajatakse põikimõõtmetega, mis ei ületa harilike kaeveõõnsuste põikimõõtmeid ja seepärast ei erine nende rajamine millegagi harilike kaeveõõnsuste rajamisest. Ainult mõned kambrid (pumbaruum, elektri-alajaam) omavad põikilõiget kuni 25 m<sup>2</sup> ja enam.

Nende kaeveõnsuste rajamine, millede põikilõige ületab 12—16 m<sup>2</sup>, on tunduvalt keerukam ja nõuab eriliste töömeetodite kasutamist.



Joon. 247 Kambri rajamine.

Kui kambri rajamise kohta läbib maavara-(kivisõe-) kiht, siis toimatakse järgmiselt. Kõigepealt võetakse välja maavarakiht kogu kambri



Joon. 248. Kambri rajamine ühtlastes püsivamates kivimites.

pinna ulatuses ja kaevandatud ala toestatakse harilikul viisil propsidest tugelega (joon. 247, 1). Seejärel kaevandatakse põhjakivim ja kaeveõnsus toestatakse uue ajutise toestikuga (2).

Kui kambri põhjale on antud asend, mis vastab projektile, alustatakse lae väljatöötamist (harilikult tagant ettepoole). Lae väljatöötamist

toimetatakse järk-järgult, toetades algul uue, ajutise toestikuga (3), ja kohe, kui ruum lubab, püstitatakse šabloonid ning toestatakse väljatöötatud osa betooniga (4).

Kambri rajamisel ühtlases kivimis kasutatakse astmelist ett (joon. 248). Esi jagatakse harilikult kahte horisontaalsesse ossa, nii et ülemine aste võtab enda alla 35—40% kambri põikilõike pinnast ja alumine — 60—65%. See jagamine tehakse põhimõttel, et mõlemas astmes oleks tööde maht võrdne.

Et tööd mõlemas astmes võiksid toimuda iseseisvalt, töötatakse ülemise astme 4—6-m-se eelnevusega.

Lõhkeaukude asetus ja lõhkamistööd mõlemas astmes ei erine harilikest lõhkamistööst, mis on kirjeldatud eespool, lõhkamistööst. Joonisel 248 on toodud lõhkeaukude asetuse skeemid alumises ja ülemises astmes.

Alumises astmes võib lõhkeauke puurida ka ülalt alla, mis võimaldab seal nii puurimise kui ka kivimi koristamise üheaegset teostamist.

Toestamisviis on näidatud joonisel 248.

## SAHTIDE RAJAMINE.

### A. Üldmõisted.

Nagu eespool märgitud, toimub kasuliku kaevise leiukoha avamine harilikult kahe šahtiga: tõste- ja tuulutussahtiga.

Tõstesahti peamiseks ülesandeks on võimaldada kaevise maa peale tõstmist. Peale selle kasutatakse teda ka värsket õhu kaevandusse juhtimiseks ja veekõrvaldamistorude ning elektrikaablite paigutamiseks.

Tuulutussahti kaudu toimub rikutud õhu väljajuhtimine kaevandusest, inimeste allalaskmine ja ülestõstmine, toetus- ja muu materjali allalaskmine. Tuulutussaht varustatakse ka tõsteseadmetega ja vajaduse korral kasutatakse teda aherkivimi ülestõstmiseks või täitematerjali allalaskmiseks.

Mõlemad šahtid jagatakse vastavate ülesannetega lahtriteks. Nii on harilikult igas šahtis tõste-, redelite jne. lahter (joon. 10 ja 11).

Sahtide põikilõike tüüpilisteks vormideks on täisnurkne nelinurk ja ring. Põikilõike vormi valik oleneb šahti ülesandest, ettenähtud kasutamisaajast ja läbitavate kivimite füüsikalise-mehhaanilistest omadustest (kovad, pudedad jt.).

Täisnurkse põikilõikega šahti toetusmaterjaliks kasutatakse harilikult puitu ja mõnikord ka metalli. Selle vormi kasutamine oleneb aga kivimite surve suurusel, mis omakorda sõltub kivimi püsivusest ja šahti sügavusest. Kui šahtid on sügavad ja läbivad vähepüsivaid kihte, on surve suur, puittoestik osutub nõrgaks ja ühtlasi ka šahtide põikilõike täisnurkne vorm kõlbmatuks.

Puittoestiku iga on piiratud, harva ületab see 8-12 aastat. Ka remondikulud kasvavad progressiivselt vanusega.

Metalltoestikku kasutatakse pikema eaga ja suurema tootlikkusega maagikaevanduste šahtides, kus kivimid on võrdlemisi kõvad. Šahti seinetkattena kasutatakse siis raudbetoonplaate.



Ringikujulise põikilõike korral võib šahte toetada püsiva materjaliga (kivid, metall, betoon), mille vastupidavus ei ole praktiliselt piiratud ka kõige raskemates tingimustes. Samuti ei vaja see toetus harilikult ka jooksvat remonti.

Teisi võimalikke põikilõike vorme kasutatakse harva, erijuhtudel ja nende toetuseks tarvitatakse harilikult betooni või raudbetooni.

Lahtritesse jaotamisel ja tõstevahendite paigutamisel saab kõige täielikumalt kasutada täisnurkse põikilõikega šahti seesmist ruumi. Kui märkida täisnurkse põikilõikega šahti seesmise ruumi kasutamist arvuga 1 (s. t. on täielikult kasutatud), siis ellipsikujulisel on see arv 1:1,27 ja ringikujulisel 1:1,3.

Tähendab, ühesuuruse kasuliku pinna saamiseks tuleb ringikujulise põikilõikega šahti rajamisel teha kaevetöid 30% võrra rohkem kui täisnurkse puhul.

Võrdse põikilõikega pinna korral takistab puittoestikuga (täisnurkne) šaht rohkem õhuvoolu kui kivi-, raud- või betoontoestikuga šaht.

Šahti rajamistöid on kergem teha ringikujulises ees, kasutades ühte tsentraalset loodi, kuna täisnurkses ees on nurkade loodimine ja väljatõõtamine tunduvalt tülikam.

Pikemaelistele ja vähempüsivaid kivimeid läbivatele šahtidele antakse ringikujuline põikilõige. Lühemaelistele ja püsivaid kivimeid läbivatele šahtidele (maagikaevandustes) antakse sageli täisnurkne põikilõige.

Šahti põikilõike mõõtmed olenevad ühelt poolt tõstevahendite mõõtmetest ja arvust ning teiselt poolt kaevanduse tuulutamiseks vajaliku õhu läbilaskmise vajadusest, kusjuures õhuvoolu kiirus ei tohi ületada:

- 1) šahtides, kus tõstetakse inimesi ja kaevist — 8 m/sek.,
- 2) šahtides, kus tõstetakse ainult kaevist — 12 m/sek.,
- 3) tuulutussahtides, milles ei ole tõstevahendeid — 15 m/sek.

Kui šaht on puittoestikuga, siis ei tohi tõstuki (kong, skipp) ja toestiku vahe olla väiksem kui 200 mm. Kivi- ja metalltoestiku korral võib see vahe olla 150 mm; kui aga kasutatakse puitvahetalasid (põiktugesid), siis ei tohi vahe olla väiksem kui 200 mm.

Kahe tõstuki vahe ei tohi olla väiksem kui 200 mm.

Redelite lahtri vahelae avade mõõtmed peavad olema: redeli laiuse suunas vähemalt 0,6 m ja teine külj — 0,7 m. Redeli alumise otsa ja seinavahe ei tohi olla alla 0,6 m, redeli maksimaalne kaldenurk 80°, redeli pikkus — 4 m.

Šahti põikilõige saadakse graafilisel teel, kandes joonisele vastavalt nõuetele kõik tõstukid ja vajalikud lahtrid täpsete mõõtmetega.

Saadud mõõtmised kontrollitakse ja kohandatakse õhu läbilaskmise tingimustega. Kui õhu kiirus ületab lubatud kiiruse, peab šahti põikilõiget suurendama.

Nõukogude Liidu söetööstuses on kasutusele võetud järgmiste mõõtmega šahtitüübid.

Ringikujuliste põikilõigetega šahtid:

Tüübid	Sisediaameeter m
I	4,5
II	5,0
III	5,5
IV	6,0
V	6,5
VI	7,0
VII	7,5
VIII	8,0

Täisnurksete põikilõigetega šahtid:

Tüübid	Sisemõõtmised m
I	2,95 × 2,0
II	4,0 × 5,0
III	4,0 × 5,0

Šahti põikilõike kindlaksmääramisega seadmete järgi saadakse šahti sisemõõtmised. Siis leitakse toestiku paksus vastavalt valitud toestusmaterjalile ja see lisatakse sisemõõtmeile juurde. Nii saadakse šahti välismõõtmised ehk rajamise põikilõige, mis on aluseks tööde mahu väljaarvutamisel.

Et šahti seinad kivimis on ebatasased, siis suureneb seetõttu mõnevõrra tegelik kaevise hulk, mis on 3—5% suurem arvutusel saadavast kaevise hulgast. Seepärast peab arvutusel saadud kaevise hulka 3—5% võrra suurendama.

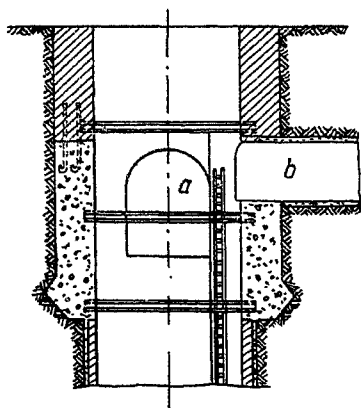
## B. Šahtide rajamine harilikes oludes.

### 1. Üldandmed.

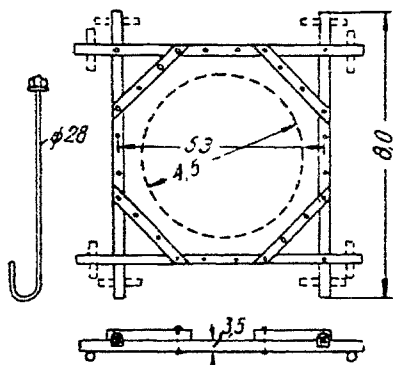
Enne šahti rajamistöode algust peab lõpetama kõik ettevalmistustööd, hankima vajalikud masinad ja materjalid. Samuti peab valmis olema juurdesõidutee, vesivarustus, energiavarustus, laohooned, laoplatsid ja elamispiind töölisele. Ka peab selge olema, kuhu paigutada šahti rajamisel saadav aherkivim ja kuhu juhtida väljapumbatav vesi.

Kõigepealt rajatakse ja toestatakse šahti ülemine osa 10—15 m sügavuseni, mida nimetatakse šahti suudmeks ehk suuks (joon. 249). Šahti

suudme toestik, nn. „šahti krae”, peab olema tugev kahel põhjusel: esiteks sellepärast, et pealmised maapinnakihid on vähepüsivad, ja teiseks — see



Joon. 249. Šahti suue: *a* — õhusoojenduskalorifeeri viiv kanal, *b* — tagavara-väljapääs.

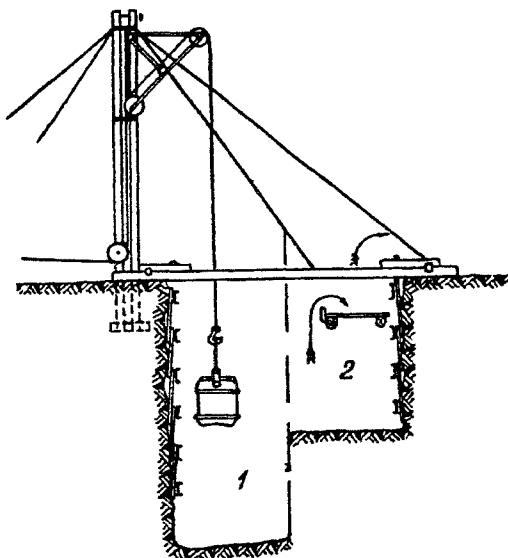


Joon. 250. Šabloonraam.

toestik peab kandma sageli ka šahti tõstetorni ning muid ehitisi. Harilikult kasutatakse šahti suudme toestamiseks betooni ja kivi. Puiduga toestatavate šahtide suudmed peavad olema vähemalt 10 m sügavuseni toetatud tulekindla materjaliga.

Šahti suudme sulgemiseks peavad olema lahti- ja kinnikäivad raudluugid, mis suletakse tulekahju puhul. Allapoole luuke ehitatakse tagavarakäik (joon. 249, *b*), mis väljub maa peale mitte lähemal kui 8 m šahti pealisehitusest. Seda käiku kasutatakse ka värsket õhu juhtimiseks kaevandusse.

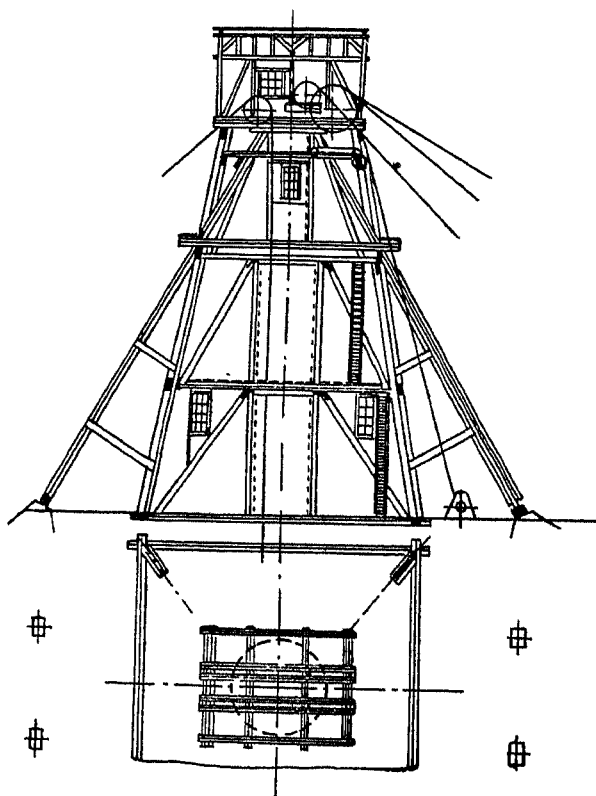
Et külmal aastaajal kaitsta šahti jäätumisest, ehitatakse šahti juurde õhusoojenduseaeldis — kalorifeer, kust soojendatud õhk juhitakse erilise kanali (*a*) kaudu šahti (joon. 249).



Joon. 251. Kivimi tõstmise skeem šahti suudme rajamisel: *1* — tõstmine toobriga, *2* — käsitsi väljaloopimine lava kasutamiseega.

Tuulutussahti suudmest juhitakse tuulutuskanal ventilaatorihoonesse. Sahti suudme rajamiseks asetatakse alguses maa peale ja kinnitatakse kohale ajutine šabloonraam (joon. 250), mille sisemised mõõtmed on sahti rajamismõõtmete suuruseks. Šabloonraami abil kontrollitakse loodidega sahti rajamise mõõtmeid ja tema külge kinnitatakse ajutine toestik.

Alguses töötatakse pehmetes pinnakihtides labidatega, kõblastega, piikvasaratega ja suruõhu-labidatega. Lahtikaevatud kivim visatakse labidatega august välja kuni 2 m sügavuseni. Kui tõstmine ei ole mehhaniseeritud, võib kuni 6 m sügavuseni lavalt lavale üles loopida, kusjuures lavad asetatakse 1,6–2 m üksteisest kõrgemale.



Joon. 252 Sahti rajamise tõstetorn.

Lavade kasutamisel on tööviljakus madal ja seepärast on otstarbekohasem kasutada mehaanilisi derrikkraanasid ja teisi kohapeal ehitatud tõsteseadeldisi. Nende asemel võib kasutada ka liikuvaid kraanasid.

Kaevis laaditakse labidatega tõstetoobritesse ja tõstetakse üles, kus toobrid tühjendatakse ja uuesti alla las-

takse täitmiseks (joon. 251). Seinad toestatakse ajutise toestikuga.

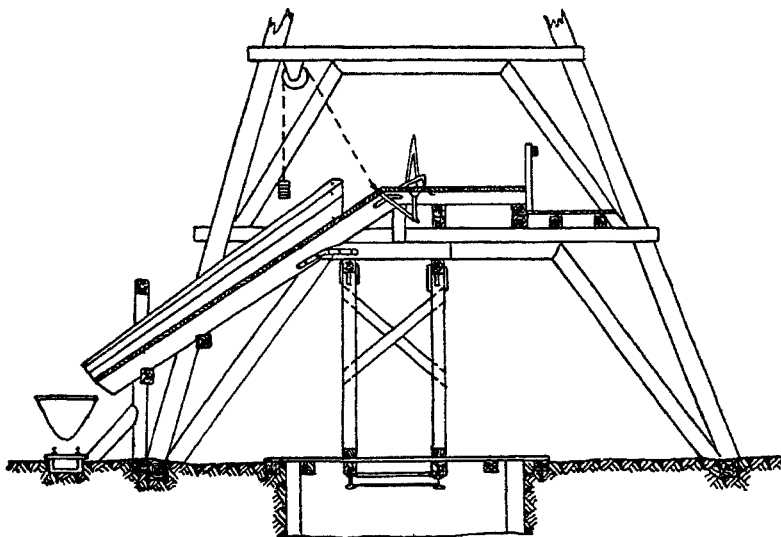
Kui vett ei ole palju, kasutatakse vee tõstmiseks tõstetoobreid. Üks tööline ammutab ämbriga madalamast kohast vett ja valab tõstetoobrisse kaevisse hulka. Kui vett koguneb rohkemal hulgal, siis kasutatakse pum-  
pasid.

Sahti suue rajatakse kuni kõvemate kivimiteni, siis tehakse laiend tugirõnga jaoks ja püstitatakse alaline toestik.

Kui šahti suudme alaline toestik on püstitatud, asetatakse šahti suudmele avapealne rajamisraam ja ehitatakse ajutine tõstetorn (joon. 252). Šahti suue kaetakse tugeva laudpõrandaga, millesse tehakse kinnikäivad luugid tõstetoobrite, redelite lahtri ja pumpade jaoks.

Tõstetorni ülemisse ossa paigutatakse tõstekõite rattad. Viimasel ajal kasutatakse metallist kokkumonteeritavaid rajamise tõstetorne, mis toetuvad väljapoole šahti suudme toestikku ega sega selle ehitamist.

Tõstetoobrite tühjendamiseks ehitatakse 4–5 m suudme (maapinna) tasemest kõrgemale tühjenduslava, mis varustatakse tõstelahtri kohal



Joon 253 Tõstetoobrite tühjendamise lava

tugevate luukidega tõstetoobrite läbilaskmiseks. Tühjenduslava üks äär on kallak ja lõpeb renniga. Tõstetoobri tühjendamisel, mis toimub ümberkallutamiseega, variseb kaevis lava kallakat äärt mööda alla ja juhitakse renni otsa alla paigutatud vagonetti, millega ta määratud kohta veetakse (joon. 253). Kaevis äraveoks kasutatakse kallutatavaid vagonette.

Edasine šahti rajamine kõvemates kivimites koosneb kolmest peamisest tööst: 1) puurimine ja lõhkamine, 2) purustatud kivimite koristamine ja 3) toestamine.

Nende põhimiste tööde teostamine on seotud niisama tähtsate abitöödega, nagu tõstmine, tuulutus, vee kõrvaldamine, valgustus jm.

## 2. Puurimine ja lõhkamine.

Lõhkeaukude puurimiseks kasutatakse harilikult raskemaid suruõhukäsipuurasaraid OM-506 raskusega 27 kg, ПА-23 raskusega 23 kg, ja teisi.

Üheaegselt ees töötavate puurvasarate arv oleneb ee pinnast (suurusest) ja mõningal määral ka kivimite kõvadusest. Praktika andmetel peetakse soovitavaks võtta iga 3,5—4,5 m<sup>2</sup> ee pinna kohta üks puurvasar. Näiteks kui šahti põikilõige on 35 m<sup>2</sup>, siis puuritakse ees üheaegselt 8—10 puurvasaraga. Töö kindlustamiseks varustatakse puurijad sama arvu varuvasaratega.

Lõhkeaukude arv ees oleneb kivimite kõvadusest ja kõigub 1—2 lõhkeaugu vahel 1 m<sup>2</sup> ee pinna kohta.

Lõhkeaukude arvu määramiseks võib kasutada järgmist valemit:

$$N = \frac{qS}{\gamma},$$

kus  $S$  — ee pind m<sup>2</sup>;

$q$  — lõhkeaine erikulu kg/m<sup>3</sup> antud kivimi purustamiseks (vt. tabel 24);

$\gamma$  — lõhkeaine hulk kilogrammides 1 jooksva meetri lõhkeaugu kohta (vt. tabel 39).

Tabel 39

Lõhkeaine	Lõhkeaine optimaalne tihedus	Lõhkeaine hulk ( $\gamma$ ) kg ühe jm. lõhkeaugu kohta
Dünaamiit, 62%-line . . . . .	1,35—1,4	0,87—0,70
Teraline dinaftaliit nr. 1 . . . . .	1,05—1,1	0,52—0,55
Antigrisuutne ammoniit nr. 8 . . . . .	1,05	0,52—0,50
Antigrisuutne ammoniit III/1 . . . . .	1,10	0,55
Ammoniit nr. 6 . . . . .	1,05	0,52
Ammoniit nr. 7 . . . . .	1,10	0,55

Lõhkeaukude arv väheneb mõnevõrra nende sügavuse suurenemisega. Kui aukude sügavus on 2 m ja rohkem, siis nende arv ees peaaegu ei muutu ja muutumist ei tarvitse arvestada.

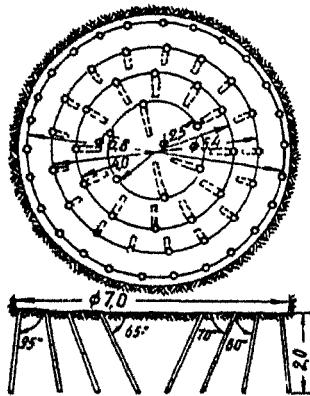
Arvutused näitavad, et kõige kasulikum lõhkeaukude sügavus kõigub 2,5—3,5 m vahel. Šahtide rajamise praktikas kasutatakse auke sügavusega 1,5—3,0 m. Kõige sagedam ja tüüpilisem aukude sügavus on praktikas 2—2,5 m.

Aukude puurimise aeg šahti rajamise tsüklis moodustab ligikaudu

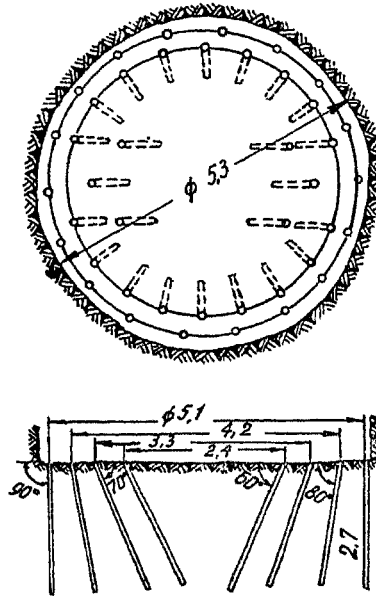
15% ajast, mis on vajalik tsükli teostamiseks. Kõige rohkem aega nõudev on purustatud kivimi käsitsi koristamine, milleks kulub 65—75% kogu ajast.

Lõhkeaukude paigutamisel tuleb arvestada neid juhiseid, mis on toodud selle raamatu lõhkamistöde osas.

Ringikujulise põikilõike ja laugete kihtide puhul asetatakse lõhkeaugud kontsentriliste ringidena (joon. 254). Keskelt esimesse ringi on tehtud algmurde-lõhkeaugud, millede ülesandeks on tekitada sissemurde ja moodustada teine vaba pind järelmurde-lõhkeaukude ringi töö kergenda-



Joon. 254. Lõhkeaukude paigutus ringikujulise põikilõikega šahti ees.



Joon. 255. Lõhkeaukude paigutus šahti rajamisel järskudes kihtides.

damiseks. Algmurde augud, arvult 6—8, suunatakse 55—60° kallakuga šahti põhjale.

Teise ringi moodustavad 10—12 auku, mille kallak šahti põhjale võetakse keskmiselt 75°. Kolmandasse ringi paigutatakse 16—18 auku, kallakuga keskmiselt 80°.

Viimase ringi moodustavad kontuuraugud, mille ülesanne on anda rajatavale šahtile tema rajamismõõtmed (välismõõtmed). Kontuuraugud suunatakse kas vertikaalselt või väikese kallakuga väljapoole, et ära hoida rajamismõõtmete vähenemist kõvades kivimites.

Kontuuraukude arv kõigub 18—30 vahel. Pehme kivimite ja väiksema põikilõike korral asetatakse lõhkeaugud kolme ringi.

Analüüsidest šahtide rajamise praktilisi andmeid selgub, et aukude arvud ringides suhtuvad, alates algnurde ringist, nagu 1:2:3:4 ja kolme ringi puhul nagu 1:2:3.

Nende ringide diameetrid võib võtta keskmiselt (samas järjekorras) 0,35; 0,6; 0,8; 0,95 šahti rajamise diameetrist. Kolme ringi puhul on see vahekord 0,45 : 0,75 : 0,95.

Lõhkeaukude paigutamisel peab hoolega jälgima, et ei esineks vigu. Iseäranis hoolsat paigutamist nõuavad kontuuraugud, sest iga üleliigselt väljapoole asetatud auk suurendab põhjendamatu purustatud kivimi kogust ja sellega seoses olevate tööde hulka ning toetamismaterjali üleliigset kulu.

Samuti tekib ebaseaduslik ja üleliigset tööd, kui lõhkamistöõde tulemused ei anna mõnes paigas vajalikke mõõtmeid kontuuraukude liigse sissepoole paigutamise tõttu. Siis tekib vajadus täiendavalt puurida ja lõhata.

Mainitud puuduste ärahoidmiseks toimitakse järgmiselt: algul lastakse eesse tsentraalne lood, märgitakse ee tsentrum ja puuritakse sellesse 10—15 cm sügavune auk, millesse asetatakse vai. Siis mõõdetakse vaiale toetudes šablooniga lõhkeaukude ringid ja märgitakse aukude

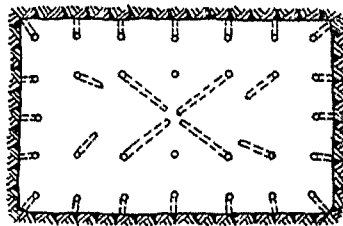
paigutus värvilise kriidiga ning pärast seda alustatakse puurimist.

Järskude kihtide korral ei ole lõhkeaukude asetuse ringidena sobiv. Siis asetatakse augud vastavalt kihtide kallakusele ja ainult kontuuraugud moodustavad ringi (joon. 255).

Täisnurkse põikilõikega šahti rajamisel kasutatakse neid lõhkeaukude paigutusviise, mida on kirjeldatud lõhkamistöõde osas. Joonisel 256 on toodud üks sagedamini kasutatavaid aukude asetuse skeeme.

Kui puudub kohalik praktika, siis kasutatakse esialgseks laengute suuruse arvutamiseks lõhkamistöõde osas kirjeldatud valemit.

Enne laengute süütamist tõstetakse kõik masinad ja seadeldised eest üles ohutusse kõrgusse. Töölised eemaldatakse mitte ainult šahtist, vaid ka tõstetorni-alusest ruumist.



Joon. 256. Lõhkeaukude paigutus täisnurkse põikilõikega šahti ees.



Süütamiseks kasutatakse ainult elektrivoolu, mida võetakse harilikult valgustusvõrgust. Pärast lõhkamist kõrvaldatakse lõhkeainest tekkinud gaasid šahtist intensiivse tuulutamisega.

### 3. Tuulutamine.

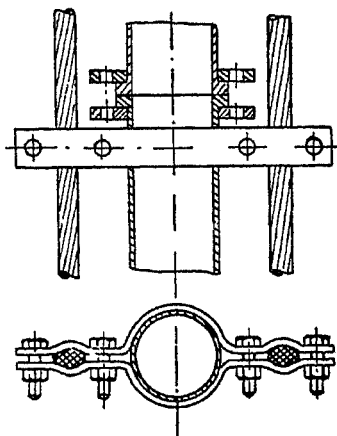
Tuulutamiseks kasutatakse ventilaatoreid jõudlusega 400—600 m<sup>3</sup> minutis, mis arendavad 40—100-mm-sele veesambale vastavat survet. Ventilaator asetatakse maa peale tõstetorni lähedusse või selle alla ja värske õhk juhitakse torude kaudu eesse.

Torud valmistatakse plekist, diameetriga 400—600 mm ja pikkusega 2,4—4 m, ning ühendatakse flanšide ja poltide abil.

Tuulutustorusid võib kinnitada toestiku külge või asetada kõite abil rippuma. Teine viis on sobivam, sest siis on hõlpus torusid ülalt juurde jätkata ja ee edasi liikudes vajalikul määral järele lasta.

Torud kinnitatakse klambritega kahe rööbiti asetatud kõie vahele (joon. 257).

Mõnikord kasutatakse tuulutamiseks kahte ventilaatorit. Siis lõpeb teine tuulutustorustik esimesest kõrgemal ja selle ventilaator töötab imevalt, juhtides rikutud õhu torustiku kaudu šahtist välja. Šahti ee tuulutamiseks pärast lõhkamist arvestatakse aega 15—30 minutit.



Joon. 257. Tuulutustorustiku kinnitamine rippvasse asendisse.

### 4. Kivimi koristamine.

Purustatud kivimi eest kõrvaldamine nõuab kõige rohkem tööjõudu ja aega, võrreldes teiste šahti rajamisel esinevate töödega.

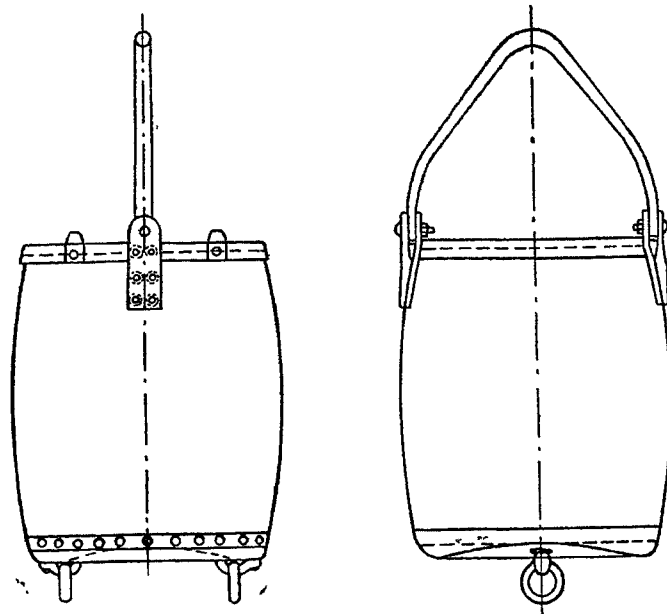
Pärast lõhkamistööd, enne tööliste laskmist šahti, peab hoolikalt kontrollima, kas ajutine toestik, šahti seinad ja rippuvad seadeldised on ohutus seisukorras ja kas seadeldistele või toestikule pole tekkinud rikkeid. Ühtlasi lastakse pumbad alla ja kõrvaldatakse eest vesi.

Kui šaht on seatud ohutusse korda, võib alustada kaevisse koristamist.

Käsitsi koristamisel tõstetakse (laaditakse) purustatud kivim labidatega tõstetoobritesse. Suuremad tükid tõstetakse kätega ja väga suured tükid purustatakse vasara ja kiilu abil või suruõhu-piikvasaraga. Kõvemat kivimite korral puuritakse suurtesse tükkidesse lisaaugud ja purus-

tatakse lõhkeainega. Kuid see nõuab koristustöö katkestamist ja seepärast tuleb lõhkamistöde korraldamisel asetada nõutaval määral lõhkeauke, et vältida suurte tükkide esinemist.

Labidaga võtmise kergendamiseks kasutatakse tihti plekkplaatte suurusega  $500 \times 500$  mm ja paksusega 4—6 mm. Plaat asetatakse madalamasse kohta ja üks tööline tõmbab kõplaga kaevist plaadile, kuna teine võtab sealt labidaga ja paneb tõstetoobrisse.



Joon. 258. Tõstetoober.

Koristamise kiirendamise eesmärgil püütakse essee paigutada üheaegselt rohkem töölisi, kuid ruumipuudusel takistab see tööd. Normaalseks võib pidada, kui iga töölise kohta on  $2 \text{ m}^2$  ee pinda. Praktikas kõigub see arv  $1\text{--}3 \text{ m}^2$  iga töölise kohta.

Nüüd kasutatakse kivimi koristamiseks sügavamates šahtides NSV Liidus esimesena konstrueeritud suruõhuga töötavaid erilisi greifereid.

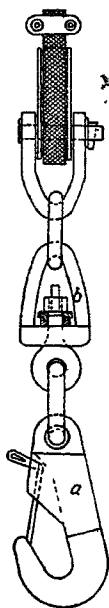
Tõstetoobrid (joon. 258) valmistatakse metallist, mahuga  $1\text{--}1,5 \text{ m}^3$ . Väiksemate šahtide rajamisel kasutatakse ka  $0,5\text{-m}^3$ -se mahuga toobreid.

Kõrged tõstetoobrid ei ole soovitatavad. Kõrgeletõstmine vähendab tunduvalt kaevuri tööviljakust. Normaalseks kõrguseks on  $1\text{--}1,2 \text{ m}$ . Tõstetoobrid peavad olema valmistatud ohutustehnika reeglite kohaselt.

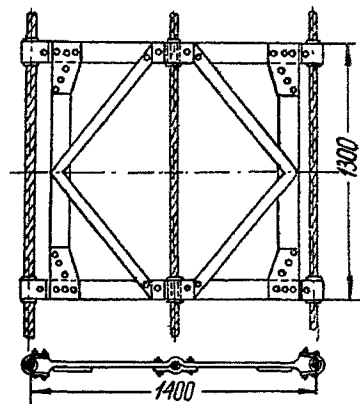
Koristamise normiks on 2,7—3,5 m<sup>3</sup> kivimit massiivis ühe töölise kohta, mida vähendatakse veerohketes šahtides 20% ja enam.

Toobrite tõstmiseks kasutatakse ümraargusi või lamedaid terastraadist kõisi (trosse). Tõstetoobri kinnitamiseks kõie külge tarvitatakse erilist haakeseadist, mis võimaldab kiiret külgekinnitamist ja lahtivõtmist. Üks säärane haakeseadis on näidatud joonisel 259. Konks *a*, millega haagitakse tõstetoobri sang, suletakse automaatselt erilise lingi ja vedru abil, mis ei võimalda sangal konksu küljest juhuslikult lahti libiseda.

Konksust kõrgemale on asetatud pöorel *b*, mis väldib tõstetoobri pöörlemist tõstmise ja allalaskmise ajal (pingutatud tõstekõis pöörleb ja paneb rippuva toobri pöörlema, pöorel aga võimaldab kõie pöörlemist, ilma et toober pöörleks).



Joon. 259. Tõstetoobri haakeseadis: *a* — konks, *b* — pöorel.



Joon. 260. Juhtraam.

Et hoida tõstetoobrit pendeldamast (kõikumast) tõstmise ja allalaskmise ajal, selleks asetatakse tõstetoobri haakeseadise peale vabalt juhtraam (joon. 260), mille keskelt läheb läbi tõstekõis; raam libiseb tõstmise ja allalaskmise ajal kahele poole rööbiti asetatud juhtkõite vahel. Juhtkõite alumised otsad kinnitatakse selleks eelnele asetatud talade külge, ülemised otsad ulatuvad üle tõstetorni asetatud juhtrataste käsivintside trumlitele, mis asuvad šahti lähedal väljaspool tõstetorni. Mainitud vintside abil hoitakse juhtkõied pingul. Šahti süvenemisel paigutatakse kõite pingutamise talasid kord-korralt eele järele.

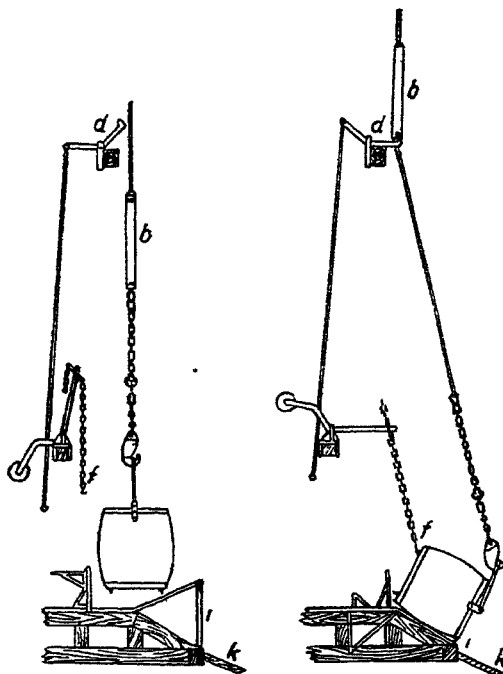
Juhtraam on tõstetoobri tavalise liikumise ajal haakeseadise peal. Kui tõstetoober liigub allapoole, möödudes pingutustaladest, jääb juht-raam talade peale seisma ja toober laskub eesse ilma juhtraamita.

Tõstmist toimetatakse harilikult ühe kõie ja kahe toobriga. Kui tühi toober on lastud eesse, võetakse see konksu küljest lahti ja haagitakse täidetud toober konksule ning antakse signaal tõstmiseks. Kahe kõiega tõst-

misel lastakse samal ajal, kui täidetud toober tõstetakse üles, tühi toober alla. Töö kiirendamiseks kasutatakse kolme toobrit, millest üks on alaliselt ees täitmisel ja kaks liiguvad kõite otsas. Et toobrist midagi välja ei kukuks, ei tohi teda täita ääreni.

Väljatõstetud toobrite tühjendamine on näidatud joonisel 261. Toober tõstetakse alguses tühjenduslava luukidest mõnevõrra kõrgemale ja suletakse luugid. Luuk *l* moodustab suletult lava kallaka külje. Siis haagitakse keti *f* otsas olev konks toobri põhja all oleva rõnga külge.

Kui toober oli seevõrra tõstetud, et konksu oli võimalik haakida nimetatud rõnga külge, siis tõusis juhtraam *b* lingist *d*



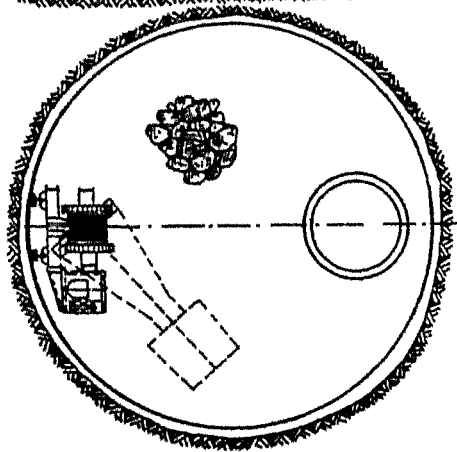
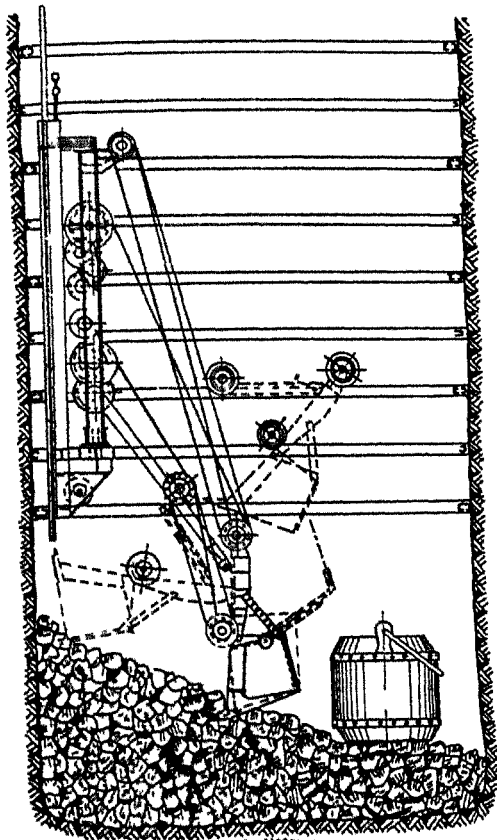
Joon 261. Tõstetoobrite tühjendamine.  
(Tähtede seletus tekstis)

kõrgemale. Toobri tühjendamiseks antakse masinistile signaal toobri allapoole laskmiseks. Kett *f* ei võimalda toobril allapoole laskuda ja kallutab toobri ümber, nii nagu on näidatud joonisel. Juhtraam *b* aga jääb lingi *d* peale, et mitte takistada toobri ümberkallutamist.

Väljakallutatud kaevis libiseb mööda renni *k* kallutatavasse vagonetti, millega ta toimetatakse puistekohta.

## 5. Kivimi koristamine laadimismasinatega.

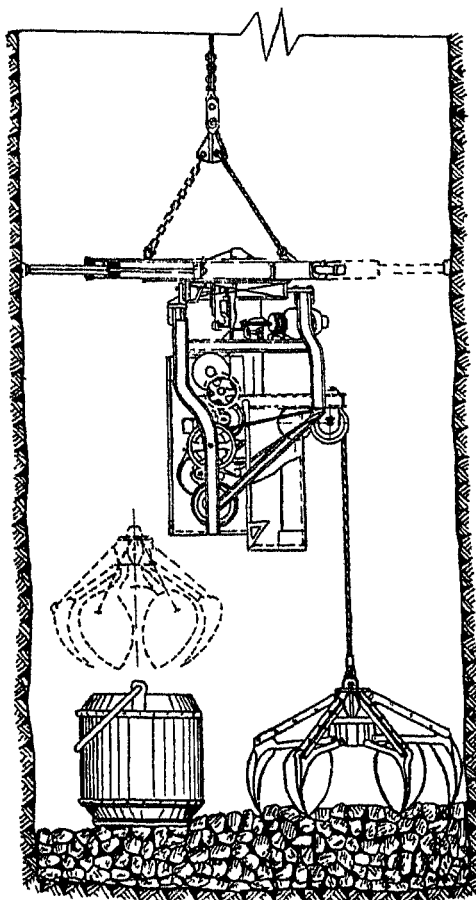
Kivimi koristamine nõuab palju aega ja tööjõudu. Selle töö mehhaniseerimiseks on Nõukogude Liidu konstruktorite poolt esitatud hulk projekte, mille järgi on ehitatud rida katsemasinaid.



Joon 262 Kõpaga süvendusekska-  
vaator ЭР-2

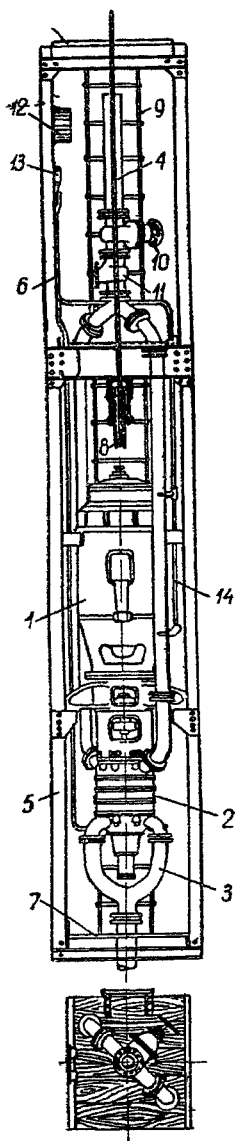
Selle töö tulemusena leiti, et suruõhu-greifer БЧ-1 töötab kõige efektiivsemalt ja nüüd lastakse seda masinat välja seeriaviisi. Tema tootlikkus on 8 m<sup>3</sup>/tunnis, kopa maht — 0,1 m<sup>3</sup> ja masin kaalub 510 kg. Teda kasutatakse heade tagajärgedega.

Tähelepanuväärseteks katsemasinateks osutusid kopa süvendus-



Joon 263. Tsugunovi greiferlaadija

ekskavaator ЭР-2, insener Tsugunovi greiferlaadija, greifer ИИМ-1 ja masin ПГА-2.



Joon 264. Elektrijõul töötava rippuva pumba skeem (Numbrite seletus tekstis)

Esimene neist (joon. 262.) töötas 1939.—1940. a. Donbassis Nikitovkas šahti 4/5 rajamisel.

Et anda ettekujutust töötingimustest, mis on laadimismasinaile vajalikud šahtide rajamiseks, on joonistel 262 ja 263 toodud labidas-süvendusekskavaatori ja greiferlaadija tööskeemid.

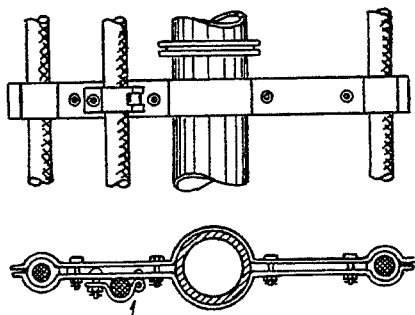
Insener A. F. Tsugunovi greiferlaadijat (joon. 263) prooviti Petrovo-Lidjevka šahti rajamisel Donbassis 1938.—1939. a. Greiferlaadija kopp töötas täiesti rahuldavalt, aga masinas esineb rida olulisi puudusi, mida oli vaja kõrvaldada.

Mõlemad masinad võtavad kopaga šahti põhjast kaevist, tõstavad selle vajalikule kõrgusele ja puistavad tõstetoobrisse, mille abil kaevist šahtist välja tõstetakse.

On loota, et proovitavaist katsemasinaist osutub võimalikuks arendada veel uusi täiuslikumaid süvendamis-laadimismasinaid, mis vastavad kõikidele nõuetele ja kergendavad tõsiselt šahtiehitajate tööd.

## 6. Vee kõrvaldamine ja valgustus šahtide rajamisel.

Vee kõrvaldamine on šahtide rajamisel väga tähtis ülesanne. Vesi raskendab tunduvalt kaevuri tööd ja seepärast peab hoolitsema, et vesi ei koguneks eesse.



Joon. 265. Veetorstiku kinnitamine: 1 — klamber elektrikaabli kinnitamiseks.

Kõige lihtsam on vett kõrvaldada kaevisse tõstetoobrite abil. Samal ajal, kui tõstetoobrit täidetakse kaevisega, võtab üks tööline madalast kohast ämbriga vett ja valab samasse toobrisse. Seda veekõrvaldamisviisi saab kasutada siis, kui vee juurdevool ei ületa 4—5 m<sup>3</sup> tunnis.

Kui vee juurdevool on suurem, kasutatakse vee kõrvaldamiseks rippuvaid elektri- või suruõhupumpasid, mõnikord ka hüdroliifte. Kõige sobivam on kasutada kombineeritud pumpamisviisi: suruõhu- või teist liiki kergete pumpade abil tõstetakse vesi šahti põhjast rippuvasse paaki või erilisse veekogujasse, kust vesi võimsate elektripumpadega maa peale pumpatakse. Kui vee juurdevool on väga suur, siis kasutatakse šahtide rajamisel erilisi viise, mille ülesandeks on vähendada vee juurdevoolu šahti.

Šahtide rajamiseks ehitatakse erilisi kõrgeid ja väikese põikilõikega rippuvaid elektri-süvenduspumpasid. Ohe säärase tsentrifugaalpumba skeem on toodud joonisel 264. Selle seadeldise peamised osad on: vertikaalse võlliga elektrimootor 1, vertikaalse võlliga pump 2, imemistorustik 3, survetorustik 4, metallraam 5 ja 6, alumine ja ülemine plätvorm 7, pumba riputamiskõie ratas 8, redel pumba kontrollimiseks 9, reguleerimisventiil 10, tagasivoolu sulgeklapp 11, ampermeeter 12, manomeeter 13, veetorud mootori jahutamiseks 14.

Imemistoruks kasutatakse painduvat voolikut. Survetorud valmistatakse terasest.

Pumba riputamiseks, tõstmiseks ja allalaskmiseks kasutatakse teraskõit, mille üks ots kinnitatakse tõstetorni ülemisesse ossa, kuna teine asetatakse üle pumba raami külge kinnitatud ratta (joon. 264, 8) ja juhatakse tagasi tõstetorni ülemisesse ossa, kus ta asetatakse üle juhtratta ning kinnitatakse pumbavintsi trumlile, mis asetseb tõstetorni lähedal erilises ruumis.

Kui on vaja pumba tõsta, keritakse kõit vintsi trumlile, allalaskmisel toimitakse vastupidiselt.

Pumba survetorustik kinnitatakse eriliste klambrite abil pumba riputamiskõie harude vahele (joon. 265). Klambrid on torude peale tihedalt kinni tõmmatud. Riputamiskõie harud juhatakse vabalt läbi klambrite otsas olevate avauste. Seepärast rõhub kogu torude kaal pumba raamile; kõite ülesanne on hoida neid püstloodis. Pumbamootori elektrikaabel kinnitatakse samuti mainitud klambrite (1) külge (joon. 265).

Hea valgustus ees tõstab kaevurite tööviljakust ja aitab ära hoida õnnetusi. Šahti ee valgustamiseks kasutatakse harilikult lühtrit, mis koosneb 4—5 150-vatilisest elektrilambist või prožektorist. Peale selle asetatakse iga 40 m peale kogu šahti pikkuses 100-vatilised elektrilambid. Elektrijuhtmeteks kasutatakse hästiisoleeritud kummikaablit.

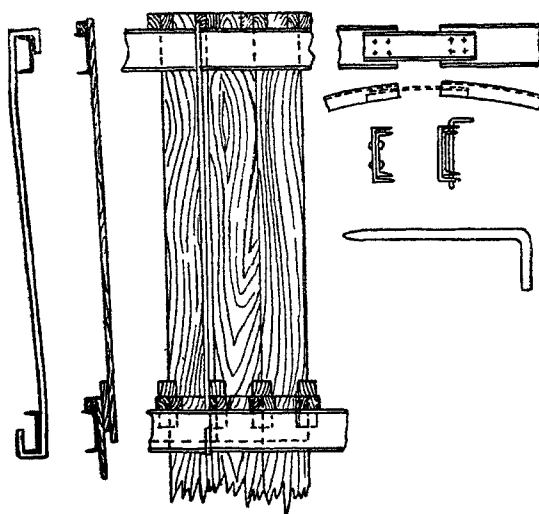
## 7. Ajutine toestik.

Ajutise toestiku ülesandeks on ära hoida šahti seintest kivimitükkide väljavarisemist seni, kuni alaline toestik ei ole veel püstitatud.

Täisnurkse põikilõikega šahtides ajutist toestikku harilikult ei kasutata; neis püstitatakse kohe alaline toestik.

Ringikujulise põikilõikega šahtides kasutatakse ajutise toestikuna karprauast nr. 16 ja 18 valmistatud rõngaid, mis väljastpoolt ümbritsetakse 50 mm paksuste laudade või pindadega.

Rõngad pannakse kokku karbikujuliste ühendusplaatide ja eriliste poltide abil 4—8 segmendist (joon. 226, paremal).



Joon 266. Ajutise toestiku detailid

Esimene rõngas asetatakse ülalpool olevasse alalise toestikku kinnitatud konksudele. Iga järgmine rõngas kinnitatakse ülemise külge eriliste z-kujuliste konksudega (joon. 266, vasakul).

Rõngaste vahe on harilikult 1—1,5 m ja konksude vahe üksteisest 1,2—1,5 m. Et lõhkamistööde ajal rõngad ei viskuks konksude otsast välja, lüüakse rõngaste vahele iga konksu juurde vahe-

tugi, mis muudab rõngaste süsteemi liikumatuks, jäigaks. Rõngaste ja šahti seinte vahele lüüakse puitkiilud. Šahti põhjaosa jäetakse 1,5—2 m kõrguseni harilikult ilma igasuguse toestikuta. Ajutise toestiku järgu pikkus võib olla 30—50 m.

Kui šaht rajatakse kõvades kivimites, kus ei esine tükkide kukkumise ohtu, siis ajutist toestikku ei kasutata ja alaline toestik asetatakse 20—25 m kõrguste järkude kaupa.

## 8. Alaline toestik.

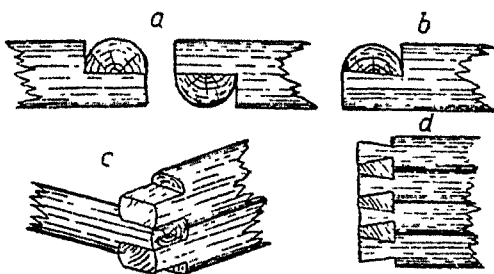
Šahti alalist toestikku võib püstitada:

1) järkude kaupa. Kui šaht on süvendatud 30—50 m, siis lõpetatakse

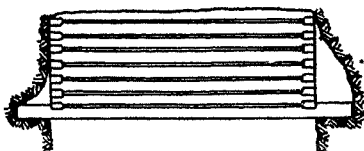


süvendamistööd ja alustatakse toetamist alt ülespoole; pärast toetamist süvendatakse šahti jälle järgmise järgu võrra jne.;

2) üheaegselt süvendamistöödega eri järkudes; šahti süvendatakse alumises järgus ja samal ajal toetatakse eelmist järku ülespoole;

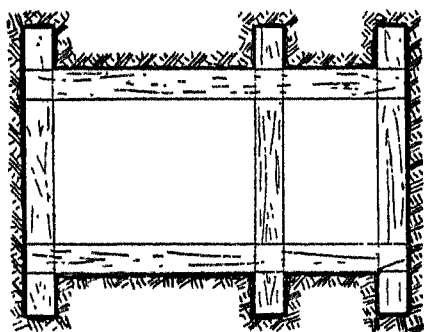


Joon. 267 Rakkepuude ühendusviisid: *a* — poolkäpp, *b* — seotud poolkäpp, *c* — veerandkäpp, *d* — kalasaba.

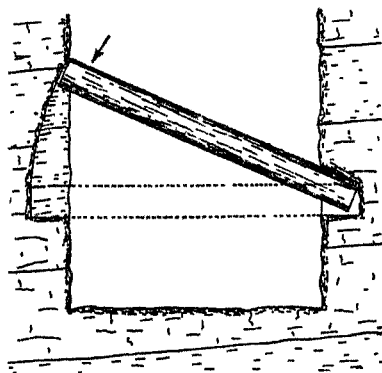


Joon. 268. Šahti vahedeta rake-toestik.

3) ülalt allapoole; siis on toetamistööd vahetult ee lähedal; süvendamis- ja toetamistööd teostatakse üheaegselt või kordamööda samas järgus.



Joon. 269. Alusrake.



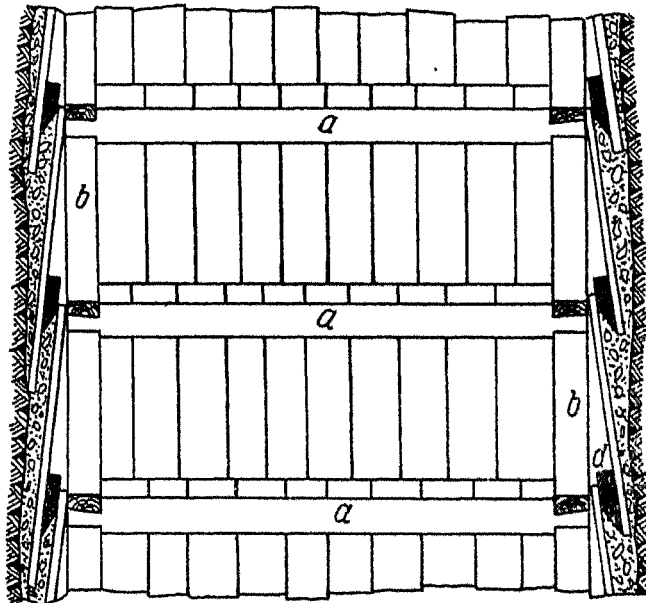
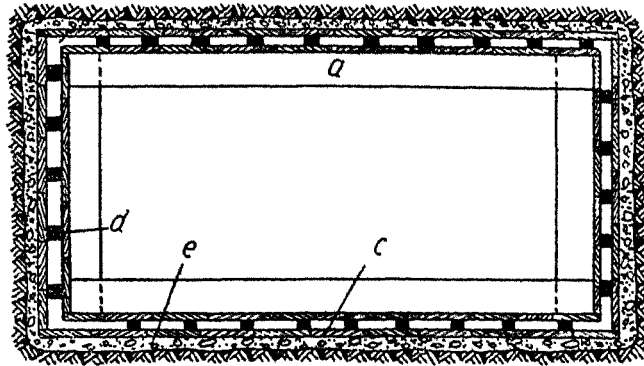
Joon. 270. Alusrakke paigutamine

Esimene toetamisviis on lihtsam ja vajab vähem seadeldisi, kuid tööde järjestikuse teostamise tõttu toimub šahti rajamine aeglasemalt. See tööviis on laialt levinud oma lihtsuse tõttu.

Teine toetamisviis on otstarbekohane siis, kui šaht on sügav, külje-

kivimid on püsivad, vee juurdevool on väike ja šaht on ringikujulise põikilõikega, mille diameter on vähemalt 5,5 m.

Kolmandat toestamisviisi kasutatakse täisnurkse põikilõikega šahti-



Joon. 271. Vahepakkuudele asetatud rakked: *a* - rakked, *b* - vahepakud, *c* - lauad, *d* - kiilud, *e* - täidis.

des, mida tavaliselt toestatakse rippuva puittoestikuga (vahel ka metalltoestikuga), ja ringikujulise põikilõikega šahtide rajamisel, kui kasutatakse ülalt allapoole jätkatavat metalltoestikku.

### a) Puittoestik.

Puiduga toestatakse harilikult täisnurkse põikilõikega šahte. Toestuseks kasutatakse tamme-, männi- ja lehtmännipuud (lärjepuud).

Puittoestiku moodustavad peamiselt rakked, mis koosnevad ümmargustest või poolitatud (lõhkilõigatud) palkidest või kandilistest prussidest, mis ühendatakse lihtsate käpp- või kalasabaseotistega (joon. 267).

Rakkepuude jämedus oleneb šahti põikilõikest ja oodatavast rõhumi-  
sest. Kohtades, kus võib esineda suu-  
rem rõhumine, toestatakse šaht tihe-  
dalt üksteise peale asetatud raketega,  
nn. vahedeta raketoestikuga (j. 268).  
Väiksema rõhumi korral asetatakse  
rakked üksteisest 0,5—1 m kaugu-  
sele ja nende nurkade vahele pai-  
gutatakse vahepakud, millede ots-  
tesse tehakse tapid paremaks kinni-  
tamiseks.

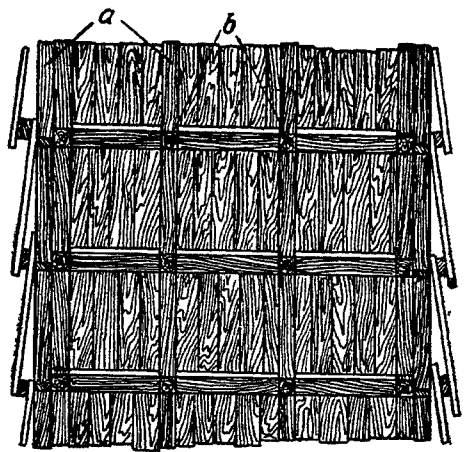
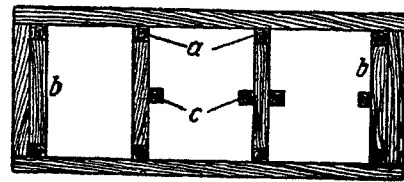
Rakked valmistatakse maa peal  
ja laotakse kokkupassitult üksteise  
peale nii, nagu nad asetatakse šah-  
tis paigale. Pärast hoolikat kokku-  
passimist nummerdatakse rakete  
osad ja lastakse parajal määral  
järjekorras šahti.

Kui šaht on süvendatud ühe  
toestiku järgu võrra (2—5 meetrit),  
katkestatakse rajamistööd ja alus-  
tatakse alt ülespoole toestamist.

Kõigepealt asetatakse alusrake,  
mille lühemad rakkepuud on piken-  
datud nii, et nad ulatuvad oma ots-  
tega šahti seintesse. Otsad asetatakse selleks valmistatud aukudesse  
(joon. 269 ja 270). Alusrakke peale asetatakse teised rakked kuni šahti  
ülemise toestatud osani.

Rakete ja šahti seina vahe täidetakse tihedalt kivimitega. Rakked pea-  
vad olema laotud vertikaalselt, seda tuleb hoolega kontrollida nurka-  
desse paigutatud loodide abil. Samuti kontrollitakse ka rakete diagonaale,  
mis peavad olema võrdsed.

Kui rakked on eraldatud üksteisest vahepakkudega (joon. 271), kae-  
takse raketetägune enne seinte vahe täitmist tihedalt laudadega.



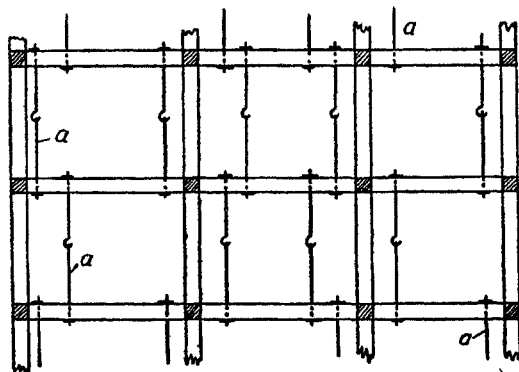
Joon. 272. Šahti armeerimine: *a* — põõn-  
prussid, *b* — põiktoed, *c* — juhtlatid.

Toestamise järel toimetatakse ka nn. šahti armeerimist, mis seisneb selles, et asetatakse põõnprussid *a*, põiktoed (vahetalad) *b* ja juhtmed (juhtlatid) *c* (joon. 272).

Põõnprussideks ehk põõnadeks nimetatakse prusse, mis asetatakse piki šahti vastu pikema külje seinu pikkade rakkepuude tugevdamiseks ja põiktugede kinnitamiseks. Üksikud prussid jätkatakse omavahel kokku erilise hammasetisega ja nad ulatuvad šahti suudmest kuni sumbani.

Põiktoed valmistatakse prussidest ja asetatakse otstega kahe vastaspoolse põõnprussi vahele põiki šahti. Paremaks kinnitamiseks tehakse põiktugede otstesse tapid.

Põõnprussid ja põiktoed jagavad šahti pikuti lahtriteks (tõstelahter ning redelite ehk käigulahter) ja suurendavad toestiku vastupidavust küljekivimite survele.



Joon. 273. Rippuv toestik.

Tõstelahtri põiktugede külge kinnitatakse tõstekongide juhtmed ja redelite lahteris kasutatakse põiktugedid lavade ehitamiseks.

Raketega toestamine võib toimuda ka ülalt allapoole. Seda toestamisviisi kasutatakse maagikaevandustes, kus kivimid on püsivamad.

Tüüpiline selles osas on niinimetatud rippuv toestik (joon. 273). Toestamisel riputatakse rakked nii, nagu eespool oli kirjeldatud, ülemise toestatud osa viimase rakke alla. Selleks puuritakse pikkadesse rakkepuudesse rida auke, milledesse asetatakse alt ülespoole pikad poldid, millede ühes otsas on kruvikeere ja teine ots on konksuks keeratud, ning kinnitatakse laia mutriga. Sissepandavatesse pikkadesse rakkepuudesse kinnitatakse samasugused konksudega poldid, kuid konksudega ülespoole, ja nende abil kinnitatakse need rakkepuud ülemiste konksude külge ripuma. Seejärel asetatakse lühemad rakkepuud pikkade otstele ja seatakse vahetoed ülemiste ja alumiste rakete vahele. Pärast mutrite kinnikeeramist ja loodidega kontrollimist kinnitatakse rake kiilude abil tugevasti šahti seinte vahele.

Rippuva toestiku puhul on alusrake ülalpool toestikujärku. Ühe alusrakke külge võib kinnitada rakkeid 20—30 komplekti, kui nende kinnikiilumine on tehtud korralikult.

Poldid valmistatakse 25—35 mm jämedusest ümmargusest rauast. Toestamistööd vahelduvad šahti rajamistöödega. Et lõhkamisel ei vigastataks alumisi rakkeid, peab toestiku ja šahti põhja vahe olema vähemalt 2—3 m. Kiirel rajamisel kasutatakse ka rippuvat platvormi, mille pealt võib toestada üheaegselt šahti põhjas töötamisega ja mis kaitseb rakkeid lõhkamisega alt purustamise eest. Rippuv toestik tehakse sageli ka metallist.

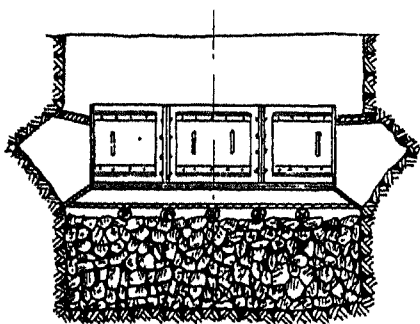
### b) Betoon-toestik.

Betooniga ja kividega toestamine toimub ainult alt ülespoole 30—50 m pikkuste järkudena.

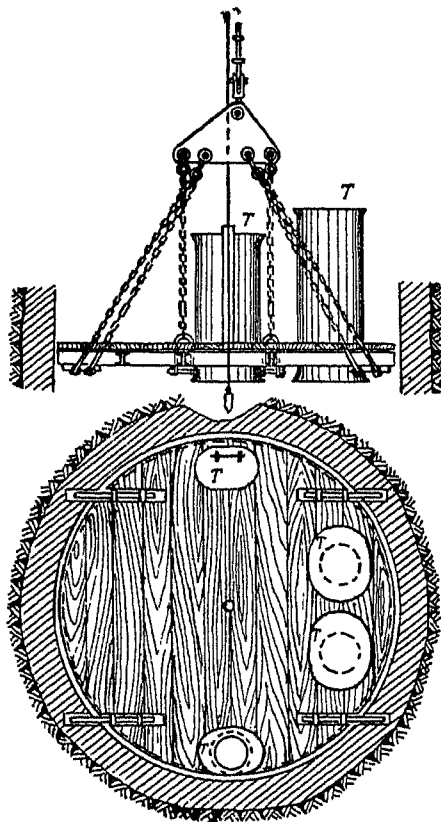
Betoon valmistatakse tsemendist, puhtast liivast ja kivikillustikust või kruusast. Segule lisatakse vajalikul määral vett ning segatakse hästi läbi.

Sahtide toestamiseks kasutatakse betooni koostisega 1:2:3, 1:2:4 ja 1:3:4 (esimene arv tähendab tsemendi, teine liiva ja kolmas killustiku mahtu).

Toestamine algab tugirõnga valmistamisega. Selleks tehakse šahti seintesse 0,5—0,75 m sügavuselt rõngakujuline laiend (joon. 274). Laiendi alumise ääre kõrguselt tehakse purustatud kivi- mite peale laudadest põrand ja selle põranda peale šahti sisemis-



Joon. 274. Eeltööd betoon-toestiku tugirõnga valamiseks.



Joon. 275. Rippuv platvorm toestamistöödeks: T — avauste tõkked.

tele mõõtmetele vastav šabloonvorm, mis valmistatakse puidust või metallist. Šabloon tsentreeritakse loodide järgi ja kinnitatakse püsivalt kohale.

Betoon valmistatakse maa peal ja lastakse šahti toobrites, kust ta paigutatakse šablooni ja šahti seina vahele ning tambitakse tihedaks, kuni tekib betooni peale läikiv kord. Kui toestamine toimub maapinna lähedal, siis võib kasutada betooni allalaskmiseks torusid, mis on asetatud viltu. Kukkumisel eraldub betoon algosadeks, seepärast ei saa vertikaalseid torusid kasutada.

Kui betoon tõuseb esimese šablooni kõrguseni, asetatakse selle peale teine jne. kuni šahti ülemise toestatud osani.

Metallšabloonide korral kasutatakse rippuvat platvormi (joon. 275); puitsabloonide tarvitamisel võib platvormi asetada šablooni servadele.

Ajutine toestik kõrvaldatakse töö käigus kord-korralt alt ülespoole.

#### c) Kivitoestik.

Kividega toestamine sarnaneb ettevalmistamise osas betooniga toestamisega. Kivitoestikul on suurem allanihkumise oht ja seepärast peab tugirõngas olema hoolikalt tehtud. Müürimistöö on seepoolest lihtsam, et puudub šabloonvormi vajadus.

Kohe, kui on asetatud aluspõrand, hakatakse üles laduma seinu. Kui toestiku müür on tõusnud üle 1,5 m, jätkatakse tööd rippuvalt platvormilt (joon. 275), mis kinnitatakse töö ajaks tugevate riivide abil toestiku külge. Kui toestik on kerkinud 1—1,2 m lavast kõrgemale, vabastatakse riivid ja lava tõstetakse üles, asetatakse väljalükatud riividega toestiku peale ning jätkatakse tööd.

Müüri vertikaalsust ja pöikilõike vormi kontrollitakse loodide abil. Harilikult kasutatakse selleks ühte tsentraalset ja 6—8 ülemise toestiku külge kinnitatud loodi.

Toestiku müüri ja kivimi seinte vahe täidetakse killustikuga ja valatakse üle tsementmördiga.

Kivitoestiku materjaliks on kas betoonplokid (-kivid) või hästi põletatud tellised. Sidematerjalina kasutatakse tsemendi ja liiva segu vahekorras 1:2 ja 1:3, millele on lisatud nõutaval määral vett.

#### d) Metalltoestik.

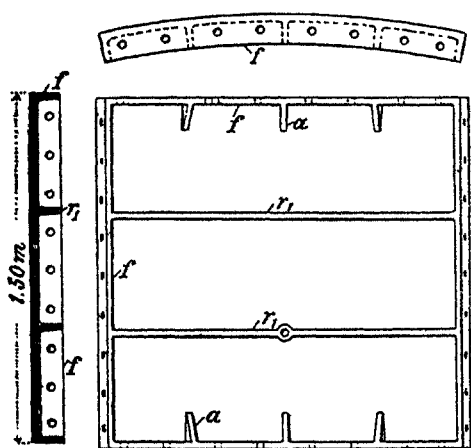
Metalltoestikku kasutatakse siis, kui on vaja šahti muuta täielikult veekindlaks.

Metalliga võib toestada alt ülespoole ja ülalt allapoole.

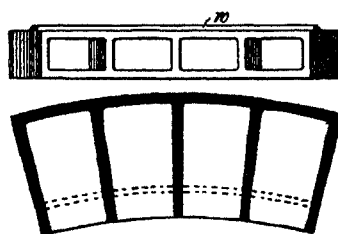
Metalltoestik koosneb terasest valatud segmentidest, mille kõrgus on kuni 1,5 m. Segmentid moodustavad võru. Segmentide ääred varustatakse sisemiste flanšidega, milles on augud kinnituspoltide jaoks. Peale flanšide suurendavad segmentide tugevust veel ribad  $r_1$  ja flanšide konsoolid  $a$  (joon. 276).

Metalltoestiku kinnitamiseks valmistatakse tugevad tugirõngad, mis koosnevad üksikutest segmentidest (joon. 277). Nende rõngaste teiseks ülesandeks on takistada toestikutaguse vee valgumist toestikutagust-pidi allapoole. Tugirõngad asetatakse 20—50-m-se vahemaaga kõvematesse veekindlatesse kihtidesse. Segmentid asetatakse nii, et ühes võrus esinevate segmentide püstvuugid satuksid järgmise võru segmentide keskkohale.

Segmentide vahele asetatakse 5 mm paksune tinatihendus. Šahti seinte ja toestiku vahe täidetakse



Joon. 276. Metalltoestiku segment (tuubing):  
 $a$  — konsoolid,  $f$  — flanšid,  $r_1$  — ribad.



Joon. 277. Tugirõnga segment.

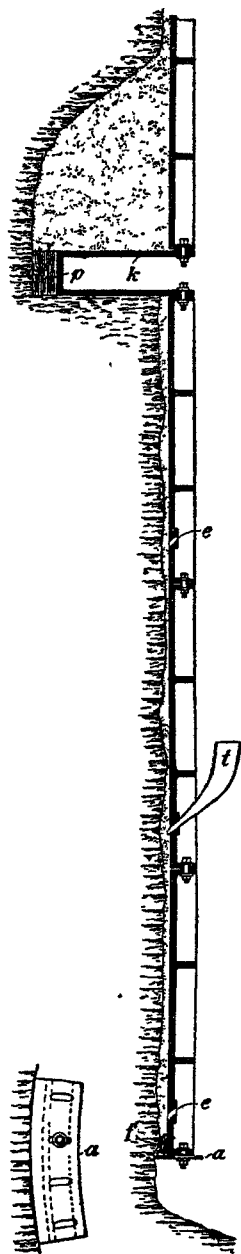
betooniga. Toestamisel ülalt allapoole täidetakse toestiku ja šahti seinte vahe tsemendi ja liiva seguga aukude  $e$  kaudu, mis on tehtud üksikutesse segmentidesse just selleks otstarbeks (joon. 278). Et tsemendisegu alt välja ei valguks, tihendatakse alumise rõnga äär saviseguga, mille hoidmiseks kinnitatakse tugevast plekist rõngas  $a$ .

Varem kasutati ka väljapoole pööratud flanšidega segmente, mida ei saa poltide abil üksteise külge kinnitada.

Metalltoestik asetatakse paigale rippuvalt platvormilt.

#### e) Toestamise korraldamine.

Rippuvad platvormid, mida kasutatakse šahtide toestiku püstitamiseks ja vahel ka muudeks ülesanneteks, valmistatakse kas puust või metallist (joon. 275).



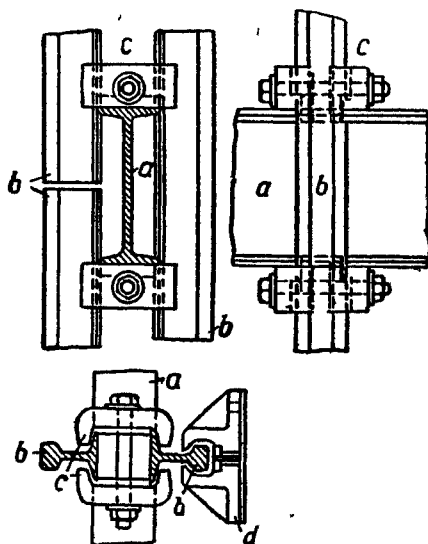
Joon. 278. Ülalt allapoole jätkatava metalltoestiku ja šahti seinte vahe tsementeerimine: *a* — tihendusrõngas, *e* — tsementeerimise augud, *f* — küljekivimid, *k* — tugirõngas, *p* — puitkiilud, *t* — tsemenditoru.

Platvorm kinnitatakse kettide abil tugeva riputuskõie (trossi) külge ekstsentriliselt, et mitte segada tsentraalse loodi allalaskmist.

Riputuskõis juhitakse üle tõstetornis kinnitatud ratta vastava vintsi trumlile, mille abil võib platvormi tõsta ja alla lasta.

Platvorm katab šahti põikiilõike täielikult. Platvormis on avased tõstetoobritele, tagavaraväljapääsu redelile ja tuulutustorule. Selleks, et ära hoida tööriistade või muude esemete juhuslikku allakukkumist, kaitstakse avausi kõrgete (0,6—0,8 m) plekist äärtega (joon. 275, *T*). Pumpade tõstmiseks ja allalaskmiseks on platvormis hingedega kinnikäivad luugid. Platvormi kaal oleneb šahti diameetrist ja kõigub 3,2—7,6 tonni vahel.

Riputuskõite ja muude osade vastupidavus võetakse vähemalt 7-kordse tagavaraga. See nõue on maksev kõikide liikuvate ja rippuvate seadeldiste kohta šahtis.



Joon. 279. Klambid rõõbasjuhtmete kinnitamiseks metallalade külge: *a* — tala, *b* — rõõbas, *c* — klambid, *d* — kongi käpp.



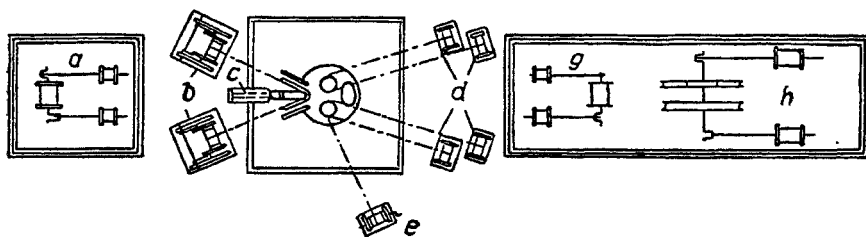
Kui rajamistööd toimuvad eri järkudes üheaegselt, siis peab esi allpool rippuvat platvormi olema kaetud kaitselavaga.

Šahti armeerimine või sisustamine. Armeerimistöid tehakse puittoestiku puhul osalt rõõbiti toestamistöödega. Põõnprussid ja põiktoed on siis isegi suurel määral toestiku lahutamatud osad, mis muudavad toestuse vastupidavamaks.

Kivitoestik ei vaja täiendavat tugevdamist põõnprusside ja põiktugevedega. Põiktugevede ülesandeks jääb hoida kongide või skippide juhtmeid, redelid, lahtrite vaheseinu ja muud sisustust.

Kivitoestiku korral mõeldakse armeerimise all vahetalade asetamist, redelite lahtri sisustamist ja tõstevahendite juhtmete kinnitamist vahetalade külge.

Armeerimist toimetatakse pärast seda, kui šahti rajamis- ja toestamistööd on lõpetatud. Vahetalad valmistatakse harilikult metallist. Juht-



Joon. 280. Šahti rajamise seadmete asetus maa peal: *a* — rippuva pumba vints, *b* — tuulutustorustiku vintsid, *c* — ventiläätor, *d* — köisjuhtmete vintsid, *e* — valgustuskaabli vints, *g* — rippuva platvormi vints, *h* — tõstemasin.

meteks kasutatakse raudteerõõpaid või puitprusse. Rõõpad kinnitatakse vahetalade (põiktugevede) külge eriliste klambritega (joon. 279).

Redelite lahter eraldatakse teistest lahtritest võrega või sõredate laudvaheseintega, mis kergendab šahti kontrollimist vaatluse teel.

Maapealne tehnilise varustuse asetus šahtide ehitamisel omab suurt tähtsust.

Nagu eespool selgus, asetatakse šahtide rajamisel suurem osa tehnilist varustust šahtis rippuvasse asendisse, mis on kõige sobivam tööde korraldamise seisukohalt. Selleks peab asetama tõstetorni nõutav arv köierattaid ja šahti lähedusse maa peale niisama palju vintse.

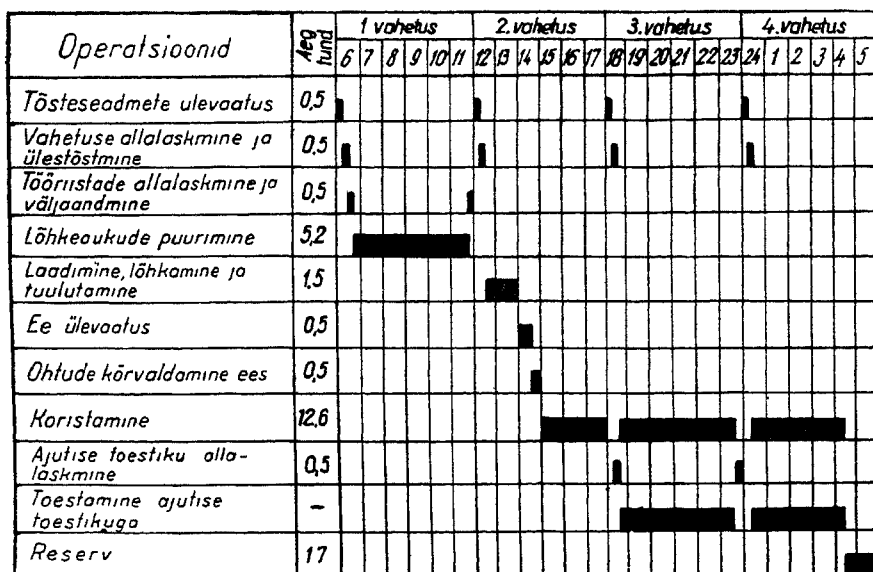
Vastavalt ülesandele valitakse vintsid mitmesuguse võimsusega. Tähtsamad neist võetakse mehhaanilised, kuna vähemtähtsad on käsi-vintsid (näit. juhtkõite pingutusvintsid).

Suuremate šahtide rajamisel tuleb paigutada tõstetorni lähedale 12—16 vintsi (joon. 280), millest tähtsamad paigutatakse selleks ehitatud hoonetesse. Asetuse juures peab arvestama, et oleks vaba ruum kaevise äraveo rööbasteele, autotranspordile ja materjalide paigutamiseks.

Sobiv paigutus vähendab üleliigset ajakulu ja kiirendab seega šahti rajamistööd.

### 9. Šahtide rajamistööde korraldamisest.

Šahtide rajamistööd võivad kesta kõikidel aastaegadel. On soovitatav alustada rajamist kevadel või suvel, et šahti suue ja kõik pealisehitised oleksid külma tulekul juba valmis.



Joon 281. Töögraafik šahti rajamisel.

Üldiselt jagunevad rajamistööd kolme staadiumi: 1) rajamine puht mäetööde osas, 2) toestamine ja 3) armeerimine.

Täisnurkse põikilõikega šahtides, kus kasutatakse puittoestikku, tehakse need tööd osalt rööbiti, kuid ringikujulise põikilõikega šahtides, kus kasutatakse ükskõik missugust kivitoestikku, toimuvad tööd enamasti järjekorras.

Rajamine puht mäetööde osas jaguneb omakorda eriliste ülesannetega töödeks, mis toimuvad kindlas järjekorras, nagu: 1) lõhkeaukude puuri-

mine, 2) lõhkeaukude laadimine lõhkeainega, 3) lõhkamine, 4) tuulutamine, 5) ee korrastamine, 6) kaevise koristamine ehk väljalaadimine, 7) ajutise toestiku sissepanemine.

Need tööd kokku moodustavad tööde tsükli. Iga tööde tsükli vältel nihkub esi edasi lõhkeaukude kasuliku sügavuse võrra, mis harilikult on 0,8—0,9 nende pikkusest. Edasi korduvad tööd täpselt samas järjekorras.

Kui ööpäevas toimub üks tsükkel, siis nimetatakse seda töökorraldust ühetsükliliseks. Kui kahe ööpäevaga toimub 3 tsükli, siis nimetatakse seda poolteise-tsükliliseks jne.

Kui on teada tsüklite arv ööpäevas ja lõhkeaukude kasulik sügavus (s. o. ee edasinihkumine ühes tsükli), siis võib kergesti leida rajamiskiiruse ööpäevas, kuus jne.

Üheaegselt töötavate tööliste arv ees võetakse võimalikult suurem, kuid nii, et nad üksteist töö juures ei segaks. Praktiliselt arvestatakse iga 1—3 m<sup>2</sup> ee pinna kohta üks koristustööline.

Kui töölise kohta on vähem kui 2 m<sup>2</sup> ee pinda, siis väheneb tööjõudlus üksiku töölise kohta tunduvalt.

Lõhkeaukude sügavust võib muuta nõuete kohaselt. Otstarbekas on võtta aukude sügavus järgmistes piirides:

- 1) kui koristatakse käsitsi ja vee sissevool on väike — 1,5—2,0 m,
- 2) „ „ „ „ „ „ „ suur — 3,0—4,0 m,
- 3) „ „ masinatega „ „ „ „ väike — 2,0—2,5 m,
- 4) „ „ „ „ „ „ „ suur — 3,0—4,5 m.

Töökorraldus on kõige otstarbekam, kui tsükkel toimub ööpäeva jooksul, mis aga suure veejuurdevoolu puhul ei ole igakord võimalik.

Lõhkeaukude sügavuse valikul peab ka arvestama, et tsükkel toimuks terve arvu vahetuste vältel.

Joonisel 281 on toodud šahti rajamise töögraafik juhul, kui tsükkel kordub üks kord ööpäevas nelja 6-tunnise töövahetuse vältel.

## 10. Šahtide süvendamine.

Uute sügavamate tööhorisontide ettevalmistamiseks kivisõe- ja maagi-kaevandustes, kui kihid või sooned on suure kallakusega (järsud), peab töötavaid šahte perioodiliselt süvendama.

Šahtide süvendamistööd peavad olema korraldatud nii, et nad ei takistaks šahti tööd ega vähendaks kaevanduse normaalset toodangut.

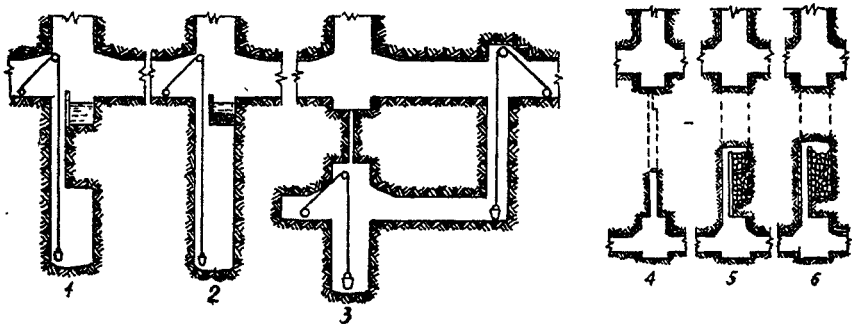
Šahtide süvendamist toimetatakse ülalt allapoole, alt ülespoole ja korraga alt ülespoole ning ülalt allapoole.

Ülalt allapoole süvendada võib:

- 1) kaitseterviku jätmisega šahti sumba alla (joon. 282, 1);
- 2) kaitsetõkke ehitamisega (joon. 282, 2);
- 3) pimešahti ja kveršlagi kasutamise (joon. 282, 3).

Alt ülespoole süvendamist võib korraldada:

- 1) alt ülespoole väikese põikilõikega ja pärastise laiendamisega ülalt allapoole (joon. 282, 4);
- 2) täie põikilõikega, kaevise magasineerimisega ja pärastise alalise toestiku püstitamise (joon. 282, 5);
- 3) täie põikilõikega ja alalise toestiku püstitamise ees edasilikumise järel (joon. 282, 6).



Joon. 282. Šahti süvendamise skeemid.

Üheaegsel süvendamisel ülalt alla ja alt üles võib kasutada kombineeritult kõiki ülalpool kirjeldatud töötamisviise.

Kõige sagedamini kasutatakse süvendamist abišahti ja kveršlagi abil, mis võimaldab töödele täieliku iseseisvuse ega sega šahti normaalset tööd. Selle skeemi kasutamisel võib süvendada kas alt üles, kui abišaht ulatub järgmise tööhorisondini, või ülalt alla, kui abišaht ei ulatu järgmise tööhorisondini või kui abišaht rajatakse nii madal, et temast rajatud kveršlag tuleb vahetult sumba lähedusse (joon. 282, 3).

Ülalt allapoole süvendamine ei erine põhiliselt šahtide rajamisest.

Alt ülespoole süvendamisel jagatakse šaht põikilõikes kahte ebavõrdsesse ossa ja eraldatakse tugeva vaheseinaga (joon. 283). Suuremasse ossa kogutakse (magasineeritakse) lahtimurtud kivim, kuna väiksem jagatakse veel redelite, kaevise allalaskmise ja tõstelahtri. Sinna asetatakse ka tuulustorud jn.

Puurimiseks kasutatakse teleskoobilisi puurvasaraid.

Töölised töötavad, asudes magasinieritud kaevisel, mis hoitakse eest 2 m kaugusel.

Osa kaevist, mis jääb üle magasinini täitmisest, lastakse allalaskelaht- risse, mille alumises osas oleva luugi kaudu ta kord-korralt välja lastakse ja toimetatakse šahti õue maa peale tõst- miseks.

Süvendamise lõppedes lastakse ma- gasini ülemisest osast kaevis ühe toes- tusjärgu pikkuselt välja ja toestatakse ülemine järk alt ülespoole. Seejärel toes- tatakse ülalt teine järk jne., kuni kogu süvendatud šahtiosa on toestatud.

Kui püstitatakse alaline toestik kohe ee edasiliikumise järel, siis ajutist toes- tikku üldse ei kasutata. Seejuures muu- tub kirjeldatud töötamisviis ainult nii- palju, et toestamistööd, vaheldudes süvendamistöodega, moodustavad ühise tööde tsükli.

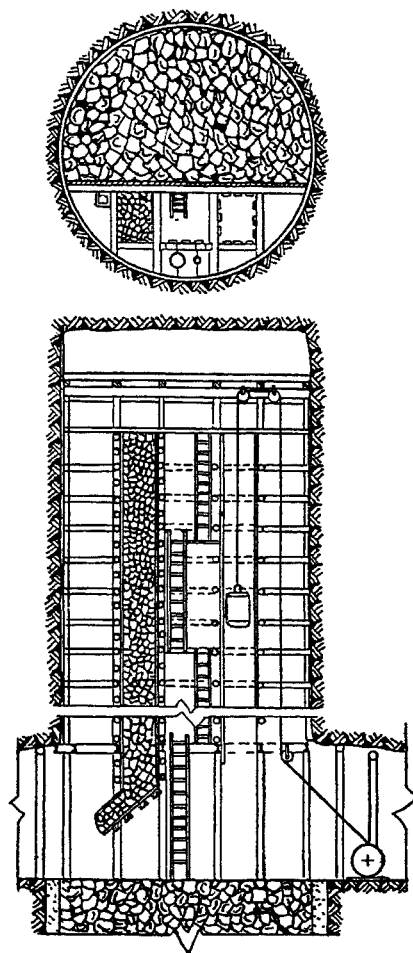
Toestamismaterjaliks on soovitatav kasutada telliseid või betoonplokke, mis ei vaja šabloonvormide püstitamist ega vigastu kergesti lõhkamistöõde lähedu- ses.

## 11. Šahtide rajamine puurimise teel.

Mõte rajada šahte puurimise abil on tekkinud juba kaua aega tagasi, kuid tehniliste raskuste tõttu ei olnud selle teostamine kuni viimaste aasta- teni veel küllalt levinud. Nüüd on juba paljud šahtid, millede rajamistingimused olid eriti rasked, rajatud puurimise abil.

Šahtide puurimine toimub peaaesjalikult kahel viisil: puursüdamiku väljavõtmisega ja kogu kivimi purustamisega.

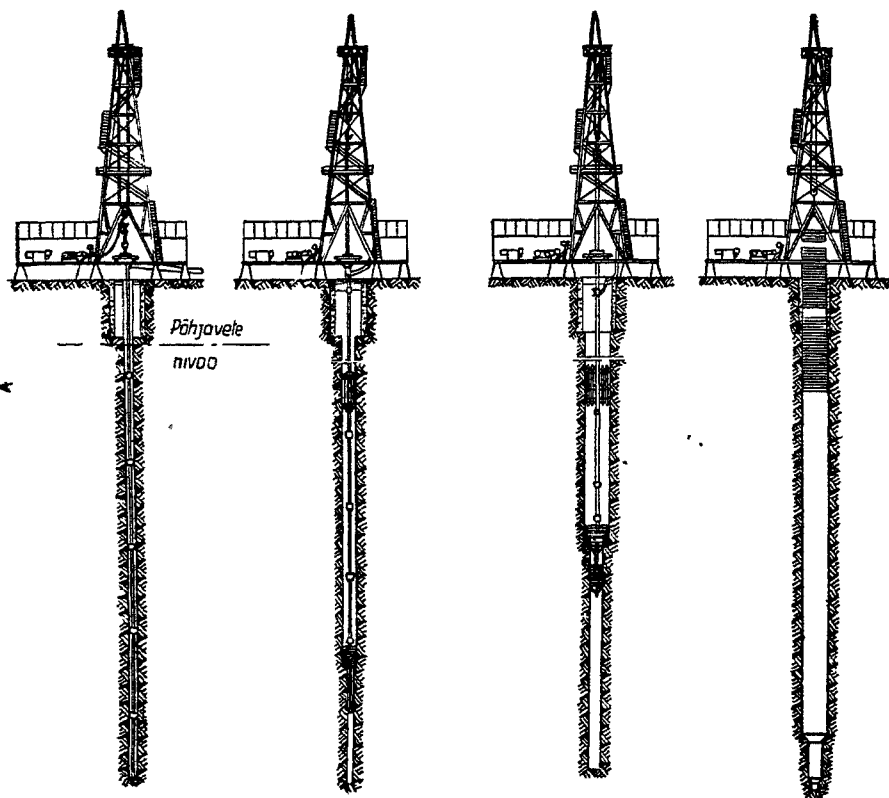
Puursüdamikkude väljavõtmise teel puuritakse kõvades kivimites šahte läbimõõduga kuni 3 m. Kivimi täieliku purustamise teel puuritakse peh- metes kivimites šahte läbimõõduga kuni 6 m.



Joon. 283. Šahti süvendamine alt üles- poole täie põikilõikega.

Meil Nõukogude Liidus, kus ehitatakse palju uusi kaevandusi mitmesugustes geoloogilistes tingimustes, on soodsad võimalused šahtide puurimiseks vähepüsivates kivimites.

Seni on šahtide puurimist NSV Liidus kasutatud rasketes hüdro-geoloogilistes tingimustes, kus šahtide rajamine harilikul viisil on raske-  
datud.



Joon 284. Šahti puurimine G. N. Mankovski viisil.

Tööd algavad šahti suudme rajamisega, mis toimub harilikul viisil kuni põhjavee nivooni. Siis asetatakse suudmesse metalltoru, mis suunab puurimist, või kindlustatakse suue betoontoestikuga, mis täidab samuli suunamisülesannet. Puurimist alatakse eelaugu puurimisega, mida pärast laiendatakse nõutava läbimõõduni. Puuritakse saviseguse uhteveega. Savi kleepub augu seinte kivimitele ja hoiab neid sisse varisemast.

Seega täidab savi ajutise toestiku ülesannet.

Joonisel 284 on toodud puurimisviis, mis on esitatud inseneride rühma

poolt, keda juhatas prof. G. N. Mankovski. Selle viisi järgi koosnevad puurimis- ja toetustööd kolmest osast:

- 1) eelaugu puurimine, mille diameeter on 600 mm;
- 2) eelaugu laiendamine algul 2 m-ni ja siis 3,5 m-ni;
- 3) alalise metalltoestiku asetamine.

Kui võrrelda puurimist šahti harilike rajamistöödega samades hüdrogeoloogilistes tingimustes, siis võib märkida, et puurimine võimaldab kiiremat rajamist, kuid nõuab töötavalt personalilt suuri kogemusi.

## 12. Šahtide rajamise kombainid.

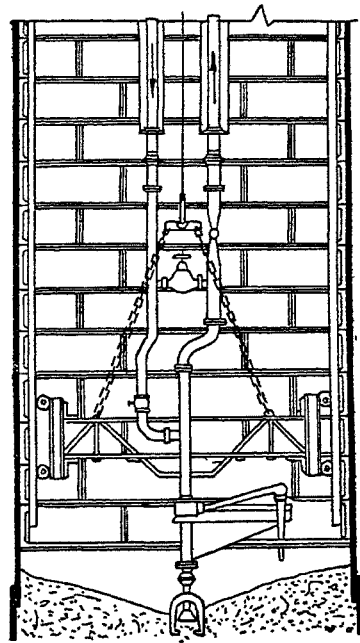
Viimasel ajal on nõukogude projektimisasutiste poolt esitatud hulk šahtide rajamise kombainide projekte.

Kombaini ИС-6 projekt on esitatud „Južšahtoprojekti” poolt. See on väga keerukas masin, üldise raskusega 120—130 tonni, töötab puurimisega ja on arvestatud 0,6 jm. šahti rajamiseks tunnis. Masina tähtsamad osad on proovimata. Võib arvata, et puurimisseadeldis kõvemates kivimites ei anna loodetavaid tagajärgi.

„Gormašprojekti” kombaini (projekt) töötav mehhanism on erilise konstruktsiooniga suruõhu-löögipeitlid, mis purustavad löökidega kivimi peeneks. Neid on 40—48 tükki ja nad on kinnitatud raami külge, mis liigub aeglaselt ümber vertikaalse völli. Kombain kaalub 118 tonni ja on arvestatud 3 jm. šahti rajamiseks vahetuses. Löögipeitel purustas proovimisel 0,4 m<sup>3</sup> liivakivi tunnis, mille vastupanu oli 540—560 kg/cm<sup>2</sup>.

Viimasel ajal arendatakse NSV Liidus šahtide rajamise tehnikat lõhkamistöode ja greiferitega kivimi koristamise põhimõttel.

Huvitav šahti rajamise kombaini projekt on esitatud „Projektgidromehhanizatsija” poolt (joon. 285). Kombain on arvestatud töötamiseks plinkides, kuid mitte kõvades kivimites. Kaevise tootmise mehhanismiks on hüdromonitor, mille veejooa surve on 25—30 at ja veekulu 50 l/sek. Monitor on asetatud eele 45° nurga all ja tiirleb spiraalselt ee pinna kohal,



Joon. 285. Võimsa veejooa abil töötav šahti rajamise kombain.

uhtes võimsa veejoaga ee pinda. Kivim, segatult veega, toimetatakse maa peale hüdroelevaatori abil.

Šaht toestatakse allalastava (vajuva) metalltoestikuga.

Kombain kaalub 25,5 tonni ja töötab rippuv asendis. Üldine mootorite võimsus on 900 kW. On arvestatud, et kombain võib rajada 60 m sügavuse šahti 14 ööpäeva jooksul, millise aja vältel ainult kaevise uhtmiseks kulub 6 ööpäeva.

### 13. Uurimisšahtide ja šurfide rajamine.

Maavara leiukoha põhjalikuks uurimiseks on sageli vaja rajada šurfe ja uurimisšakte.

Šurfid rajatakse enamasti kobedamates pealiskihtides ja kivimi eraldamiseks üldmassist kasutatakse harilikult labidaid, kõplaid ja suruõhu-piikvasaraid. Viimaseid kasutatakse juhul, kui kohapeal on võimalik üles seada suruõhu-kompressoreid. Siis võib soodsalt kasutada ka suruõhu-puurvasaraid ja teha lõhkamistöid laiemas ulatuses.

Uurimisšahid ehitatakse enamasti maagikaevandustes, kus esinevad kõvemad kivimid. Seepärast on uurimisšahtide rajamine mehhaniseeritud ja tavaliselt energiaallikaga varustatud. Kõvade kivimite purustamiseks kasutatakse lõhkamistöid.

Puurimis- ja lõhkamistööd kõvades kivimites korraldatakse nii nagu šahtide rajamisel.

Tabel 40.

Nimetus	Tõstetoobri maht m <sup>3</sup>	Põikilõike sisemõõtmed	Rakkepuude jämedus mm
Väikesed šurfid — tõstmine käsivinnaga	0,06	0,7 × 1,18	40—80
Sügavad šurfid — tõstmine käsivinnaga	0,06	0,8 × 1,2	60—150
Sügavad šurfid — tõstmine ühehobusevinnaga	0,12	1,0 × 2,0	80—150
Uurimisšahid 3 lahtriga — tõstmine kahehobusevinnaga	0,22	1,15 × 3,4	160
Uurimisšahid 2 lahtriga — mehhaanilise tõstmisega	0,45	1,25 × 2,16	160
Uurimisšahid 3 lahtriga — mehhaanilise tõstmisega	0,45	1,25 × 3,6	160



Kaevetöödega üheaegselt asetatakse ka puittoestik. Pudedates ja mitte-püsivates kivimites asetatakse rakked vahetult üksteise vastu, kuna püsivates kivimites asetatakse rakete vahele 1—1,2 m pikkused vahepakud ja raketetagune kaetakse tihedalt pindade või laudadega.

NSV Liidus kindlaks määratud standardmõõtmed šurfide ja uurimisšahtide põikilõigete, tõstetoobrite ja toestiku kohta on tabelis 40.

Madalate šurfide tuulutamiseks ei ole vaja mehhaanilisi abinõusid; õhuvahetus toimub neis loomulikul teel. Õhuvahetus suureneb, kui šurf on jagatud laudvaheseinaga pikuti kaheks osaks. Sügavamate šurfide tuulutamiseks kasutatakse laudadest tuulutustoru, mille ülemine lehtrikujuline ots pööratakse vastu tuult. Tuule juhtimiseks šurfi kasutatakse ka riidest purje, kui šurf on jaotatud vaheseinaga pikuti kahte lahtrisse.

Uurimisšahtide ja sügavamate šurfide tuulutamiseks kasutatakse ventilaatoreid, mis juhivad torude abil värske õhu eesse.

Vee kõrvaldamiseks kasutatakse kaevise tõstetoobriteid. Vesi ammutatakse ämbri või kopaga ja valatakse tõstetoobrisse, millega ta ühes kivimiga üles tõstetakse. Kui vee juurdevool on väike, siis tõstetakse vett ühes kaevisega.

Suurema veejuurdevoolu puhul kasutatakse käsi- ja mootorpumpasid.

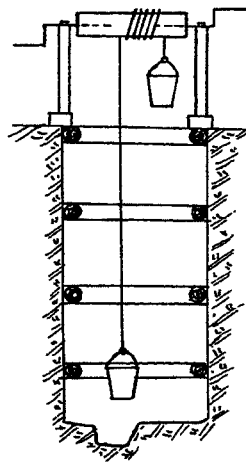
Šurfide ja uurimisšahtide rajamisel tõstetakse kaevist käsitsi, hobustega ja mehhaaniliselt.

Käsitsi tõstmisel kasutatakse vinna (joon. 286). Käsivinna võib kasutada šurfide rajamisel 20—25 m

sügavuseni. Vinn peab olema varustatud tugeva kärirattaga, mis töötab automaatselt ja ei võimalda vinna tagasipööramist ega tõstetoobri juhuslikku allalaskmist. Vinna vändad peavad olema rauast. Vända õla pikkus on 35—40 cm ja käepideme pikkus 40—45 cm. Vinna völli tehakse 20—25 cm jämedusest puust ja otsad fugevdetakse raudvõrudega. Vinnaga tõstmiseks peab olema rakendatud vähemalt kaks inimest.

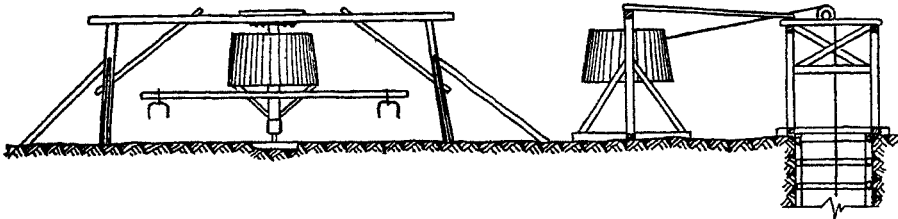
Sügavamate šurfide rajamisel (40—45 m) kasutatakse kaevise tõstmiseks hobuvinna (joon. 287). See tõsteseadis kujutab endast püstvõlli, mille ülemine ots on kinnitatud tapi abil tugeva raami külge ja alumine — maasse kinnitatud alusele. Püstvõlli peale on kinnitatud puidust trummel, millele kerib end trumli pöörlemisel tõstekõis. Võlli otsad varustatakse raudtappidega, mis võimaldavad pöörlemist.

Võlli külge, veidi kõrgemale kui hobuse selg, kinnitatakse 3,5—4 m



Joon. 286. Kaevise tõstmine käsivinnaga.

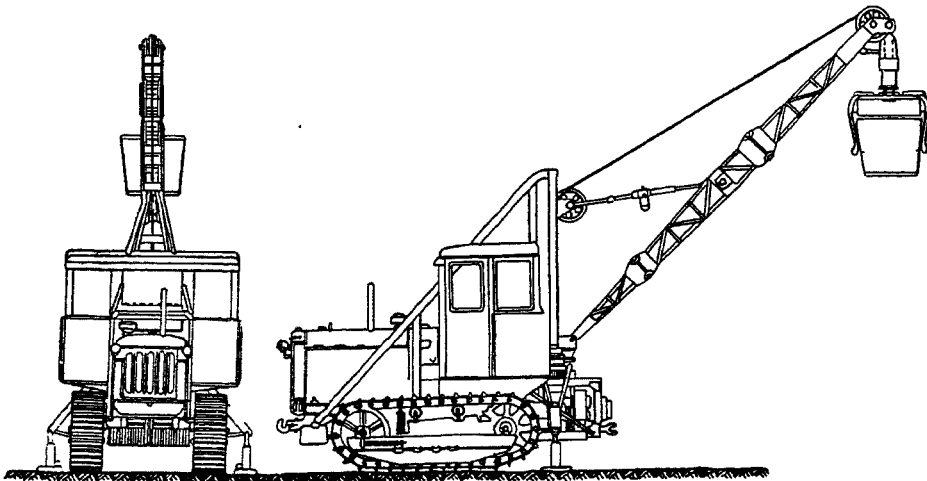
pikkused veotiislid. Viimaste otstes on erilised pöörlevad metallist veoloogad, mis ühendatakse hobuse rangidega. Veoloogad võimaldavad hobustel vastassuunalist liikumist.



Joon. 287. Hobuvinn kaevise tõstmiseks

Šurfi kohale püstitatakse raampukk kõierataste kinnitamiseks. Šurfi suue varustatakse kaitseluukidega, mis avatakse ainult tõstetoobrite läbilaskmise ajal.

Tõstmine toimub harilikult „kahe otsaga”. Kõis keritakse trumli ümber



Joon. 288 Liikuv tõstemasin šurfide rajamiseks

nii, et üks ots ulatub üle ratta šurfi eesse ja teine üle teise ratta toobri tühjendamise kõrgusele. Ees oleva kõie külge haagitakse täidetud toober ja ülemise külge tühi toober.

Kui täit toobrit tõstetakse, kerib end teine kõie pool trumlilt lahti ja laskub tühja toobriga alla eesse. Kui ülestõstetud toober on tühjendatud,

pööratakse hobused ümber (180°) ja hakatakse tõstma teist, vahepeal täidetud toobrit, kusjuures esimene laskub alla.

Tõsteseadeldis peab olema varustatud automaatselt töötava piduriga.

Sügavamate uurimisšahtide rajamisel kasutatakse väiksemaid elektri- või sise põlemismootoriga töötavaid tõstevintse, mille tõstekiirus on 0,6—1,5 m/sek.

Šurfide rajamise mehhaniseerimiseks on esitatud iseliikuva rajamis-agregaadi projekt (ППА-2), mis on eriti huvitav (joon. 288).

Agregaat koosneb kahest osast: 1) roomiktraktorile C-65 monteeritud tõsteseadeldisest ja 2) järelvagunist — elektri jaamast, millesse on asetatud kompressor, ventilaator, pumbad, väike lukksepa-tööpink ja tööriistad, mida vajatakse šurfide rajamisel.

Järelvagun haagitakse traktori järele ja nii viiakse kõik rajamiseks vajalikud masinad, seadeldised ja tööriistad kiiresti šurfi asukohta. Kohapeal kasutatakse traktori diiselmootorit algjõuallikana elektri jaamale.

## B. Šahtide rajamine eriviisidega.

### 1. Üldandmed.

Veerikastes ja mittepüsivates kivimites ei ole võimalik šahte rajada eespoolkirjeldatud harilikkude tööviisidega. Nendes oludes tuleb kasutada üht või teist rajamise eriviisi.

Enamik šahtide rajamise eriviise annab oodatud tulemusi ainult konkreetsetes, neile vastavates tingimustes ja oludes. Seepärast peab enne ühe või teise eriviisi valikut põhjalikult tutvuma läbitavate kivimitega ja kohalike hüdro-geoloogiliste tingimustega.

Veerikaste ja mittepüsivate kivimite läbimise meetodid võib jagada kahte gruppi:

- 1) šahtide rajamine veerikastes mittepüsivates kivimites;
- 2) šahtide rajamine veerikastes püsivates kivimites.

Esimese grupi oludes kasutatakse rajamist 1) punnvaitoestikuga, 2) vajuva toestikuga, 3) kessoonidega, kõrgendatud õhusurve all, 4) puurimisega ja 5) külmutamisega.

Teise grupi oludes kasutatakse vee juurdevoolu sulgemist tsemendi, savi või bituumeni surumisega šahti ümbritsevate kivimite pragudesse ja vee käikudesse (tamponimist) ning kivimite eeldreenerimist läbi šahti

ümber puuritud puuraukude. Mõnikord võib viimast kasutada ka esimese grupi oludes.

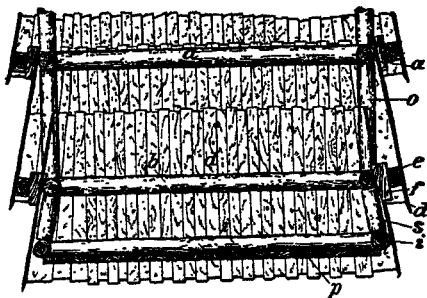
Šahtide rajamist kunstliku külmutamisega võib kasutada ka teise grupi oludes, kuid mitte liikuvate põhjavete puhul.

Kessooniga rajamist võib kasutada ka kõvades veerikastes kivimites.

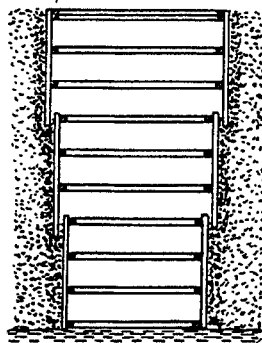
## 2. Šahtide rajamine punnvaitoestikuga.

Punnvaitoestiku abil võib läbida maapinnalähedasi õhemaid mittepüsivaid liiva-, vesiliiva- jne. kihte.

Punnvaiad valmistatakse puust või metallist ja lüüakse tihedalt rajatava šahti ümber läbi mittepüsiva kihi, otstega tugevasti alumisse püsi-



Joon. 289. Väljapoole suunatud punnvaitoestik:  
*a, b* — sisemised rakkes, *d* — punnvaiad,  
*e* — välimised rakkes, *f* — vahekiilud, *i* — ajutine vahepealne rake, *o* — vahepakud, *p* — põhja kindlustus, *s* — ajutised vahepakud.



Joon. 290. Vertikaalselt suunatud punnvaitoestik.

vasse kihti. Kui šahti esi on jõudnud 1—1,2 m kaugusele mittepüsivast kihist, lüüakse sisse punnvaiad.

Punnvaiad valmistatakse männi- või tammelaudadest, 1,5—1,7 m pikad, 150 mm laiad ja 75 mm paksud.

Kui mittepüsiv kiht on paksem, siis lüüakse mitu vaiade komplekti (joon. 289 ja joon. 290). Vaiade hoidmiseks ja juhtimiseks valmistatakse algul eriline raam.

Vaiu võib suunata vertikaalselt (joon. 290) või viltu väljapoole (joon. 289). Vertikaalsed vaiad moodustavad tiheda seina ja püsivad paremini, kuid šahti põikilõige väheneb seejuures iga järgmise komplekti sisselõõmisega.

Viltuste vaiade korral šahti põikilõige ei muutu, kuid seevastu on nende sisselõõmine tülilikam ja tihedus jätab soovida.

Ühtaegu vaiade sisselöömisega süvendatakse šahti kord-korralt, jälgides, et küljekihid ei pressiks vaiade otsi sissepoole. Vajaduse korral kasutatakse ka põhja kindlustamist. Siis võetakse kivim šahti põhjast välja väikeste järkude kaupa.

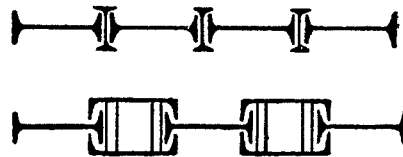
Puust punnvaitoestiku kasutamisel esinevad sageli avariid. Seepärast kasutatakse viimasel ajal seda rajamisviisi harva, ainult kergematel juhtudel, kui mittepüsivad kivimid on maapinna lähedal ega ole paksud.

Metallvaiad valmistatakse terasest eriliste profiilide ja ühendussoontega (joon. 291) või kasutatakse selleks harilikke valtsitud raudtalasid nr. 18—26 (joon. 292). Vaiade pikkuseks võetakse 12—16 m.

Algul rajatakse šaht suurema põikilõikega 1—1,2 m kauguseni mittepüsivast kihist, siis asetatakse kõik vaiad kohtadele püsti, moodustades



Joon. 291. Erilised metall-punnvaiad (põikilõige).



Joon. 292. Vaitoestik harilikest raudtaladest.

silindri, ja alustatakse vaiade sisselöömist. Vaiad lüüakse sisse iseliikuvate rammimismasinatega. Vaiu rammitakse järjekorras ja 0,5—1 m kõrguste järkude kaupa.

Kui punnvaiad on sisse löödud, süvendatakse šaht kuni kõvemate kihideni ja toestatakse alalise toestikuga. Metall-punnvaiu ja tugirõngaid seejuures välja ei võeta.

Punnvaitoestikku võib kasutada neil juhtudel, kui:

- 1) vesiliiva-kihi paksus ei ületa 4—6 m;
- 2) vesiliiva surve ei ole suur;
- 3) vesiliivas ei esine rändkive ja kõvu kihte;
- 4) vesiliiva-kihi all on küllaldase paksusega sitke veekindel kiht.

### 3. Šahtide rajamine vajuva toestikuga.

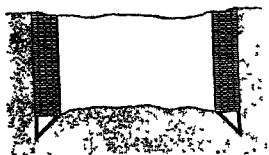
Vajuvat toestikku kasutatakse samades tingimustes kui punnvaitoestikku. Vajuv toestik moodustab silindri, mis oma raskuse mõjul vajub läbi mittepüsiva kihi. Et vajumist soodustada, varustatakse toestiku alumine osa massiivse lõikeriingiga, mille alumine äär on terav.

Šahti suue rajatakse põikimõõtmetega, mis võimaldavad vajuva toestiku püstitamist. Kui esi läheneb mittepüsivale kihile 1—1,2 m kauguseni,

lõpetatakse süvendamine ja alustatakse vajuva toestiku lõikeringi monteerimist.

Lõikering koosneb metall- (malm-, teras-) segmentidest, mis liidetakse kokku poltide abil.

Lõikeringi alumine pool on terav ja ülemine moodustab rõnga, mille peale püstitatakse silindriline tellis-, betoon- või raudbetoon-toestik (joon. 293).



Joon 293 Vajuv toestik.

Kui toestiku ja lõikeringi raskus ületavad kivimi vastupanu, algab vajumine. Vajumise ajal kaevandatakse šahti põhjast kivimit ja jätkatakse toestikku. Kui vajumine katkeb enne eesmärgi saavutamist, suurendatakse toestiku raskust raske materjali pealeladumisega või tungraudade abil surumisega.

Kui mittepüsiv kivim on läbitud ja vajuv toestik on tunginud püsivalt alljärgnevasse sitkesse kihti, tehakse tema alla toestiku tugirõngas. Seega muutub vajuv toestik harilikuks toestikuks. Šahti edasine rajamine toimub harilikul viisil.

Kui vesiliiv lasub otsekohe kõva kivimi peal, mille pealmine pind pole horisontaalne, siis ei saa säärast rajamisviisi kasutada

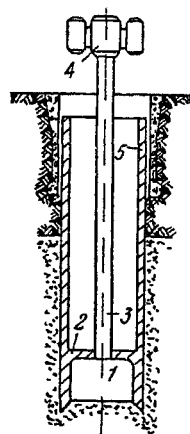
#### 4. Šahtide rajamine kessoonidega.

Kui vesiliiva sees või all esinevad rändkivid ja kui vesiliiv on surve all, ei ole vajuvat toestikku võimalik kasutada.

Mainitud olukorras kasutatakse veele vastusurve avaldamiseks suruõhku ja šahti rajamistööd tehakse suruõhu all olevatest lahtise põhjaga õhukindlatest raudbetoonist kessoonidest.

Kessoonide allalaskmine, kui seda tehakse, on analoogiline vajuva toestiku allalaskmisega. Kessoonis töötamine suruõhu tingimustes on eriti raske.

Pärast šahti suudme rajamist monteeritakse eesse (1,0—1,5 m enne mittepüsiva kihi avamist) raudbetoonist vajuv toestik, mis 2,5—3 m kõrgusel kaetakse tugeva õhukindla vahelaega (joon. 294, 2). Lae ja ee vahelist ruumi 1 nimetatakse kessooni töökambriks. Laest ulatub õhukindel avar tugevast



Joon. 294 Šahti rajamise skeem vajuva kessooniga: 1 — töökamber, 2 — vahelagi, 3 — ühendustoru, 4 — sulgakambri (lüüsikambri) 5 — toestik.

plekist toru 3 maa peale ja lõpeb sulgkambritega 4. Toru ja sulgkambrite kaudu peetakse ühendust töökambriga ja toimetatakse välja kaevis. Töökambris ja ühendustorus on suruõhk.

Suruõhk tõrjub eest ja ees lähedal olevatest kivimitest vee kaugemale ja rajamistööd toimuvad veeta olukorras. Kivimite eest väljavõtmine võimaldab toestiku allapoole vajumist. Samal ajal jätkatakse ülalt toestikku 5.

Suur õhusurve on inimesele kahjulik ja seepärast ei lubata töötada kessoonides üle 3-at-se surve all.

Šahtide rajamine kessoonidega veerikastes mittepüsivates kihtides kindlustab töö edu ja väldib avarisiid, mis sageli esinevad punnvaioestiku kasutamisel ja šahti rajamisel vajuva toestikuga.

#### 5. Šahtide rajamine vee juurdevoolu sulgemisega (tamponimisega).

Šahtide rajamisel kõvades, kuid praolistes kivimites võib esineda suuri vee juurdevoolu, mis takistavad töid. Mõnikord on vee juurdevool nii suur, et harilikku tööviisiga rajamine on võimatu.

Niisugusel juhul kasutatakse pragude sulgemist tsemendi, savi või bituumeniga. Ühtlasi kindlustab see ka kivimeid ja vähendab tükide sissekukkumise ohtu.

Tsementeerimist kasutatakse šahtide rajamisel kõvades praolistes kivimites. Liiva ja vesiliiva tsementeerimine ei anna tagajärgi. Tsementeerimist toimetatakse peamiselt eest. Tsemendi ja vee segu surutakse pumpadega puuraukude kaudu kivimite pragudesse, kus tsement kivistub ja suleb seega vee juurdevoolu võimaluse.

Kui šahti esi on jõudnud mõne meetri kaugusele praolisest ja veerohkest kihist, katkestatakse rajamistööd ja tehakse eesse tugev betoonist tsementeerimis padi. Padja ülesanne on hoida kivimeid üles kerkimast ja tsementi šahti tungimast tsementeerimise ajal. Et padi oleks tugevam, tehakse ta allapoole kumer. Läbi padja asetatakse tsementeerimistorud. Kui padi on valmis, puuritakse läbi mainitud torude 35—50 mm jämedused ja 15—20 m sügavused tsementeerimisaukud. Puurimiseks kasutatakse raskeid suruõhu-puurvasaraid.

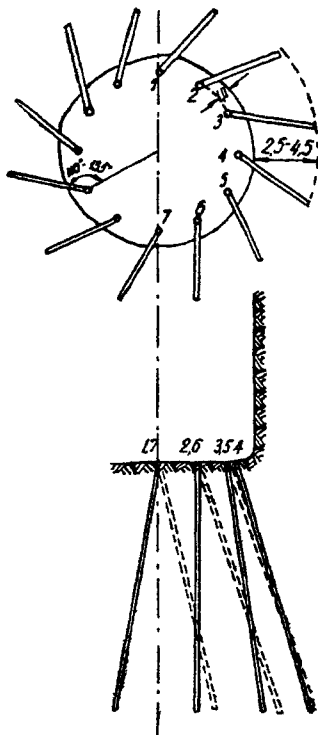
Tsementeerimisaukudele antakse ühtlasi radiaalne ja tangentsiaalne kallak (joon. 295), mis võimaldab rohkem vertikaalseid pragusid läbida.

Puuraukude arv oleneb pragude iseloomust. Kui praod on väikesed ja neid on palju, suurendatakse puuraukude arvu. Harilikult kõigub nende arv 16—30 piirides.

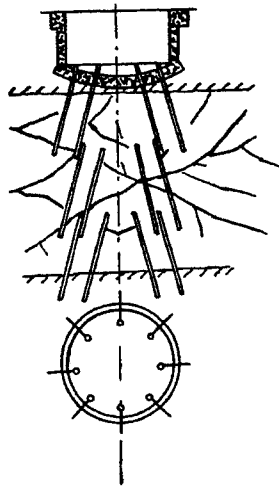
Tsemendisegu valmistatakse maa peal, kus asuvad ka pumbad, ja juhitakse eesse tugevate terastorude kaudu. Tsementeerimist alustatakse 5—10%-lise tsemendivedelikuga, mille tsemendisisaldust nõuete kohaselt suurendatakse ning lõpuks vähendatakse jällegi esialgseni. Suuri pragusid täidetakse vedeldatud tsemendiga, mille tsemendisisaldus on 60—65%.

Tsemendivedeliku surve peab olema tunduvalt suurem pragudes oleva vee survest ja ületama pragude takistused. Tsementeerimisel kasutatakse väga mitmesugust survet, alates 5-st kuni 75 at-ni ja veel suurematki.

Pärast tsementeerimist rajatakse šaht harilikul viisil. Kui veerikas



Joon. 295. Tsementeerimisaukude paigutuse skeem



Joon. 296. Paksu veerikka kihi läbimise skeem tsementeerimisega

kiht on paks ja ühe tsementeerimisega ei ole võimalik teda läbida, siis katkestatakse šahti rajamine mõni meeter enne tsementeerimata osa avamist ja korratakse tsementeerimist, kuni kiht on läbitud (joon. 296).

Kui veerikas kiht on maapinna lähedal, siis tsementeeritakse maa pealt sügavpuuraukude abil, millede ülemine osa varustatakse mantelitorudega.

Mõnikord kasutatakse veerikka kihi pragude sulgemiseks tsemendi asemel savi.

Uuralis tuli kivisõerajoonis šahti rajamisel läbida suurte õõnsustega veerikas kiht, mille puhul tsemendikulu oli väga suur (kuni 100 tonni ühe



jooksva meetri šahti kohta). Et vähendada kulutusi, hakati kasutama tsemendi asemel savi ja saepuru segu, mis andis oodatud tagajärgi.

Savi kasutamine šahtide rajamisel veekäikude sulgemiseks on seadeldiste ja töövõtete poolest täiesti analoogiline tsemendi kasutamisega samaks otstarbeks.

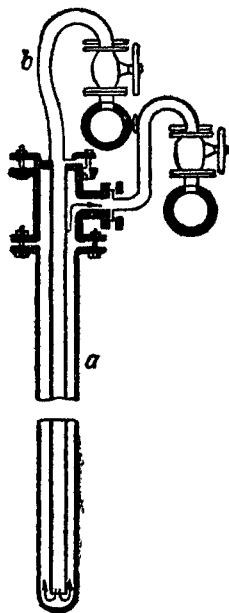
Kui tamponimiseks võetakse bituumen, siis tehakse see kuumutamise-ga vedelaks ja surutakse analoogiliselt tsemendivedelikule puurauku-desse, kus ta tardudes täidab kivimi praod.

## 6. Šahtide rajamine külmutamisega.

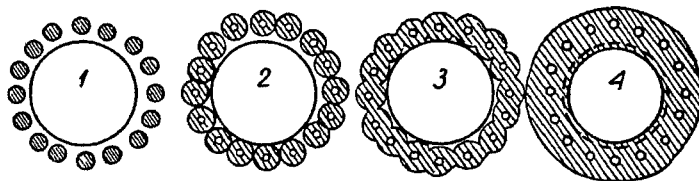
Kui raskete hüdro-geoloogiliste tingimuste tõttu (paksud või sügaval asuvad vesiliiva kihid) või mõnel muul kaaluval põhjusel ei ole võimalik kasutada eespoolkirjeldatud šahtide rajamise viise, siis tarvitatakse kunstlikku külmutamist.

Külmutamise teostamiseks puuritakse ümber šahti puuraukude ring raadiusega, mis ületab šahti raadiuse 1,5—2 m võrra. Puuraugud peavad ulatuma 2—5 m sügavamale veerikastest kihtidest; nende kaugus üksteisest leitakse arvutuse teel. Puurimisel peab jäl-gima, et augud tuleksid vertikaalsed, ilma vähimagi kõveruseta.

Aukudesse asetatakse külmutustorud (joon. 297). Külmutustoru koosneb kahest üksteise sisse asetatud terastorust, millede tugevust on proovitud 20-at-se



Joon. 297. Külmutus-torud: *a* — välimine toru, *b* — sisemine toru.



Joon. 298. Külmunud seina moodustamine rajatava šahti ümber.

surve all. Pealmisel ehk välimisel torul *a*, diameetriga 100 mm, on alumine ots kinnine; sisemisel 0,5—0,7 m võrra pealmisest lühemal torul *b* on alumine ots lahtine. Torude ülemised otsad on ühendatud erinevate torustikkudega.

Sisemise toru kaudu pumbatakse alla külmutusvedelik, mis välimist toru mööda üles kerkib, jahutades toru seinu ning sellega ühtlasi ka teda ümbritsevaid kivimeid. Sissejuhitava külmutusvedeliku temperatuur on harilikult  $-20$  kuni  $-25^{\circ}$ .

Külmutusvedelikuks kasutatakse harilikult kaltsiumkloriidi ( $\text{CaCl}_2$ ) või magneesiumkloriidi ( $\text{MgCl}_2$ ) lahuseid. Esimene neist külmub temperatuuril  $-39,9^{\circ}$  ja teine  $-35^{\circ}$  juures, kui lahused on vastava kontsentratsiooniga.

Tagasiliikuv lahus juhitakse uuesti külmutusmasinatesse, kus tema temperatuuri alandatakse nõutava määraneni ja pumbatakse siis jälle külmutustorudesse.

Et vältida külmutustorudes eriliste pingete esinemist, mis võivad torusid rikkuda, hoitakse töö alguses külmutuslahuse temperatuur  $3-4$  ööpäeva vältel kõrgemana ( $-3$  kuni  $-5^{\circ}$ ) ja järgmise  $2-3$  ööpäevaga alandatakse see kuni normaalseni ( $-20$  kuni  $-25^{\circ}$ ).

Mõne aja möödudes tekib külmutustorude ümber külmunud silinder (joon. 298, 2). Edasi muutuvad need silindrid külmutuslahuse tsirkuleerimisel aegamööda jämedamaks ja liituvad, moodustades šahti asukoha ümber külmunud seinu.

Pärast külmunud seinu moodustamist alatakse šahti rajamist. Rajamine toimub harilikul viisil, ümbritseva külmunud seinu kaitsel. Lõhkamistöid peab tegema ettevaatlikult, madalate lõhkeaukudega ja väikeste laengutega.

Külmutamisega rajatud šaht toestatakse veekindla metalltoestikuga. Šahti rajamise ja toestamise ajal töötab külmutusseadeldis vahet pidamata külmutust alalhoidva režiimiga.

Pärast šahti rajamise lõpetamist alustatakse külmunud kivimite sulatamist. Ühtlane ja pikaldane sulamine saavutatakse sellega, et külmutuslahust soojendatakse pikkamisi ( $1^{\circ}$  ööpäevas)  $+10$  kuni  $+12^{\circ}$ -ni.

Kui on kindlaks tehtud, et kõik külmunud kivimid on sulanud, lõpetatakse sulatamisfööd ja tõmmatakse külmutustorud puuraukudest välja.

## 7. Šahtide remont ja taastamine.

Töö iseloomult võib jaotada šahti puittoestiku remonti kolme liiki: 1) väike remont, 2) osaline uuestitoestamine ja 3) üleni uuestitoestamine.

Väike remont tehakse vahetuste vaheajal ja remontvahetuse ajal. Tööd tehakse ajutiselt lavalt või kongi katuselt.

Puittoestiku rakke lühikülje vahetamisel võetakse alguses välja ülemine vahepakki, siis võetakse välja rakke lühikülge ja asendatakse uuega. Rakke pikk külge võetakse välja osadena ja asendatakse uuega, mis valmis-

tatakse kahest osast, kusjuures ühenduskoht kinnitatakse metallplaatidega. Enne põõnade ja põiktugede vahetamist asetatakse ajutised põõnad ja põiktoed, mis võetakse ära pärast uute kohalekinnitamist.

Osalise uuestitoestamise all mõistetakse rakete vahetamist 5—10 m ulatuses ja põõnade ning põiktugede vahetamist pikemas ulatuses.

Rakete vahetamisel peab ettenägelikult vältima ülalpool töökohta oleva toestikuosa allapoolenihkumist ja raketetaguse täidise väljavarisemist. Uute rakete tagune tuleb tihedalt täita täitematerjaliga. Sellega hoitakse ära kivimite vajumine ja nihked, mis võivad toestikku paigalt nihutada või teda koguni purustada.

Kui šahti toestik vahetatakse kogu šahti ulatuses või šahti pikemates osades, siis nimetatakse seda üleni uuestitoestamiseks.

Uuestitoestamist teostatakse järkude kaupa ülalt allapoole, kusjuures igas järgus toimub uuestitoestamine alt ülespoole. Enne töö algust järgus tehakse kindel kaitselava järgu alumisse ossa. Kui toestikutagused kivimid on püsivad, võetakse korruga välja 6—8 raket, keskmise kõvadusega kivimites 3—4 raket ja pehmetes, kergesti varisevates kivimites üks rake või isegi rakke üksikud osad ja asendatakse uutega.

Pudedate kivimite puhul, mis võivad kergesti variseda, teostatakse uuestitoestamist mõnikord ka ülalt allapoole. Siis vahetatakse toestiku rakkeid üksikult osade kaupa ja kinnitatakse metall-liistude ja haakidega kordkorralt ülemiste rakete külge.

Kivitoestikuga šahtid vajavad remonti üsna harva. Šahti seinte uuestitoestamine esineb ainult erijuhtudel.

Logisema hakanud metallvahetalad kinnitatakse uuesti rasvase betooniga nende kinnituspesades. Kui metallpõiktoed on korrosiooni toime tõttu tunduvalt kannatanud, siis peab neid vahetama. Pärast uue põiktoe kohaleasetamist ja otste pesadesse kinnitamist kõrvaldatakse vana põiktugi katki lõikamise teel.

Kohtades, kus toestikus esineb väikesi pragusid, lüüakse kogu lahtiolev krohv maha ja krohvitakse uuesti üle rasvase tsementkrohviga.

Kui toestikus esineb kohalikke rikkeid, siis kõrvaldatakse rikitud kohad ja asendatakse nad tellistest müüriaga tsementmördil.

Remondi eel puuritakse rikitud kohta ja sellest veidi kõrgemale augud, millede eesmärgiks on toestikutaguste kivimite olukorra selgitamine. Kui toestiku taga esineb tühikuid, siis pressitakse surve all 1,5—2 at neisse aukude kaudu veega segatud tsementi.

Selleks, et ära hoida purunemise laienemist ülespoole, asetatakse 10—15 m ulatuses rikitud kohast kõrgemale ajutine toestik karprauast rõngastest. Rõnga segmendid ühendatakse poltidega ja liidetakse

kõvasti kogu perimeetri ulatuses. Rõngaste vahekauguseks võetakse 0,6—0,8 m.

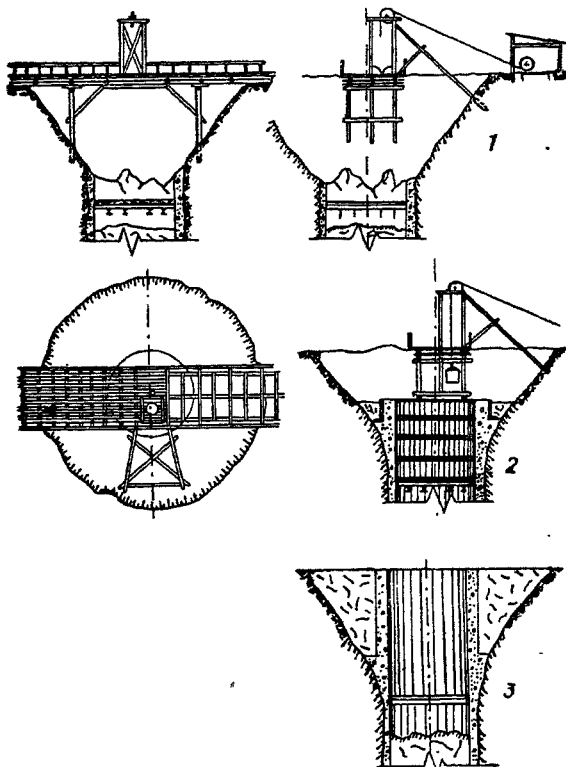
Vana toestik kõrvaldatakse piikvasaratega üksikute segmentide viisi ja asendatakse uuega (harilikult tellistest). Toestik uuendatakse 1—1,2 m kõrguste järkude kaupa alt ülespoole. Kui toestikutagustest kivimitest voolab vett, siis asetatakse läbi uue toestiku torud selle vee väljalaskmiseks, vastasel korral võib vesi rikku-

da mitteküllaldaselt kivitud uut toestikku.

Kui on karta, et ülalpool olev vana toestik võib hakata nihkuma allapoole, siis paigutatakse ringi tema alla kivimi seintesse metallvaid.

Šahtide taastamistööde iseloom on sellest, missugust šahti purustatud osa tuleb taastada. Näiteks erinevad suuresti üksteisest šahti suudme, šahti keskosa ja šahti ning šahti õue ühenduskoha taastamistööd.

Kui šahti suue on purustatud nii, et tema asemele on tekkinud lehter, siis tuleb esmalt puhastada tema ümbrus tõstetorni metallrusudest ja muust prahist. Seejärel kaetakse šaht altpoolt



Joon. 299. Šahti suudme taastamine.

toestiku purustuspiirkonda kõva katelaega. Taastamistööde teostamiseks ehitatakse üle lehtri puidust sild.

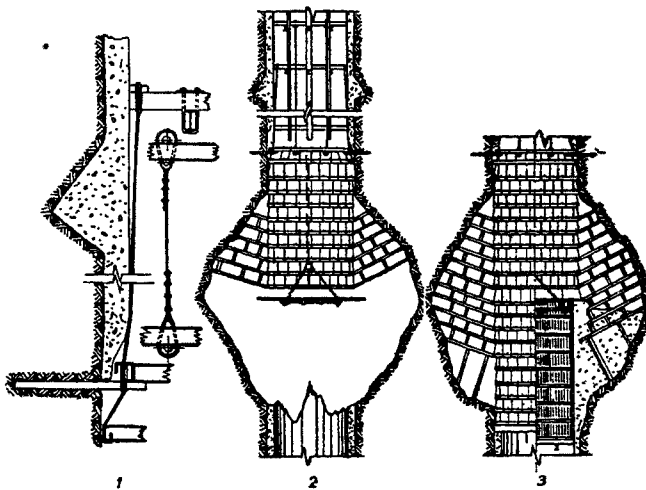
Sahti kohale sillale ehitatakse kerge konstruktsiooniga tõstepukk, millele kinnitatakse tõstekõie jaoks juhtratas (joon. 299, 1). Tõsteseadeldis ehitatakse töökaitse ja tehniliste nõuete kohaselt ja ta meenutab väikese šahti rajamise tõsteseadeldist.

Pärast silla ja tõsteseadeldise ehitamist kõrvaldatakse vana toestiku pragunenud osa, asetatakse täpselt tsentreeritud šabloonid ja alustatakse

uue betoontoestiku ehitamist. Toestiku tagant kõrvaldatakse algul kõik purustatud kivimid ja betoon valatakse šabloni ning kivimitest seina vahele, kuni betoonikiht saab umbes meetri paksuseks. Siis asetatakse ka välimine šabloon nii, et toestiku paksuseks jääb 0,7—1,0 m (joon. 299, 2). Toestikutagune ruum täidetakse kord-korralt toestiku valamise järel. Täite-kivimitesse asetatakse torud, mille kaudu nendesse pärast juhitakse tsemendilahus. Tööde lõpul kõrvaldatakse ajutine sild ja tõsteseadeldis.

Šahti keskosa taastamise raskem juhtum esineb siis, kui šahti toestik on purustatud kogu perimeetril.

Taastamistöid alatakse püsijäänud toestiku alumise osa põhjaliku vaatlemisega. Rikutud kohast kõrgemale tehakse toestikku piikvasaratega



Joon. 300. Šahti keskosa taastamine.

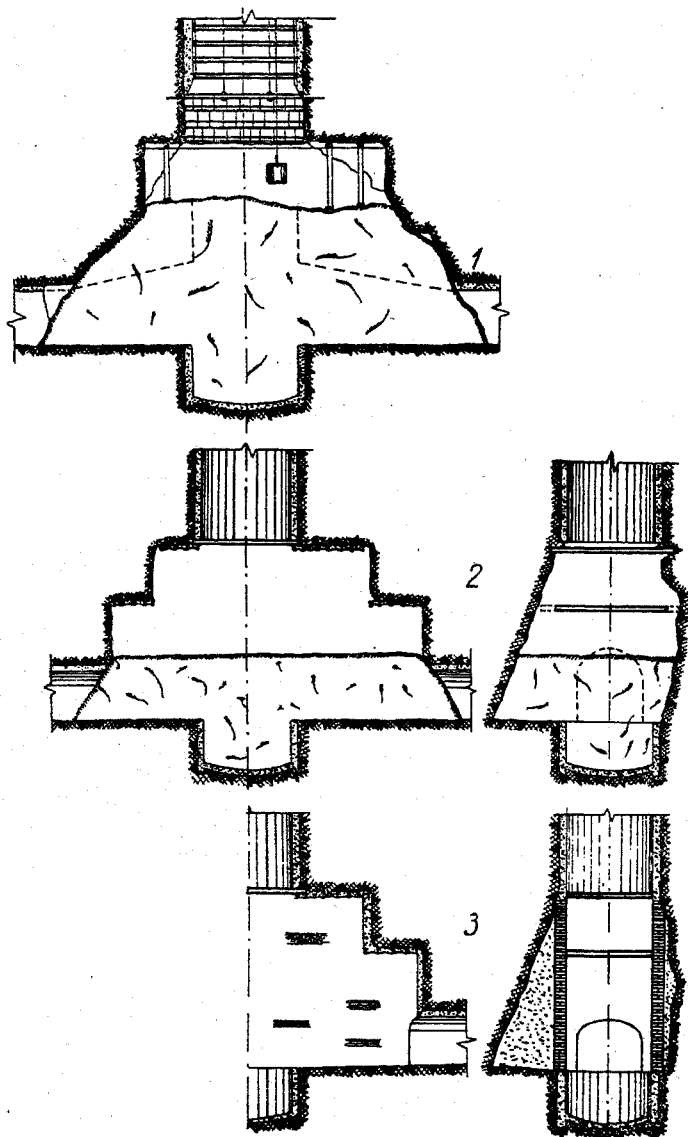
horisontaalne ringsüvend sügavusega  $\frac{2}{3}$  toestiku paksusest ja kõrgusega 0,4—0,5 m. Selle süvendi aläärde puuritakse ühekauguste vahedega radiaalselt 6—8 auku sügavusega 1,2—1,5 m ja läbimõõduga 100—120 mm.

Aukudesse pannakse tugevad metallvaiad nii, et nende otsad ulatuksid 0,6—0,7 m august välja. Vaiad kinnitatakse aukudesse tsemendiseguga. Süvendisse vaiade peale asetatakse kahekordne tugirõngas karprauast nr. 24—26.

Tugirõngas kinnitatakse 40—50 mm jämeduste teraskõitega maapealse tugiraami külge või kõrgemal asetsevatele põiktugedele asetatud teise tugirõnga külge (joon. 300, 1).

Pärast seda alustatakse rippuvalt lavalt purustatud toestiku kõrvalda-

mist ja ajutise toestiku püstitamist, mis kinnitatakse rippuvasse olekusse tugirõnga külge. Kui töö jõuab väljalangenud seinte kohani, siis lüüakse



Joon. 301. Šahti õue ja šahti ühenduskoha taastamine.

ajutise toestiku rõngaste ja väljalangenud koha seinte vahele toed. Toed asetatakse radiaalselt nii, et kivimi vastas olevad otsad oleksid kõrgemal.

Et toed ei nihkuks paigast, pannakse nende vahele vahetoed ja kinnitatakse metallklambritega (joon. 300, 2). Nende tööde teostamiseks on rippuv lava varustatud väljaulatuvate osadega.

Kui väljalangenud toestikuga osa on kindlustatud ajutise toestikuga, kõrvaldatakse toestiku rusud allpool purustuste piirkonda ja asetatakse kindel lava ülemistele säilinud põiktugedele. Sellele lavale asetatakse esimene šabloon uue betoontoestiku tegemiseks.

Alguses täidetakse betooniga kogu šabloonitagune ruum. Pärast, kui ruum laieneb, moodustatakse toestiku välimine šabloon laudade kinnitamisega vahetugede külge. Ajutist toestikku välja ei võeta (joon. 300, 3).

Betoontoestik tehakse 0,8—1,0 m paksune; toestikutagune ruum täidetakse hoolikalt. Täidise pärastiseks tsementeerimiseks asetatakse täidisesse torud läbi betoonseina.

Šahti õue ja šahti ühenduskoha taastamine algab ajutise toestiku püstitamise ja šahtis, sarnanevalt šahti keskosa taastamistööde algusega. Allpool tugirõngast kõrvaldatakse purunenud toestik, kindlustatakse ajutise toestikuga ja hakatakse sisselangenud laeosa tasandama šahti õue telje suunas. Lagi tasandatakse 2,25 m ulatuses astmena ja toestatakse ajutiste tugipostidega, mis asetatakse purunenud kivimile pandud aluste peale (joon. 301, 1). Uhtaegu lae tasandamisega tehakse mõlemale poole tema külgedesse 0,5—0,6 m sügavused pikuti süvendid. Neisse süvenditesse pannakse lae toestamiseks metalltalade otsad. Talad asetatakse teatava vahemaa tagant ja nende vahed betoneeritakse võlvikujuliselt.

Pärast šahti õue suudme lae esimese astme toestamist toestatakse šaht ülaltpoolt seda. Edasi tasandatakse esimese astme vertikaalosa ja toimetatakse purustatud kivimit välja seni, kuni on võimalik hakata moodustama järgmist astet (joon. 301, 2). Tööd teises astmes sarnanevad töödega esimeses astmes.

Kui teine aste on toestatud, toimetatakse ülejäänud purustatud kivim välja ja toestatakse šahti õue suudme seinad 2—3 tellise paksuste tellismüüridega.

Tellismüüridetagune täidetakse kõvasti ja vahed valatakse tsemendi-segu täis (joon. 301, 3).

Kui šahti õue ja šahti purustatud ühenduskoht on nõrkades, kergesti sisselangevates kivimites, siis täidetakse purunenud kaeveõõnsuse osa täitematerjaliga ja tsementeeritakse kõik sisselangenud kivimid ja täidis. Pärast tsemendi kivistumist rajatakse tsementeeritud kivimitesse vajalikud kaeveõõnsused nagu uude kohta.

## VI OSA.

### VARA-PAIKADE AVAMINE JA ETTEVALMISTAMINE.

#### 1. Sissejuhatus.

Kui uurimistöödega on selgitatud antud varapaiga tootmisväärtus, nimelt 1) kindlaks tehtud tootmiseks küllaldased varud, 2) selgitatud tehnilised tootmisvõimalused ja 3) maavara kasutamise otstarbekus rahvamajanduses, siis võib alustada selle varapaiga kaevandamist (ekspluateerimist).

Varapaiga kaevandamise ehk ekspluateerimise all mõistetakse kasuliku kaevisse väljavõtmist tema leiukohast. Et seda väljavõtmist võimalikuks teha, peab vastava plaani kohaselt rajama varapaigas ja ka väljaspool selle piire nõutaval määral kaeveõõnsusi.

Eelkõige tuleb rajada need kaeveõõnsused, mis avavad pääsu varapaiga sisemusse ja võimaldavad alustada maavarade kaevandamist. Varapaiga varustamist nende kaeveõõnsustega nimetatakse varapaiga avamiseks. Varapaiga avamiseks rajatavad kaeveõõnsused peavad püsima kaua (suurem osa kuni kaevanduse likvideerimiseni) ja seepärast on nad tugevasti toetatud, mistõttu neid nimetatakse kapitaalseteks.

Kui varapaik on avatud, hakatakse rajama kaeveõõnsusi, millede ülesandeks on tootmistööde ettevalmistamise teostamine. Neid nimetatakse seepärast ettevalmistus-kaeveõõnsusteks ja nende rajamise töid ettevalmistustöödeks.

Avatud varude kaevandamine toimub järk-järgult kindla plaani kohaselt ja ettevalmistustöid, mis on tootmistööde eelduseks, ei tehta mitte korraga avatud varude kogu ulatuses, vaid ainult avatud ala ühes osas, mis on küllaldane, et kindlustada toodangut.

#### 2. Kihtvarapaikade avamine.

Kõikide varapaikade väljatöötamiseks, sealhulgas ka kihtvarapaikade kaevandamiseks, koostatakse uurimisandmete alusel kindel üksikasjaline

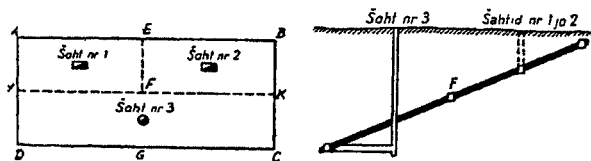


plaan, milles on ette nähtud kõik pealmaa-ehitised ja kaeveõnsused. Kõik nad kokku moodustavad ühe mäetööstusettevõtte, mida nimetatakse kaevanduseks. Viimane võib koosneda mitmest tootmisüksusest — alakaevandusest (näit. all- ja pealmaa-kaevandusest).

Seda osa varapaigast, mida haarab plaanis ettenähtud kaeveõnsuste võrk ja mis välja töötatakse ühe või mitme karjääri, šahti või stollu kaudu, nimetatakse kaevanduse väljaks (joon. 302, *ABCD*). Kaevandusel (samuti ka alakaevandusel) on oma majandus- ja administratiivjuhtkond.

Seda osa varapaigast, mida kaevandatakse šahti, stollu jne. kaudu, nimetatakse vastavalt šahti, stollu jne. väljaks. Nii võib olla ühes kaevanduse väljas rohkem kui üks šahti väli. Joonisel 302 on *AEFY*, *EBKF* ja *YKCD* šahtide väljad.

Harilikult langevad šahti ja kaevanduse väli ühte. Kui kaevandatakse maapinna lähedal olevaid varapaiku, kus šahtide ehitamine ei ole



Joon. 302. Kaevanduse ja šahti väljade skeemid.

kallis, või kui varapaik esineb üksikute pesadena (mõnikord maakide tootmisel), siis asutatakse alakaevandused kaevanduse välja osade väljatöötamiseks.

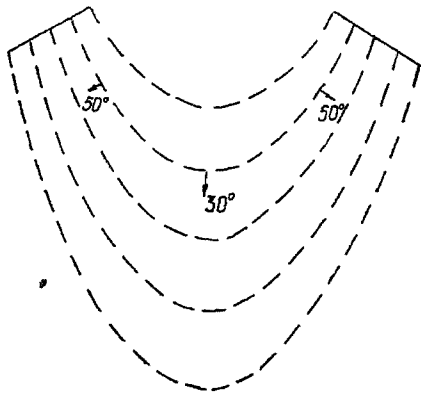
Ulatuslikes varapaikades on šahti väli harilikult täisnurkne ristkülik (joon. 302), mille ülemine ja alumine piir on rõhtsad ja külje- piirid on suunatud kihi kallaksuunas. Kui tõmmata rõhtjoon šahti välja pinnale läbi koha, kus tõstešaht avab teda, siis jaguneb šahti väli kahte ossa; seda osa, mis asub avamiskohast ülalpool, nimetatakse ülalpoolseks ja alumist allpoolseks šahti väljaks. Samuti jagab tõstešahti läbiv kallaksuunaline joon šahti välja kahte ossa, mida nimetatakse tiibadeks. Et ei tekiks segadust, antakse tiibadele ilmakaarte nimetused (näit. idatiib, läänetiib), olenevalt kihi rõhtsuunast.

Kui maapinnaolud on soodsad, valitakse šahti asend nii, et šahti välja tiivad oleksid võrdsed, siis kujunevad kaevisse transpordi ja kaeveõnsuste säilitamise kulud ühe tonni toodetava kaevisse kohta minimaalseiks.

Kui on tegemist kihtvarapaikadega, mis praktiliselt on rõhtsad, siis on normaalne šahti väli ruudukujuline ja selle välja piire nimetatakse ilmakaarte või naaberkaevanduste järgi. Šahti välja jagamine tiibadeks

toimub siis peastrekingiga. Ka võib rõhtsat šahti välja jagada väiksematesse osadesse (rajoonidesse) diagonaalselt suunatud strekkidega, kusjuures kaob harilik tiibade mõiste.

Maavara leiukoha erilised geoloogilised tingimused ei võimalda iga-kord anda šahti väljale kõige sobivamat täisnurkset kuju. Kui kihis esinevad kurrud, siis moonutavad need šahti välja vormi. Joonisel 303 on toodud näitena antikliinil asuva šahti välja skeem. Punkt-tiiriga on näidatud korruste strekid, mis on rajatud kihi rõhtsuunas ja on seepärast kõverad. Kihi kallakuse muutumise tõttu ei saa nad olla ka täiesti rööbiti, vaid kaugenevad üksteisest kohtades, kus kihi kallak-nurk on väiksem, ja lähenevad kal-laknurga suurenemisel.



Joon. 303 Antikliinil asuva kaevanduse välja skeem.

Kihtvarapaikade avamise viis ole-neb peamiselt:

- 1) kihtide arvust ja nendevaheli-sest kaugusest;
- 2) varapaiga sügavusest maa-pinnalt;
- 3) kihi (kihtide) kallaknurgast;
- 4) maapinna reljeefist;
- 5) naaberkihtide omadustest;
- 6) varude suurusest;
- 7) šahtide, stollide, kveršlagide rajamise kuludest.

Rajatava kaevanduse välju võib avada: 1) üksikute šahtidega, mis rajatakse iga kihi juurde eraldi; 2) keske šahti ning kveršlagi abil ja 3) keske šahti ning gesengi abil. Soodsas olukorras võib kõigil tähendatud juhtudel vertikaalset šahti vahetada kallakšahliga või stolliga ja gesenki võib asendada bremsbergi, tõstekallaku või kveršlagiga.

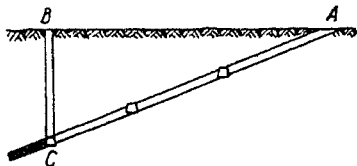
Kui on tegemist üksiku kihiga, siis võib seda avada kallakšahliga  $AC$  või vertikaalse šahliga  $BC$  (joon. 304). Kui maapinna reljeef võimaldab avamist stolliga  $AB$  (joon. 305), siis varud, mis asuvad stollist mada-lamal, avatakse tõstekallakuga  $BD$  või pimešahliga  $BC$ .

Samade varude avamisel tuleb kallakšahht tunduvalt pikem kui verti-kaalne šahht (joon. 304). Kallakšahhti eeliseks on aga asjaolu, et ta raja-takse maavarakihi ja ühtaegu ta rajamisega toodetakse maavara, mida võib kasutada ehituse ajal kohapeal (kui see on kütteaine); ühtlasi on ka võimalik seda maavara põhjalikult uurida, tutvuda tootmisvõimalus-tega ning naaberkihtide ja maavarakihi iseärasustega. Ühe jooksva meetri

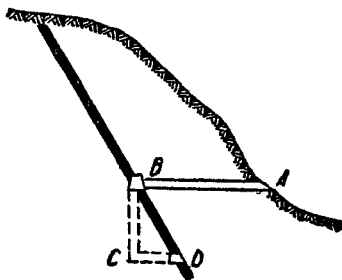
kallakšahti rajamine ja seadistamine on harilikult odavam kui vertikaalšahtidel.

Kui katekivimid on paksud või ülemised maapinnalähedased kihiosad on enne kaevandatud, kaotab kallakšaht oma eelised ja ühes nendega ka kasulikkuse. Järelikult oleneb kallakšahtiga avamise kasulikkus katekivimite paksusest ja varapaiga sügavusest. Peale selle on kallakšahti rajamistööd ja toetamine vähepüsivates ja vett sisaldavates kivimites raskendatud.

Kui maavarakihid on rõhtsad ja asetsevad küllalt maapinna lähedal, kasutatakse viimasel ajal nende avamiseks aherkivimites rajatavaid kallakšahte.



Joon 304 Üksiku kihi avamine vertikaal- ja kallakšahtiga.



Joon 305. Üksiku kihi avamine stolliga

Vaatamata sellele, et kallašahtide rajamine aherkivimites on mäetööde osas tunduvalt kallim kui vertikaalšahtide rajamine teatava horisondini, tuleb kallakšahti tehniline seadistamine märksa odavam ja lihtsam ning eksploatatsioonikulud on väiksemad. Soodsates tingimustes võib mainitud kihte avada kallakšahtidega kuni 100 m sügavuseni. Eesti NSV põlevkivilademed lasuvad just nii, et nende avamiseks on soodne kasutada kallakšahte.

Viimasel ajal kasutatakse kallakšahtides tõstevahenditena transportööre, mis on tehniliselt ja majanduslikult soodsamad kui teised tõsteseadmed, kui ainult šahti kallakus seda võimaldab.

Kallakšahtide puudusteks on: 1) tunduvalt suurem pikkus, võrreldes vertikaalšahtiga, mis avab samad varud; 2) tõstmisel läbib kaevis pika tee, mis vähendab šahti läbilaskevõimet, kui tõstmine ei toimu transportööridega; 3) tõstetross (kõis) kulub intensiivsemalt ka siis, kui ta on korralikult asetatud rullidele; 4) lubatud tõstmiskiirus on tunduvalt väiksem kui vertikaalšahtides, mis omakorda vähendab šahti läbilaskevõimet;

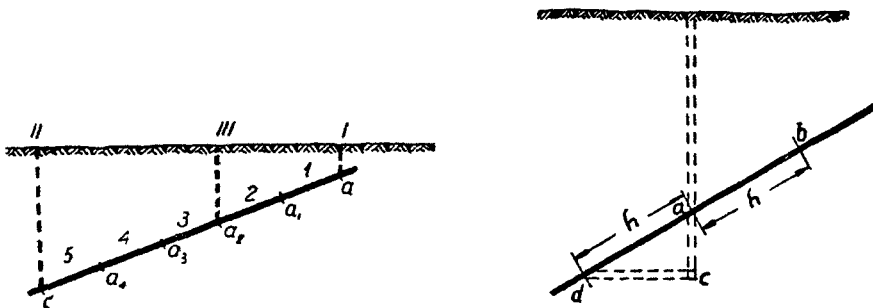
5) mäerõhu surve kallakšahtile on tunduvalt suurem kui vertikaalšahtile, mistõttu kallakšahti toestiku remondikulud on tunduvalt suuremad.

Arvesse võttes neid puudusi ei rajata 700—800 m-st pikemaid kallakšahte. Nad tehakse harilikult 8—35° piirides. Suurema kallakusega šahid esinevad sagedamini maagikaevandustes. Tõstevahendina kasutatakse sel juhul skippe.

### 3. Avamine vertikaalse šahtiga.

Vertikaalse šahtiga avamist esineb enam kui teisi avamisviise.

Šahti soodsaima asendi selgitamiseks oletame esiteks, et šaht on asetatud šahti välja ülemisele piirile (joon. 306, asend I). Selle asendi eeliseks on šahti minimaalne sügavus, kuid kogu kaevis tuleb transportida kapitaalset tõstekallakut pidi kaevanduse välja ülemisele piirile. Tõste-



Joon. 306. Tõstešahti kolm võimalikku asendit (I, II, III) kaevanduse väljaskihi kallaksuunal.

Joon. 307. Kihi avamine vertikaalse šahti ja kveršlagiga:  $h$  — korruse kaldkihi kõrgus,  $cd$  — kveršlag.

kallak peab ulatuma šahti välja alumisest piirist kuni ülemise piirini ja olema varustatud võimsate tõsteseadeldistega, mis võrduvad kallakšahti omadega. Esineb kahekordse tõsteseadeldise vajadus ühes kaevise ümberpaigutamisega ühelt tõsteseadeldiselt teisele.

Kui paigutada šaht kaevandatava välja alumisele piirile (joon. 306, asend II), siis tuleb šaht sügav ja seega kallis. Ühtlasi peab olema kaevise transportimiseks šahti juurde kapitaalne bremsberg, mis ulatub läbi šahti välja kuni ülemise veostrekini.

Mõlemal juhul peab kaevist transportima kaevanduse välja äärele, mis tunduvalt suurendab transpordikulusid.

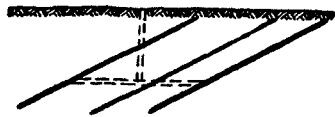
Arvesse võttes kirjeldatud puudusi asetatakse šaht harilikult nende äärmuste vahepeale (joon. 306, asend III), nii et šahti välja ülemine osa

kaevandatakse kapitaalse bremsbergi ja alumine osa kapitaalse tõstekallaku kasutamisel.

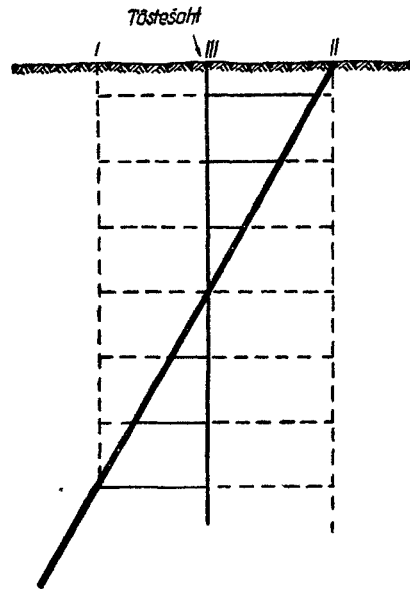
Niisugust avamisviisi nimetatakse avamiseks vertikaalse šahti, kapitaalse bremsbergi ja kapitaalse tõstekallakuga. Seda avamisviisi kasutatakse kihtvarapaikade avamisel, kui kihi kallaknurk ei ületa  $35^\circ$ .

Järsemate kihtide avamisel kasutatakse vertikaalset šahti ja kveršlagi (joon. 307). Vertikaalse šahti ja kveršlagiga võib avada üksikut kihti ja kihtide rühma, milles kihid ei asetse üksteisest liiga kaugel (joon. 308).

Üksiku järsu kihi avamisel on mõeldavad kolm šahti asetamise kohta (joon. 309): täielikult kihi lae-naaberkivimitesse (*I*), kihi põhja-naaberkivimitesse (*II*) või nende kahe asendi vahele, kus ta läbib kihti välja keskosas (*III*). Vertikaalšahtist rajatakse iga korruse horisondile kverš-



Joon. 308. Kihtide rühma avamine vertikaalse šahti ja kveršlagiga.



Joon. 309. Šahti kolm võimalikku paigutust (*I*, *II*, *III*) järsu kihi avamisel šahti ja kveršlagidega.

lagid. Nii avatakse iga korrus eraldi kveršlagiga ja seda avamisviisi nimetatakse avamiseks vertikaalse šahti ja korruste kveršlagidega.

Vaatame nüüd, missugune šahti asetus neist kolmest võimalusest oleks kõige kasulikum (joon. 309). Kolmanda asendi korral tulevad kveršlagid kõige lühemad ja nende rajamise ning toestamise kulud kõige väiksemad. Samuti on ka kaevise vedu lühem ja odavam kui *I* ja *II* asendi korral. *I* ja *II* asendi puhul tulevad kõik need kulud võrdsed. Vahe seisneb ainult selles, et *I* asendi valikul saavad esimeste korruste kveršlagid pikad ja avamine ning ühes sellega ka kaevanduse käikulaskmine viibivad, mis pole soovitatav.

Enne kui teha otsus ühe või teise asendi kasuks, peab arvestama veel üht tähtsat tegurit — kaitsetervikute jätmist, mis on eriti oluline järskude kihtide avamisel. Nimelt ei tohi šahti ümbruse ja kaevanduse maa-pealsete ehitiste alt kihti välja kaevata. See osa maavarakihist, mida haarab kaitsetervik, läheb suurel hulgal kaduma, s. o. jääb kaevandamata, eriti siis, kui seda ei tehta teiste šahtide või abišahtide kaudu.

Kui šaht paigutada asendisse *III*, siis tuleb jätta kaitsetervik kõige suurem, ja mida järsema kallakuga on kiht, seda suurema osa kihist haarab kaitsetervik. Asendis *I* tuleb kaitsetervik jätta ühepoolne, kuna aga asendi *II* puhul kaitsetervikut üldse ei tule jätta, sest kiht eemaldub šahtist sügavamale minnes.

Lähtudes ülalmainitust ei leia asend *I* kasutamist. Kui kihi kallaknurk on väiksem ja kihid on õhemad, siis tuleb eelistada asendit *III*. Kui kihid on paksud ja kihtide kallaknurk on suurem, asetatakse šaht kihi põhjakivimisse (asend *II*).

#### 4. Kihtide rühma avamine.

Kui varapaigas esineb mitu kihti, mis asetsevad üksteisest küllalt kaugel, kuid mitte sügaval, siis avatakse harilikult iga kiht eraldi šahtiga. Seejuures võivad šahtid olla kas vertikaalsed või kallakad (joon. 310).



Joon. 310. Kihtide rühma avamine, kui kihid asuvad üksteisest kaugel.

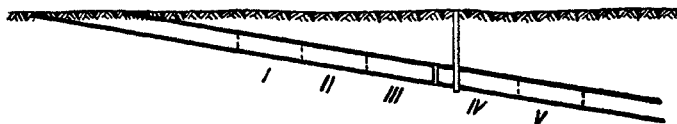
Juhul, kui maavarakihid asetsevad küllalt lähestikku, avatakse mitu kihti ühe šahtiga, õigemini ühe peašahtiga, sest tuulutussaht rajatakse abišahtina peašahti lähedale (harva kaugemale).

Kui need kihid asetsevad laugelt, rajatakse peašaht harilikult kuni alumise kihini ja ehitatakse seal siis šahti õu.

Kogu alumisest kihist toodetud kaevis transporditakse šahti õue ja tõstetakse šahti kaudu maa peale (joon. 311). Kuidas aga toimida ülemise kihiga? Kui ehitada ülemisse kihti šahti läbimise kohta teine šahti õu ja korraldada sealt tõstmist, siis tuleb tõstukit sagedasti lülitada ühelt horisondilt teisele, mis võtab palju aega ja vähendab tõstuki tootlikkust. Kui kihid on keskmise paksusega ja küllalt suure tootlikku-

sega, tekib vajadus muretseda iga horisoni jaoks eraldi tõstuk, mis aga nõuab suurema läbilõikega šahti ja teise šahti õue ehitamist.

Kui kihtide tootlikkus ei ületa ühe tõsteseadeldise võimsust, siis transportitakse ülemise kihi toodang alumise kihi juurde rajatud šahti õue, kus siis kogu kaevanduse toodang tõstetakse ühest punktist maa peale. Sel juhul avatakse ülemine kiht kapitaalse gesengiga ja seda gesenki kasu-

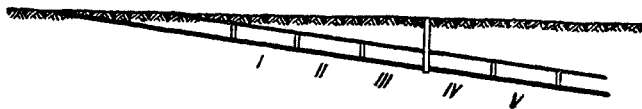


Joon. 311. Laugete kihtide rühma avamine vertikaalse šahti ja kapitaalse gesengiga.  
I—V — korrused

tatakse kogu kaevanduse eksisteerimise ajal ülemise kihi toodangu allalaskmiseks. Seda avamisviisi nimetatakse avamiseks vertikaalse šahti ja kapitaalse gesengiga (joon. 311).

Vaadelda võiks ka tõstmist ühe tõsteseadeldisega kahest kõrgusest (horisonist), kuid see on väga tülikas ja võib kõne alla tulla ainult siis, kui kihid on üksteisest kaugel (gesenk tuleks liiga pikk) ja kui kaevanduse tootlikkus on väike. Praegusel ajal võib mõnikord leida niisugust avamisviisi metallikaevandustes.

Kapitaalse gesengi asemel võib rajada korruste gesengid (joon. 312).



Joon. 312. Laugete kihtide rühma avamine vertikaalse šahti ja korruste gesenkidega.  
I—V — korrused

Sel juhul lastakse iga ülemise kihi korruse toodang selleks eraldi rajatud gesengi kaudu alumisele kihile. Seda avamisviisi nimetatakse avamiseks vertikaalse šahtiga ja korruste gesenkidega.

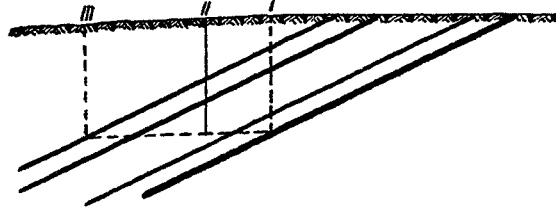
Mitme kihi gesenkidega avamine on keerukam ja muutub seda raskemaks, mida suurem on kihtide kallakus. Kallaknurga suurenemisega muutuvad gesengid pikemaks.

Kihtidevaheline liiklus gesenkide puhul on halvem, võrreldes teiste avamisviisidega.

Arvestades gesenkide puudusi asendatakse nad kveršlagidega ka siis, kui kveršlagid tulevad laugete kihtide puhul pikad ja algkulutuste poolest kallimad.

Kihtide rühma avamisel kveršlagidega kasutatakse kaht avamisviisi.

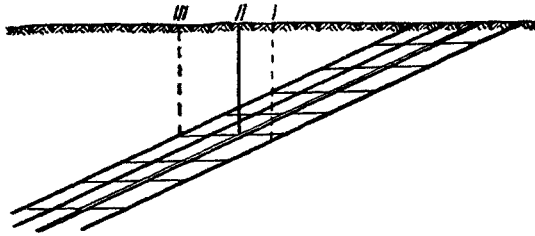
1. Iga kiht töötatakse välja iseseisvalt, kasutades selleks harilikult kapitaalset bremsbergi ja tõstekallakut. Kihid ühendatakse omavahel šahti õue horisondil kapitaalse veokveršlagi ja tuulutuskveršlagiga; neid kasu-



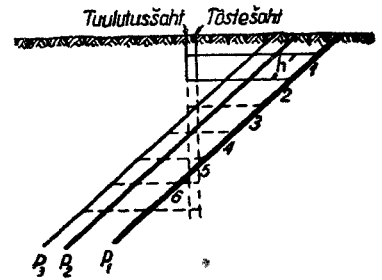
Joon. 313. Kihtide rühma avamine vertikaalse šahti ja kapitaalse kveršlagiga.

tatakse kaevisse transpordiks, tuulutamiseks ja kihtidevaheliseks liiklemiseks (joon. 313).

2. Kui arvutused näitavad, et bremsbergide ja tõstekallakute kasutamine igas kihis tuleb kallim kui korruste kveršlagide kasutamine, siis



Joon. 314. Kihtide rühma avamine vertikaalse šahti, kapitaalse bremsbergi ja tõstekallakuga ning korruste kveršlagidega.



Joon. 315. Järsu kallakusega kihtide rühma avamine

rajatakse ainult ühte kihti kapitaalne bremsberg ja tõstekallak, kihid aga ühendatakse korruste kveršlagidega, mille kaudu kaevis juhatakse kõikidest kihtidest kapitaalsele tõstekallakule või bremsbergile ja sealt edasi tõstesšahtini (joon. 314).

Esimest avamisviisi nimetatakse avamiseks vertikaalse šahti ja kapitaalse kveršlagi, bremsbergide ja tõstekallakutega ja teist — avamiseks vertikaalse šahti, kapitaalse bremsbergi ja tõstekallakuga ning korruste kveršlagidega.

Järsu kallakusega kihtide rühma avamine (joon. 315) ei erine põhimõtteliselt ühe järsu kihi avamisest, millest oli juttu eespool. Šahti asendi



valikul peab samuti kinni pidama põhimõttest, et kveršlagid tuleksid võimalikult lähemad ja et kaevise vedu tonnkilomeetrites ja maavara kadu tervikute all oleksid minimaalsed.

On iseenesest mõistetav, et peale tähendatu peab arvestama veel paljusid muid olulisi tingimusi, mis iga avamise puhul on mõnevõrra erinevad.

Vastavalt geoloogilistele ja tehnilistele tingimustele ei kasutata kirjeldatud avamisviise kihtide rühma avamisel sageli mitte puhtal kujul, vaid kombineeritult. Joonisel 316 on toodud üks paljudest võimalikest



Joon. 316. Kombineeritud avamisviis.

kombineeritud avamisviisidest. Vertikaalse šahtiga, kapitaalsete bremsbergiga ja tõstekallakuga ning korruste kveršlagidega avatakse kaks lähetikku asetsevat kihti, kuna kolmanda, kaugema kihi avamiseks kasutatakse kapitaalset kveršlagi, bremsbergi ja tõstekallakut. Kogu toodang tõstetakse maa peale ühise šahti kaudu, mis on süvendatud kuni keskmise kihi kolmanda korruseni.

Soodsates oludes või eriliste tingimuste korral kasutatakse vertikaalšahti asemel stollit või kallakšahti, mis aga põhiliselt ei muuda kihtide rühma vahelist avamisviisi või nende viiside kombinatsiooni.

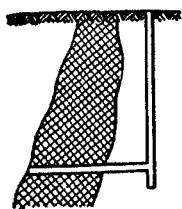
Avamisviisi valikul tuleb erilist tähelepanu pöörata kaevanduse normaalse tootmisvõimsuse saavutamiseks vajaliku ettevalmistusaja lühendamisele, mis oleneb suurel määral avamisviisist.

## 5. Soonvarapaikade ja ebakorrapäraste varapaikade avamine.

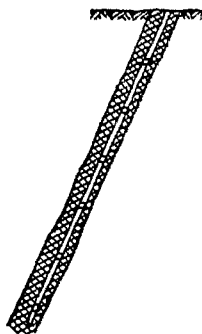
Soonvarapaigad esinevad peaaegu eranditult järskudes asendites, mistõttu nende avamine sarnaneb järskude kihtide avamisega vertikaalsete šahtide ja kveršlagide abil. Mineraalvarapaikade avamisel rajatakse šahtid enamasti lasu, soone või soonte rühma põhja-naaberkivimitesse, et säästa tervikute all kadumaminevat maavara (joon. 317).

Kui sooned ei ole küllalt järsud ja kveršlagid tulevad võrdlemisi pikad, kasutatakse soonte avamisel üsna tihti ka kallakšahte, mis on rajatud kas soontpidi (joon. 318) või põhja moodustavasse aherkivimisse rõõ-

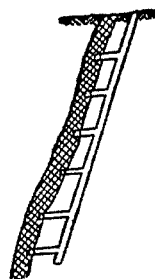
biti soonega (joon. 319). Põhjakivimisse rajatakse šaht siis, kui soon koosneb vähepäisivast maagist või kui soone kallakus on väga muullik või kui see on vajalik hüdro-geoloogiliste tingimuste tõttu.



Joon. 317. Maagikeha avamine vertikaalse šahti ja kveršlagiga.

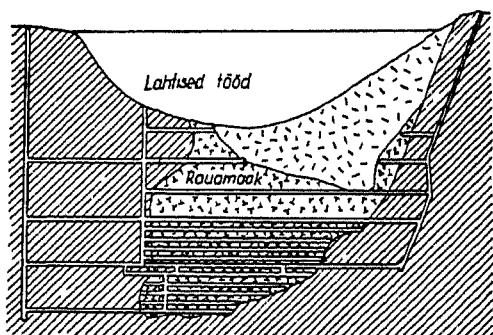


Joon. 318. Soone avamine soontpidi rajatud šahtiga



Joon. 319. Soone avamine kallakšahtiga põhjakivimis.

Soontpidi rajatud šahti kaitseks on nõutav tervikute jätmine. Seetõttu tuleb eelistada šahti rajamist põhjakivimites, mis aga šahti rajamisel ei võimalda saada vajalikke geoloogilisi andmeid.



Joon. 320 Rauamaagi stoki avamine

Ebakorrapäraste varapaikade avamise kohta puuduvad üldreeglid, mis on ka arusaadav, sest iga eri juhtum nõuab varapaiga iseloomule vastava avamisviisi kasutamist.

Suurte ebakorrapäraste varapaikade avamiseks kasutatakse sageli väljapoole varapaika rajatavaid vertikaalseid šahte, millest rajatakse korruste kveršlagid varapaika (joon. 320). Kveršlagidest rajatakse vajalik ettevalmistuskaveõõnsuste võrk.

## 6. Kaevanduse tootmisvõime. Šahti asetus.

Kaevanduse tootmisvõime all mõistetakse seda kaevise hulka, mis kaevandus võib anda, arvestades tema ehitusi ja sisustust, ühes ajaühikus.

Harilikult võetakse selleks ajaühikuks aasta. Peale selle kasutatakse tihti ka kuu, ööpäeva ja vahetuse tootmisvõime mõisteid.

Rajatava kaevanduse aastase tootmisvõime määramisel arvestatakse maavara varusid, nende lasumise iseloomu ja kaevanduse välja suurust. Ühtlasi peab arvesse võtma ka nõudmist selle maavara järele, kohalikke transpordivõimalusi jm.

Kaevandused võivad olla mitmesuguse tootmisvõimega, näiteks aastatoodanguga 200 tuh. tonnist kuni 1—2 milj. tonnini. Haruldaste ja kallihinnaliste maavarade tootmiseks (näit. kullakaevandused) võivad eksisteerida kaevandused leiukohtades, kus varud on väikesed, 10—50 tuhande tonni tootlikkusega aastas. Vastavalt kaevanduse tootmisvõimele määratakse ka tema eksisteerimise aeg (iga). Suuremad kaevandused ehitatakse 20—50 aastaks ja veel kauemaks, kuna väiksemate iga piirdub 10—15 aastaga.

Kaevanduste projekteerimisel tuleb lähtuda NSV Liidu sisetööstuse ministri käskkirjas nr. 660 (30. nov. 1949) ettenähtud tehnilistest alustest ja põhisuundadest.

Kaevanduste tootmisvõime suurus ja eksisteerimise aeg olenevad ka kaevandatava maavara sügavusest. Sügaval asuvate maavarade tootmiseks on kasulik rajada ainult võimsaid ja pikaealisi kaevandusi.

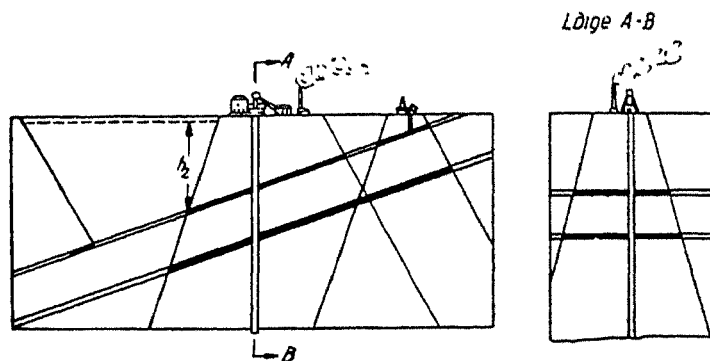
Kui on selgitatud kaevanduse tootmisvõime ja avamisviisi, tuleb kindlaks määrata šahti rajamise koht kaevanduse väljas. Nagu eespool avamisviiside selgitamisel oli tähendatud, oleneb šahti paigutus mitmest tegurist. Tähtsamad neist on ühelt poolt kaevise allmaatranspordi ja kaevanduse remondi kulud ja teiselt poolt võimalused püstitada maapinnale vajalikke ehitisi ning luua raudteeühendus.

Tihti on need kaks põhitingimust vastuolus. Kaevanduse (allmaa-)transpordi nõuete kohaselt peab tõstešaht asuma šahti väljast toodetava kaevise hulkade aritmeetilises keskpunktis, mis muutmatu paksusega kihi korral langeb ühte šahti välja geomeetrilise keskpunktiga. Kui kaevandust on võimalik varustada võimsate transpordivahenditega, siis pole šahti asumisel selles keskpunktis olulist tähtsust, sest sel juhul pole transpordikulud kaugeltki proportsionaalsed veokaugustega.

Selleks, et oleks võimalik arvestada maapinna reljeefi, peab olema maastiku täpne topograafiline plaan, millele märgitakse tehniliste ja teenindamisehitiste asetus ning kontrollitakse raudteeühenduse loomise võimalusi.

Kõik pealmaa-ehitised peavad olema asetatud nii, et nende kasutamine oleks igati soodne. Üksikute hoonete vahemaa peab vastama tule- ja õhutõrje nõuetele. Samal ajal peab maa-ala, millele on ehitatud

kaevanduse pealmaa-ehitised, olema võimalikult väike, sest selle pindala alt ei tohi harilikult maavara kaevandada (erilisel viisil kaevandamine läheb aga liiga kalliks). Vastasel korral tekib maapinna vajumine ja selle tagajärjel ehitiste vigastumine. Seda maavara osa, mis jäetakse puutumatu pealmaa-ehitiste alla kuni kaevandamise lõpetamise perioodini, nimetatakse kaitsetervikuks (joon. 321).



Joon. 321. Kaitsetervikute kujundamise skeem.

Kaitsetervikute suurus määratakse graafiliselt kindlaks antud kaevanduste rajooni või basseini oludele vastava juhendi alusel.

Kaitsetervikud jäetakse ka riikliku tähtsusega ehitiste, raudteede, vee- kogude jne. alla.

Kui maapinna reljeef või mõni muu oluline põhjus ei võimalda šahti rajada kaevandatava maavara aritmeetilise keskpunkti lähedusse, siis tuleb rajamise koht määrata optimaalse skeemi valikuga eraldi vaadeldavate šahti asukoha variantide hulgast.

## 7. Tuulutussahti asetuse.

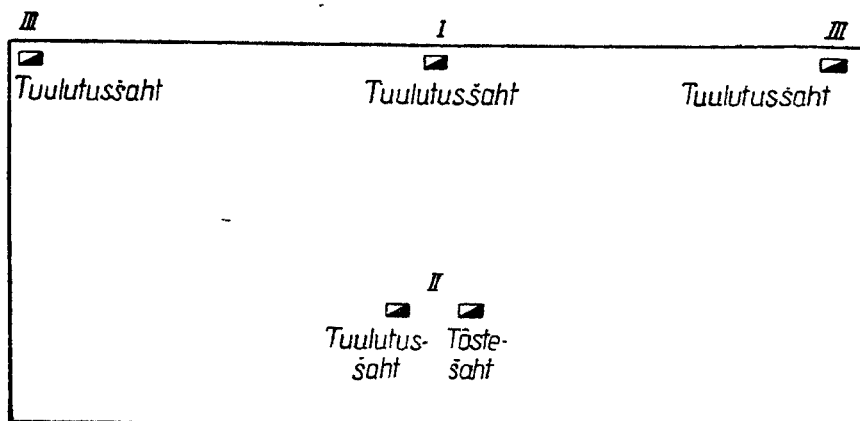
Igal allmaakaevandusel peab olema vähemalt kaks väljapääsu (ühendust pealmaaga). Seda nõuavad ühelt poolt ohutusreeglid ja teiselt poolt — kaevanduse tuulutus.

Värske õhk juhitakse kaevandusse harilikult tõstešahti kaudu, kusjuures ta läbib kõik kaeveõõnsused ja väljub tuulutussahtist (võib olla ka vastupidi).

Kui tõstešaht on kallak, siis rajatakse harilikult rööbiti temaga ka tuulutussaht. Kui selliseks asetuseks ei ole erilist vajadust, siis rajatakse tuulutussaht mitte tõstešahti sügavuseni, vaid kuni ülemise tuulutusstreikini.

Kui tõste- ja tuulutussaht on vertikaalsed, siis võib tuulutussaht olla asetatud: 1) tõstesahti lähedale (joon. 322, asend *II*); 2) sahti välja ülemisele piirile (asend *I*) ja 3) sahti välja ülemistesse nurkadesse (tiibadele) (asend *III*) (viimasel juhul peab olema 2 tuulutussahti).

Esimest asetust (*II*) nimetatakse keskseks kaksikpaigutuseks. See on sagedaimini kasutatav viis. Tema paremused on: 1) võimaldab kokku koondada kaevanduse pealmaa-ehitisi ja abiehitisi; 2) tuulutussahti võib kasutada abisahtina kaevise tõstmisel ja teiste ülesannete täitmisel;



Joon. 322. Tuulutussahti asetusviisid.

3) sahte saab omavahel kiiresti ühendada, mis võimaldab kaevanduse ehitamisel saavutada kiiresti korralikku tuulutamist; 4) sahtidele ja pealmaa-ehitistele jäetakse üks ühine kaitsetervik; 5) sahtide süvendamistööd on lihtsad, juhul kui on vaja süvendada.

Selle asetusviisi puudusteks on õhu liikumise pikem tee ja asjaolu, et tuulutussaht tuleb sügavam kui teiste asetusviiside puhul.

Teist (*I*) nimetatakse keskseks lahuspaigutuseks. Selle paigutusega kaevavad kõik need paremused, mis annab sahtide lähestikku asetamine ja õhu liikumise tee alumiste korruste tuulutamisel on tunduvalt pikem. Selle paigutusviisi paremuseks on lühem (madalam) tuulutussaht. Võrdlemisi sügavate kaevanduste puhul ja laugete kihtide kaevandamisel ei ole see sahtide võrdlev sügavuse vahe kuigi suur.

Tuulutussahtide paigutusega sahti välja tiibadesse kujundatakse diagonaalne tuulutuse süsteem. See nn. diagonaal- ehk tiibpaigutus omab paremusi: 1) ventilaatorite töökoormus jaotatakse kahe seadeldise vahel

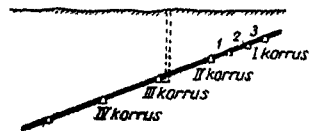
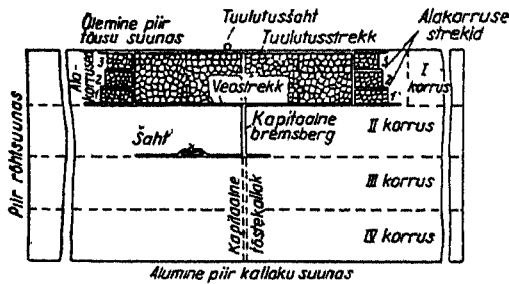
ühtlaselt; maksimaalne õhu liikumise tee on igas tiivas lühem kui kesksel tuulutamistel ja tee pikkus on võrdne, olnemata töökohtade asendist; 2) kui üks tuulutussäht mingil põhjusel lakkab töötamast, võib teine säht mõningal määral tuulutust säilitada.

Sellel paigutusel on ka suured puudused: 1) kahe tuulutussähti rajamine ja sisustamine suurendavad tunduvalt kulusid ja 2) süsteemi tööle-rakendus nõuab väga pikkade sähtidevaheliste ühenduskäikude rajamist, mis tuleb teha enne tootmistööde algust. Viimane puudus on väga oluline ja seepärast kasutatakse diagonaaltuulutust ainult juhtudel, kui osutub võimalikuks kasutada varem kaevandatud kõrgemate horisontide sähte ja teisi varem rajatud kaeveõõnsusi.

Peale kirjeldatud tuulutussähtide tüüpiliste paigutuste on võimalikud ka teised paigutused, mis võivad esineda mitmesugustel põhjustel ja eriti siis, kui kaevanduse (sähti) väli omab korrapärast vormi.

## 8. Sähti välja jaotus.

Igas sähti väljas jätkub maavara varusid pikema-aegseks kaevandamiseks (keskmistes kaevandustes 30—40 a.), seepärast peab sähti välja piirides kehtima mingi järkjärguline töötamise kord.



Joon. 323. Sähti välja korrusteks jaotamise ja kaevandamise skeem.

On mõeldav sähti välja jagamine mitmesugune jagamine. Jagamist lihtsustab asjaolu, et enamasti kõik maavarakihid lasuvad mitte horisontaalselt, vaid moodustavad horisontaalpinnaga kas väiksema või suurema nurga. See asjaolu hõlbustab sähti välja jagamist horisontaalsete äärtega (piiridega) ribadeks, mida nimetatakse korrusteks (joon. 323). Iga korruse ülemisel ja alumisel piiril rajatakse strekid, mida kasutatakse

kaevise äraveoks, inimeste liiklemiseks, tuulutuseks, materjalide juurdeveoks jne.

Korruse laiust kallaksuunas nimetame selle korruse kaldkõrguseks ja tema suurus valitakse söekihtides nii, et see kindlustaks ühel korrusel kaevandamise puhul sähti normaalse toodangu.

Tähendab, korruseks nimetatakse šahti väljast tootmistööde otstarbel horisontaalsete tasapindadega eraldatud osa, mida piiravad tõusu ja langu poolt (suunas) korruse strekid, rõhtsuunas šahti välja piirid ning mida kaevandatakse üheaegselt kogu tema kõrguse ulatusel.

Korrused märgitakse järjekorranumbriga ülalt allapoole; kõige ülemine on esimene, millele järgneb teine jne. Korrused on joonisel 323 märgitud rooma numbritega *I, II, III* jne.

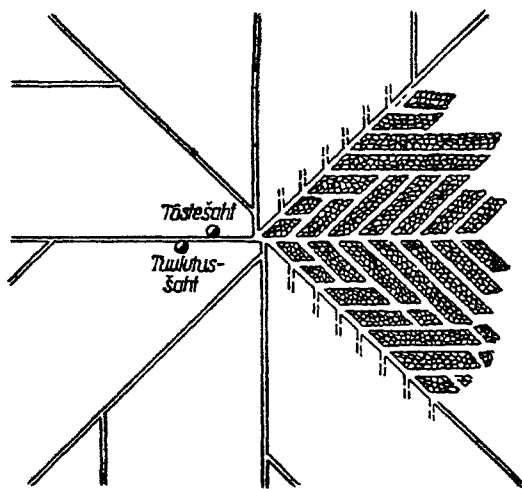
Et võimaldada kaevandusele nõutavat tootlikkust, tuleb korruse kõrgus sageli võtta nii suur, et tervet korrust ilma alajaotusteta on raske kaevandada. Lähtudes kohalike kivimite omadustest, tööohutusest ja kaevandamise tehnilistest tingimustest jagatakse korrus väiksemateks osadeks, mida nimetatakse alakorrusteks (joon 323, 1, 2, 3, 4).

Alakorruste teenindamiseks rajatakse vahepealsed ehk alakorruste strekid.

Kaevise transportimiseks ülemistest alakorrustest kuni korruse veostrekini rajatakse bremsbergid, kui kihid on lauged, või liud, kui kihid on kallakad ja järsud. Kui kaevandatakse altpoolt veostreki, siis rajatakse kaevise tõstmiseks veostrekini tõstekallakud.

Esimene bremsberg või liug rajatakse joonele, mis jagab korruse kaheks tiivaks. Sagedasti liiguvad tootmistööd õhukestes kihtides mõlemas tiivas kord-korralt bremsbergist (liust) kaugemale ja sellega suurenevad ühtlasi transpordikulud alakorruse strekis, mis säilitatakse väljatöötatud alas, kus kaevandamise ülalhoidmise tingimused on rasked ja halvenevad strekkide pikenedamisega. Lõpuks suurenevad strekkide korrashoiu- (remondi-) ja veokulud niivõrd, et on odavam rajada uus bremsberg (liug) ja endised alakorruste strekid likvideerida.

Bremsbergide või liugude vahemaa oleneb transpordiviisist alakorruste strekkides ja ümbritsevate kivimite püsivusest. Nii jagatakse korrus



Joon. 324. Kaevanduse välja jaotamine rõhtsalt lasuvas (lamavas) varapaigas.

brembergidega või liugudega osadeks, mida nimetatakse tootmisväljadeks (koristuspiirkondadeks).

Seda osa korrusest, mis töötatakse välja ühe brembergi abil, nimetatakse brembergi väljaks. Brembergi väli võrdub suuruselt (möötmel) tootmisväljaga, kuid tema piirid võivad kaevandamisviisist olenevalt sattuda ühte tootmisvälja piiridega või kulgevad tootmisvälja keskelt, kui kaevis juhitakse brembergile kahelt poolt.

Kui maavarakiht lasub rõhtsalt, siis kaob korruste mõiste. Kaevanduse välja piirides võib rajada strekke mistahes suunas (joon. 324), kuid ka siin peab olema kivimi kaevandamisel teatav kord. Tootmistehnika seisukohalt peavad tootmistööd olema keskendatud kaevanduse välja ühte ossa ja maavara kaevandamine peab toimuma kindla plaani kohaselt, liikudes ühest kaevanduse välja osast teise. Kaevanduse väli jagatakse strekkidega blokkideks, mida nimetatakse paneelideks, ja määratakse nende väljatöötamise järjekord. Seejuures võetakse arvesse tootmistehnilised tingimused, vee kõrvaldamise võimalused, ratsionaalne tuulutusviis jne.

## 9. Korruste kaevandamise kord.

Harilikult töötatakse korrused välja järjekorras, alates ülemisest. Laugete kihtide puhul on ka vastupidised võimalused peaaegu võrdsed, kuid kapitaalsete brembergi kaitseks peab jätma kaitsetervikud ja ta remondikulud on siiski tunduvalt suuremad.

Laugete kihtide avamisel rajatakse šahti välja keskele, joonele, mis jagab šahti välja tiibadeks, kapitaalsete bremberg kuni ülemise korruse veostreki. Edasi kuni ülemise korruse tuulustusstreki rajatakse kaks koristustöö algloori ja nende vahele tuulustusloor; viimast kasutatakse ka inimkäiguks. Algloorist võib ehitada ka esimese korruse brembergi. Olenevalt kaevandamisviisidest (millega tutvume hiljem tagapool) rajatakse korruse brembergist (algloorist) mõlemale tiivale alakorruste strekid või alustatakse tootmistööd ilma korrust alakorrusteks jagamata.

Järskude kihtide avamisel rajatakse alguses tõstešaht kuni ülemise korruse veostreki horisonidini ja sealt kveršlag kuni kihi (kihtide) läbimiseni.

Kveršlagist rajatakse korruste veostrekid mõlemale poole kaevanduse välja tiibadesse.

Tuulustusšaht rajatakse alguses kuni ülemise tuulustusstreki horisonidini ja sealt tuuluskveršlag analoogiliselt veokveršlagile kihi (kihtide) läbimiseni. Tuuluskveršlagist arendatakse korruse tuulustusstrekid mõlemale poole tiiba.



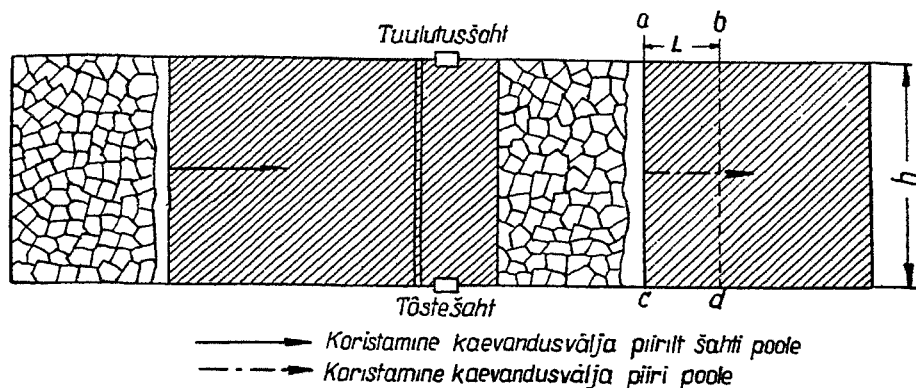
Õhu ringvoolu saavutamiseks ühendatakse mõlemad kveršlagid tuulutuslõõridega, mida harilikult kasutatakse ka inimkäikudeks. Tuulutuslõõriga rõõbiti rajatakse liug kaevisse allalaskmiseks ülemistelt alakorrustelt veostrekinii.

Kui tuulutusšahtile antakse veel muid ülesandeid või toimetatakse ka kaevisse tõstmist, siis rajatakse tuulutusšaht tõstešahtiga ühele sügavusele.

Esimese korruse väljatöötamise ajal süvendatakse mõlemaid šahte ühe korruse võrra, rajatakse järgmise korruse kveršlagid ja tehakse kõik ettevalmistustööd enne, kui eelmise korruse varud on välja töötatud. Üleminek ühelt tõstehorisonidilt teisele ja tootmise arendamine järgmisel korrusel ei tohi mõjuda toodangut vähendavalt.

### 10. Korruste kaldkõrgus.

Eespool oli tähendatud, et korruse kaldkõrgus võetakse vastavalt kaevanduse ettenähtud toodangule või naaberkivimite või maagi omadustele ja tootmisvahenditele.



Joon. 325. Edasiminev ja tagasitulev kaevandamine: kriips-punktilise noolega on näidatud edasiminev kaevandamine, kui koristustöö liigub šahti välja piiri poole; täie noolega — tagasitulev kaevandamine, kui koristustöö liigub välja piirilt šahti poole;  $h$  — korruse kaldkõrgus,  $L$  — ee edasiminev teatavas ajavahemikus.

Laugete sõekihtide puhul võib korruse kaldkõrgust kergesti välja arvutada. Alguses oletame, et meil on tegemist kaevandusega, kus kaevandatakse ainult üht kihti. Koristusee aastase edasiliikumise meetrites märgime tähega  $L$ . Edasiliikumist  $L$  võib välja arvutada, kui on teada sooni-mismasina tootlikkus ja tööde korraldus, mis põhijoontes määratakse kaevandamisviisidega. Korruse kaldkõrguse meetrites märgime tähega  $h$ . Ühe aasta jooksul töötatakse välja kihi pindala  $Lh$  m<sup>2</sup>, mis on võrdne

kihi pindalaga  $abcd$  (joon. 325). Kui kihi ühe ruutmeetri tootlikkus on  $p$  tonni, siis saame pindalalt  $abcd$   $Lhp$  tonni.

On teada, et kaevandamisega on seotud mõningad kaod ja faktiline toodang sellelt kihi pindalalt on nende kadude võrra väiksem. Korrutame pindala  $abcd$  varud koefitsiendiga  $c$ , mis on väiksem kui 1. See koefitsient näitab, kui suur osa varudest kaevandatakse ja seda nimetatakse saagise koefitsiendiks (näit. kui kaod on 10%, siis  $c$  on 0,90).

Nii leidsime, et kaevise hulk, mis saadakse pindala  $abcd$  kaevandamisel, on  $Lhpc$  tonni.

Kui kaevandus on kahetiivaline (mis on normaalne), siis peab seda arvu kahekordistama ja kaevanduse aastane toodang  $A$  märgitakse:

$$A = 2 Lhpc.$$

Sellest valemist saame korruse kaldkõrguse:

$$h = \frac{A}{2 Lpc}.$$

Kui kaevanduse väljas on rohkem kui üks kiht, mille kallal ühteaegu töötatakse, siis võib korruse kaldkõrgust leida sellesama valemi abil, ainult ühe kihi tootlikkuse  $p$  asemel võetakse kõigi kihtide tootlikkuse summa. Kui meil on näiteks neli eri kihti, mida üheaegselt kaevandatakse ja millede tootlikkused on  $p_1, p_2, p_3$  ja  $p_4$ , siis on nende kihtide summaarne tootlikkus  $\Sigma p$ .

$$\Sigma p = p_1 + p_2 + p_3 + p_4.$$

Kihtide rühma kaevandamisel saab korruse kaldkõrguse arvutamise valem järgmise kuju:

$$h = \frac{A}{2 L \Sigma pc}.$$

Järskude maavarakihtide kaevandamisel piiravad tehnilised töötingimused korruse kõrgust palju suuremal määral kui laugete kihtide korral ja seepärast valitakse korruse kõrgus järskude kihtide puhul praktiliste kaalutluste alusel.

Enne stahhaanovlikku liikumist võeti järskude kihtide korruse kaldkõrgus 65—80 meetrini, kui kallakus oli 80—90°, ja kuni 160 meetrini 40—45°-se kallakuse puhul, mis vastab korruse vertikaalkõrgusele 65—120 m. Enne Suurt Isamaasõda oli Donbassis järskude kihtide korruse vertikaalne kõrgus juba 120—150 m.

Kivisõekaevanduste tehnilise eksploatatsiooni reeglite §-s 20 on öeldud selle kohta:

„Õhukestel ja keskmise paksusega järskudel kihtidel määratakse korruse vertikaalseks kõrguseks vähemalt 120 m ja paksudel kihtidel vähemalt 70 m.

Korruse kõrguse vähendamist lubatakse Liidu Sõetööstuse Ministeeriumi loal raskemates looduslik-geoloogilistes ja kaevandamistingimustes.”

Kui kaevanduse aastatoodang pole kindlaks määratud, vaid on ühel või teisel teel leitud korruse kaldkõrgus, siis võime ülaltoodud valemit kasutades leida kaevanduse aastatoodangu.

Soonvarapaikade ja korrapäratute varapaikade kaevandamisel ei leita korruse kõrgust arvutuste abil, vaid see võetakse, lähtudes igal eri juhul kohalikest tingimustest.

## VII OSA

### VARAPAIKADE KAEVANDAMISE VIISID.

#### Üldmõisted.

Kui varapaiga avamise järel on rajatud vajalik arv ettevalmistuskaeveõõnsusi, võib alustada koristustöid.

Koristustöödeks nimetatakse põhi- ja abitööde kompleksi, mida otseselt tehakse tootmiseks ettevalmistatud maavara väljavõtu eesmärgil tema leiukohast.

Eed, kus tehakse koristustöid, kannavad koristusete nime. Kaeveõõnsusi, mis tekivad pärast maavara väljavõtmist, nimetatakse koristusõõnsusteks.

Tegevate koristusete hulka kuuluvad kõik eed, milles toodetakse süsteemiliselt ja pidevalt maavara ja ka need eed, mis on selleks määratud, kuid milles lae sisselangemine või mõni muu põhjus on ajutiselt koristustööd katkestanud. Reserv-eteks nimetatakse kõiki neid koristusesi, mis on määratud tegev-esi asendama, kui viimastes avariijuhtumitel tekivad tööseisakud. Reserv-eed peavad olema täielikus töökorras, varustatud vajalike masinate ja seadmetega.

Reserv-ete summaarne pikkus kaevanduses oleneb varapaiga geoloogilistest tingimustest, ja mõnikord ei tohi olla alla 25% kaevanduse koristusete kogupikkusest, mis võimaldab kaevanduse normaalse töö puhul anda ettenähtud toodangut.

Reserv-eed lastakse perioodiliselt (aeg-ajalt) käiku, et esi uuendada ja hoida neid täielikult töövalmis.

Selleks, et ära hoida kivimite sisselangemist koristusesse, toestatakse koristusõõnsust ühel või teisel viisil. Kõige sagedamini toestatakse metallist või puust tugedega (propsidega), mis püstitatakse põhja ja lae vahele kindla vahemaaga üksteisest.

Mida nõrgemad on kivimid, seda tihedamini peab tugesisid asetama. Mõnikord esinevad niisugused töötingimused, et propsidega toestamisest ei piisa ohutuse säilitamiseks. Sel juhul peab kaevandatud ala täitma

aherkivimiga, mis saadakse kaevandusest või tuuakse maa pealt. Mõnikord täidetakse väljatöötatud ala selleks, et ära hoida maapinna vajumist, mis tekib väljatöötatud ala laekivimite sisselangemise tagajärjel.

Koristustööde teostamise võimaldamiseks on vaja kaitsta sisselangemise eest kaevandatud ala ee rinna lähedast võrdlemisi kitsast riba, mille laius piirdub harilikult mõne meetriga.

Kui kaevandatud ala ei täideta ja tervikuid ei jäeta, peab lage teatavate vahemaade järel langetama, vastasel korral võivad tekkida eele suured rõhumised ja võib esineda lae sisselangemisi kuni ee rinnani, mille tagajärjel katkevad koristustööd pikemaks ajaks.

Kui väljatöötatud ala täidetakse aherkivimiga, siis nimetatakse seda tööviisi kaevandamiseks väljatöötatud ala täitmisega, kui täitmist ei toimetata ja lagi langetatakse — kaevandamiseks lae langetamisega.

Koristusesi võib olla asetatud kihi rõhtsuunaga risti, rööbiti ja diagonaalselt; esimest nimetatakse kaevandamiseks rõhtsuunas, teist — kaevandamiseks kallaksuunas ja kolmandat — kaevandamiseks diagonaalsuunas. Kallaksuunas kaevandamine võib olla tõusvas ja alanevas järjekorras.

Koristustöid saab alustada ainult siis, kui on rajatud korrusesse enam või vähem keerukas ettevalmistuskaeveõõnsuste võrk.

Ettevalmistustööd peavad toimuma kindla plaani kohaselt nii ajas kui ka ruumis ja eelnema koristustöödele.

Seda kindlaksmääratud ettevalmistustööde ja koristustööde teostamise korda on hakatud nimetama antud varapaiga kaevandamisviisiks. Kaevandamisviisi valik oleneb paljudest faktoritest ja seepärast on kaevandamisviisid väga mitmekesised. Mõjufaktorid võivad erineda mitte ainult eri varapaikades, vaid ka üksikutes šahti väljades ja korrustes ning korruste osades. Sageli võib esineda juhtumeid, kus ühes šahti väljas, korruses või korruse osas kasutatakse erinevaid kaevandamisviise.

Õigeks kaevandamisviisiks nimetatakse säärast viisi, mille kasutamine tagab kõige paremini 1) ohutut töötamist, 2) minimaalseid kulutusi (ökonoomsust) ja 3) kõige väiksemat maavara kadu.

Õige kaevandamisviisi puhul on nõutav: 1) kõikide põhimiste tööprotsesside kompleksne mehhaniseerimine, mis võimaldab saavutada maksimaalset tööviljakust; 2) töökohtade niisugune asetus ja tööde jaotus, mis tagab väiksema energia- ja materjalidekulu, lihtsustab tehnilist järelevalvet, kergendab tuulutust ja vähendab ettevalmistuskaeveõõnsuste toetamise kulusid; 3) reservide olemasolu; 4) tööde õige korraldamine, mis väljendub kõikide tööde täielikus kooskõlas. Iseäranis tähtis on ettevalmistus- ja koristustööde täielik kooskõlastamine.

Viimane nõue on täidetud, kui ettevalmistustöid arendatakse nii, et iga koristuse lõppedes asendatakse see uue eega, mille tootlikkus on temaga võrdne.

Ettevalmistuskaeveõnsuste rajamisel võivad esineda ettenägematud takistused; et koristustööd selle tagajärjel ei kannataks, peavad ettevalmistustööd tootmistöödele eelnema, olenevalt üldistest tingimustest ja tööde organiseerimisest antud kaevanduses, 1—3 kuud, uue korruse ettevalmistamisel aga mitte vähem kui 3—5 kuud.

Ettevalmistustööde mahajäämine nõulavast eelnemisest viib paratamatult koristuse liini koondamisele ja lõpuks kogu kaevanduse toodangu vähenemisele.

Nagu on eespool tähendatud, olenevad kaevandamisviisid paljudest teguritest ja eelkõige varapaiga vormist ning maavara iseloomust. Seepärast kasutame üksikute viiside selgitamisel alljärgnevat kava.

#### I. Allmaatööd.

##### 1) Kihtvarapaikade kaevandamise viisid:

a) õhukeste ja keskmise paksusega kihtvarapaikade kaevandamine;

b) paksude kihtvarapaikade kaevandamine.

##### 2) Maagivarapaikade kaevandamise viisid.

##### 3) Muude varapaikade kaevandamine.

#### II. Pealmaatööd.

### A. Kihtvarapaikade kaevandamise viisid.

#### 1. Üldised tingimused.

Põhimised tingimused, mis kaalukalt mõjuvad kihtvarapaikade kaevandamise viiside valikule ja koristustööde teostamisele, on järgmised.

1. **Maavarakihide paksus.** Maavarakihi paksusel on suur tähtsus kaevandamisviisi valikul. Mida paksem on kiht, seda kõrgem on esi ja väljatöötatud ala, kui kiht võetakse välja kogu paksuses.

Kui kiht ületab teatava paksuse (2,5—3,5 m), siis on toestamistööd võimatu teostada ilma eriliste abinõude kasutusele võtmiseta. Kaevandatud ala fäitmiseks on vaja palju täitematerjali ja lae langemine toimub väga intensiivselt. Töö muutub ohtlikuks. Seepärast kasutatakse paksude kihtide kaevandamisel erilist kaevandamisviisi, mis seisneb selles, et kiht jagatakse kordadeks ja viimased kaevandatakse eraldi teatavas järjekorras.

Minimaalne paksus, mida võib tööstuslikuks nimetada, oleneb maavara väärtusest ja selle maavara küllusest antud rajoonis. Donetsi söebasseini peetakse minimaalseks kivisöekihi paksuseks 0,4—0,5 m.

Kaevandamise seisukohalt jaotatakse kihid paksuse järgi järgmiselt: väga õhukesed, paksusega alla 0,5 m, õhukesed — 0,5—1,3 m, keskmised — 1,3—3,5 ja paksud — üle 3,5 m.

See jaotus erineb varem kasutatud jaotusest põhimõtteliselt selle poolest, et ta on kooskõlas põhimiste kaevandamisviiside kasutamise piiridega.

2. Kihide kallaknurga suurus. Nagu oli eespool tähendatud, jaotatakse kihid kallaknurga suuruse järgi laugeteks ( $0^{\circ}$ — $25^{\circ}$ ), kallakateks ehk keskmise kallakusega ( $25^{\circ}$ — $45^{\circ}$ ) ja järskudeks ( $45^{\circ}$ — $90^{\circ}$ ). Kihide kallaknurk avaldab tunduvat mõju kaevandamisviisi valikule, sest tema suurusest oleneb kaevise transport ees ja koristusett strekiga ühendavates lõõrides. Kui lauge kihi ees lahtimurtud kaevis jääb samale kohale lamama, siis järsu kihi puhul libiseb ta alla ja võib seejuures tugevate väljalöömisega vigastada toestikku või tekitada õnnetusi inimestega. Selle ohu kõrvaldamise eesmärgil muudetakse esi astmeliseks (joon. 345). Järsu kallakuse puhul võib sisse variseda mitte üksnes lagi (laekivimid), vaid ka põhja naaberkivimid.

3. Kihi struktuur ja omadused. Maavarakihi kaevandamistööd olenevad suurel määral selle kihi omadustest, nagu kõvadus, sitkus, kihisus, aherkivimi-vahekihtide esinemine, klivaaž jne.

Nendest maavara omadustest oleneb eelkõige töövahendite valik ja tööde teostamise kord. Näiteks võib aherkivimi-vahekihtide esinemine maavarakihis vähendada selle maavara väärtust, kui aherkivim seguneb maavaraga. Kuid selle vahekihi eraldi väljavõtmine ja väljatöötatud alale heitmine teeb koristustöö palju keerukamaks ning vähendab kaevurite tööjõudlust. Seepärast kasutatakse aherkivimi eraldamist tootmisprotsessis seal, kus need vahekihid on küllalt paksud (rohkem kui 5 cm ja mehhaanilisel kaevise vääristamisel üle 40—50 cm). Laadimismasinade kasutamisel on aherkivimi eraldamine tootmises peaaegu võimatu ja kogu kaevisemass saadetakse pärast maa peale tõstmist vääristusvabrikusse, kus aherkivim eraldatakse maavarast masinate abil.

Kui maavara teatavas suunas murdub kergemini üldmassist lahti, siis on käsitsi ja piikvasaratega töötamisel väga oluline asetada ee rind selles suunas.

4. Naaberkivimite omadused. Laugete kihide puhul on kõige olulisemad lage moodustavate naaberkivimite omadused. Professor B. J. Boki jaotas laekivimid nende omaduste järgi kolme rühma: 1) nõrgad, kui lagi langeb sisse oma raskuse mõjul lähemal kui 5 m ee rinnast;

2) keskmised — kui sisselangemine toimub ee rinnale mitte lähemal kui 5—10 m ja 3) püsivad — kui lae sisselangemine toimub enam kui 10 m kaugusel ee rinnast. Selle jaotuse juures ei ole võetud arvesse aega, mis on väga oluline tegur. Kui esi püsib liikumatult paigal pikemat aega, siis võivad küllaltki püsivad laekivimid sisse langeda kuni ee rinnani, kui aga esi nihkub edasi küllaldase kiirusega, ei ole laekivimite sissevarisemist ee rinna läheduses karta.

Järskude kihtide kaevandamisel võib esineda ka põhjakivimite sissevarisemisi. Niisugusel juhul peab lage ja põhja võrdselt toetama.

5. Paljudes kivisõekaevandustes eraldub kaevandusgaasi (metaani), mis võib koguneda umbsetesse kaeveõõnsustesse, kui värske õhu vool ei ole küllalt intensiivne. Metaan on õhust kergem ja seetõttu koguneb ta lae alla ja ülespoole suunatud kaeveõõnsuste etesse.

Kaevandustes, kus eraldub metaani, tuleb hoiduda kaeveõõnsuste rajamisest alt ülespoole ja kaevandamisviisi valikul peab ette nähtama võimalikult vähe umbesi.

6. Tööde mehhaniseerimine omab suurt tähtsust kaevandamisviisi valikul. Varem toimus kaevandamine lühikeste etega, käsitsi. Ee aeglane edasinihkumine käsitsi töötamisel põhjustas tihti lae sissevarisemist koristusees, millest oligi tingitud lühikeste lankide kasutamine, sest pikkade ete ülalhoidmine on raskem.

Soonimismasinate, piikvasarate, puurmasinate, konveierite jne. kasutuselevõtmine nõukogude korra ajal on täielikult kõrvaldanud endised töömeetodid ja muutnud põhjalikult kaevandamisviise. Tekkisid koristused (nn. pikk-eed ehk laam-eed) pikkusega 100—300 ja enam m. Nüüd on lühikeste lankidega kaevandamisviisid meie kaevandustest täiesti välja tõrjutud ja lõpuks keelatudki kui iganenud, liiga kulukad ja vähetootlikud. Edasine uute masinate leiutamine ja kasutuselevõtmine tingib horisontaalsetes kihtides lühikeste ete uuesti kasutuselevõtmise, kuid täiesti uuel kujul — võimsate iseliikuvate masinatega, täieliku mehhaniseerimise alusel.

Mäetööde mehhaniseerimine arendab suuresti praegu kasutusel olevaid kaevandamisviise ja loob uusi, seni olematu.

## 2. Õhukeste ja keskmise paksusega kihtvarapaikade kaevandamine.

Vaatamata kasutusel olevate kaevandamisviiside rohkusele võib neid koondada järgmistesse peamistesse tüüpidesse:

- 1) umbkaevandamisviisid;



- 2) lankkaevandamisviisid, millele hulka kuuluvad:
  - a) pikkade lankidega kaevandamisviis;
  - b) lühikeste lankidega kaevandamisviis;
- 3) kombineeritud kaevandamisviisid, millele hulka kuuluvad:
  - a) paarisstrekidega kaevandamisviis (pikkade etega);
  - b) ruum-tervikutega kaevandamisviis (lühikeste etega).

Nagu oli eespool tähendatud, võetakse kaevandamisviiside klassifikatsiooni aluseks eelkõige koristustööde võimaldamiseks vajalike ettevalmistustööde süsteemid.

Umbkaevandamisviisi (joon. 326) kasutamisel ei ole vaja enne koristustööde algust vahepealsete strekkide rajamist. Korruse veostreki rajamine peab eelnema koristustöödele vähemalt 30 m, see on vajalik selleks, et streki rajamistööd ei takistaks koristustööde normaalset käiku ja et vagonettide täitmiskohas oleks võimalik rongidega manööverdada.

Bremsbergid rajatakse harilikult kaevandatud alasse, põhja kivimisse süvendamise teel.

Pikkade lankidega kaevandamisviisi (joon. 352) kasutamine nõuab enne koristustööde alustamist korruse strekkide, alakorruse strekkide ja bremsbergide rajamist.

Lühikeste lankidega kaevandamisviisi (joon. 358) kasutamine nõuab koristuspiirkonna lõikamist lühikesteks lankideks kaeveõõnsustega, mis on suunatud rööbiti ja risti või diagonaalselt strekkidega. Need kaeveõõnsused (lõõrid) rajatakse ainult maavarakihis, ilma süvendite tegemiseta naaberkivimisse.

Umbkaevandamisviisi puhul eelnevad alumiste alakorruste koristustööd ülemistele, pikkade ja lühikeste lankidega kaevandamisviisil aga, vastupidi, jäävad nad ülemistest maha.

Ruum-tervikutega kaevandamisviisi (joon. 361) iseloomustavad streki juurest kihi tõusu suunas rajatavad võrdlemisi lühikesed (kitsad) ja arvukad koristused, mille vahele jäetakse tervikud. Kui tootmiseed jõuavad määratud kauguseni, lõpetatakse nendes töö ja alustatakse tekkinud ruumide (kambrite) vaheliste tervikute kaevandamist, kusjuures koristustööd liiguvad streki suunas (tagasitulev koristamine).

Põhilised suunavad üldjuhised üksikute tähtsamate kaevandamisviiside kasutamise tingimuste kohta on antud Sõetööstuse Ministeeriumi tehnilise eksploatatsiooni reeglites <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Правила технической эксплуатации угольных шахт. Углетехиздат, Москва 1946 г.

„§ 71. Kuni 1,3 m paksuste kihtide põhiliseks kaevandamisviisiks, vaatamata kallaknurga suurusele, on umbkaevandamisviis. Nõrkade laevõi põhjakivimite esinemisel tuleb need kihid kaevandada pikkade lankidega.

§ 72. 1,3—3,5 m paksuste kihtide põhiliseks kaevandamisviisiks, vaatamata kallaknurga suurusele, on kaevandamisviis pikkade lankidega. Kõvade kivimite korral võimaldatakse vastava kombinaadi või Sõetööstuse Ministeriumi loal kasutada umbkaevandamisviisi.

§ 73. Keelatud on õhukeste ja keskmise paksusega kihtide kaevandamine lühikeste lankidega ja ribadega (kõrvalt võttega).

Ribadega kaevandamist lubatakse erandina ebakorrapärase kontuuriga varapaiga servade väljatöötamisel ja tervikute likvideerimisel.”

Neid reegleid on asendatud eriliste juhenditega, millede järgi laugetes ja kallakates kihtides on põhimisteks kaevandamisviisideks pikkade lankidega kaevandamine, kihtides paksusega 1,5—4 m ja gaasiohtrusega mitte üle I kategooria — ruumtervikutega kaevandamine, ja õhukestes kui ka gaasi- ja tolmuohtlikes kihtides — umbkaevandamisviis.

### 3. Umbkaevandamisviis.

Laugete maavarakihtide väljatöötamine umbkaevandamisviisiga toimub pikkade sirgete ete abil edasiminevate töödega, kusjuures ee rind ulatub ühest strekist teiseni. Säärast ett nimetatakse pikk-ees (joon. 326).

Joonisel 326 on toodud umbkaevandamisviisi skeem lauge kihi kaevandamiseks. Korrus on jaotatud kolmeks alakorruseks. Iga allpoololeva alakorruse esi eelneb ülemisele 20—30 m võrra. Iga alakorrust hõlmab üks pikk-esi.

Alakorruse kaldkõrguse, s. o. ee pikkuse valikul peab arvesse võtma mitut mõjufaktorit, millest tähtsamad on:

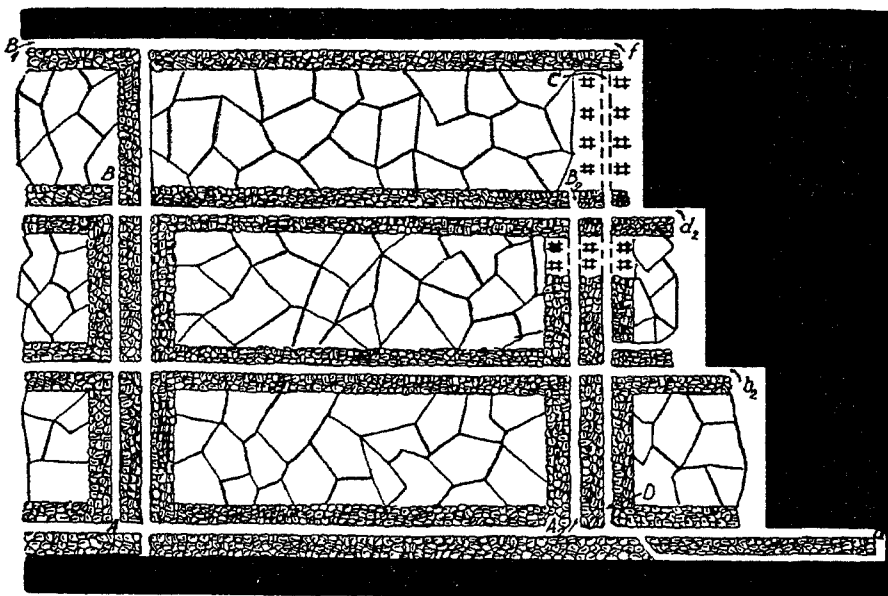
- 1) vahepealsete strekkide rajamine ja nende toestiku korrashoid;
- 2) koristusala transpordi ja tööde mehhaniseerimise viis;
- 3) lae surve (rõhk);
- 4) inimeste liiklemise hõlpsus väljatöötatud alas (pikk-ees);
- 5) toestusmaterjali töökohale toimetamise hõlpsus.

Vahepealsete strekkide rajamise ja korrashoiu seisukohalt on ökonoomsem (kasulikum) suurendada alakorruste kõrgust, mis vähendab vahepealsete strekkide arvu ja nende seoses olevaid kulusid.

Soonimismasina ratsionaalne kasutamine ja tööde organiseerimine nõuavad niisugust alakorruse kaldkõrgust, mis oleks võrdne soonimis-

masina tööjõudlusega jooksvates meetrites ühes, kahes või kolmes vahetuses.

Kaevise transpordi seisukohalt on ratsionaalne säärane ee pikkus, mis võrdub ühe või kahe kasutatava konveieri pikkusega. Ee pikkuse suuremine suurendab lae sissevarisemise võimalusi, mistõttu on vajalik tugevam toetus, samuti suurendab ee pikenemine tööde ohtlikkust. Lähtudes sellest, s. o. lae püsivusest, on ratsionaalne niisugune alakorruse kõrgus, mille puhul lae sisselangemine toimuks ee edasinihkumise antud kiiruse



Joon. 326. Umbkaevandamisviis. (Tähtede seletus tekstis.)

korral kindla ajavahemiku järel, teataval kaugusel eest. Et seda saavutada, tuleb peale ee pikkuse valida veel vastav toetamisviis, et sissevarisemine toimuks õigeaegselt. Nende abinõude kasutamist nimetatakse lae käsitlemiseks ehk juhtimiseks (vt. allpool: „Pikk-ee toetamine ja lae käsitlemine”). Tähendab, alakorruse kõrguse valikul tuleb arvestada ka lae käsitlemise viisi.

Inimeste liiklemine ja toetusmaterjalide kohaletoomine muutub seda raskemaks, mida pikem on pikk-esi. Need raskused suurenevad seda kiiremini, mida õhem on maavarakiht.

Arvestades ülaltähendatud ja mõningaid muid tingimusi võetakse õhukestes ning keskmise paksusega kihtides alakorruse kaldkõrguseks kesk-

miselt 150 m. Eritingimustes võib seda kõrgust kas vähendada või suurendada.

Kivisõekaevanduste tehnilise eksploatatsiooni reeglites on selle kohta tähendatud järgmist:

„§ 74. Keskmise kõvadusega kivimite korral (Donetsi söebasseini tingimustes) peab laugetes ja keskmise kallakusega õhukestes ning keskmise paksusega kihtides uue lõigatava pikk-ee pikkus olema vähemalt 150 m.

Ebasoodsates looduslikes tingimustes (nõrgad naaberkivimid, veeohtus jne.), ja ka kihtides paksusega alla 0,7 m või häiritud lasumistingimustes ei tohi pikk-ee pikkus olla alla 80 m.

Moskva-lähedases basseinis ja analoogilistes tingimustes peab paaris pikk-etega kaevandamisel iga pikk-ete paari üldine pikkus olema vähemalt 100 m ja üksikutel etel — vähemalt 70 m.”

Umbkaevandamisviisi kasutamisel, mille skeem on esitatud joonisel 326, rajatakse veostrekk  $Aa$  laia eega, eelnedes koristusele 30—60 m. Ülemine tuulustusstrekk  $B_1f$  moodustatakse lae või põhja süvendamise teel, algusega ülemise alakorruse ee rinna ülemisest nurgast. Alakorruse strekid saadakse lae või põhja süvendamise tulemusena alakorruste ete ülemistes nurkades ( $d_2$  ja  $b_2$ ). Ülemist tuulustusstrekki ja vahepealseid strekke rajatakse pidevalt, liikudes koristusee järel.

Koristustööde edasi liikudes kasvab vahepealsete strekkide pikkus; ühes sellega kasvavad ka vahepealsete strekkide korrashoiu ja kaevise transporti kulud koristusetest kuni bremsbergini. Kui esi on jõudnud teatavale kaugusele bremsbergist, on kasulikum rajada uus bremsberg  $A_2 B_2$  ja likvideerida vahepealsed strekid endise bremsbergi  $AB$  ja uue  $A_2 B_2$  vahel.

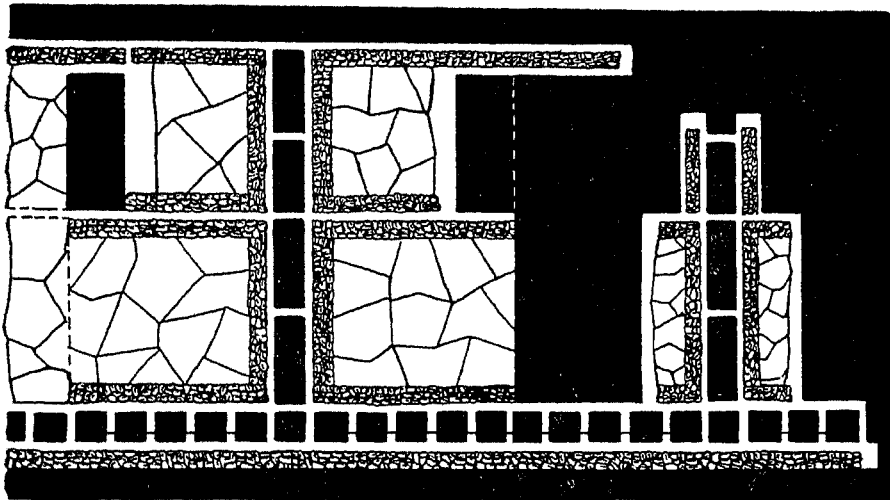
Bremsbergide vahemaa üksteisest on harilikult 200—300 m. Rööbiti bremsbergiga rajatakse inimkäik  $CD$ . Kui kaevise vedu bremsbergil toimub vagonettides, siis rajatakse inimkäik koristusee-poolsesse külge (nagu on näidatud joonisel 326), et inimestel ei tuleks käia üle bremsbergi, mis on ohtlik.

Bremsberg rajatakse kuni kõige ülemise vahepealse strekini, kuid inimkäik läbib korruse veostrekist kuni tuulustusstrekin. Kui bremsbergil kaevist transportitakse konveieritega, siis võib inimeste liiklemine toimuda ka bremsbergi piiril.

Materjalide ja masinate koristusesse toimetamiseks rajatakse transportööride puhul rööbiti bremsbergiga, väljatöötatud ala poolsesse külge kaeveõõnsus, mis on varustatud rööbasteega ja vintsiga. Kui bremsberg on varustatud reversiivsete lint- või kraapkonveieritega, siis võib neid

kasutada toetusmaterjalide ja kergemate seadmete transportimiseks töökohta. Sel juhul paigutatakse rööbastee konveieri kõrvale ja erilist kaeveõõnsust selleks ei rajata. Rööbasteed kasutatakse siis ainult raskemate masinate transportimiseks, mida aga juhtub harva; inimeste liiklemine katkestatakse selleks ajaks.

Bremsberg-seadeldis varustatakse tänapäeval rööbastranspordi puhul pidurseibi asemel tõmbevintsiga, et selle abil oleks igal hetkel võimalik üles tõsta raskeid masinaid või tühje vagonette.



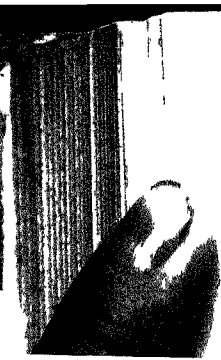
Joon. 327. Umbkaevandamisviisi kahepoolsete bremsbergi väljadega.

Umbkaevandamisviisi kasutamisel õhukestes kihtides ei jäeta tervikuid kaeveõõnsuste kaitseks. Seda ülesannet täidavad hoolsasti laotud aherkivimist täiteribad, mille laius ei tohi olla alla 12 m.

Tervikute jätmine kaeveõõnsuste kaitseks on lubatud keskmise paksusega kihtides ja õhukestes kihtides, kui kivimid on nõrgad. Tervikute laius määratakse kindlaks tööpraktika andmete alusel.

Kui soovitakse suurendada korruse toodangut tema kõrgust suurendamata, siis hakatakse maavara kaevandama üheaegselt mõlemal pool bremsbergi (joon. 327), mis tõstab koristuse üldpikkuse kahekordseks, võrreldes ühepoolse väljaga. Seda töötamisviisi nimetatakse töötamiseks kahepoolsete bremsbergi väljadega.

Kahepoolsete bremsbergi väljade kasutamisel jagab bremsbergi välja piir kahe bremsbergi vahelise ala pooleks.



Kahepoolsete bremsbergi väljade kasutamisel peab rajama korruse veostreki kaugele ette koristustööde alast, selleks et ette valmistada uut bremsbergi. Selleks ajaks, kui eelmises bremsbergi väljas koristusesi läheneb bremsbergi välja piirile, peab olema uus bremsberg rajatud ja varustatud vajalike mehhanismidega.

Võrdsete alade väljatöötamine kahepoolsete bremsbergi väljadega on kaks korda kiirem kui ühepoolsega, seepärast peavad ka ettevalmistustööd toimuma kaks korda kiiremini.

Eespoolkirjeldatud skeemide kohaselt jagatakse korrus alakorrusteks. Et aga viimasel ajal on tehtud suuri edusamme koristustööde mehhaniseerimise ja lae käsitlemise alal, mis võimaldab soodsates tingimustes suurendada koristuse pikkest, siis on mitmetes kaevandustes hakatud töötama pikk-eteaga, mille pikkus on 300 m ja rohkem. See asjaolu võimaldab sageli loobuda korruse jaotamisest alakorrusteks ja teostada koristustöid kogu korruse ulatuses ühe eega, mida nimetatakse korrus-pikkeeks.

Korrus-pikkee kasutamise paremuseks on kulukate ja palju tööjõudu nõudvate vahepealsete strekkide ja bremsbergide puudumine.

Pikkade koristusete valikul peab arvestama tingimusi, mis on kirjeldatud eespool alakorruste kõrguse kindlaksmääramise osas ja täitma järgmisi kivisõekaevanduste tehnilise eksploatatsiooni reegleid:

„§ 77. Koristustöid peab teostama nii, et koristuseest oleks alati vähemalt üks täiesti tõkestamata väljapääs tuulutus- ja veostrekkidesse.

Laugetes ja kallakates kihtides, kui pikk-esi on üle 200 m pikk ja kihi paksus on alla 1,3 m, peab olema pikk-ee keskpaigast kolmas väljapääs veostreki. Kolmas väljapääs on nõutav ka pikk-etest, mis on üle 100 m pikad, kui töödeldakse väga õhukesi kihte (alla 0,5 m). Nende väljapääsude kõrgus ja laius peab olema sisemõõdus mitte alla 1,2 m.”

Kõik eespooltoodud umbkaevandamisviisi skeemid on rakendatavad töötamisel kihi rõhtsuunas.

Ülespoole liikuva eega umbkaevandamisviisi kasutati varemalt mõnikord juhul, kui ühesuunaliste sisemiste praokeste (klivaaži) tõttu kivisüsi selles suunas paremini lahti murdus. Käsitsi töötamisel oli see olulise tähtsusega. Soonimismasinade ja lõhkamistöde kasutamisel ei anna see eesasetus klivaaži suunas märkimisväärset lõhkeainete kokkuhoidu. Ülespoole liikuvast ees on soonimismasinade ja konveierite kasutamine raskendatud ka väiksema kallaknurga puhul; suuremate kallaknurkade esinemisel on nende mehhanismide kasutamine aga täiesti võimatu ja seepärast kasutatakse ülespoole liikuva eega töötamist harva, ainult eriliste transportöörade ja laadimismasinade puhul. Samadel põhjustel on loobutud ka diagonaalselt asetatud ete kasutamisest.

#### 4. Lahtimurdmine, laadimine ja transportimine pikk-etes.

Koristustöid võib eristada üksikuteks operatsioonideks, millest koosneb tööde tsükkel koristuses. Need operatsioonid on:

- 1) soonimine,
- 2) maavara lahtimurdmine,
- 3) lahtimurtud maavara laadimine transpordivahendile ja transportimine piki ett kuni strekini,
- 4) toestamine ja lae käsitsemine.\*

Vaatleme esimest kolme operatsiooni koos. Maavara lahtimurdmine kihist oleneb tema omadustest: kõvadusest, haprusest, praolisusest, kihisusest, klivaažist, kõvadest või pehmetest vahekihtidest või alakihitdest ja kõvade aherainete sisaldusest.

Pehme kivisõe lahtimurdmine ei tekita erilisi raskusi ja võib toimuda ilma soonimiseta. Tänapäeval on kivisõe kaevandamiseks välja arendatud sõesahad, mis püsiva lae puhul töötavad efektiivselt. Keskmise kõvadusega ja kõva kivisõe lahtimurdmise hõlbustamiseks tehakse kivisõekihti enne soon ja seejärel toimub lahtimurdmine või murtakse ühel ajal soone lõikamisega ka süsi lahti (mäekombainid).

Laugete kihtide koristustes kasutatakse soone tegemiseks pikkesoonimismasinaid, mille kirjeldus on toodud eespool.

Maavara lahtimurdmist on hõlpsam teostada, kui soon on tehtud kihi alumisse ossa. Eriti tähtis on soone alumine asetus siis, kui lahtimurdmist teostatakse käsitsi või piikvasaratega. Ka on hõlpsam soonida alumist kihi osa. Ülemine, laealune soon kaitseb lõhkamisel lage põrutuste eest ja kergendab mõnikord tunduvalt nõrga lae käsitsemist. Ülemise soone puhul võib vajaduse korral kaevist ka peenematükiliseks purustada.

Soont võib teha ka kihi keskossa, kui see on otstarbekas (joon. 328). Keskmist soonimist kasutatakse siis, kui kihi keskel või ülemises osas esineb pehmem kihi osa või pehme aherkivimi vahekiht. Eriti soovitatav on pehme aherkivimi vahekihi väljasoonimine, mis tõstab kaevise väärtust, sest soonimisel saadud aherkivimipuru visatakse väljatöötatud alasse ja see ei segune maavaraga (joon. 328 c ja b).

Soonimismasinat teenindab masinist ja tema abilistest koosnev brigaad. Mõnikord kuuluvad sellesse brigaadi ka purukoristaja ja toestaja. Viimast vajatakse juhul, kui laekihid on eriti nõrgad ja vajavad toestamist kohe pärast soone tegemist. Masinistide brigaad kinnistatakse kindla masina juurde, et ei esineks vastutustundetust. Kui soonimine toimub mitme vahetuse vältel, siis masinist — brigaadi vanem — vastutab masina ja korraliku töö eest kõikides vahetustes.

Soonimine toimub harilikult ühes suunas, ee alumisest nurgast ülespoole. Tagasi tuuakse masin manööverduskäigul. Masina tagasitoomist manööverduskäigul ülalt allapoole nimetatakse tihti ka allalaskmiseks.

Soonimistöid on soovitatav organiseerida nii, et uue tsükli alguseks oleks masin alla lastud ja seatud töövalmis. Masin peab olema järele

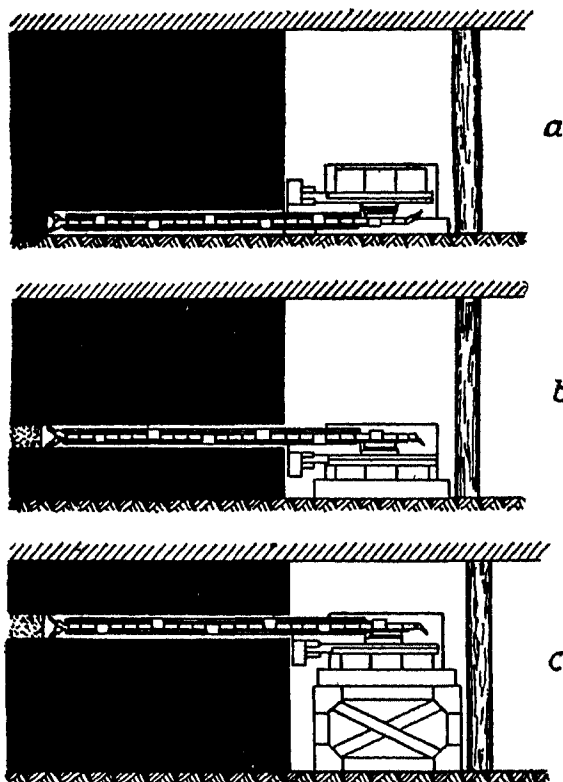
vaadatud, määritud, kulunud hambad vahetatud uutega ja vähesel määral remonditud, kui see osutub vajalikuks.

Masinistide ja maavara lahtimurdjate-laadijate brigaadide stahhaanovliku töö aluseks on:

1) eeskujulik mehhanismide tundmine ja nende kõige parem kasutamine;

2) töö õige organiseerimine brigaadi liikmete vahelise tööjaotuse alusel ja tööaja maksimaalne kasutamine;

3) töökoha õige ettevalmistamine: esi peab olema sirgjooneline, ee rind peab olema puhastatud, soonimisel põhja peale jäänud maavara (kivisüsi) peab olema lahti murtud ja kõrvaldatud, ee rinnast etteulatuvad lahtised ja rippuvad osad peavad ole-



Joon. 328. Soonimine erinevatel kõrgustel: *a* — kihi alumisse ossa, *b* — kihi keskossa, *c* — kihi ülemisse ossa tehtud soon

ma kõrvaldatud, masina tee peab olema puhas ja nõuetekohaselt toestatud, toestusmaterjal peab olema varutud vahetuse alguseks kogu pikk-ee pikkuses, töölised peavad olema vajalikul määral varustatud heade tööriistadega ja töövahenditega.

Soonimismasina brigaadi tööedukus oleneb lahtimurdjate-laadijate ja toestajate töö korralikkusest, kuna viimaste tööedukusele avaldab mõju soonimismasina töö. Seepärast on soonimisbrigaadi eduka stahhaanov-



liku töö arendamiseks nõutav kõikide brigaadide stahhaanovfik töö. Selleks peab olema koostatud üldine, kõiki tööprotsesse hõlmav kooskõlastatud tööplaan.

Et üksikud tööprotsessid oleksid omavahel kooskõlastatud, koostatakse üldine töögraafik, mille täpne täitmine on rangelt nõutav.

Lõhkeaukude asetusest ja laengute suurusel oleneb toodetava maavara tükkide suurus.

Tükid peavad olema nõutava suurusega ja kergelt transporditavad. Põlevkivi ja kivisöe tootmisel peab hoiduma nende liigsest purustamisest, mis alandab nende väärtust.

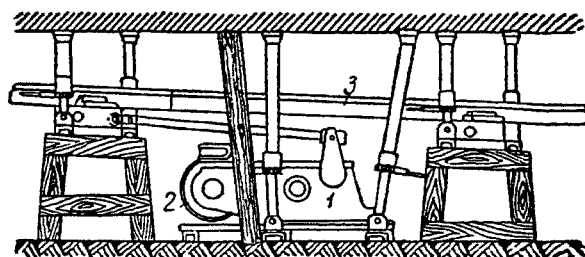
Purustatud maavara laaditakse horisontaalsetel või laugtel kihtidel transpordivahenditesse ja tuuakse nendega välja strekini.

Maavara konveierile laadimine ja koristusala toetamine on lahtimurdjate-laadijate brigaadi ülesanne. See brigaad korraldab ka teisi töid, mis on seoses nende põhitöödega, toob kohale toetusmaterjali, kõrvaldab eest ripuvad maavaratükid, loobib esinevad aherainetükid üle konveieri väljatöötatud alasse jne.

Konveierile laadimine on kõige tähtsam töö pehmemate maavarade (kivisüsi, põlevkivi) tootmisprotsessis. See töö vajab ka kõige rohkem tööjõudu. Graafikukohane laadimine tagab tsükli õigeaegset kordumist ja edukat tööd kogu pikk-ees. Laadimistöde mehhaniseerimine on seepärast väga suure tähtsusega ülesanne.

Laugete kihtide koristuses kasutatakse kaevise transpordiks kuni strekini kraapkonveiereid, lintkonveiereid ja võnkkonveiereid ehk -transportööre. Viimasel ajal kasutatakse peaaegu eranditult kraaptransportööre. Võnktransportöörid leiavad kasutamist seal, kus pole veel uuemaid seadmeid saadud või kus nendega liidetakse laadimisseadmed.

Võnktransportöör (joon. 329) koosneb järgmistest põhiosadest: 1) konveieri ajamist, 2) mootorit ja 3) metallrennist, mis jätkatakse kokku 2,5—3 m pikkustest lülidest. Et võimaldada rennille edasitagasi võnkumist tema pikitelje suunas, asetatakse renn harilikult kuulidel liikuvatele alustugedele (joon. 330). Renni võib asetada ka ratasalus-

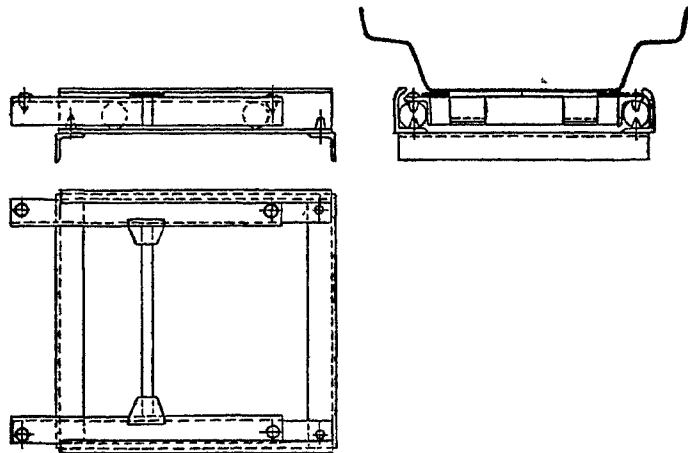


Joon. 329. Võnktransportööri ajami alumine ühendamine renniga: 1 — ajam, 2 — ajami mootor, 3 — renn.

tugedele või riputada kettide abil tugede (propsi) külge. Viimast moodust kasutatakse etes, kus maavarakihi põhi on lainjas.

Kaevist võib laadida rennille kogu tema pikkuses ükskõik missuguses paigas. Võnktransportöör peab olema asetatud sirgjoonelisel rööbiti eega.

Ajam 1 (joon. 329) asetatakse kas renni 3 alla või kõrvale ja ühendatakse renni pealülga erilise ühenduskangi abil. Ajam paneb renni edasi-tagasi võnkuma, kusjuures tagasilikumine toimub algul suurema kiirusega kui edasilikumine. Renni ettepoole liikumisel liigub ühes temaga edasi ka kaevis, mis on renni suhtes paigal. Renni tagasilikumisel libiseb rennis olev kaevis saadud hoo mõjul rennipidi edasi. See libisemine on seda suurem, mida suurem on renni telje kallakus kaevise transportimise suunas.



Joon. 330. Kuulidel liikuv renni alustugi.

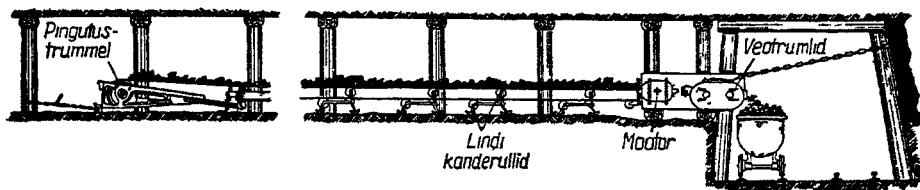
Võnktransportööri ajam valmistatakse suruõhu- ja elektrimootoritega. Suruõhuenergia kalliduse ja suruõhu kadude tõttu töökohale juhtimisel kasutatakse esimesi harvem. NSV Liidus valmistatakse ainult elektrimootoritega varustatud võnktransportööride ajameid, millest laialt kasutatavad on ДК<sub>2</sub>-5 ja ПК-19 — esimesed lühikestes etes renni pikkusega kuni 40 m ja teised pikkades etes.

Koristusetes kasutatakse võimsaid, elektrimootoriga varustatud ajameid ПК-19, mille võimsus on 19 kW, kusjuures renni normaalne pikkus võib olla kuni 100 m. Kui esi on pikem, tuleb asetada kaks konveierit järjestikku.

Renni lülid valmistatakse NSV Liidu tehastes pikkusega 2,8 m, nõo-

lõikega 530, 700 ja 900 cm<sup>2</sup> ja kõrgusega 145 mm. Suurema nõolõikega rennid võimaldavad suurema hulga kaevise transportimist ühe ajaühiku vältel.

Võnktransportööri võib kasutada laugete kihtide koristustes kaevise transportimisel kihi kallaksuunas, kui kihi kallakus kõigub 0°—16° piirides, kusjuures transportööri töövõimsus tõuseb kallakuse suurenemisega.



Joon 331. Lintkonveier töösendis pikk-ees

Ajami ПК-19 ja 700-cm<sup>2</sup>-se nõolõikega renni kasutamisel saadakse arvutusel vastavalt kallaknurga suurustele 0°, 5°, 10° ja 15° transportööri töövõimsused 49, 72, 104 ja 151 tonni tunnis.

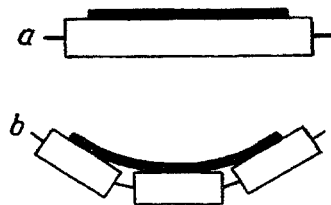
Kui kaevis on peeneks purustatud ja määrg, väheneb võnktransportööri töövõime tunduvalt. Savisegust kleepuvat kaevist ei saa temaga transportida.

Minimaalne kihi paksus võnktransportööri kasutamisel võib olla 0,6 m.

Lintkonveier (joon. 331) koosneb painduvast otsata kummilindist, mis on tugevdatud mitmekordse tugeva riidekihiga, ajamist ja kanderullidega varustatud ning lülideks jagunevast alusraamist. Ajami veotrummel paneb lindi liikuma kaevise transportimise suunas. Ajam paigutatakse konveieri otsa, kus kaevis puistatakse teise transportivahendisse. Vastaspoolsesse konveieri otsa paigutatakse rull, mille ümber lint pöörduv ja mis on ühendatud pingutusseadmega.

Olenevalt kanderullide paigutusest võib lindi kandepind olla lame või nõgus (joon. 332).

Lintkonveieri töövõimsus oleneb lindi laiusest, tema kandepinna vormist (kas lame või nõgus) ja liikumise kiirusest. Koristustes kasutatakse 0,6—0,8 m laiusi linte liikumiskiirusega 0,6—1,5 m/sek. Nad võivad olla alumise ja ülemise kandeharuga.

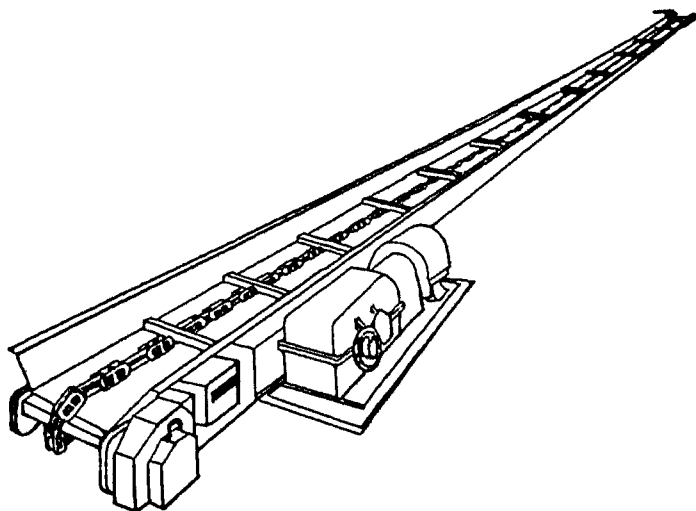


Joon. 332. Transportilindi põikilõigete skeemid: a — lame, b — nõgus.

Nõgusad transportlindid on suurema töövõimsusega, kuid nende kanderullide keerukas ehitus teeb seadeldise kalliks ja konstruktsioonilt kõrgeks, mis koristustete tingimustes ei ole soovitatav. Alumise kanderuga transportööri kandev lindiharu liigub peaaegu ees põhja mööda, mille tõttu teda on kerge laadida ja seepärast kasutatakse neid transportööri koos eriliste laadimismasinatega või kombainidega.

Uuema aja kett-kraapkonveierid tõrjuvad koristustetest lintkonveierid välja.

Koristusetes võib kasutada lintkonveierit PT3-15, mida iseloomustavad järgmised andmed: töövõimsus (projekteeritud) — 80—100 tonni



Joon. 333. Kraapkonveier.

tunnis, maksimaalne pikkus 200 m, lindi laius 700 mm, mootori võimsus 14,5 kW, lindi liikumise kiirus 0,75—0,90 m/sek.

Lintkonveiereid võib kasutada kaevise transportimiseks horisontaalsete ja laugete kihtide koristustes, millede kallakus võib olla 18—20°. Lintkonveieriga võib transportida kaevist ühesuguse eduga nii kihi langu kui ka tõusu suunas.

Lintkonveierit saab kasutada koristusees, kui kihi paksus on vähemalt 0,9 m.

Lintkonveierite sobivaimaks töökohaks on käigud, nagu strekid, bremsbergid, tõstekallakud jne., kus neid tänapäeval suure eduga kasutatakse kaevise transportimiseks. Vastavalt tööülesandele valmistatakse neid mitut tüüpi, erineva pikkuse ja võimsusega.

Kraapkonveier (joon. 333) koosneb metall-lülideks jagunevast liikumatust rennist, otsata ketist (üks või kaks), mille külge on kinnitatud risti ketiga metall-kraabid, ja ajamist ühes mootoriga, mis paneb keti ühes kraapidega renni põhjal kaevisse transportimise suunas liikuma. Liikudes piki renni kannavad kraabid renni laaditud kaevisse oma liikumise suunas.

Ajam on paigutatud konveieri sellesse otsa, kus kaevis rennist välja puistatakse. Kett on asetatud üle ketiratta, mis on kinnitatud veovõllile. Viimane paneb tiireldes keti liikuma. Vastaspoolses konveieri otsas on teine ketiratas, mis täidab keti juhtimise ja pingutamise ülesandeid.

Kraapkonveier peab olema asetatud, samuti kui võnktransportöör ja lintkonveierid, sirgjooneliselt, vastasel korral tekib kraapide ja renni külgedel vahel hõõrumine, mis põhjustab rikkeid ajamis ja mille tagajärjel võib katkeda kett.

Kraapkonveierit võib kasutada kaevisse transportimiseks  $0^{\circ}$ — $30^{\circ}$  üles- ja allapoole. Renni lülide ühendused võimaldavad teda asetada ka lainjale pinnale.

Kraapkonveier on madal, võimas ja vastupidav. Neid valmistatakse nüüd korruga edasilükatavaina, lahtivõetult edasikantavaina, kergete ja tugevate rennidega, mis võimaldavad transportööri renni peal liikuda soominimasinail või mäekombainidel ja mis peavad vastu, kui rennidele kuhjub lõhkamise teel kaevisse. Sõesaha puhul kasutatakse konveieri raami saha sõe sisse surumiseks.

Eesti põlevkivikaevandustes pikkade lankidega kaevandamisviisile ülemineku puhul võetakse ka kraapkonveierid kasutusele.

Skreepersedeldist kasutatakse nüüd ainult eriti õhukestes kihtides kaevisse koristusest väljatõmbamiseks ja vagonettidesse laadimiseks.

Joonisel 334 on esitatud skreeperi kasutamise skeem. Skreepersedeldist koosneb skreeperist *a*, skreeperivintsist *b*, veokõitest *c* ja *d*, plokkidest *e* ja laadimissillast *f*.

Näidatud tingimustes töötavas skreepersedeldises kasutatakse kahe trumliga vintsi. Skreeperivintsi asetatakse harilikult selleks tehtud nišši veostrekis.

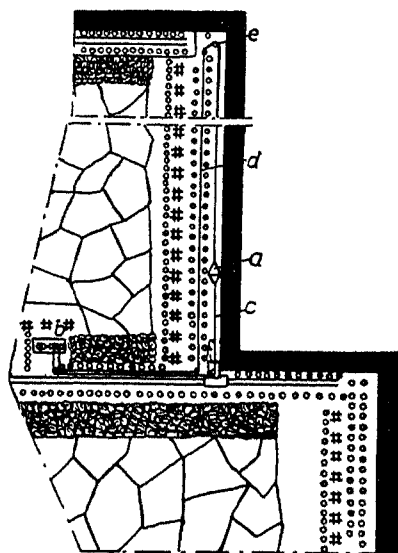
Skreeper täitub kaevisse streki poole liikumise alguses tööliste abiga, kes juhivad skreepereid kaevisse hunnikusse. Kumerate ees rinna puhul täitub skreeper ka inimese abita.

Varem tarvitati skreepersedeldist ka paksemates kihtides, kus aga skreepereid säärane töötamine polnud võimalik toestiku paigutuse tõttu ja seepärast tuli sel juhul kaevisse loopida käsitsi skreepereid teele ette.

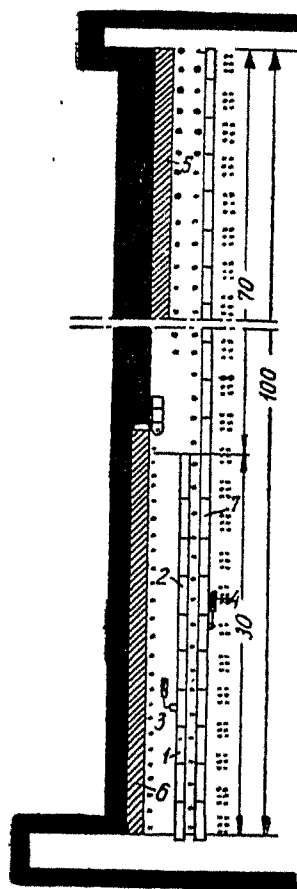
Skreperit saab kasutada ainult hea põhja tingimustes, kus skreeper liikudes ei kaabi põhjast aherkivimit, mis segunedes maavaraga vähendab tunduvalt viimase väärtust.

Maavara väljatoomist eest skreeperi abil kasutatakse koristusesetel pikkusega kuni 100 m, kui toodang ei ületa 20—25 tonni tunnis.

Kui maavarakiht on küllalt paks ja lasub ligikaudu horisontaalselt, võib juhtida koristusesse rõõbastee ja laadida kaevist käsitsi otse vagonettidesse. Kui lagi on nõrk ja nõuab tihedama toestiku püs-



Joon. 334. Skreeperi kasutamine koristuses: *a* — skreeper, *b* — vints, *c*, *d* — veoköied, *e* — plokid, *f* — laadimissild.



Joon. 335. Kahe konveieri kasutamine pikk-ees: *1*, *2* — pealülid, *3*, *4* — ajamid, *5* — ee ülemine osa, *6* — ee alumine osa.

titamist, osutub vagonettide sissetoomine pikkadesse etesse võimatuks.

Koristustööde tulemusena liigub koristusesi süstemaatiliselt edasi, konveier jääb eest ikka kaugemale. See alandab järsult laadijate töö produktiivsust. Seepärast peab alati hoolitsema, et konveier oleks võimalikult eele lähemal, kuid siiski nii kaugel, et ta ei takistaks tööliste liiklemist ja normaalset tööd. Seda saavutatakse konveieri perioodilise lähemale asetamisega eele.

Konveieri lähemale paigutamist eele toimetab eriline tööliste brigaad selleks määratud ajal (ettevalmistus- või remonttööde ajal).

Enne konveieri uude kohta asetamist tuleb see koht korralikult ette valmistada, puhastada aherkivimist, asetada toed sirgjooneliselt, kasutades selleks nõõri, ja kõrvaldada toed, mis jäävad konveieri teele ette.

Mida korralikumalt on teinud oma töö koristustööliste brigaad (toed asetatud sirgjooneliste ridadena, kogu kaevis on ära koristatud jne.), seda vähem kulub konveieri kandjatel aega ettevalmistusteks.

Kui koht, kuhu konveier paigutatakse, on korrastatud, alustatakse konveieri ümberpaigutamist. Konveierit võib toimetada uude kohta kahel viisil: 1) kandes teda üksikute lülide viisi, milleks peab lülidevahelised ühendused lahti võtma ja pärast uues kohas uuesti kinni haakima; 2) nihutades konveierit kogu tema pikkuses uude paika, ilma et seejuures lülisid lahti võetaks.

Konveieri uude kohta asetamise ajal katkestatakse kaevisse transpordimine eest sageli terveks vahetuseks.

Selleks, et vältida tootmise katkestamist konveieri ümberpaigutamise ajal, kasutatakse mõnikord kahte konveierit. Teine täiendav konveier asetatakse ee alumisse ossa 25—30 m pikkuselt (joon. 335) ja varustatakse kergema ajamiga 3 ja kahe pealüluga 1 ja 2. See konveier paigutatakse uuele konveieri rajale (teele) ajal, mil masin soonib pikk-ee alumist osa 6 ja kaevist koristatakse pikk-ee ülemisest osast 5. Pärast soonimise lõpetamist ja maavara lahtimurdmist (lõhkamist) ee alumises osas hakatakse teda sealt välja toimetama täiendava konveieri abil. Samal ajal võetakse ühendusest lahti peamise konveieri lülid ja kantakse uuele rajale, samuti tõmmatakse ka ajam 4 uuele kohale. Kui kaevis on pikk-ee alumisest osast koristatud, jätkatakse konveieri renni ülalpool lülide külgeliitmisega, ühendatakse ajam 4 pealüluga 2 ja ajam 3 võetakse renni küljest lahti kuni konveieri uue üleviimiseni. Ajal, mil kaevist koristatakse pikk-ee ülemisest osast, kantakse alumises osas olevad peamise konveieri kasutamata lülid konveieri uuele rajale ja ühendatakse kohalenihihutatud ajamiga 3. Samal ajal soonitakse ka alumist pikk-ee osa ja tsükkel kordub uuesti.

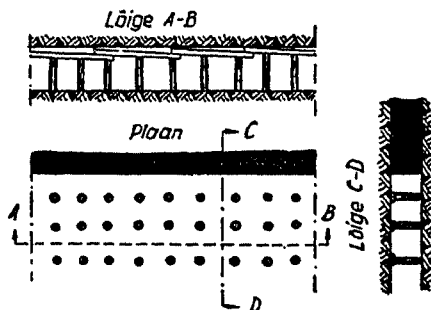
Konveierite paigutamisel uuele kohale peab hoolitsema, et nad oleksid asetatud sirgjooneliselt ja et kõik ühendused oleksid kõvasti kinnitatud.

## 5. Pikk-ee toestamine ja lae käsitsemine.

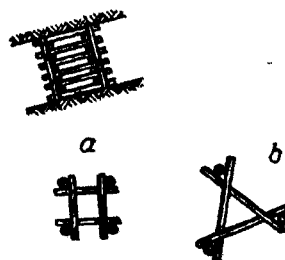
Maavarakihi kaevandamise tagajärjel õonestatakse alt laekivimeid ja nad kaotavad oma endise aluse, millele nad toetusid. Kaob ülemiste kivimikihtide seni püsinud tasakaal. Alguses tekivad lae kivimites praod,

mis aegamööda suurenevad, kuni algab sissevarisemine. Lae sisselange-  
mine ohustab töölisi ja mehhanisme ning katkestab koristustööd pikemaks  
ajaks.

Katkestamatu ja ohutu töötamise otstarbel peab töökoht olema vaba  
ja kaitstud ruum, kuhu paigutatakse tootmistöödel kasutatavad mehha-  
nismid, kus asuvad töölised töö ajal ja kus liigub töökohtadesse juhitud  
värske õhk. Harilikult peab see kaitstud ala olema 2—4 m lai. Tema  
laius oleneb mehhanismide paigutusest ja õhuvoolu takistamatust liiku-  
misest, mille kiirus ei tohi koristusetes ületada 4 m/sek. Kui kasutatakse  
lae langetamist, siis laieneb see ala, olenevalt laekivimite püsivusest, peri-  
oodiliselt tunduvalt enam, kui see on nõutav töötingimustes. Ohutuse  
kindlustamiseks ja vajaliku laiusega tööala ülalhoidmiseks kasutatav toest-  
tik koosneb nn. algtoestikust (joon. 336), mis seatakse üles viibimatult



Joon. 336. Algtoestik.



Joon. 337. Riittoestik: a — nelinurkne riit, b — kolmnurkne riit.

pärast kaevise koristamist ja mis kaitseb ett lühikese aja vältel sissevari-  
semise eest, ning eritoestikust, mis lisatakse juurde algtoestikule olenevalt  
mitmesugustest tööoperatsioonidest.

Algtoestik koosneb harilikult lae ja põhja vahele paigutatud  
propsidest ja vastu lage või põhja asetatud taladest, pindplankudest jne.

Algtoestiku ülesandeks on toetada lage ee läheduses. Eest kaugemal  
(kaugus oleneb kivimite omadustest) avaldavad lae kivimid tugelele üha  
suurenevat survet, mis lõpuks toed puruks muljub. Lagi langeb sisse.  
Kord alanud lae sisselangemine võib levida sageli kuni ee rinnani, kui  
õigel ajal ei võeta tarvitusele vastavaid abinõusid.

Algtoestiku asetus, tihedus ja tugevus olenevad kasutuselevõetud lae  
juhtimise ehk käsitlemise viisist, mis põhineb kahel põhimõttel:

1) teataval kaugusel ee rinnast teostatakse kas täielikku või osalist  
lae kunstlikku sisselangetamist enne seda, kui lagi ise hakkab sisse  
langema;

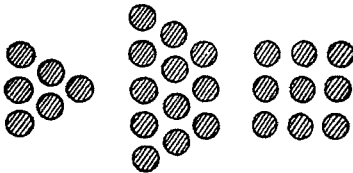


2) kaevandatud ala täidetakse osaliselt või täielikult aherkivimiga (täidisega), mis hoiab ära laekivimite murdumise ja laseb neil paindudes rohkemal või vähemal määral vajuda olenevalt täidise tihedusest.

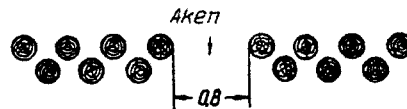
Täitematerjali võib tuua sisse maa pealt selleks avatud karjääridest või saadakse ta kohapeal vahekihtidest (umbstrekkidest). Need strekid rajatakse ainult täitematerjali saamise eesmärgil ja seepärast toetatakse neid ainult ee juurest, et vältida ohtu tööde teostamise ajal.

Kui täitematerjal tuuakse väljast, siis võib selle materjali kohaletoomiseks kasutada neidsamu veovahendeid, milledega veetakse kaevist maa peale. Selleks tuleb korraldada tööprotsess nii, et maavara kaevandamine ja täitematerjali vedu toimuksid eri ajal. Sagedamini aga tuuakse täitematerjal kohale eriseadeldistega: suruõhu abil, veega torude kaudu, transportõõridega jne.

Väljatöötatud ala täitmist võib toimetada käsitsi, skreeperitega, täitemasinatega, suruõhuga ja veega.



Joon. 338. Kimptoestiku kimpude kujud.



Joon. 339. Oreltoestik.

Lae langetamisel kasutatakse eritoestikuna riitu, kimpe (tugede gruppe) ja oreltoestikku. Eritoestiku hulka kuuluvad ka transportõõri radade, skreeperi teede jne. toestik. Vastavalt nõuetele kasutatakse neid toestamisviise kas eraldi või kombineeritult.

Riit (joon. 337) kujundatakse tugede, vastavalt lõigatud metalltalade või rõõpalõikude üksteise peale ladumisega. Toed võetakse harilikult samad, mida kasutatakse algoestikuks. Tavaliselt on riit nelinurkne, kuid väiksema laesurve puhul kasutatakse ka kolmnurkseid riitu. Et riita laotud toed ei nihkuks laesurve all paigast, püstitatakse riida igasse nurka tugi.

Kimptoestikuks nimetatakse lähestikku püstitatud tugipostide rühma (joon. 338). Seda kasutatakse siis, kui harilik algoestik ei osuta laesurvele küllaldast vastupanu. Tugede arv grupis võib olla suuresti erinev.

Oreltoestik (joon. 339) koosneb ühest, kahest või kolmest reast üksteise lähedale püstitatud tugedest. Nii püstitatud oreltoestik moodustab püsttara, millesse jäetakse teatava vahemaa tagant 0,8 m laiused

„aknad” töölistele läbipääsemiseks. Oreltoestik püstitatakse harilikult rööbiti ee rinnaga, et takistada lae sisselangemise levimist ee-lähdesele alale, mis peab olema koristustööde tegemiseks vaba.

Et lae langemine toimuks korrapäraselt, kõrvaldatakse oreltoestiku tagant riidad, kimbud ja võimalikult suurem osa algtoestikku. Kui kõik need tööd on õigeaegselt ja korralikult tehtud, langeb oreltoestiku-tagune lagi sisse häireteta ja lae surve ee töö- (rinnaeelsele) alale väheneb tunduvalt.

Kui lae kunstlikku langetamist teostatakse plaanikindlalt, ei esine töötamiseks vajalikul alal kunagi lae sisselangemisi.

Lae sisselangemise iseloom on tihedalt seotud lae kivimite omadustega. Keskmise kõvadusega savi- ja liivasegused kiltkivid alistuvad kõige paremini langetamisele, kuna kõvemad kivimid nõuavad mitmerealise oreltoestiku püstitamist ja vahel ka lõhkeainete kasutamist nende tervikluse purustamiseks.

Lae kivimite omadustest oleneb ka lae langetamise „samm”, s. o. vahemaa, mille järel toimetatakse järgmist langetamist. See vahemaa tehakse kindlaks katsete abil ja ta kõigub harilikult 3—10 m vahel.

Lae käsitemise viisid olenevad täielikult lae kivimite omadustest.

Kui laes on küllalt paksud, kergesti sisselangevad kivimid, mis sisse langedes täidavad väljatöötatud ala nii, et kõrgemal lasuvad kivimid võivad neile toetuda, toimetatakse lae käsitemist täieliku langetamisega.

Juhul, kui lagi moodustub paksudest kõvadest kivimitest, mis on võimalised suurtel aladel püsima sisse langemata, tuleb kasutada täielikku või osalist väljatöötatud ala täitmist või lae sunduslikku langetamist, et ära hoida suurte alade intensiivset sisselangemist, mis harilikult lõpeb sisselangemisega kogu väljatöötatud alal kuni ee rinnani.

**Metalltoestik.** NSV Liidu kiiresti kasvav mäetööstus nõuab kaeveõõnsuste toetamiseks tohutut hulka puitmaterjali, mis on tõusnud 18 milj. m<sup>3</sup>-ni aastas. Vaatamata meie suurtele metsatagavaradele ei ole kaevanduste-lähedastes rajoonides seda enam küllaldaselt. Näiteks Donetsi basseini tuleb toetusmaterjali vedada rohkem kui 1000 km kauguselt. Puitmaterjali kasutamise piiramise eesmärgil on hakatud üle minema metalltoestiku tarvitamisele.

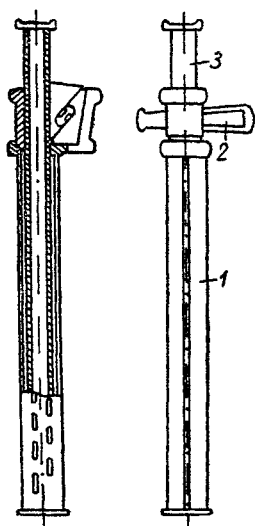
Kaevandustes kasutusele tulnud metalltoed jagunevad liht-, liit- ja komplektitudedeks.

Lihttoed on valmistatud ühes tükis, kas harilikest profileeritud metalltaladest või selleks valmistatud erilise põikilõikega metallist. Tänapäeval kasutatakse neid koristustöödel harva.

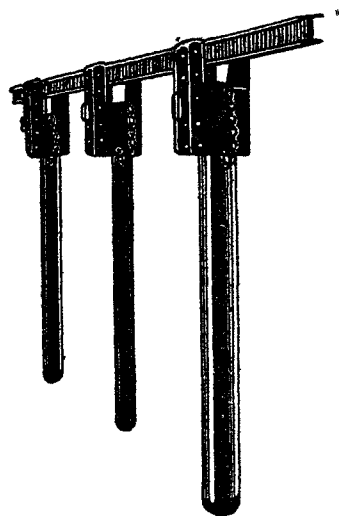
Liittoed (joon. 340) koosnevad osadest, mis omavahel on ühendatud mitmel viisil; neid võib valmistada kas ühest või mitmest eri materjalist.

Komplekttoed (joon. 341) koosnevad tugede grupišt, mis omavahel on ühel või teisel viisil ühendatud ja püstitatult esse töötavad ühes süsteemis.

Metalltööed võivad olla muutliku ja muutmatu pikkusega. Ühest tükist valmistatud metalltugede pikkus on muutmatu, kuna liittoed harilikult võimaldavad vähemal või suuremal määral oma pikkust muuta, mistõttu neid võib kasutada muutliku kõrgusega tootmisalade toetamiseks.



Joon. 340. Metalltugi CFK-2: 1 — toe korpus, 2 — lukk, 3 — väljasurutav osa.



Joon. 341. Metalltugede komplekt.

Praegusel ajal valmistatakse NSV Liidus metalltugesid CFK-2 (joon. 340), mis on määratud kasutamiseks laugetes kihtides paksusega 0,75—2,4 m.

Tugi CFK-2 koosneb õõnsast korpusest 1, mis on kokku keevitatud kahest karpraua lõigust, lukust 2, mis on korpuse ülemises osas, ja väljalükatavast õõnsast osast 3.

Lukk koosneb kolmest kiilust, milledest kaks on vertikaalsed ja üks horisontaalne. Horisontaalne kiil lüüakse risti vertikaalsete kiilude selles teatud väljalõigete vahele ja seega surutakse toe väljalükatav osa liikumatult kinni. Väljalükatava osa vastu lage surumiseks kasutatakse selle osa alla taotavaid abikiile, mis pärast luku kinnitamist välja lüüakse.

Tugi ЦГК-2 on järeleandlik, s. t. ülisuurte survete puhul võib toe ülemine osa allapoole libiseda, ilma et tugi saaks vigastada.

Tugede äravõtmisel lüüakse horisontaalne kiil lahti, sellega vabanevad vertikaalsed kiilud ja toe ülemine osa vajub alla.

Tugesid ЦГК-2 valmistatakse neljas suuruses (vt. tabel 41).

Viimasel ajal on hakatud valmistama metalltugesid КУС-1 kaheharulise ülemise otsaga, mille vahele asetatakse raudteerööpast tala. Ülejäänud osas sarnaneb tugi КУС-1 toega ЦГК-2.

Tabel 41.  
Metalltugede ЦГК-2 pikkused.

Tüüp	Pikkus mm	
	maksimaalne	minimaalne
I	1050	650
II	1450	850
III	1850	1060
IV	2250	1260

Uute mäekombainide ja söesahkade kasutamisel ei ole võimalik ett toestada üksikute tugedega. Sel juhul võetakse kasutusele metalltugede komplektid, milledes tugede peale paigutatakse kas edasilükatav või konsoolšarniiril jätkatav tala. Seejuures on toe ülemine ots konstrueeritud nii, et see võimaldaks tema sidumist talaga.

Ratsionaalse metalltugede tüübi valik koristusele toestamiseks oleneb antud maavarakihi ja tema naaberkihtide omadustest, ee edasiliikumise kiirusest, lae langetamise tingimustest jm.

Metalltoed on tunduvalt kallimad, võrreldes puittugedega, kuid nende kasutamisel esineb hulk paremusi, mis kokkuvõetult alandavad toetuse kulusid.

Metalltoed on võimelised vastu panema palju suuremale survele kui puittoed, nende normaalne iga on ligikaudu 5 aastat, neid võib kasutada keskmiselt 300 korda, kuna puittuge saab kasutada harva rohkem kui üks kord.

Peale tähendatu vähendab metalltugede kasutamine õnnetusjuhtumeid ja võimaldab lae paremat käsitlemist.

## 6. Koristustööde korraldamisest pikk-ees.

Kivisõekaevanduste tehnilise eksploatatsiooni reeglid määravad ära põhilise töökorralduse kaevanduses ja pikk-ees. Need on järgmised:

„§ 1409. Põhiliseks tööde režiimiks kaevanduses on pidev seitsmepäevane töönädal kolme 8-tunnise töövahetusega; erijuhtudel lubatakse NSV Liidu Sõetööstuse Ministeeriumi loal:

- a) katkestatud töönädal üldise remondipäevaga;
- b) pidev töönädal kahe 8-tunnise vahetusega tootmis- ja ettevalmistustöödeks ja kolmanda, remonttööde vahetusega.

§ 1410. Pikk-ete jaoks kehtestatakse järgmine töökord: kaks vahetust söe väljatoimetamiseks ja kolmas — remont-ettevalmistustöödeks. Söe väljatoimetamise vahetuste vaheajana kehtestatakse 1 tund”<sup>1</sup>.

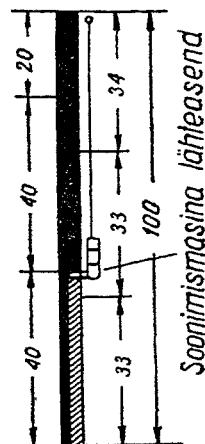
Uued kaevandused ehitatakse töötamiseks kogu ulatuses katkestatud seitsmepäevase töönädalaga, kahe kaheksatunnise töövahetusega ja ühe remondivahetusega.

Maavara tootmine koristusalas jaguneb üksikuteks töödeks või tööoperatsioonideks, mis on omavahel tihedalt seotud ja mis korduvad perioodiliselt kindlas järjekorras. Need tööd on: soonimine, maavara lahtimurdmine tema üldmassist, lahtimurtud maavara väljatoimetamine (ee koristamine), väljatöötatud ala toetamine ja lae käsitsemine. Kogu seda korduvat tööde kompleksi ühest soonimisest teiseni nimetatakse koristustööde tsüklikuks.

Kui koristustöödel ei kasutata soonimismasinat, siis lõpeb tsükkel ettenähtud laiust omava maavarariba väljavõtmisega kogu ee pikkuses, mille määramisel lähtutakse algtööstiku seadmisest või lõhkeaukude soodsast sügavusest.

Alates 1931. aastast hakati Donbassis kasutama tootmise voolu- ehk pidevat meetodit. Hiljem levis see meetod ka teistesse basseinidesse. Pideva tootmise meetod seisneb selles, et kõik operatsioonid sooritatakse pikk-ees üheaegselt: soonimine, lahtimurdmine, kaevise väljatoimetamine ja toetamine. Need tööd tehakse pikk-ee osades nii, et üks töö ei takistaks teist ning et ta valmistaks ette teise töö tegemiseks vastava ala (töökoha). Niisugune tööde korraldus võimaldab pikk-eeist pidevat toodangut ja loob tingimused mehhanismide pidevaks kasutamiseks (välja arvatud remondivahetus).

Insener Kartaševi ettepanekul teostati 100 m pikkuse ee soonimine alt ülespoole kolmes osas — 40, 40 ja 20 m kolme vahetuse vältel. Kivi-



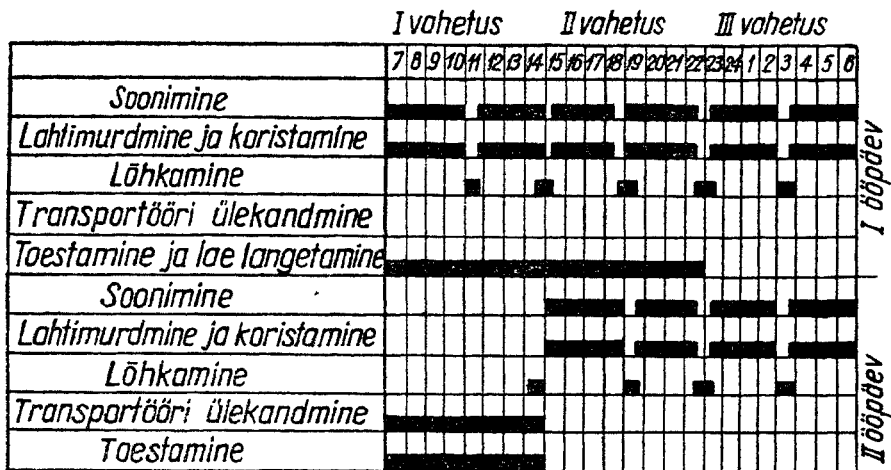
Joon. 342. Kartaševi töömeetodi skeem.

<sup>1</sup> Правила технической эксплуатации угольных шахт. Углетехиздат, 1946 г.

sõe lahtimurdmist teostati aga kolmes võrdses osas, kusjuures igakord murti lahti 33 m ulatuses (joon. 342).

Töö toimus järgmiselt: vahetuse alguseks oli ee alumine osa 40 m pikkuselt soonitud ja süsi oli lõhkamistöde abil purustatud 33 m pikkuselt. Soonimismasin alustab ee keskmise osa soonimist ja tema järel puuritakse lõhkeauke. Samal ajal laaditakse ee alumises osas lahtimurtud sütt 33 m ulatuses konveierile ja toimetatakse eest välja. Vabastatud ala teostatakse viibimata algtoestikuga.

Kui soonimismasin lõpetab järgmise 40 m soonimise ee keskmises osas, lõpetavad ka kaevurid lahtimurtud sõe koristamise ee alumises osas, ja kõik töölised lahkuvad eest 20—30 minutiks. Sellel ajavahemikul teos-



Joon 343. Tööde graafik Kartaševi meetodi järgi töötamisel.

tatakse lõhkamistööd järgmise 33 m ulatuses ee keskmises osas ja esi tuulutatakse. Kirjeldatud tööde teostamiseks kulub pool vahetust.

Vahetuse teisel poolel lõpetatakse ee viimase, 20-m-se osa soonimine ja soonimismasin lastakse manööverduskäigul alla ee alumisse nurka. Samal ajal koristatakse lahtimurtud süsi järgmise 33 m ulatuses ee keskosas. Enne teise vahetuse tööleasumist korraldatakse lõhkamistööd ee ülemises osas 34 m pikkuselt. Teise vahetuse esimene pool kulub selle lahtimurtud sõe koristamiseks. Samal ajal töötab soonimismasin ee alumises osas ja vahetuse keskel korraldatakse lõhkamistööd ee alumises osas. Pärast lõhkamistöde teostamist jätkab teine vahetus tööd ee alumises osas. Nii teostatakse kolme vahetusega kaks tsüklit järgemööda ilma konveierit edasi tõstmata. Siis katkestatakse koristustööd üheks vahetuseks, et konveierit

edasi tõsta. Töö selle graafiku järgi on läbiviidav stahhaanovliku töötamisega.

Kartaševi meetodi järgi töötamise graafik on esitatud joonisel 343. Selle graafiku järgi töötamisel esinevad järgmised puudused:

1) soonimismasina allalaskmine on raskendatud ajal, mil ees on lahtimurtud süsi;

2) teise tsükli teostamine konveierit edasi viimata raskendab kaevise koristamist tunduvalt (konveier on eest liiga kaugel);

3) üksikute vahetuste vahel puudub ajareserv, mida tavaliselt kasutatakse graafikust mahajäänud tööde järeleaitamiseks.

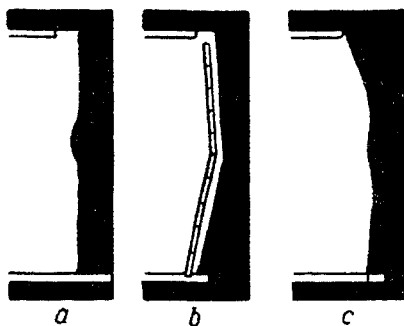
Koristustööde edu oleneb üksikute tööde omavahelisest kooskõlast ja nende korralikust teostamisest. Kui üks töö on tehtud korraldult, takistab see teisi töid ja hästi koostatud töögraafik jääb täitmata. Näiteks kui kaevurid jätavad ee rinda väljaulatuvaid kohti, on ee sirgjoonelist soonimist võimatu teostada. Soonimismasina brigaad on siis sunnitud tööd katkestama ee õgvendamiseks või mööduma neid kohti madalamalt soonides, mille tagajärjeks on ee sirgjoonsuse rikkumine. Ee sirgjoonsust võidakse rikkuda ka sellega, et veostreki rajamine ei eelne nõutaval määral koristustöödele või töid tuulutusstreki süvendamiseks ei tehta õigeaegselt. Esimene põhjustab ee alumise nurga ja teine — ülemise nurga mahajäämist. Mõlemal korral muutub ee rind kõveraks (joon. 344).

Kõver koristusesi tekitab palju raskusi. Soonimismasin ei saa töötada normaalselt, tekivad surved soonimisraamile, tugede asendit peab sageli vahetama ja soonimine soonimisraami täieliku pikkuseni on võimatu.

Vähimigi kõverus konveieri asetuses tekitab rikkeid ja takistab kaevise koristamist. Sirgjooneliselt asetatud konveier jääb aga ee rinnast kaugele, mis kaevurite tööjõudlust kaevise konveierile laadimisel märksa kahandab.

Toestamine ning lae käsitsemine on kõvera ee puhul väga tülikad ja raske on ära hoida lae sisselangemist koristusalas.

Et töölisel võiks töötada stahhaanovlikult, tuleb neile luua normaalsed töötingimused. Väga tähtis selles osas on kõikide tööprotsesside kompleksne mehhaniseerimine ja nende mehhanismide tootmisvõime omavaheline kooskõlastamine. Vastavalt soonimismasina võimsusele ja kihi



Joon. 344. Kõveraks muutunud pikk-ee skeemid: *a* — etteulatuv osa ee rinnas, *b* ja *c* — alumise ja ülemise streki mahajäämisel tekkinud kõverused.

paksusele peab olema eesse asetatud niisuguse võimsusega konveier, mis võimaldab lahtimurtud maavara takistamatut väljatoomist eest. Vastasel korral on soonimismasina täieliku võimsuse kasutamine võimatu. Transport veostrekkides, bremsbergidel ja kogu kaevanduses peab vastama pikkete tootmisvõimcle.

Tootmisvõime edasise tõstmise eesmärgil peab püüdma tööprotsesse ajaliselt võimalikult tihendada. Mida lühema ajavahemiku vältel teostatakse üksikud tööd ja seega ühtlasi ka töötsükkel, seda suuremat toodangut on võimalik anda samade seadeldistega ja sama arvu töölistega.

Tööaja tihendamisega võib suurendada töötsüklike arvu ja tõsta toodangut pikk-etes ning kogu kaevanduses.

Iga tootmisüksuse, s. o. pikk-ec kohta peab koostama tsüklike tööta-mise alusel tööde graafiku, et võimaldada kaevuritele stahhaanovlikku töötamist.

## 7. Umbkaevandamisviis järskudes kihtides.

Põhilisteks teguriteks, mis mõjustavad kaevandamisviisi valikut järskude kihtide ekspluateerimisel, on maavara kõvadus, naaberkivimite omadused, maavara lahtimurdmise viis ja mehhanismid, mida kasutatakse tootmistöödel.

Järskude ja kallakate kihtide kaevandamisel ei jää lahtimurtud maavara tükid kohale püsima, vaid veerevad põhja mööda alla, ohustades inimesi, kes on lahtimurdmiskohast madalamal. Seepärast teostatakse kallakate ja järskude kihtide väljavõtmist astmelise eega, kui maavara (kivisüsi) murtakse lahti käsitsi või piikvasaratega, mis nõuab kaevurite jao-tust kogu ee rinna pikkusel. Seejuures võivad astmed olla pööratud kas ülespoole (joon. 345) või allapoole (joon. 346). Harilikult kasutatakse ülespoole pööratud astmeid. Säärast ett nimetatakse l a e a s t m e l i s e k s e e k s. Ett, milles astmed on suunatud allapoole, nimetatakse p õ h j a - a s t m e l i s e k s.

Andes eele astmelise kuju on iga kaevur ülemise astmega kaitstud allalangevate maavara tükkide riivamise eest.

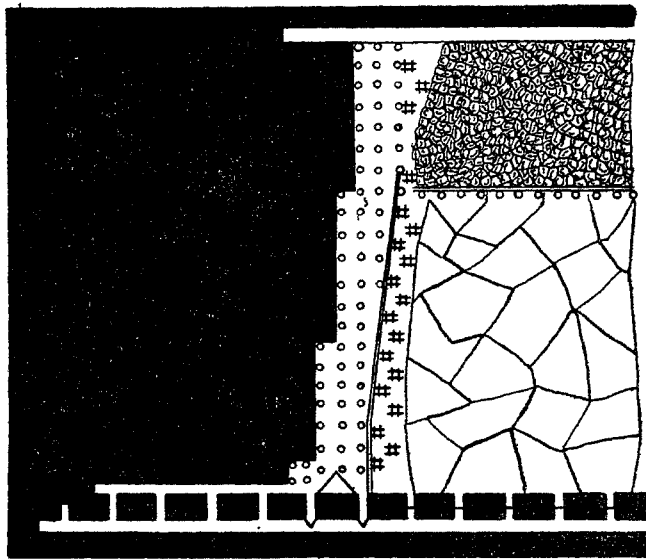
Kui järskude kihtide kaevandamisel kasutatakse soonimismasinat, siis antakse eele sirgjooneline kuju, samuti nagu laugete kihtide kaevandamisel (joon. 347).

Põhiliseks mehhaniseerimise vahendiks järskude kihtide kaevandamisel on piikvasarad. Neid saab kasutada igasuguse kihipaksuse ja naaberkivimite omaduste puhul.



Soonimismasinaid kasutatakse juhul, kui maavarakiht on kõva (kõvad kivisööed) ja naaberkivimid on küllalt püsivad. Selleks, et takistada soonimismasinat alla libisemast, kui tõmbekõis juhtub katkema, varustatakse ta kaitsekõiega, mille üks ots kinnitatakse soonimismasina külge ja teine keritakse ülemisel strekil ülesseatud vintsi trumlile.

Kui maavarakiht on selleks liiga kõva, et oma raskuse mõjul pärast soonimist puruneda ja alla langeda, kasutatakse tema lahtimurdmiseks lõhkamistöid.



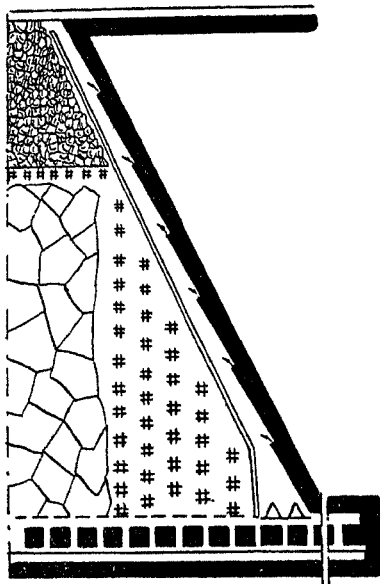
Joon. 345. Umbkaevandamisviis laeastmelise eega.

Juba pikemat aega on katsetatud NSV Liidus järskude kivisööekihtide kaevandamistöodel kõvera ja ring-soonimisraamiga varustatud soonimismasinaid. Esimene neist lõikab soonitava riba alt ja tagant terviku küljest lahti, mille tagajärjel lahtilõigatud riba oma raskuse mõjul laest eraldub ja alla variseb, teine aga lõikab selle riba lahti kõigist kolmest küljest. Neid soonimisraame võib edukalt kasutada säärase maavarakihtide kaevandamisel, mis alla langedes purunevad nii, et saadud tükke on võimalik mahutada transpordivahenditesse.

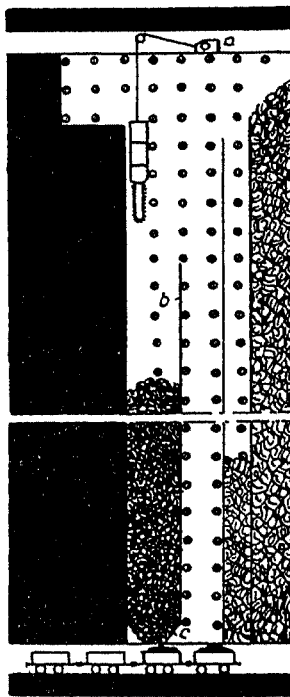
Soonimist toimetatakse alt ülespoole ja soonitud maavara variseb lahti murdudes alla, seepärast on võimatu püstitada toestikku soonimismasina järel enne soonimise lõpetamist. Allalangev maavara lööb välja ka varem püstitatud toed.

Et seda ei juhtuks, tehakse ee ja kaevandatud ala vahele laudadest vahesein *b* (joon. 347). Seina ja ee vahe moodustab punkri, millesse koguneb allalangev maavara. Soonimise lõppedes lastakse maavara punkrist välja vagonettidesse, mis liiguvad strekis. Seejärel esi toestatakse.

Järskude kihtide kaevandamisel ei ole korruse kalkkõrgus suur (100–150 m), seepärast korrust harilikult ei jagata alakorrusteks ja kasutatakse korrus-pikketi.



Joon. 346. Umbkaevandamisviis põhjastmelise eega.



Joon. 347. Järsku kihi kaevandamine soonimismasina kasutamisega: *a* - vint, *b* - vahesein, *c* - allavarisenud maavara.

Laeastmelise ee kasutamisel moodustab aste tootmise tähtsaima elemendi, mille kõrgus oleneb maavara (kivisöe) kõvadusest, kihi paksusest ja maavara kaevandamise viisist.

Enne nõukogude korra kehtestamist võeti Donbassis käsitsi töötamisel astme kõrguseks 4–7 m. Suurem kõrgus võeti pehmetes söekihtides ja väiksem — kõvemates.

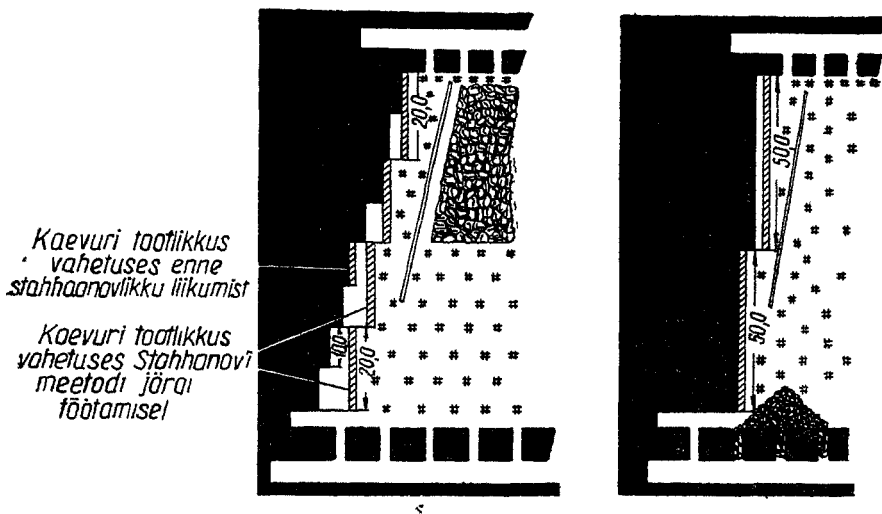
Piikvasarate kasutuselevõtmisega tõusis astme kõrgus tunduvalt — kõvades kihtides 6,5–8,5 m, keskmise kõvadusega kihtides 8,5–10,5 m ja pehmetes — 10,5–15 m.

Stahhaanovlike töömeetodite kasutuselevõtmine võimaldas astmete kõrgust oluliselt suurendada. Andmed praegu kasutatavate astmekõrguste kohta on tabelis 42.

Tabel 42.

Kihi paksus m	Astmete kõrgus m laeastmelises ees stahhaanovlikul töötamisel		
	Pehme kivisüsi	Keskmise kõvadusega kivisüsi	Kõva kivisüsi
0,5—0,9	40	32	20
0,9—1,1	50	36	24
1,1—1,5	40	32	20

Joonisel 348 on näidatud umbkaevandamisviisi laeastmelise eega enne ja pärast stahhaanovlike töömeetodite kasutamist Irmino-Tsentralnaja kaevanduses Donbassis.



Joon 348. Astmete kõrgused enne ja pärast stahhaanovlike meetodite kasutuselevõtmist.

Astme rinna nurga väljaraiumine on väheproduktiivne ja aeglane töö, seepärast tõstab astmete arvu vähenemine ees tunduvalt kaevurite tööviljakust.

Põhjaastmelises ees jääb astme nurga väljaraiumine ära, mis tõstab

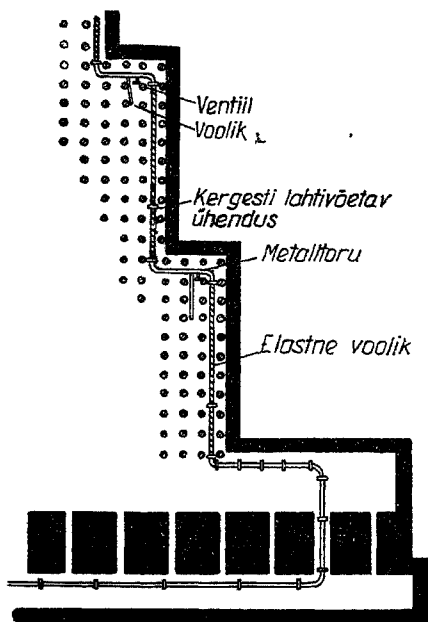
kaevuri tööviljakust. Selle töötamisviisi puhul peab esi olema paigutatud diagonaalselt (joon. 346), et ülemiselt astmelt lahtimurtud maavara tükid ei riivaks alumisel astmel töötavat kaevurit.

Kirjeldatud diagonaalne ee asetus, kus ee rind on rippuv asendis, osutub küllalt ohtlikuks ja võib kasutusele tulla ainult kõvades kihtides ning niisuguste lae kivimite esinemisel, mis oma survega ei purusta maavarakihiti. Põhjaastmelist ett kasutatakse seetõttu väga harva.

Piikvasaratega töötamisel juhitakse suruõhk eesse torustiku abil. Igas astmes kinnitatakse torustiku külge painduv kummivoolik, mille teine ots on ühendatud piikvasaraga.

Ee edasi liikudes kantakse torustik edasi. Harilikult paigutatakse suruõhutorustik suundetõkkele, mis juhib allalangeva maavara ee alumisse nurka. Torustiku edasikandmine nõuab pikemat aega, sest torud tuleb üksteise küljest lahti võtta, tugevate vahelt läbi tõmmata ja uuesti õhukindlalt ühendada.

Mainitud puuduste vältimiseks on insener Nekrassovi poolt tehtud ettepanek koostada torustik metalltorudest ja painduva vooliku lülidest ning asetada see astmetesse (joon. 349). Torustiku metall-lülid asetatakse horisontaalsetesse kohtadesse astme alla ja nende külge kinnitatakse piikvasarate voolikud. Kirjeldatud torustiku edasikandmine on palju lihtsam.



Joon. 349. Nekrassovi suruõhutorustiku skeem.

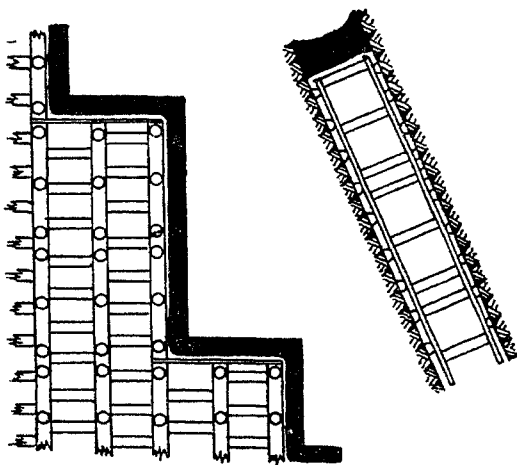
Järskude kihtide kaevandamisel jääb ära lahtimurtud maavara transportimine eest kuni veostrekineni. Et maavara ei langeks väljatöötatud alasse, kasutatakse tema juhtimiseks tugevate külge kinnitatud suundetõket, mis harilikult valmistatakse pindlaudadest. Suundetõke juhib maavara ee alumisse nurka, kust ta lastakse luukide kaudu vagonettidesse.

Järskude kihtide kaevandamisel omab toestik veel suuremat tähtsust kui laugete kihtide puhul, sest esimesel juhul võib sisse langeda mitte üksnes lagi, vaid ka põhi. Eriti hoolikalt peab jälgima põhja toestamist juhul, kui põhjas on kivimikiht, mis ei ole teiste kivimitega küllaldaselt

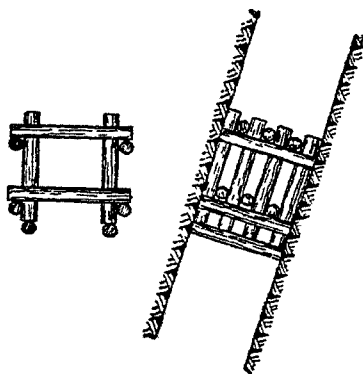
seotud. Niisugune kiht võib kergesti hakata libisema ja kaasa viia ka maavara astmed.

Toestamiseks kasutatakse tugedid, mis asetatakse ridadena kihi kallaksuunas. Ridade vahe võetakse 0,9—1 m. Tugede vahe kallaksuunas oleneb lae püsivusest. Püsiva lae korral asetatakse vastu lage harilikult 2,7 m pikkune plank ja selle alla kolm tuge. Kui põhi ei ole küllalt püsiv, asetatakse ka tugede alla põhjale plangud (joon. 350).

Stahhaanovlike töömeetodite kasutamisel teostab toestamist selleks määratud tööline (toestaja). Toestatakse kaevuri järel ülalt allapoole 2—3-m-ste järkudena, kusjuures järgus toestuslülid püstitatakse alt üles-



Joon. 350. Laeastmelise ee toestamine.



Joon 351 Riida paigutus järsu kihi kaevandamisel.

poole, mistõttu kaevur on kogu aeg toestatud alas. Et kaitsta kaevurit juhuslikult allalangevate tugede ja maavara tükkide riivamise eest, asetatakse kaevuri ja toestaja vahele kaitselaudi, mis töökoha muutmisel edasi kantakse.

Peale algtoestiku kasutatakse järskude kihtide kaevandamisel laialdaselt ka riittoestikku, mida on kirjeldatud eespool. Riida ülesladumisel asetatakse täiendavalt kaks tuge, mille vastu toetuvad kihi kallaksuunas paigutatud tugede otsad (joon. 351).

Lae käsitsemine võib järskude kihtide kaevandamisel sarnaneda laugete kihtide kaevandamisega, kui lastakse lagi sisse variseda või kui väljatöötatud ala täidetakse. Lae kunstlikku langetamist järskudes kihtides ei kasutata ja riitu üle ei kanta.

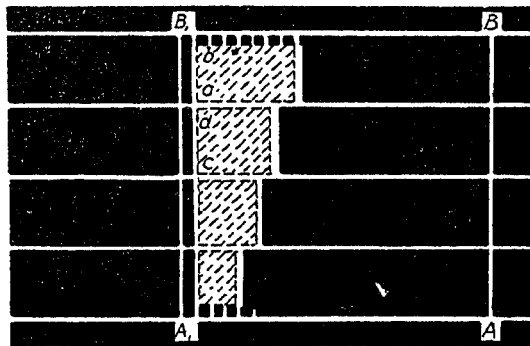
## 8. Lankkaevandamisviisid.

Põhimised lankkaevandamisviiside erinevused, võrreldes umbkaevandamisviisiga, seisnevad selles, et enne koristustööde algust lõigustatakse maavarakiht ettevalmistuskaeveõnsuste abil üksikuteks koristusväljadeks — lankideks, mis pärast koristustöödega välja võetakse. Langid omavad harilikult täisnurkset kuju.

Lankkaevandamisviisi põhimõte seisneb selles, et ettevalmistuskaeveõnsused oleksid kogu nende kasutamise ajal ümbritsetud väljavõtmata maavara, mitte aga kaevandatud alaga, nagu see on umbkaevandamisviisi puhul. Seepärast ei esine lankkaevandamisviisi kasutamisel ettevalmistuskaeveõnsuste kohal massilist lae vajumist; surve kaeveõnsustele on tunduvalt väiksem ja järelikult vajab nende toestik vähem remonti. Lankkaevandamisviisideks on pikkade lankidega kaevandamisviis ja lühikeste lankidega kaevandamisviis.

## 9. Pikkade lankidega kaevandamisviis.

Niisama kui umbkaevandamisviisi puhul võib ka pikkade lankidega kaevandamisviisi kasutamisel koristusee kuju olla kas sirgjooneline (joon. 352), laeastmeline (joon. 353) või põhjaastmeline.



Joon. 352. Koristustööde arenemine pikkade lankidega kaevandamisel:  $AB$  ja  $A_1B_1$  — bremsbergid,  $ab$  ja  $cd$  — lõõrid.

Pikkade lankidega töötamisel on tootmisega seoses olevad maavara kaod suuremad kui umbkaevandamisviisi puhul. See on seletatav sellega, et strekkide kaitseks jäetud tervikuid ei ole võimalik hiljem täielikult välja võtta, sest kaevandamistingimused on sellele kaevandamisviisile vastavates oludes raskemad.

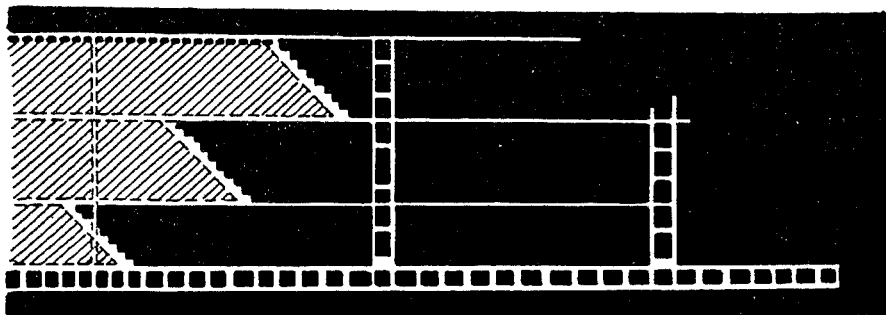
Tuulutuse seisukohast on lankkaevandamisviis vähem täiuslik kui umbkaevandamisviis, sest esimene omab üsna palju umbseid esi.

Pikkade lankidega kaevandamisviis on tunnistatud põhimiseks kivisõekihtide kaevandamisviisiks, millede paksus on 1,3—3,5 m (Kivisõekae-

vanduse tehnilise eksploatatsiooni reeglid, § 72). Ka teiste kihtvarapakade kaevandamisel mainitud tingimustes on see kaevandamisviis soovitatav.

Lauge kihi kaevandamisel pikkade lankidega jaotatakse korrus, mille kalkkõrgus on harilikult 300—400 m, tõusu suunas alakorrusteks ja rõhtsuunas bremsbergidega tootmisväljadeks (koristuspiirkondadeks).

Alakorruse kalkkõrgus valitakse, lähtudes samadest arvestustest, mida kasutatakse umbkaevandamisviisi puhul. Tootmisvälja mõõtmed kihi rõhtsuunas määratakse kindlaks alakorruste strekkide ja bremsbergide rajamis- ja remondikuludega ühelt poolt ning transpordikuludega vahepealsetes (alakorruse) strekkides teiselt poolt.



Joon. 353. Pikkade lankidega kaevandamisviis laeastmelise ee puhul.

Antud juhul on vahepealsed strekid kaitstud tervikutega ja nende korrashoid nõuab vähem kulu. Seepärast võetakse vahemaa bremsbergide vahel 400—450 m.

Kui ettevalmistustööde tulemusena antud korruseosa (tootmisväli) on lõigatud pikkadeks lankideks, võib alustada koristustöid.

Koristustööde õige korralduse kohaselt alustatakse kõigepealt ülemise alakorruse kaevandamist. Et jätta bremsbergi  $A_1B_1$  kaitseks maavara tervik, rajatakse algul lõõr  $ab$  (joon. 352) ja sellest alustatakse koristustöid bremsbergi  $AB$  suunas. Kui ülemise alakorruse (langi) esi on liikunud edasi 10—30 m võrra, alustatakse koristustöid teises alakorruses, mis oma alguse saavad lõõrist  $cd$ . Pidades kinni ülemiste alakorruste kindlast eelnemisest alumiste suhtes, lülitatakse töösse kõik alakorruused. Korruse veostreki ja tuulutustreki kaitseks jäetakse tervikud. Vahepealsete strekkide kaitseks tervikuid jätta ei ole vaja, sest vedu nendes toimub bremsbergi  $AB$  suunas ja see osa vahepealsest strekist, mis jääb kaevandatud alasse, likvideeritakse.

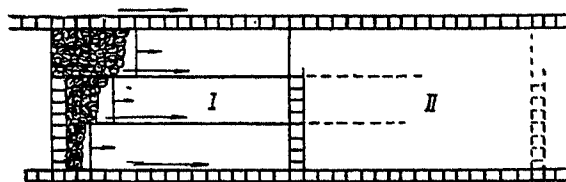
Koristustööde mehhaniseerimine ja korraldamine teostatakse samuti kui umbkaevandamisviisi puhul.

Kaevis transporditakse koristuseest kuni vahepealse strekini konveierite abil. Vahepealsetes strekkides kasutatakse transpordivahenditeks kas konveiereid või rõõbasteel liikuvaid vagonette.

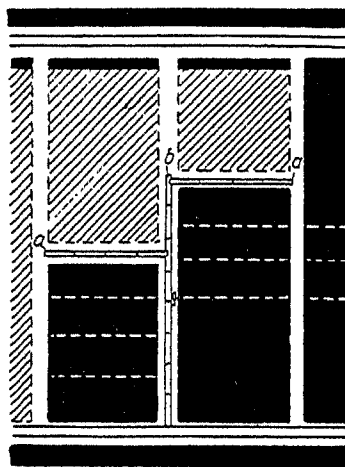
Kaevandatud ala lagi langetatakse harilikult kas täielikult või osaliselt.

Töötamisel pikkade lankidega esineb kindel vahekord koristustööde ja ettevalmistustööde vahel, mis ilmneb selles, et iga kaevandatud langi asemele peab olema ette valmistatud sama tootmisvõimega uus lank järgmises koristuspiirkonnas.

Sellega ühenduses peab ettevalmistuskaeveõõnsuste rajamine olema niivõrd arendatud, et enne ülemise langi väljavõtmise lõpetamist oleksid järgmises tootmisväljas ülemine lank ja bremsberg täielikus



Joon. 354. Uue bremsbergivälja (koristuspiirkonna) ettevalmistamine: I — koristustööd, II — ettevalmistusel olev väli.



Joon. 355. Pikkade lankidega kaevandamisviisi töötamisega kihi kallaksuunas: a ja b — konveierid.

töökorras. Seepärast peab celkõige forsseerima korruse strekkide (tuulutus- ja veostreki), bremsbergi ja ülemise vahepealse streki rajamist. Seejärel peavad valmima järjekorras ka teised vahepealsed strekid enne koristustööde lõpetamist eelmise tootmisvälja vastavates lankides (joon. 354).

Joonistel 352, 353 ja 354 on esitatud pikkade lankidega kaevandamisviisi, kusjuures töötatakse maavarakihi rõhtsuunas. Joonisel 355 on toodud pikkade lankidega kaevandamisviisi, kus langid on lõigustatud kihi tõusu suunas ja üksikute lankide väljavõtmine toimub ülalt allapoole. Lankide sellise asetuse puhul toimuvad soonimis- ja lahtimurdmistööd harilikul viisil. Lahtimurdud maavara juhatakse konveieri a abil eest välja teisele konveierile b, mis on paigutatud kallakkäiku (strekki); see konveier

viil  
rin

põh  
ma.  
liuc  
väh  
raja  
tad  
Liu

lanl  
hori  
kao  
suu  
võib  
ühes  
juur  
tata  
kosk  
veos  
van  
Rõõ  
jatal  
(joo  
kide  
jatal  
strel  
nurg  
kide

läht  
kokk  
strel

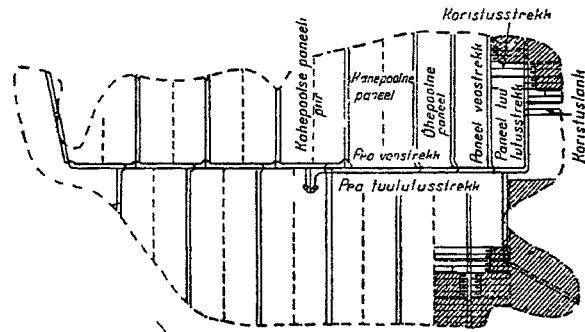
tingi  
lae k  
pikk  
mida  
kini.



viib maavara kuni veostrekini. Ee edasilikumisel tõstetakse konveier *a* ee rinnale lähemale ja ühtlasi lühendatakse ka konveierit *b*.

Järskude ja kallakate kihtide kaevandamine pikkade lankidega toimub põhiliselt samuti kui lauetes kihtides. Ülemistest alakorrustest toodetud maavara lastakse liugepidi kuni veostrekini (joon. 353). Selleks rajatakse luud võimalikult ilma naaberkivimisse süvendeid tegemata, mis tunduvalt vähendab nende rajamiskulusid, võrreldes bremsbergidega. Et liugude rajamiskulud on tunduvalt väiksemad kui bremsbergidel, võib neid asetada tihedamini ja seega vähiendada veokulusid vahepealsetes strekkides. Liugude vahemaaks üksteisest võetakse harilikult 100—200 m.

Praktiliselt horisontaalsete maavarakihtide kaevandamine pikkade lankidega erineb mõnevõrra eespoolkirjeldatud kaevandamisviisidest. Kihi horisontaalse asendi tõttu kaovad rõht- ja kallak-suuna mõisted ja strekke võib rajada igas suunas ühesuguse eduga. Sahti juurest, mis harilikult asetatakse kaevanduse välja keskpunkti, rajatakse peaveostrekk, mis jagab kaevanduse välja kahte ossa. Rõõbiti peaveostrekiga rajatakse tuulustusstrekk (joon. 356). Nendest strekkidest mõlemale poole rajatakse 90° nurga alla kuni kaevanduse välja piirideni veo- ja tuulustusstrekid, mida nimetatakse paneelstrekki. Paneelstrekki (samuti 90° nurga all) rajatakse koristusstrekid, mis lõikavad paneeli pikkadeks lankideks.



Joon 356 Horisontaalse maavarakihi kaevandamisviis pikkade lankidega

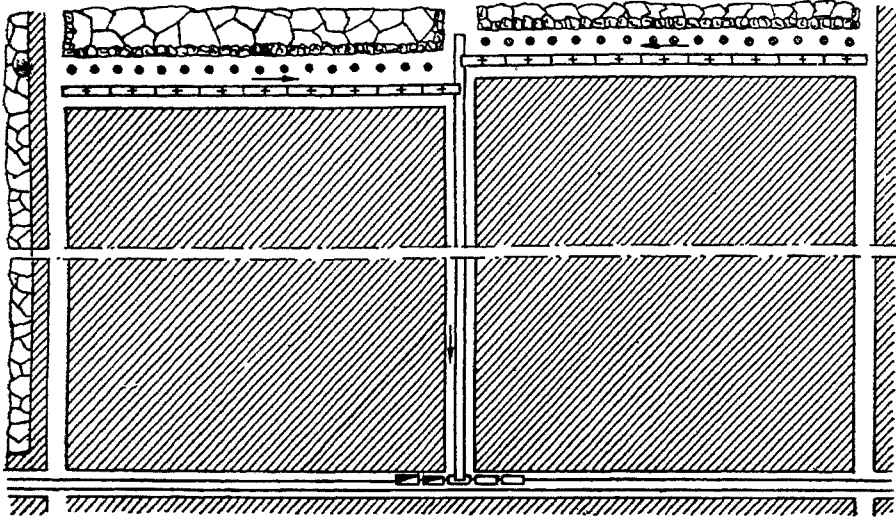
Peastrekkide suuna valikul ja kaevanduse välja paneelideks jaotamiseks lähtutakse kohalike olemasolevate kihi põhja nõgususte kasutamisest vee kokkuvoolamiseks šahti juurde ja normaalsete kallakute andmiseks veostrekkidele kaevise veo suunas.

Lankide mõõtmed (pikkus ja laius) olenevad eelkõige tehnilistest tingimustest, s. o. mehhanismidest, mida kasutatakse koristustöödel, ja lae kivimite olukorrast. Näiteks Moskva-lähedases kivisöebasseinis võetakse pikkuseks 300—500 m. See vastab ühe või kahe lintkonveieri pikkusele, mida kasutatakse kaevise transportimiseks eest kuni pea- või paneelstrekini. Langi laius, mis võrdub koristuse pikkusega, on 50—80 m. Nõrgad

laekivimid ja konveieri piiratud transportimisvõime ei võimaldanud ee pikendamist.

Moskva-lähedases basseinis kasutatakse etes transpordivahendina kraapkonveiereid, mis töötavad antud tingimustes väga edukalt.

Horisontaalsete kihtide kaevandamisel kasutatakse laialdaselt paarisetega töötamist (joon. 357), mis seisneb selles, et ühteaegu võetakse välja



Joon. 357. Pikkade lankidega kaevandamisviisi paarisetega töötamisel; noolega on margitud kaevise transportimise suund.

kaks kõrvuti asetsevat lanki. Strekkile, mis on lankide vahel, paigutatakse lintkonveier ja koristusette võnk- või kraapkonveierid. Kaevis juhitakse mõlemalt poolt ee lintkonveierile, mis viib ta kuni paneelstrekini, kus toimub vagonettidesse laadimine. Joonisel 357 on näidatud nooltega kaevise transportimise suund. Tööprotsessis tõstetakse ee konveierid pidevalt eele järele; samal ajal lühendatakse vajalikul määral ka lintkonveierit.

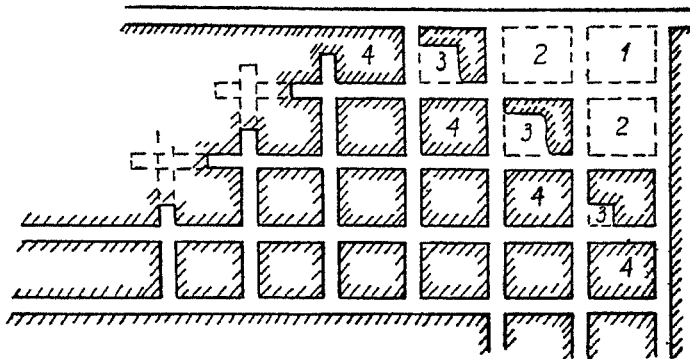
#### 10. Lühikeste lankidega kaevandamisviisi.

Seda kaevandamisviisi kasutati varem nõrkade ja pudedate laekivimite esinemisel. Lühikeste lankidega kaevandamisviisi põhimine erinevus seisneb selles, et tootmisväli ei jagata mitte ainult vahestrekkide ja bremsbergide abil pikkadeks lankideks, vaid ka pikad lankid jaotatakse teise-

järguliste ettevalmistuskaeveõõnsustega väiksemateks osadeks — lühikes-  
teks lankideks.

Teisejärgulised kaeveõõnsused, mida nimetame lõõrideks, rajatakse ainult maavarakihis (ilma naaberkivimisse süvendamata), paigutades neid rööbiti ja risti ning vahel diagonaalselt vahepealsete strekkidega. Olenevalt vahemaast lõõride vahel lõigustatakse kas suuremad või väiksemad ( $8 \times 8$  kuni  $20 \times 20$  m) lühikesed langid (joon. 358).

Koristustöid alustatakse alakorruse ülemisest äärest nii, et töösolevad langid asetseksid diagonaalselt. Joonisel 358 on numbritega märgitud



Joon. 358. Lühikeste lankide kaevandamise järjekord.

lankide kaevandamise kord. Algul võetakse välja lank, mis on märgitud numbriga 1, siis need, mis on märgitud numbriga 2 jne.

Selle kaevandamisviisi puhul kasutatakse iseliikuvaid mäemasinaid ja transpordivahendeid. Nõukogude mäetööstuse arenemine on näidanud, et igal pool, kus varem kasutati lühikeste lankidega kaevandamisviise, võib pikk-ee mehhanismide kasutamisel edukalt üle minna teistele, ajakohasematele kaevandamisviisidele. Kivisõe tehnilise ekspluatatsiooni reeglite kohaselt (§ 73) oli lühikeste lankidega kaevandamisviis NSV Liidu kivisõekaevandustes keelatud.

## 11. Kombineeritud kaevandamisviisid.

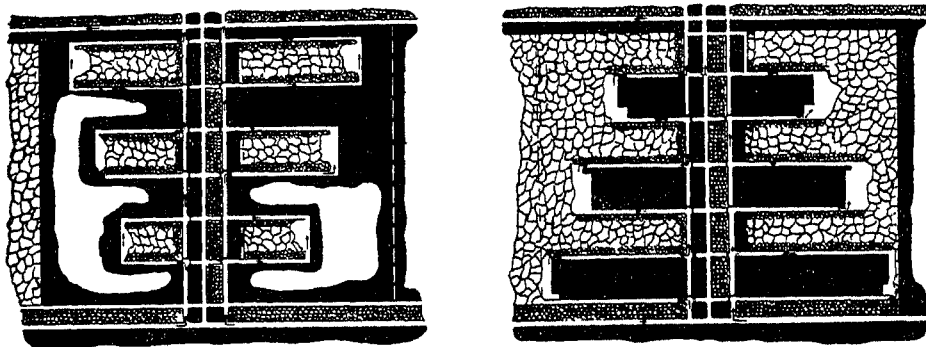
Kihtvarapaikade kaevandamisel võib kasutada peale eespoolkirjeldatud kaevandamisviiside ka nn. kombineeritud ehk segakaevandamisviise, mis harilikult koosnevad kahe kaevandamisviisi kombinatsioonist.

Selle grupi kaevandamisviisidest kasutatakse kõige sagedamini nn. paarisstrekkidega kaevandamisviisi, milles esineb umb- ja lankkaevandamisviisi kombinatsioon (joon. 359).

Selle kaevandamisviisi kasutamisel jagatakse korrus alakorrusteks, milledest järjekorras paarituarvulised (1, 3, 5) töötatakse välja umbkaevandamisviisiga ja paarisarvulised alakorruused pikkade lankidena tootmisvälja (bremsbergi välja) piirist bremsbergi poole.

Paarituarvuliste alakorruuste väljavõtmisel täidetakse kaevandatud ala täidisega ja strekkide äärde laotakse üles võimalikult tugevad kaitseribad strekkide süvendamisel saadud kivimitest. Paarisarvuliste alakorruuste väljavõtmist teostatakse lae langetamisega.

Seda kombineeritud kaevandamisviisi kasutatakse üsna laugete kihtide väljavõtmisel, kui strekkide süvendamisest saadud aherkivimit on võimalik suuremate raskusteta paigutada streki ülemisse laiendisse.



Joon. 359. Paarisstrekkidega kaevandamisviis: vasakul — töötamine umbkaevandamisviisil bremsbergilt tootmisvälja piiri poole; paremal — töötamine pikkade lankidega tootmisvälja piirilt bremsbergi poole.

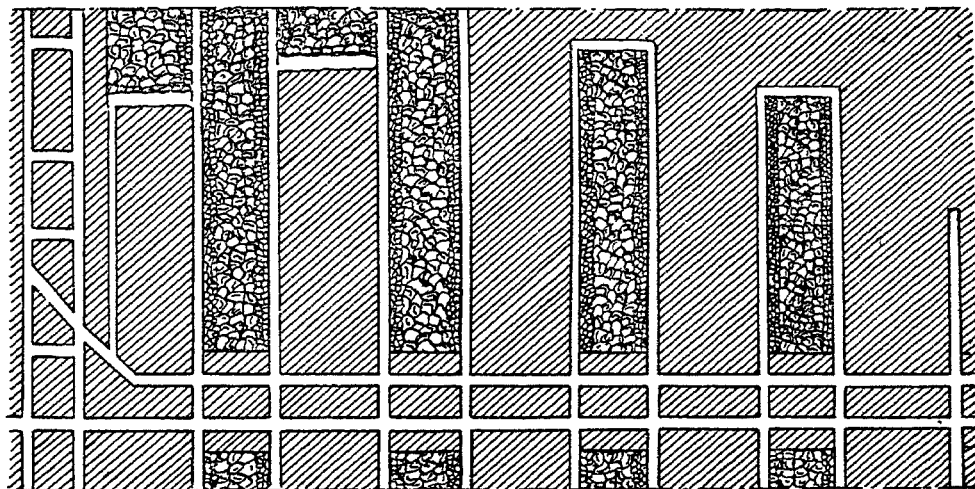
Põlevkivikaevandustes kasutatav kaevandamisviis on analoogiline kirjeldatud viisiga. Eesti NSV põlevkivi lasub praktiliselt horisontaalselt, ainult väikese kallakuga, ja rohked aherkivimi- (pae-) vahekihid jagavad ta mitmetesse 15—70 cm paksustesse alakihtidesse. Tootliku kihi üldpaksus ühes aherkivimi-vahekihtidega on 2,5—3,5 m. Lae moodustavad töötamise seisukohalt küllalt püsivad paekihid.

Töötades kirjeldatud tingimustes tuleb ühes põlevkiviga välja võtta ka paevahekihid, mis raskendab tööd ja teeb tööprotsessi keerukaks.

Peaveostrekist, mis läbib keskelt kaevanduse välja, rajatakse mõlemale poole paneelstrekid, mis jaotavad kaevanduse välja paneelideks. Olenevalt vee kõrväldamise tingimustest arendatakse koristustöid paneelstrekidest kas mõlemale või ühele poole 12—25 m pikkuste koristusetega, mis töötatakse välja umbkaevandamisviisil, jättes nende vahele 15—30 m laiused langid (joon. 360). Vahekihtidest saadud aherkivim (paas) paigu-

tatakse väljatöötatud alasse täidisenä. Kaevandatud ala mõlemale poole äärde jäetakse koristusstrekid, mida kasutatakse liiklemiseks ja vagonetidega vedamiseks. Põlevkivi lahtimurdmiseks kasutatakse lõhkamistöid. Peale puurimise teostatakse kõik tööd käsitsi. Puurimist teostatakse peamiselt elektri-käsikeerpuuridega ja mõnel pool ka suruõhu-puurvasaratega.

Kui umbsed koristused on jõudnud ettenähtud kauguseni (ühepoolse väljavõtmise puhul — kuni naaber-paneelstrekini, kahepoolse väljavõtmise puhul — kuni paneeli keskpaigani), alustatakse väljatöötatud alade vahele jäetud lankide väljavõtmist tagasituleva töötamisega. Vahekihtidest üles-



Joon. 360. Paarisstrekidega kaevandamisviis Eesti põlevkivikaevandustes.

laotud täidise tõttu, mis hoiab lage sisse langemast, ei teki koristusstrekide ülalhooldimisel ja lankide täielikul väljavõtmisel raskusi.

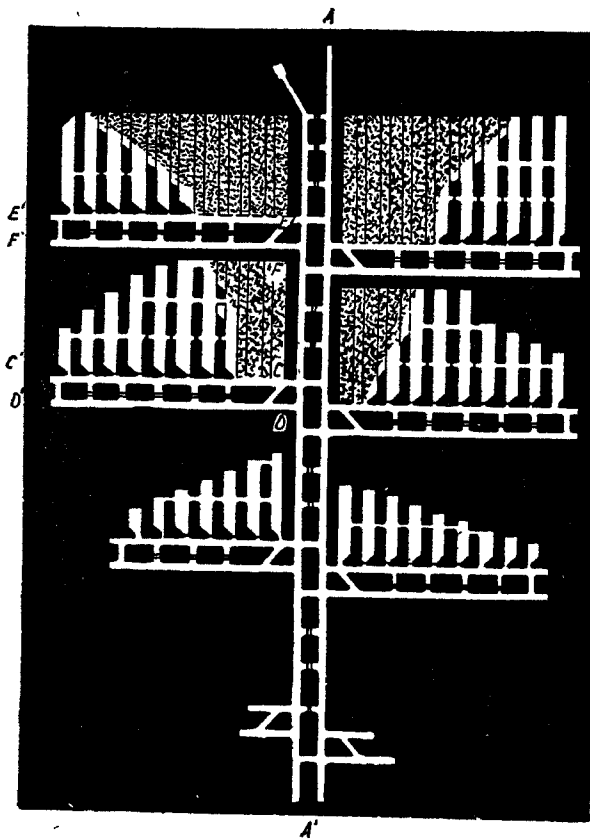
Kirjeldatud kaevandamisviisi võib vaadelda ka kui ruumtervikutega kaevandamisviisi, sest ete pikkused on siin mõnikord niivõrd väikesed, et strekkide vahel väljatöötatud alas sageli mäerõhku ei esinegi. See kaevandamisviis on iseendast küllalt sobiv põlevkivi-varapaiga tingimustes, kuid kirjeldatud kujul on ta kohandatud ainult käsitsi töötamisele, mis ei vasta tänapäeva nõuetele. Uuesti käikulastud kaevandustes varustatakse koristused soonimismasinatega ja kraaptransportööridega. Transport toimub koristusstrekides lint- või kraapkonveieriga. Sel puhul tehakse eed pikemad (kuni 100 m).

Mäemeeste ees seisab suur ja tänuväärne ülesanne: põlevkivitootmine täielikult mehhaniseerida. Kui selle teostamist ei võimalda kasutuselolev

kaevandamisviis, tuleb üle minna uutele viisidele, mis võimaldavad täielikku mehhaniseerimist. On vaja katsetada uute kaevandamisviisidega koos põlevkivi mehhaanilise vääristamisega, et vältida käsitsi laadimist koristuses.

## 12. Ruumtervikutega kaevandamisviis.

Ruumtervikutega kaevandamisviisi (joon. 361) kasutatakse horisontaalsete kivisõekihtide väljavõtmisel ja ka maagikaevandustes. Tema põhi-



Joon. 361. Ruumtervikutega kaevandamisviis.

mootteline erinevus paarisstrekidega kaevandamisviisist seisneb lae käsitemises. Siin võetakse umbkaevandamisel ette pikkused nii väikesed, et väljatöötatud alas (ruumis) lagi hoidub kuni töötamise lõpuni tervikute abil ülal, vajades ainult minimaalset toestikku. Selle kaevandamisviisi kasutamisel rajatakse alguses kaks (sagedamini enam) paralleelset (paneel-) strekki  $AA'$  (joon. 361), millest mõlemale tiivale rajatakse 150—200-m-se vahemaaga (koristus-) strekid ( $EE'$ ,  $FF'$ ,  $CC'$ ,  $DD'$ ). Seda osa kaevanduse väljast, mis töötatakse välja paneelstrekiga, nimetatakse paneeliks, ja seda osa,

mis töötatakse välja koristusstrekiga — koristusväljaks. Igast koristusstrekist rajatakse 4—12 m laiused koristustööde ruumid (kambrid), mille vahele jäetakse 4—15 m laiused tervikud. Tuulutamise eesmärgil ühendatakse need ruumid omavahel ühenduslõõridega.

Koristustööde ruumid (kambrid) võivad olla suunatud kas ühele või mõlemale poole koristusstrekki. Kui koristustööd toimuvad ainult ühel pool strekki, siis küünib koristusruumide pikkus kuni järgmise strekini. Kui koristustööd toimuvad ühtaegu mõlemal pool koristusstrekki, siis ulatub koristusruumide pikkus poole koristusvälja laiuseni.

Ruumidevahelised tervikud võetakse välja tagasi tulles (esi liigub streki poole). Tihti ei ole võimalik lae surve tõttu neid tervikuid täielikult välja võtta, mistõttu ruumtervikutega kaevandamisviisil esinevad sageli suured maavara kaod (40—50%). Selle kaevandamisviisi puhul saab kasutada edukalt soonimis- ja laadimismasinaid, konveiereid, iseliikuvaid elektrivagonette, suuremahulisi ja väga madalaid vagonette, mis võimaldavad suurt tööviljakust. Laadimismasinat kasutamist soodustavad ee kiire edasimineku ja ta väike pikkus, mille tõttu lagi ei avalda eele survet.

### 13. Paksude kihtide kaevandamine.

Paksude kihtide kaevandamisviisid jagunevad kahte suurde rühma: 1) kaevandamisviisid kordadesse jaotamisega ja 2) ilma kordadesse jaotamiseta.

Kordadesse jaotamise põhimõte seisneb selles, et paksu kihti ei võeta välja mitte korraga kogu tema paksuses, vaid kordade viisi, lähendades sellega tema kaevandamist keskmise paksusega kihtide väljavõtmisele. Korrad ruumis võivad olla kallakad, horisontaalsed või vertikaalsed.

Ilma kordadeks jaotamiseta võivad kaevandamisviisid olla väga mitmekesised, kuid nende kasutamine on seotud suurte maavara kadudega, mistõttu neid ei ole soovitatav kasutada.

Paksude kihtide kaevandamine on tunduvalt keerukam, võrreldes õhukeste ja keskmise paksusega kihtide väljavõtmisega. Eriti suuri raskusi tekitab paksu kihi kaevandamine kogu tema paksuses, sest väljatöötatud ala toestamine pikkade tugedegaga on küllaltki keerukas. Võimatu on korralikult jälgida lae olukorda, iga vähimgi kivimitükike võib kõrgelt kukkudes tekitada raskeid vigastusi ja ka kõrge esi võib ootamatult sisse variseda. Lae käsitlemine teeb paksude kihtide väljavõtmisel palju raskusi.

Paksude kihtide kaevandamisel kordadesse jaotamisega jaotatakse kiht niisuguse paksusega kordadesse, mille väljavõtmine on kõige sobivam; see paksus on harilikult 2—3 m.

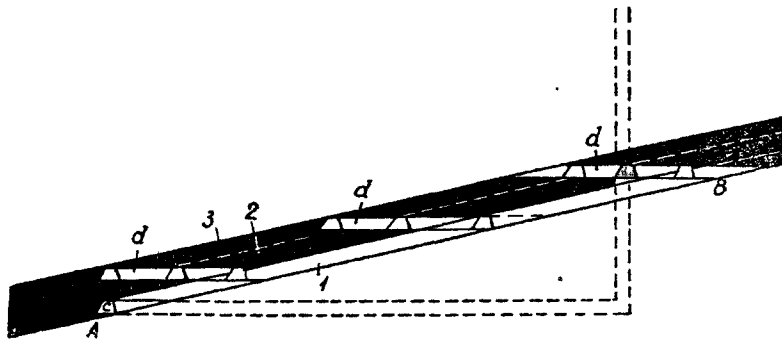
Kihi kordadesse jaotamist teostatakse praktikas kahe viisil:

1) kiht jaotatakse kordadesse paralleelselt kihi kihituspindadega — nii saadakse kallakad korrad, mille kallaknurk võrdub kihi kallaknurgaga;

2) kiht jaotatakse horisontaalseteks kordadeks olenematult kihi kallaknurgast.

Paksude kihtide kaevandamist kallakateks kordadeks jaotamisega (joon. 362) kasutatakse laugete ja keskmise kallakusega kihtide puhul, kui nende paksus ületab 3,5 m. Kivisõekaevanduste tehnilise eksploatatsiooni reeglites on selle kaevandamisviisi kohta öeldud:

„§ 83. Üle 3,5 m paksuste laugete ja keskmise kallakuga kihtide põhimiseks väljatöötamise viisiks on kaevandamisviisi kallakateks kordadeks jaotamisega ja lae langetamisega. Kordade väljavõtmine peab toimuma alanevas järjekorras.



Joon. 362. Paksu kihi kaevandamise skeem kallakateks kordadeks jaotamisega: 1, 2, 3 — korrad, AB — bremsberg, c — korruse veostrekk, d — ordid.

Aherkivimi-vahekihte peab kasutama loomulike piiridena kordade vahel, kui seda võimaldab kihi struktuur, korra minimaalse, vähemalt 0,8-m-se kõrguse (paksuse) puhul.

Kihi paksuse ülempiir, mille ületamisel peab kordade väljavõtmist teostama täitmisega, määratakse kindlaks projektiga iga leiukoha kohta eraldi seoses kivisõe kalduvusega ise süttida ja ümbritsevate kivimite liitumisomadustega (tihenemisega) pärast lae sisselangetamist.”

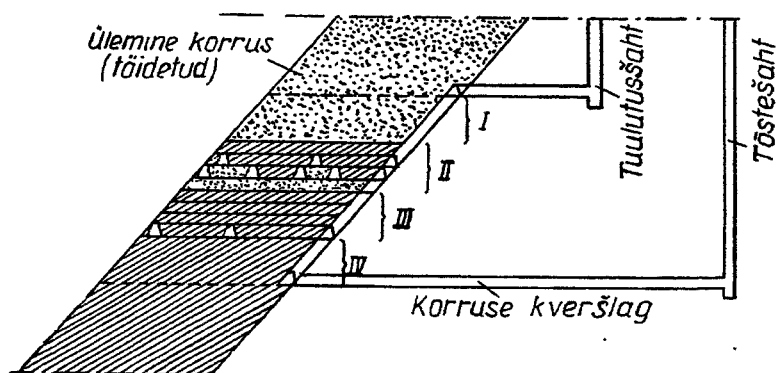
Pea- või veostrekid rajatakse maavarakihti tema alumise kihipinna lähedusse. Juhul, kui esinevad eriti suured surved, rajatakse veostrekid põhja naaberkivimisse. Korruse veostrekk c ja tuulutusstrekk ühendatakse kallaka kaeveõõnsusega AB (joon. 362), mida kasutatakse bremsbergiks või liuks.

Kui korruse kaldkõrgus on suur, jaotatakse korrus vahepealsete strekkide abil alakorrusteks, mis võetakse välja järjekorras ülalt allapoole. Kordadesse rajatakse veo, tuulutamise jne. eesmärgil strekid, mida nimetatakse kordade strekkideks. Bremsbergid (või liud) rajatakse ainult



neisse kordadesse, millesse rajatakse peastrekid. Kordade strekid ühendatakse bremsbergiga või tõstekallakuga ortide  $d$  abil (joon. 362).

Iga kord võetakse välja hariliku keskmise paksusega kihina, enamasti pikkade lankidega. Üksikute kordade väljavõtmist võib teostada kas alt ülespoole või ülalt allapoole, kui töötamine toimub väljatöötatud ruumi täitmisega. Kui aga töötatakse lae langetamisega, siis võetakse korrad välja ainult ülalt allapoole; seejuures ei või järgmise alumise korra väljavõtmist alustada enne, kui sisselangenud kivimid on küllalt tihenenud ja vajumine lõppenud. See tihenemise aeg oleneb langetatud kivimite omadustest; harilikult vajatakse selleks aega mõnest nädalast kuni 6 kuuni ja mõnikord rohkemgi.

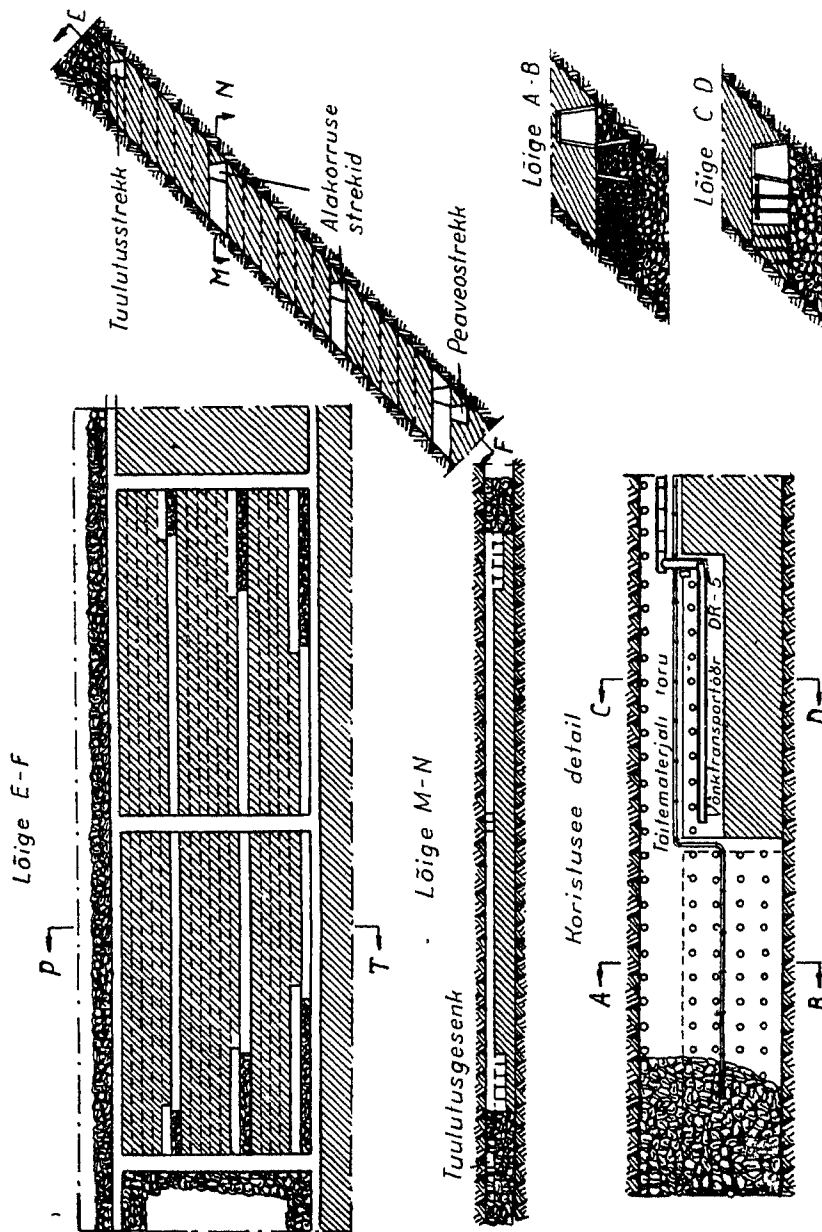


Joon. 363. Paksu kihi kaevandamise skeem horisontaalsete kordadega: I, II, III ja IV — alakorruused.

Paksude kihtide kaevandamine kallakate kordadega ja lae langetamisega annab kõige paremaid tulemusi, kui kihtide kallaknurk on  $10-20^\circ$  ja kui neid ei ole vaja jaotada rohkem kui kaheks korraks. Kuid mõnikord kaevandatakse lae langetamisega ka paksemaid kivisöekihte. Esieneb juhtumeid, kus soodsate laekivimite puhul on lae langetamisega välja võetud 4 korda (Tšeljabinski basseini).

Paksude kihtide kaevandamine horisontaalseteks kordadeks jaotamisega (joon. 363) nõuab peaaegu eranditult väljatöötatud ala kivimiga täitmist. Horisontaalsete kordadega töötatakse välja paks, järsu kallakuga maa-varakihte.

Korrus jaotatakse alakorrusteks ja alakorrus horisontaalseteks kordadeks. Korrused ja alakorruused töötatakse välja ülalt allapoole. Korrad alakorruuses võetakse välja kas alt ülespoole (joon. 363) või ülalt alla-



poole. Peastrekid ja liud tehakse kihi alumisele küljele ja igas korras rajatakse vajalik arv horisontaalseid kaeveõõnsusi.

Üksikute kordade väljavõtmist teostatakse kihi rõhtsuunaga perpendi-

Joon. 364. Paksu kihi kaevandamine horisontaalseteks kordadeks jaotamisega.

kulaarsete otsast kaevandatavate ribadega või, kui koristusrinnet on vaja suurendada, pikk-eega, mis liigub risti kihi rõhtsuunaga, alumise kihipinna poolt ülemise poole (joon. 364). Joonisel 364 on korrus jaotatud kolmeks alakorruseks, mis töötatakse välja üheaegselt 2,5 m paksuste kordadega järjekorras alt ülespoole. Koristuspiirkonna väljatöötamine teostatakse liugudest kahele poole. Koristuspiirkonna piiridel on rajatud tuulutuslõõrid (kallakad gesengid).

Üksikutes kordades toimuvad koristustööd risti kihi rõhtsuunaga alumise kihipinna poolt ülemise poole 20 m pikkuste pikk-ete järkudega. Samal ajal, kui üht järku kaevandatakse, täidetakse eelmist aherkivimiga (täitematerjaliga).

Olenevalt maavara (kivisöe) kõvadusest võib tema lahtimurdmist teostada kas lõhkamistöödega ja piikvasaratega või ainult piikvasaratega. Lõhkamistöde kasutamisel puuritakse augud elektripuuridega samas järjekorras ja asetuses nagu keskmise paksusega kihtide kaevandamisel.

Kaevise transportimiseks koristusest liuni, mida mööda ta alla lastakse veostrekile, kasutatakse kraap- või võnkkonveiereid.

Koristusala teostatakse tugelega, mille alla (täidise peale) asetatakse põhjatalad ja peale (lae alla) kas tugevad pindplangud või lõhkisaetud palkidest (poolpalkidest) laetalad. Talad asetatakse rõõbiti koristusega.

Kaevandatud ala täitmine võib olla kas pneumaatiline (suruõhuga) või hüdrauliline (märg täitmine vee abil). Võib ka kasutada teisi täitmisviise, kuid nad on harilikult kallimad täitematerjali transpordi kalliduse tõttu. Ka ei tule täidis küllalt tihe ning pärastine vajumine tekitab palju raskusi.

#### 14. Väljatöötatud ala täitmine aherkivimiga.

Olenevalt täitmisviisist jaguneb väljatöötatud ala täitmine: a) käsitsi täitmiseks, kui täitematerjal loobitakse sinna käsitsi; b) ise-sissevooluga (iseveeremisega) täitmiseks, kui täitematerjalil lastakse variseda väljatöötatud alasse omakaalu mõjul; c) skreeperiga täitmiseks, kui täitematerjal toimetatakse kohale skreeperi abil; d) pneumaatiliseks täitmiseks, kui täitematerjal paisatakse kohale suruõhu abil; e) mehhaaniliseks täitmiseks, kui täitematerjali paisatakse kohale heitemehhanismidega; f) hüdrauliliseks ehk märjaks täitmiseks, kui täitematerjal kantakse väljatöötatud alasse vee abil, kasutades selleks loomulikku, või harvem, kunstlikku survet, mis tagaks vee liikumise koos täitematerjaliga mööda torusid töökohta. Ala täitmine aherkivimiga peab olema tihe. Selles suhtes osutuvad parimaiks pneumaatiline ja hüdrauliline täitmisviis.

Väljatöötatud ala täitmisel laugete õhukeste kihtide puhul kasutatakse täitematerjaliks strekkide süvenditest saadud aherkivimit. Osalise täitmise puhul võib mõnikord küllaldaseks osutada ka see aheraine, mida saadakse vahekihtidest, kui need esinevad.

Tabel 43.

K i v i m i d	Täitematerjali kobestuskoeffit- sient täitmisel
Peen vesilüiv . . . . .	1,05
Liiv, kruus . . . . .	1,10—1,20
Savisegune liiv, pehme savi . .	1,20—1,25
Mergel, mullakiht . . . . .	1,25—1,30
Kõva tihe savi, kõva mergel . .	1,25—1,35
Pehmed kaljused kivimid . . .	1,30—1,40
Kõvad kaljused kivimid . . . .	1,40—1,50

Paksude kihtide väljatöötamisel tuuakse vajalik täitematerjal maa pealt, kus teda saadakse selleks rajatud karjääridest.

Tabel 44.

T ä i d i s (täitematerjal)	Täidise maht pärast kokku- surumist %-des täidetud kaev- õõnsuse mahust					
Hea märg täidis	85—95					
Kuiv täidis järskuldel kihtidel	<table border="0"> <tr> <td rowspan="3" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td>peeneteraline kivim</td> <td>75—85</td> </tr> <tr> <td>kivim suurtes tükkides</td> <td>60—75</td> </tr> </table>	{	peeneteraline kivim	75—85	kivim suurtes tükkides	60—75
{	peeneteraline kivim		75—85			
	kivim suurtes tükkides		60—75			
	Kuiv täidis laugetel kihtidel	<table border="0"> <tr> <td rowspan="3" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td>kivimi toomisel kaevandatud alasse väljastpoolt</td> <td>40—60</td> </tr> <tr> <td>täitematerjali saami- sel väljatöötatud alast</td> <td>15—30</td> </tr> </table>	{	kivimi toomisel kaevandatud alasse väljastpoolt	40—60	täitematerjali saami- sel väljatöötatud alast
{	kivimi toomisel kaevandatud alasse väljastpoolt	40—60				
	täitematerjali saami- sel väljatöötatud alast	15—30				

Täidiseks vajaliku materjali hulga määrab täidetava ala maht. Täidiseks vajaliku kivimi hulga kindlaksmääramiseks tervikus tuleb arvestada tema mahu kasvu pärast purustamist. Peale selle tuleb enamasti täita

väiksemat mahtu, kui võttis enda alla väljavõetud maavara, sest kaevandatud alasse jääb osa toestikku; kuni täitmise teostamiseni võib esineda osalist lae vajumist või põhja ülespundumist. Peale selle on laugete kihide puhul raskendatud kivimi paigutamine otse lae alla.

Kivimi mahu kasv purustatult oleneb kobestuskoeffitsiendist, mis erinevate kivimite puhul on erinev (vt. tabel 43).

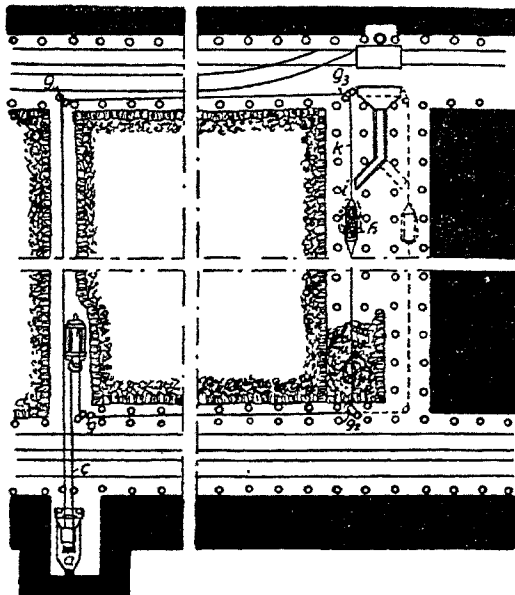
Vastavalt öeldule on vajaliku toodetava kivimi maht massiivis väljatöötatud ala täielikuks täitmiseks 1,5—2,5 korda viimasest väiksem.

Et täitematerjal ei täid väljatöötatud ala nii tihedalt, nagu täitis maavara enne väljavõtmist, siis vajub täitematerjal oma raskuse tõttu ja surutakse mäerõhuga koomale ning naaberkivimid ja kaeveõõnsuse lagi vajuvad allapoole.

Selle kokkuvajumise suurus oleneb täidiseks kasutatava kivimi iseloomust, kihi paksusest, kallakusest ja väljatöötatud ala täitmisviisist (vt. tabel 44).

Käsitsi täitmisel tegeleb sellega kuni 40% ees töötavatest töölistest, mistõttu selle töö teostamise kulu moodustab 40—50% kaevise omahinnast töökohas. Peale selle moodustab lae vajumine, nagu on näha tabelist, käsitsi täitmise puhul laugetel kihtidel kuni 70% kihi paksusest, kusjuures see vajumine paljudel juhtudel ohustab ja häirib tööd. Arvestades suurt aja- ja majanduslikku kulu ja ee kiire edasinihkumise takistamist, loobutakse käsitsi täitmisest ning minnakse üle mehhaniseeritud täitmisele.

Isevoluga (iseveeremisega) täitmist kasutatakse nii õhukeste kui ka paksude järskude kihtide puhul. Selle mooduse kasutamisel püütakse töid organiseerida nii, et täidise pind oleks paralleelne ee rinnaga, asetsedes viimasest veidi tagapool, teataval kindlal kaugusel. Pikkade astmete puhul pole see alati läbiviidav, sest täidis asetseb loomuliku kallaknurga all,



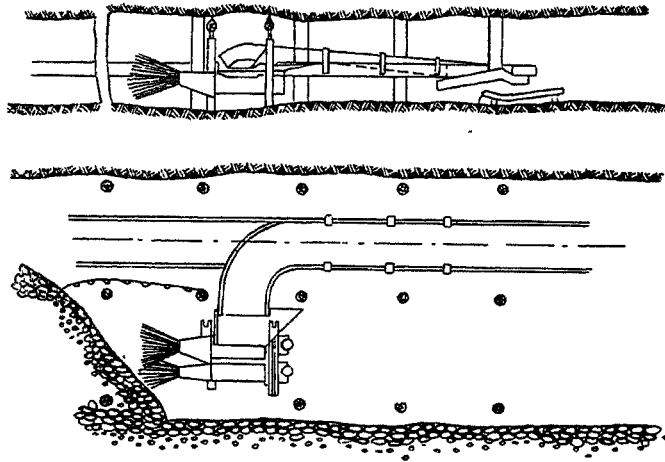
Joon. 365. Väljatöötatud ala täitmine skreeperi abil: *a* — vints, *c* — peakõis, *g*<sub>1</sub> — *g*<sub>4</sub> — plokid, *h* — skreeper, *i* — aherkivimi kogumispunkt, *k* — sabakõis.

mistõttu väljatöötatud ala ülemises osas jääb täidis ee rinnast märgatavalt kaugemale. Et lähendada täidist ee rinnale ja kõrvaldada lae sissevarisemise oht, valmistatakse erilised restid, mis kinnitatakse nii, et täidis ei voolaks ee tööalasse.

Isevooluga täitmisel pole soovitav, et täitematerjal sisaldaks suuremal hulgal savi.

Skreeperiga täitmist kasutatakse laugete kihtide kaevandamisel. Tuulustusstrekist, kus aherkivim laaditakse vagonettidest välja, tuuakse täitematerjal täitmiskohta kastskreeperiga, mille maht on 0,6—1 m<sup>3</sup>.

Skreeperiga täitmise skeem on toodud joonisel 365. Skreeperi vints  $a$  asetatakse pea- või vahepealse streki juures asetsevasse nišši. Pea-



Joon. 366. Pneumaatilise täitmismasinaga töötamise skeem.

kõis  $c$  läheb üle plokkide  $g_1$  ja  $g_2$  ning kinnitatakse skreeperi  $h$  külge; sabakõis  $k$  kinnitub skreeperi külge, minnes üle plokkide  $g_3$  ja  $g_4$ .

Aherkivim juhitakse tuulustusstrekist lühikese konveieri abil punkti  $i$ , kust ta skreeperiga kaasa tõmmatakse ja vajalikku kohta lohistatakse. Suurematest tükkidest laotakse üles seinad.

Skreeperiga täitmise paremuseks on võimalus kasutada mitmesuguse materjali mistahes suuruses tükke, mis teiste mehhaaniliste täitmisviiside puhul pole võimalik.

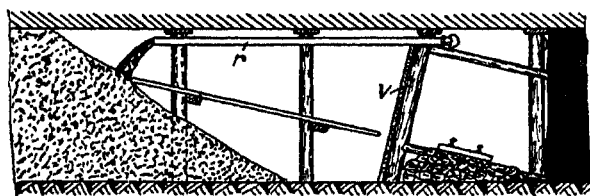
Pneumaatilise täitmise korral kasutatakse mitmesuguseid täitmismasinaid. Mõned neist asetatakse vahetult koristusalasse (joon. 366), teised — sellest teatavale kaugusele. Viimasel juhul toimub täitematerjali viimine väljatöötatud alasse samuti suruõhu abil torude kaudu. Ni

esimesed kui ka teised pneumaatilised täitmismasinad nõuavad täitematerjali transportimist eriliste seadmetega maapinnalt masina ülesseadmis-kohta.

NSV Liidus valmistatakse esimest tüüpi (koristusalas ülesseata-vaid) masinaid. Neid masinaid toi-detakse konveieri abil (joon. 366).

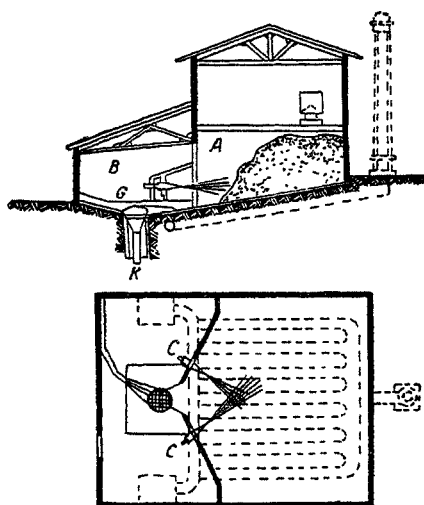
Märgtäitmise puhul ehitatakse maapinnale šahti või selleks puuritud vajaliku läbimõõduga erilise sügav-puuraugu juurde täitematerjali ladu ja segamiseade, milles toimub täit-miseks kasutatava kivimi segamine veega.

Joonisel 367 on näha piki ladu *A* ehitatud estakaad — sõiduplatvorm, mida mööda tuuakse kohale täitmi-seks vajalik kivim. Laoga *A* ühineb ruum *B*, milles asetseb restiga kae-tud lehter *G*. Resti ülesandeks on kinni pidada kõrvalisi esemeid ja üle-määraselt suuri kivimitükke. Ruu-mis *B* on üles seatud monitorid (vee-purskajad) *C*, mille abil toimub laos *A* asetseva täitematerjali uhtmine. Uhetav kivim voolab kallakat põrandat pidi lehtrisse *G* ning satub selle kaudu torustikku *K*.



Joon. 368. Märgtäitmine: *v* — vahesein, *r* — toru.

kohas, eraldatakse täidetav kaeveõõnsus strekist vaheseinaga *v* (joon. 368), millest juhatakse läbi toru *r*. Vesi voolab läbi vaheseinasse ehitatud filtri strekki ning viimases asetsevat kanalit mööda veekogujasse; täitematerjal jääb aga vaheseina taha ning täidab väljatöötatud ala pidevalt.



Joon. 367. Täitematerjali ladu ja sega-misseadeldis: *A* — ladu, *B* — ruum lehtri *G* jaoks, *C* — vee-purskajad, *K* — toru kivimi äravooluks.

Mööda seda torustikku toimub hüdrostaatilise sur-ve abil (kõrguste vahe se-gamiseadme ja koristus-tööde koha vahel) veega se-gatud täitematerjali trans-port väljatöötatud alasse.

Et täitematerjal jääks püsima temale määratud

Nii hüdrauliliseks kui ka pneumaatiliseks täitmiseks kasutatakse kivi- mit, mida toodetakse maa peal erilistes karjäärides ning peenendatakse purustusseadmetes teatava suuruseni (50—100 mm). Mõningail juhtudel võib täitematerjaliks kasutada ka kaevandustest väljatoodud kivimeid, vääristamise jääke, kõrgahjude räbu jne.

Viimasel ajal kasutatakse sagedasti ka mehhaanilisi täitemasinaid, millel kivimit väljatöötatud alasse paiskavaks mehhanismiks on suure kiirusega liikuv otsata kummilint; täitemasin on kergesti edasiviidav ja liigub täitematerjali eesse sissetoova transportööri raamil.

### 15. Kaitselaega kaevandamisviis.

Seda kaevandamisviisi on õigem nimetada kaevandamiseks pikkade horisontaalsete lankidega, kusjuures väljavõtmine toimub ülalt allapoole kogu kihi paksuses laiade lintidena prof. N. A. Tšinakali poolt esitatud kaitselagede all. Et see nimetus on liiga pikk, seepärast kasutame edaspidi lühendatud nimetust — kaitselaega kaevandamisviis.

Kõnesolev kaevandamisviis on esitatud prof. N. A. Tšinakali poolt ja välja arendatud Kuzbassis paksude järskude kivisöekihtide väljavõtmisel.

Tootmisväli valmistatakse ette koondstrekide ja kveršlagide kaudu. Kihi rõhtsuunas võetakse tootmisvälja pikkuseks kuni 200 m ühepoolsel töötamisel ja kuni 400 m kahepoolsel töötamisel. Tootmisväljade vahele jäetakse tervik, laiusega rõhtsuunas 10 m, mis ulatub korrusest läbi. Nende tervikute läbilõikamine on keelatud.

Korruse ventilatsioon- ja veostrekid rajatakse ilma rõõplõõrideta ja ühendatakse omavahel 40—50 m tagant puuritavate põiklõõridega normaalse tuulutuse saamiseks.

Nii kujundatud pikad langid kaevandatakse kogu kihi paksuses 15—25 m laiuste lintidega ülalt allapoole. Lintide vahele jäetakse 2 m laiused tervikud.

Enne väljavõtmistööde algust tehakse lindis vajalikud ettevalmistustööd: rajatakse söe allalaskmiseks liud ja tuulutyslõõr lahtriega inimeste liiklemiseks ning valmistatakse kaitselagi.

Liud ja tuulutyslõõrid rajatakse alguses puurimise teel veostrekist kuni tuulutustrekini ja laiendatakse siis piikvasaratega nõutava põiklõõrieni. Liud rajatakse rõõbiti kihi kallaksuunaga 1,5 m kaugusele alumisest kihi- pinnast telgjoonte vaheliga 5 m, nii et kaitselae iga 5 m pikkuse sektsiooni (kilbi) keskpaika tuleb üks liug (joon. 369).

Ventilatsioonistrekist rajatakse horisontaalne kaeveõõnsus kõrgusega 2,1 m ja laiusega kihi paksuseni, mida nimetatakse lõikelõõriks. Sellesse

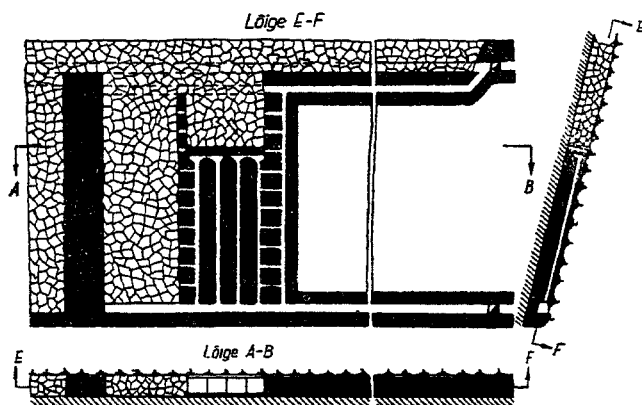


kaeveõõnsusse monteeritakse eriline toestik, mida nimetatakse kaitselaeks.

Enne kaitselae monteerimist tehakse lõikelõõri põhjas iga sektsiooni alla 1,0—1,5 m sügavune süvend, mille mõõtmed on plaanis 0,5—1 m väiksemad sektsiooni mõõtmetest. Süvendid ühendatakse omavahel, et oleks võimalik kaitselae all liikuda. Süvendid võimaldavad kaitselae monteerimist ja kivisõe lahtimurdmistööde alustamist.

Kaitselagi koosneb metallraamist, mille peale on pandud mitu korda palke. Konstruksioonilt eraldatakse kergeid ja raskeid kaitselagesid.

Kergeteks nimetatakse kaitselagesid, millede metallraami ülesandeks on koos hoida palkkatet ja säilitada gabariite, kuna kõik surved lae peale talub palkkate. Rasketes kaitselagedes aga, vastupidi, arvutatakse metall-



Joon. 369. Kaitselaega kaevandamisviis.

raami tugevus kõigi survete vastuvõtmiseks, kuna palkkate ülesandeks on hoida kivimeid sattumast kaitselae alla ja võimaldada metallosade lahtimonteerimist töö lõpul.

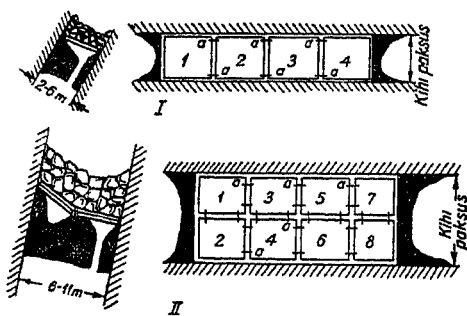
Kaitselagi koosneb üksikutest sektsioonidest, mille pikkus on 5 m ja laius võrdub kihi paksusega, kui kiht on alla 6 m paks. Kui kihi paksus on 6—11 m, monteeritakse kaitselagi kahest sektsioonide reast (joon. 370).

Sektsioonid seotakse kokku teraskõitega, mis võimaldab painduva ühenduse. Kaitselagi peab olema küllalt tugev, et taluda temale varisevate kivimite kaalu. Palkkate kinnitatakse metallraami külge tugevate klambrite ja poltidega.

Enne töö algust moodustatakse kaitselae peale kivimitest „padi”, mis kaitseb teda sissevarisemise esimeste löökide eest. „Padi” tekitatakse laekivimite langetamisega.

Sõe lahtimurdmist teostatakse lõhkamistöodega. Suur osa lahtimurtud sütt variseb oma raskusega allalaskeliugudesse, ülejäänud loobitakse sinna labidatega. Kaitselagi surutakse tema peale langenud kivimite raskusega vastu ee rinna ülemisi servi.

Vajalik tööruum ees hoitakse sellega, et ee keskosa on pidevalt süvendatud ja kaitselae sektsioonid toetuvad selleks jäetud kõrgematele ee osadele.



Joon. 370. Neljasektsioonilise kaitselae skeem: I — üherealine; II — kaherealine; a — teraskõitest ühendussidemed.

Töotsükkel koosneb kahest osast. Alguses puuritakse ja lõhatakse süvendatud ee osades, pärast tuulutamist ja sõe allalaskmist puuritakse ja lõhatakse ülejäänud esi. Teise lõhkamise ja sõe koristamise tagajärjel vajub kaitselagi. Seejuures peab ära koristama kogu purunenud ja kaitselae alla surutud sõe.

Tuulutamiseks kasutatakse kaevandatud ala poolset äärmist liugu, milles on eraldatud tuulutuslahter.

Tuulustusstrekiga ühendamiseks rajatakse lõõr järgmise lindi alasse, mis on töötamise ajal kaitsitud tervikutega. See lõõr varustatakse inimeste liiklemiseks redelitega ja ühendatakse iga 5 m tagant temale lähema liuga. Ohuvool liigub eest mainitud ühenduslõõri kaudu ning suundub tuulustusstrekki.

Neid tuulutamiseks määratud kaeveõõnsusi kasutatakse ka inimeste liiklemiseks. Seega on kaitselae alt kindlustatud kaks väljapääsu.

## B. Maagi-varapaikade kaevandamisviisid.

### 1. Üldandmed.

Maagi-varapaikade väljatöötamise viisid, nagu kihtvarapaikadegi omad, olenevad hulgast tegureist, millest tähtsamad on:

- 1) varapaiga kuju;
- 2) varapaiga paksus, levimise ulatus rõht- ja kallaksuunas;
- 3) lasumistingimused;
- 4) maagi ja naaberkivimite iseloom püsivuse, sisselangemise, paras-tise kinnivajumise jne. seisukohalt;
- 5) metallisisaldus ja metalli jaotus maagikehas (varapaigas).

Olenevalt maagi ja naaberkivimite metallisisaldusest ja metalli jaotusest ning maagikeha paksusest või teistest lasumistingimustest võib eraldada kahte maagi väljavõtu (kaevandamise) viisi: lahusväljavõtt (selektiiv-) ja ühisväljavõtt (bruto-). Esimene viis seisneb metallirikkama (suurema metallisisaldusega) kaevise eraldamises vaesemast väljavõtukohas (koristusees), mispuhul kas võetakse välja rikkam maagi osa ja vaesem jäetakse kohale, või kui kaevandamisel tuleb ka vaesem osa lahti murda, siis toimetatakse seda eraldi või sorteeritakse metallivaesem lahtimurtud osa massist välja ja jäetakse väljatöötatud alasse. Ühisväljavõtuga aga võetakse koos välja rikkam ja vaesem maak ning aherkivimi vahekihid, kui neid esineb. Nende eraldamine, s. o. maagi vääristamine toimub maa peal vääristusvabrikus.

Esimest viisi tarvitatakse enamasti väiksemate varapaikade väljatöötamisel, teist — suuremate varapaikade ja suurema toodangu puhul.

Ettevalmistustööd maagi-varapaikade kaevandamisel seisnevad pea-veostrekkide, alakorruse strekkide (kui kasutatav kaevandamisviis nõuab korruste jaotamist alakorrusteks) ja kallakate või vertikaalsete tõusvate<sup>1</sup> kaeveõõnsuste rajamises. Viimaseid kasutatakse kas pea-veostreki ühendamiseks koristuseega ja ülemise (tuulutus-) strekiga, maagi allalaskmiseks koristuseest peastrekilē või täitematerjali toimetamiseks ülemisest strekist väljatöötatud alasse, tuulutamiseks, varapaiga uurimiseks, koristustöödeks jne.

Horisontaalsete kaeveõõnsuste toetamiseks kasutatakse enamasti lengtoestikku. Kui nad rajatakse aga kõvades või väga kõvades kivimites või maakides, võib läbi saada ka ilma igasuguse toestikuta.

Tõusvaid kaeveõõnsusi toetatakse enamasti puittoestikuga, samuti nagu gesenke, ning nad sisustatakse redelitega inimeste liiklemiseks. Nad koosnevad enamasti kahest lahtrist, millest üks on ette nähtud inimeste liiklemiseks, teine aga maagi allalaskmiseks. Maagi allalaskmine toimub raskustungi mõjul. Kui koristusesse tuleb toimetada kergeid masinaid või metsamaterjali toestiku ülesseadmiseks, tehakse seda eriliste skippidega väikeste vintside või käsivinnade abil. Seejuures tehakse tõuskaevus kolme lahtriga.

Maagi-varapaikade väga mitmesuguste lasumistingimuste ning nende ebakorrapärasuse ja muutliku iseloomu tõttu esineb praktikas nende kaevandamiseks väga mitmesuguseid viise.

---

<sup>1</sup> Tõusvateks nimetatakse maagikaevandustes neid kaeveõõnsusi, mille rajamist teostatakse alt ülespoole. Tõusvaid kaeveõõnsusi nimetame edaspidi lühidalt tõuskaevusteks.

Põhiliselt võib kõik need viisid jaotada kahte gruppi — pealmaa- ehk lahtisteks töödeks ja allmaatöödeks.

Üldiselt võib maagi-varapaikade allmaa-kaevandamisviise jaotada järgmiselt:

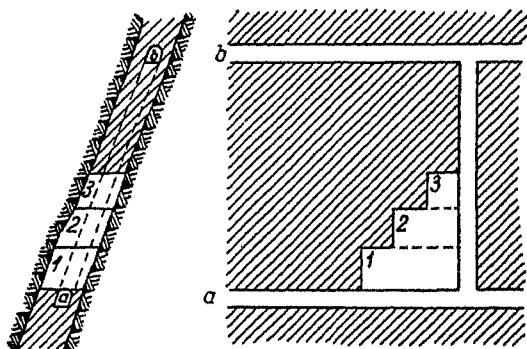
- 1) lahtise (avara) eega;
- 2) kitsendatud eega;
- 3) kaevandatud ala täitmisega;
- 4) magasineerimisega;
- 5) rõhkvaristamisega;
- 6) kombineeritud meetoditega.

Koristustööde mehhaniseerimine on paljude maagi-varapaikade puhul lihtsam kui kihtvarapaikade väljatöötamisel, sest maagi ja naaberkivimite kõvaduse tõttu on toetamine lihtsam ja maagi tootmine toimub peaaegu eranditult lõhkamistöödega. Maagikeha enamasti kallaka asendi või ta suure paksuse tõttu toimub maagi transport veostrekinii paljudes kohtades raskustungi mõjul, ilma mehhaaniliste seadmeteta. Tööde organiseerimist raskendavad, võrreldes kiht-varapaikadega, geoloogilised tingimused, maagi ebaühtlane metallisisaldus ja kaevandamisel tekkivate suurte tühi-kute täitmine ning tervikute väljavõtmine.

Maakide kaevandamisel, samuti nagu kiht-varapaikade väljatöötamisel, tuleb omada reserv-esi ning tööd nii organiseerida, et oleks tagatud kinnipidamine tsüklilisusest.

## 2. Lahtise ehk avara eega kaevandamisviisid.

NSV Liidu maagikaevandamise parima eriteadlase prof. Truškovi järgi mõeldakse lahtise ee all üldiselt ett, milles väljatöötatud ala ei



Joon. 371. Laeastmelise lahtise eega kaevandamine: *a* ja *b* — strekid; 1, 2 ja 3 — ee astmed.

täideta, mis ei oma tihedat toestikku või ajutiselt jäetud maaki ning milles töölised võivad vabalt liikuda maagi lahtimurdmisel või tema koristamisel. Seda kaevandamisviisi kasutatakse enamasti kõvade maakidega ja kõvade naaberkivimitega maagikehade kaevandamisel.

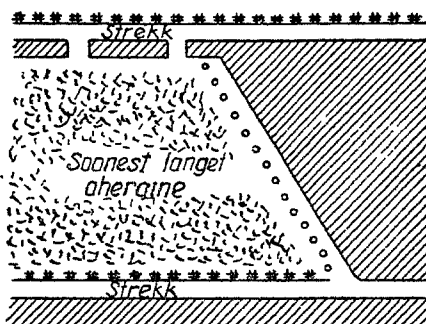
Kui maagikeha, mis töötatakse välja lahtise eega, omab 30—90° kallakut ning

terna paksus ulatub 3,5 meetrini, siis kasutatakse laeastmelist ett (joon. 371). Kui aga maagikeha kallakus on väiksem, leiab rakendamist pidev esi (joon. 372).

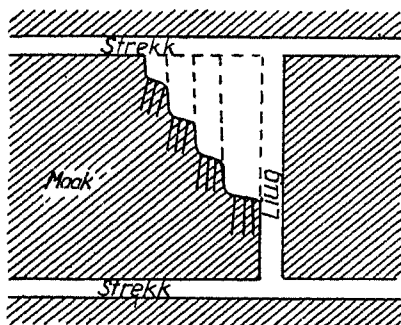
Väga püsivate naaberkivimite ja kõva maagi puhul kasutatakse põhjaastmelist kaevise väljavõttu (joon. 373). Mõnikord kasutatakse ka kombineeritud kaevandamist, mille puhul korruse ülemine osa võetakse välja põhjaastmeliselt, alumine aga laeastmeliselt.

Laeastmelise kaevandamise puhul toimub maagi väljavõtt alumisest strekist ülemise suunas, põhjaastmelise puhul vastupidi. Põhjaastmelise väljavõtu puhul puuritakse lõhkeaugud ülalt allapoole, mistõttu puurimine on hõlpsam, ja see ongi selle töötamisviisi positiivseks omaduseks.

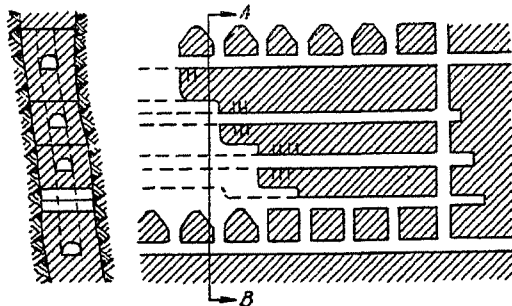
Põhjaastmelise töötamise korral tuleb lahtimurtud maak astmetelt labidatega kõrvaldada, mis on selle töötamisviisi puuduseks. Üldse on põhjaastmelise töötamise võimalused piiratud; see viis esineb veel ainult horisontaalsete massiivsete varapaikade kaevandamisel.



Joon 372. Pideva lahtise eega kaevandamine.



Joon 373. Põhjaastmelise lahtise eega kaevandamisviis.



Joon 374. Kaevandamisviis alakorruselise lahtimurdmisega

Maagi lahtimurdmine toimub lõhkamistöõdega. Puurvasara tüüp valitakse vastavalt kasutatavale kaevandamisviisile ning lõhkeaukude paigutusele.

Järsu kallakuse ja maagikeha tunduva paksuse (3—15 m), kõva maagi ja märgatavate aherkivimi-vahckihtide puudumise korral kasutatakse kae-

vandamisviisi, mille puhul kujundatakse avar lahtine esi alakorruste strekkidest maagikeha lahtimurdmisega. Seda töötamisviisi nimetatakse alakorruselise lahtimurdmisega kaevandamisviisiks.

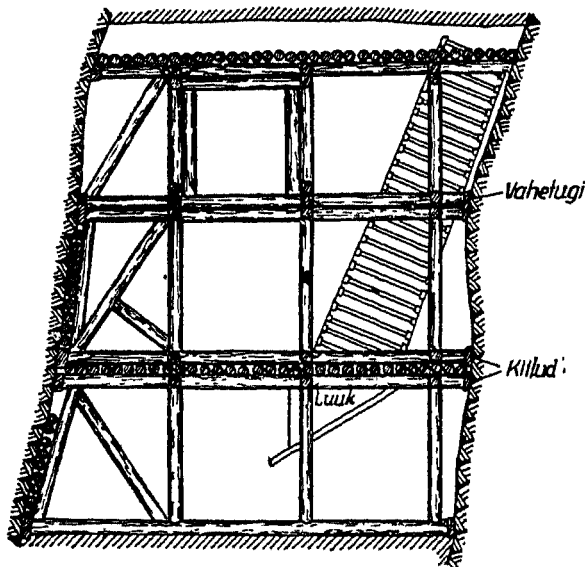
Väljavõtuks määratud varapaiga blokis (joon. 374) rajatakse pärast korruse strekkide rajamist bloki piiridel tõuskaevused, mis ühendatakse iga 7—15 m järel alakorrustel rajatavate alakorruste strekkidega. Esi-mese alakorruse ja veostreki vahel kujundatakse lehtrid, millede kaelad ühendatakse veostrekiga.

Bloki väljatöötamisel eelnevad igas alumises alakorrustes tööd ülemise suhtes mõne meetri võrra. Alakorrustelt allalastud maak variseb peastreki kohale jäetavate tervikute abil moodustatud lehtritesse, kust ta luukide kaudu lastakse vagonettidesse. Vagonettidega transporditakse maak šahtini.

Kirjeldatud lahtise eega kaevandamisviisid moodustavad ainult osa sellesse gruppi kuuluvatest kaevandamisviisidest. Kõigi siia kuuluvate kaevandamisviisidega tutvumiseks tuleb kasutada erialalist kirjandust.

### 3. Kitsendatud eega kaevandamisviisid.

Kitsendatud eega kaevandamisviiside all mõistetakse säärase etega töötamist, millede puhul toestik, olles töömeetodi põhilise omapära tingi-



Joon. 375. Paksu soone väljatöötamine vahetoestikuga.

jaks, takistab kaevandatud ala (välja arvatud selle võrdlemisi väike osa) kasutamist tööde edasiseks arendamiseks.

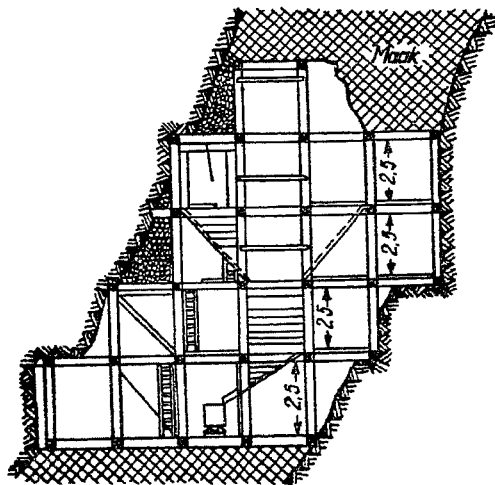
Neid kaevandamisviise kasutatakse enamasti järs-kude, suhteliselt pehme maagi ja naaberkivimitega soonte ja läätsede välja-töötamisel.

Nende kaevandamisviiside puhul täidetakse väljatöötatud ala pärast toestiku ülesseadmist väga sageli kivimiga, et anda toestikule suuremat vastu-pidavust ja püsivust.

Õhukeste, keskmise paksusega ja paksude soonte puhul kasutatakse vahetoestikuga kaevandamisviisi (joon. 375); paksemate (üle 4 m) maagikehade korral — ruutraamidega kaevandamisviisi (joon. 376). Mõlemate kaevandamisviiside puhul võib kasutada väljatöötatud ala täitmist.

Esimesel juhul seisneb töötamine selles, et pärast maagi lahtimurdmist kiilutakse horisontaalne vahetoestik ülemise ja alumise kihipinna vahele kiiludega kinni ja tugevdatakse vertikaalsete tugegedega, mis asetatakse võimaluse korral üksteise kohale. Maagi väljavõtt toimub selle viisi puhul laeastmelise eega või horisontaalsete kordadega.

Ruutraamidega kaevandamise puhul toimub maagi väljavõtt väikeste väljamurretega; kaevise kõrvaldamise järel toetatakse otsekohe, enne järgmise väljamurde tegemist, ruutraamidega. Ruutraam-toestik seatakse üles nii, et iga ülespandav kuubikülili kinnitaks jäigalt eelmisi kõrvalolevaid. Sääraselt tekib rida täisnurkseid raame, mis on nurkade kohal toetatud vertikaalsete tugegedega. Igas nurgas on sõlm, milles on ühendatud kaks vertikaalset ja neli horisontaalset tuge (joon. 377). Horisontaalseid tugesid, mis asetatakse suurima surve suunas, nimetatakse enamasti taladeks.



Joon. 376. Paksu maagikeha kaevandamine ruutraamidega.

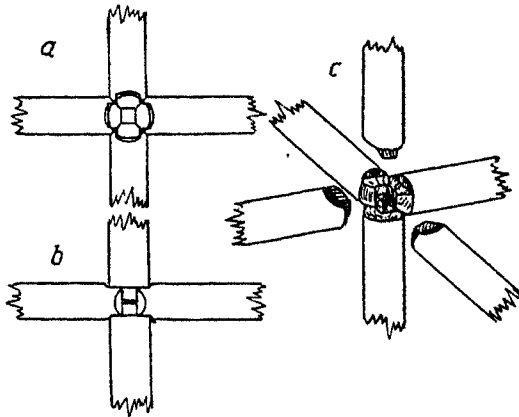
Vertikaalsed toed, mille pikkus on harilikult 2 m, asetatakse üksteisest 1,5—1,8 m kaugusele. Vajalikesse kohtadesse asetatakse horisontaalsetele taladele edasiviidavad laudised, millel asetsevad töö kestel töölised. Suurema rõhumise puhul täidetakse ruutraamid kivimiga, jättes tühjaks kaevise allalaske liud ja redelite lahtrid.

Peale kirjeldatud kaevandamisviiside esineb veel teisi kitsendatud eega kaevandamisviise.

Selle kaevandamisviiside grupi juurde kuuluvad niisugused töömeetodid, mille puhul väljatöötatud ala ülalhoidmine toimub väljavõetud maa-vara asemele asetatud aherkivimiga. Täita võib kahel viisil:

1) kaevandatud ala täitmine toimub üheaegselt koristustöödega, vastavalt ee edasinihkumisele;

2) kaevandatud ala täitmine toimub pärast maavara väljavõttu teataval kindlal alal. Viimasel juhul pole täitmine koristustööde lahutamatu osa, vaid tema ülesandeks on naaberkivimite hilisema sisselangemise vältimine, kui koristustööd selles osas on juba lõpetatud.



Joon. 377. Ruutraamide ühendussõlmed: a pealtvaade, b — külgsõlme, c -- sõlme kokkusobitus.

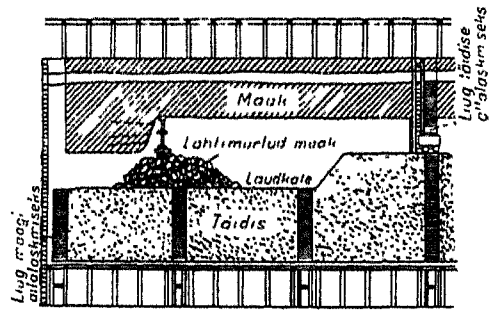
Täitematerjalina kasutatakse kaevõõnsuste rajamisel ja õhukeste soonte puhul küljekivimite juurdemurdmisel või lae või põhja süvendamisel saadavat kivimit. Täitematerjalina võib kasutada ka maa pealt allalastavat täitematerjali, mida toodetakse karjääridest. Samuti võib kasutada ka vääristusvabrikute jääke ja tehastest saadavat räbu.

Joonisel 378 on toodud järsu, keskmise paksusega soone kaevandamise näide. Tema väljavõtt toimub 2,1—2,4 m paksuste horisontaalsete kordadega; vastavalt ee edasinihkumisele täidetakse väljatöötatud ala aherkivimiga.

Maagi lahtimurdmine toimub lõhkamistöödega. Puuritakse sammaspuurvasaratega, mis seatakse üles lahtimurdud maagi peale. Et maak ei seguneks täidis-aherkivimiga, asetatakse viimasele laudade kate. Vastavalt ee edasinihkumisele kasvab lahtimurdud maagi hulk ning osa temast lastakse liugusid mööda alumisse veostreki.

Otse maagi koristamise ja allalaskmise järel toimub väljatöötatud ala täitmine korra paksuselt aherkivimiga. Kui täidis ligineb liule, täiendatakse viimase toestlikku täidise paksuse ulatuses. Täidiseks vajalik kivim lastakse alla ülemisest strekist tõuskaevust pidi ning toimetatakse täitmiskohta vagonettides.

Kui naaberkivimid on küllalt kõvad ja väljatöötatud alas puudub toestik, võib täitematerjali paigutamiseks kasutada skreeperit (joon. 379).

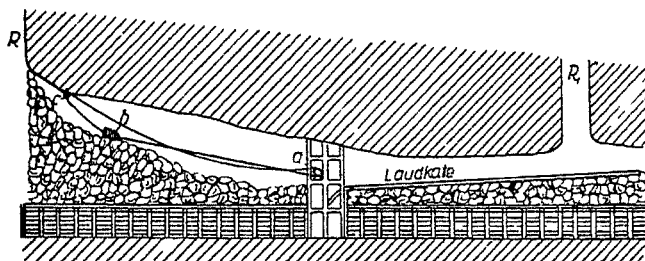


Joon. 378. Kaevandamine väljatöötatud ala täitmisega.



Joonisel 379 on: *a* — skreeperi vints, *b* — skreeper, *c* — sabaköie plokk, *R* ja *R*<sub>1</sub> — liud, millede kaudu toimub täitematerjali allalaskmine ülemisest strekist.

Vasaku poole täitmise ajal võib paremas toimuda maagi kaevandamine. Täidise peale asetatakse laudadest kate. Maagi transport võib toimuda samuti skreeperi abil, milleks aga skreeperseadme sabaplokk tuleb üle viia liu *R*<sub>1</sub> taha.



Joon 379 Kaevandatud ala täitmine skreeperi abil: *a* — vints, *b* — skreeper, *c* — plokk, *R*, *R*<sub>1</sub> — liud.

Ohemate kui 0,5 m paksuste soonte kaevandamine on võimalik ainult kas lae või põhja juurdemurdmise ehk süvendamise teel. Säärane kaevandamisviis on tasuv ainult juhul, kui toodetakse kõrgeväärtuslikke või palju metalli sisaldavaid maake. Süvendamisest saadavat aherkivimit kasutatakse selle lahusväljavõtu puhul väljatöötatud ala täitmiseks. Üldiselt on maagi kaevandamisel kasutatavad täitmisviisid samasugused kui söe kaevandamisel, mida on laiemalt kirjeldatud eespool.

#### 4. Kaevandamisviisid maagi magasineerimisega.

Kaevandamisel maagi magasineerimisega (joon. 380) toimub maagi väljavõtt kambritega laeastmelise ee abil. Lahtimurtud maak jääb väljatöötatud alasse kuni koristustööde lõppemiseni antud kambri, s. t. kuni maak on lahti murtud ülemise strekini *BB*. Et lahtimurtud maak võtab enda alla suurema mahu, kui ta omab tervikus, siis osa, umbes 30—40%, lastakse läbi kambri alumises osas olevate luukide vagonettidesse, milles ta toimetatakse šahtini.

Maagi väljalaskmist kambrist reguleeritakse vastavalt ee edasinihkumisele nii, et ee väljatöötatud alasse jääva maagi vahele jääks töötamiseks vajalik vaba ruum (1,5—1,8 m) ning lahtimurtud maagi pind oleks ligikaudu horisontaalne. Kambrisse jääv maak väldib naaberkivi-

mite sissevarisemist ning on aluseks, millel asuvad töö kestel töölised. Pärast koristustööde lõppu kambris lastakse välja kogu maak ning kamber ise, vastavalt tingimustele, kas täidetakse aherkivimiga või lastakse sisse variseda.

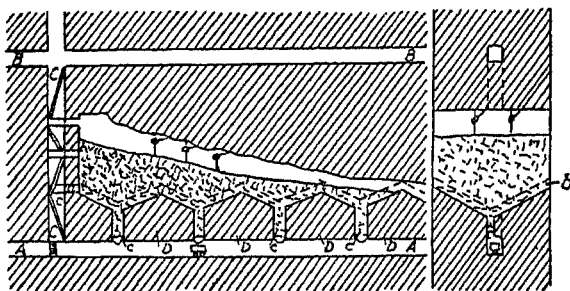
Ohukeste ja keskmise paksusega varapaikade puhul paigutatakse kambrid kihi rõhtsuunas. Iga 50—150 m tagant jäetakse nende vahele kogu korruse kõrgusel tervikud lae ülalhooldmiseks. Ülemise streiki kaitseks jäetakse tema alla samuti mõnikord tervikud.

Paksemate varapaikade kaevandamisel paigutatakse kambrid risti rõhtsuunaga. Nende vahele jäetakse kambritevahelised tervikud, mida olenevalt naaberkivimite iseloomust võib hiljem täiesti või osaliselt välja võtta. Säärase kaevandamisviisi puhul on tavaliseks korruse kõrguseks

30—90 m, olenevalt soone paksusest, kallaknurgast ja maagi kinnivajumise omadustest.

Joonisel 380 on tõuskaevus (tõusgesenk) *CC* ette nähtud inimeste liiklemiseks; tema kõrvale jäetakse tervik, kust teatavate vahemaade järel rajatakse lõõrid kambri tuulutamiseks ja liiklemiseks.

Streikist *AA* rajatakse iga 10 m tagant vertikaalsed



Joon. 380. Kaevandamisviis maagi magasineerimisega. *AA* ja *BB* — streikid, *CC* — tõusgesenk, *D* — tervikud, *a*, *b* ja *c* — kaeveõnsused.

sed tõuskaevused (tõusliud) ning nendest neli kallakat kaeveõnsust: kaks kihi rõhtsuunas ja kaks sellega risti — *b*. Nende kaeveõnsuste kallakuseks võetakse tavaliselt üle 30°, et tagada maagi iseveeremist. Pärast kaeveõnsuste *a*, *b* ja *c* rajamist moodustuvad streiki *AA* kohal tervikud *D*, mis pärast maagi täielikku väljalaskmist kambrist mõnikord ka välja võetakse.

Maagi lahtimurdmine koristuses toimub lõhkamistööde abil. Lõhkeaugud puuritakse kas suruõhu-käsi puurvasaratega või teleskoobiliste puurvasaratega, olenevalt tööde organiseerimise viisist ja lõhkeaukude paigutusest.

Maagi kaevandamist magasineerimisega kasutatakse enamasti siis, kui toestamata naaberkivimid kuni lahtimurtud maagi kambrist väljalaskmiseni sisse ei lange. Seetõttu ei kasutata antud tootmisviisil critoes-tikku. Kaevandatud ala, mis tekib pärast lahtimurdmist ja kogu maagi väljalaskmist, võib jääda kuni lae sisselangemiseni ilma täidisetähta või teda

võib täita aherkivimiga. See aherkivim toimetatakse kohale ülemist strekki pidi ning lastakse kambrisse nende strekkide alla jäetud tervikutesse tehtud liuge pidi.

Maagi magasineerimisega kaevandamisviisi kasutamine on ratsionaalne järgmiste tingimuste esinemisel:

1) kõva maagi ja naaberkivimite korral, mis on võimelised ülal seisma toestamata vaba pinna puhul;

2) kallakuse puhul, mis on suurem kui purustatud maagi loomulik varisemis- ehk kallaknurk ( $45^{\circ}$ ), sest ainult sel juhul võib toimuda maagi väljalaskmine kambrist raskustungi kaasabil;

3) kui maak ei sisalda aheraine-vahekihte, sest antud juhul pole viimase eraldamine ees võimalik;

4) mitte kinnivajuva maagi puhul.

## 5. Rõhkvaristamisega kaevandamisviisid.

Nende kaevandamisviiside all tuleb mõista sääraseid töömeetodeid, mille puhul alt õõnestatud maak kas omakaalu, peal lasuvate kihtide raskuse või nende kahe teguri üheaegsel mõjul alla langeb. Praktikas kujunenud terminoloogia põhjal kuuluvad rõhkvaristamisega tööde hulka niihästi töötamisviisid, millede puhul alt õõnestatud maagi ja peallasuvate kivimite massiivid varisevad alla omakaalu mõjul, kui ka kaevandamisviisid, mille puhul maagi tootmine toimub lõhkamistöodega, kuid peal lasuvate kivimite langetamine on põhiliseks ja lahutamatuks koristustööde osaks.

Rõhkvaristamisega kaevandamisviisid võib jaotada kolme iseseisvasse gruppi:

- 1) kordne rõhkvaristamine;
- 2) alakorruseline rõhkvaristamine;
- 3) korruseline rõhkvaristamine.

Kordset rõhkvaristamist kasutatakse paksude, keskmise kõvadusega või pehmete maakide varapaikade puhul, mis lamavad suhteliselt madalal ning on kaetud kergesti allalangevate kivimitega, kusjuures pole oluline maapinna allalangemise vältimine.

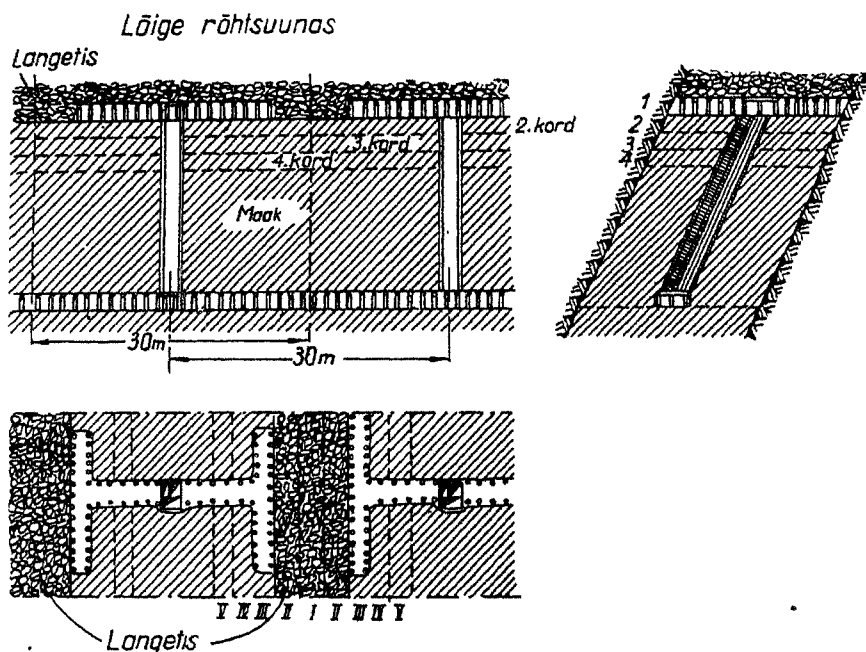
Korruse kõrguseks on selle kaevandamisviisi puhul enamasti 30—50 m. Korrus jaguneb omakorda horisontaalseteks kordadeks, millede väljavõtt toimub alanevas järjekorras (joon. 381).

Pärast varapaiga läbimist kveršlagiga rajatakse varapaiga keskele peastrekk, millest omakorda iga 30 m tagant rajatakse tõuskaevused kuni

ülemise korruseni. Neid tõuskaevusi kasutatakse inimeste liiklemiseks ja maagi allalaskmiseks.

Iga sellise tõuskaevuse suunas kaevandatakse varapaika 15 m ulatusel kummaltki poolt. Iga kord võetakse välja kogupaksuses üksikute ribadega. Iga riba lagi (I, II, III, IV) langetatakse enne tööde algust naaberribal.

Maagi lahtimurdmine toimub lõhkamistöõde abil. Lahtimurtud maak tõmmatakse tõuskaevusteni skreeperitega või veetakse sinna vagonettides.



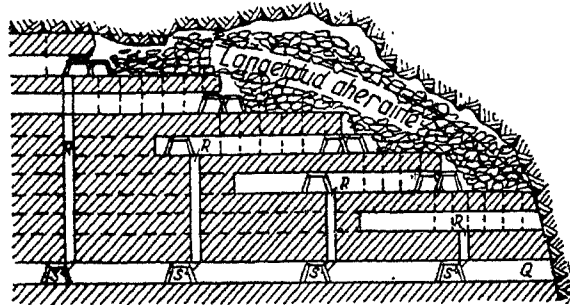
Joon. 381. Kaevandamisviis kordse rõhkvaristamisega: I V kaevandatavad ribad.

Üksikutes kordades asetsevad kaeveõõnsused toetatakse lengide või raamidega. Kaeveõõnsuste põrand kaetakse propsidest või plankudest kattega, et alumise korra maak ei seguneks väljavõtmise ajal alierkivimiga. Selle katte jäägid ja murdunud toestiku tükid moodustavad nn. laekatte (mati, vaiba).

Säärane matt on kaitsepuhvriks üksikute kordade kaeveõõnsuste ja nende kohal allavarisenud kivimi vahel, andes tekkiva rõhumise üle suuremale pinnale ja takistades ühtlasi maagi segunemist rõhkvaristamisel purunenud aherkivimiga.

Alakorruseline rõhkvaristamine kujutab endast edasiarendatud kordse rõhkvaristamisega kaevandamisviisi. Selle süsteemi kasutamiseks on vajalik, et maak oleks keskmise kõvadusega ning katekivimid kergesti allavarisevad.

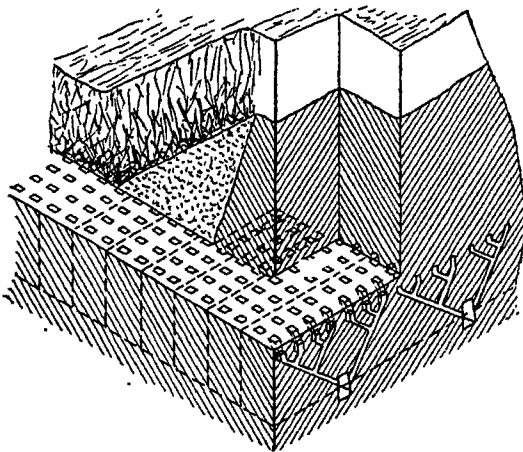
Samuti nagu kordse rõhkvaristamise puhul, toimub siingi maagi väljavõtt horisontaalsete kordadega, korra paksus võetakse aga suurem (5–8 m). Iga üksik kord moodustab alakorruse. Töötamine algab ülemisest alakorrusest ning maagikeha põhjakülje poolt laekülje poole.



Joon. 382. Kaevandamisviisi alakorruselise rõhkvaristamisega: Q — kveršlag, S — strekid, R — tõuskaevused (tõusgesengid).

Maagi lahtimurdmine lõhkamistöodega toimub järkude viisi piki strekki ainult üksiku korra alumises osas. Ülemine korra osa variseb

alla peajasjalikult peallasuvate kivimite survele, kusjuures üksikute laengutega lõhkamine omab ainult teisejärgulist tähtsust. Maagi ja aherkivimi segunemise vältimiseks on soovitatav, et naaberkivimid oleksid kõvemad kui maak ja variseksid suurte pankadena. Varingust maagi väljalaskmisel alakorruse strekile jälgitakse, et maagi hulgas ei oleks üleliigset aherkivimit. Kui strekile hakkab tulema aherkivim, lõpetatakse antud järgus väljalaskmine ja lõhatakse streki laest järgmine järk.



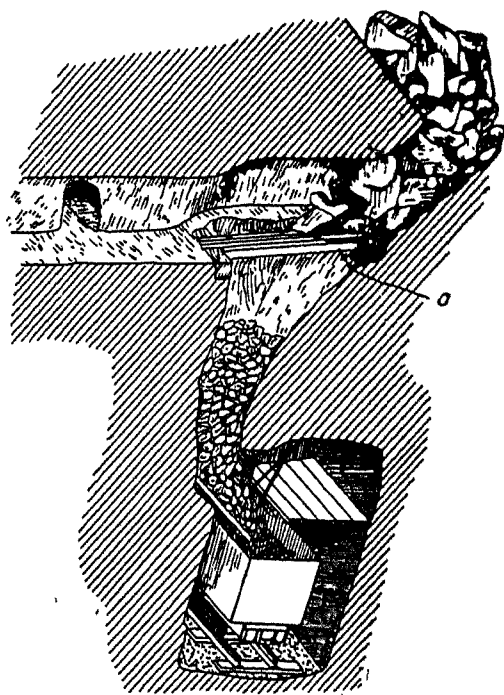
Joon. 383. Kaevandamisviisi korruselise rõhkvaristamisega.

Joonisel 382 on toodud varapaiga lõige, milles kaevandatakse alakorruselise rõhkvaristamisega. Kveršlagist Q rajatakse 50 m kaugusel üksteisest peastrekid S ja nendest tõuskaevused (tõusgesengid) R; tõus-

kaevustest omakorda rajatakse alakorruse strekid. Üksiku korra (alakorruse) kõrgus joonisel 382 on 4,5 m.

Korruseline rõhkvaristamine kujutab endast edasiarendatud alakorruselist rõhkvaristamisviisi, kusjuures on suurendatud üheaegselt varistatava maagikorra kõrgust.

Korruselise rõhkvaristamise puhul jaotatakse maagikeha üksikuteks blokkideks, mis järjekorras langetatakse. Blokkide varistamine toimub alanevas järjekorras (algul ülemised, siis alumised).



Joon. 384. Maagi väljalaskmine rõhkvaringust: parsrest ehk parssari.

kega ega oma toestikkü. Nad on määratud kaevise strekile allalaskmiseks.

Tõuskaevuste ülemised hargnemiskohad ühendatakse väljatõmbe või väljalaske horisondil strekkidega ja need sõlmpunktid toestatakse vastavalt oodatavale survele. Neisse punktidesse chitatakse tõuskaevustele restid suurte maagipankade kinnipidamiseks, et neid seal lõhkeainega purustada. Restide horisondi kaeveõõnsused ühendatakse veostrekiga eriliste järskude või laugete, liiklemiseks ja materjalide tõstmiseks määratud tõuskaevustega. Hargnevaid tõuskaevusi kutsutakse sõrm-tõuskaevusteks. Sõrm-

Selleks et kutsuda blokis esile maagi varisemist, õõnestatakse ja purustatakse algul lõhkamistöõdega suurem osa bloki alusest. Maak puruneb alla langetes mäerõhu mõjul, kusjuures ka katekivimid vajuvad alla-poolle.

Joonisel 383 on antud perspektiivis blokkide rõhkvaristamisega kaevandamisviisi, mida kasutatakse massiivsete hapra maagiga varapaikade kaevandamisel.

Peaveostrekid rajatakse üks-teisest 30 m kaugusele. Igast strekist rajatakse 7,5 m kaugusel kahele poole 50°-se nurga all tõuskaevused (-liud). Teatavate vahemaade järel need tõuskaevused hargnevad üksikuteks harudeks. Harilikult on need tõuskaevused ümariku põikilõi-

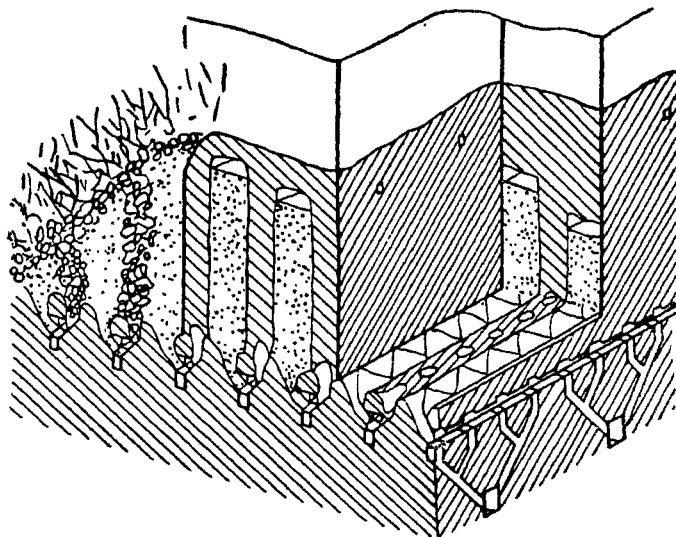
tõuskaevusi arendatakse mõni meeter ülespoole restide horisonti, bloki põhjapinnani, kus nende ülemised otsad ühendatakse omavahel horisontaalsete kaeveõõnsustega ja nendevahelised tervikud puuritakse ning lõhatakse. Pärast lõhkamist hakkab maak blokist alla varisema ja puruneb kogu bloki ja katekivimite rõhu all.

Joonisel 384 on näidatud maagi väljalaksmine rõhkvaringust läbi ühepoolse resti.

Kaevandamisviis korruselise rõhkvaristamisega on kasutatav järsult asetsevate varapaikade (üle  $65^{\circ}$ ) või väga paksude horisontaalsete lasude puhul, mis on kaetud kergesti allalangevate kivimitega. Maak peab ettevalmistustööde läbiviimise ning blokkide õõnestamise perioodil olema püsiv ning ka naaberkivimite küljest hästi lahti tulev, kuid bloki allalangemisel peab maak küllaldaselt purunema ja selleks peab ta olema vastavalt habras. Varistatav blokk lõigatakse enne alt õõnestamist teiste blokkide või naaberkivimite küljest lahti kaevandatud lõhede abil.

#### 6. Kombineeritud kaevandamisviisid.

Kombineeritud kaevandamisviiside all mõeldakse niisuguseid töötamisviise, mis sisaldavad põhiliste elementidena ülalkirjeldatud mooduseid.



Joon. 385. Kombineeritud kaevandamisviis.

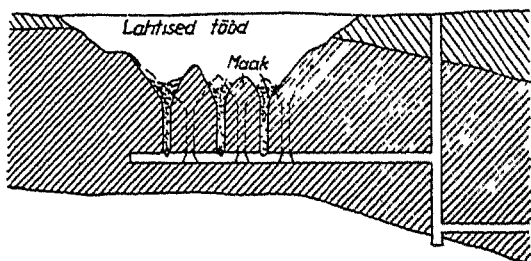
Sääraseid süsteeme kasutatakse enamasti suurte maagikehade kaevandamisel.

Kombineeritud kaevandamisviisi puhul jaotatakse varapaik rõhtsuunas üksikuteks kambriteks, mis on omavahel eraldatud tervikutega. Kambriid töötatakse välja kas maagi magasineerimisega või täitmisega, mida võib teostada kas paralleelselt maagi väljavõtmisega või pärast kogu maagi väljalaskmist.

Tervikute koristamine võib toimuda, olenevalt kambrite väljavõtmisest, mitmesuguste meetoditega: magasineerimise puhul alakorruselise või korruselise rõhkvaristamisega, täitmise puhul - kordse või alakorruselise rõhkvaristamisega.

Joonisel 385 on toodud perspektiivis kombineeritud kaevandamisviis kambrite magasineerimisega ja tervikute korruselise varistamisega.

Kui varapaik omab silmapaistvat paksust ning soodsaid tingimusi,



võib üleminekul lahtistelt töödelt allmaatöödele edukalt kasutada kombineeritud kaevandamisviisi, mida tuntakse kurislehtritega töötamisviisi nime all (joon. 386).

Katekivimite kõrvaldamine ja varapaiga ülemise osa väljatöötamine toimub lahtiste töödega. Karjääri süvendamisel, kui maagi välja-

Joon. 386. Kurislehtritega kaevandamine.

vedu suurest sügavusest osutub majanduslikult kulukaks, rajatakse karjäärist eemale šaht. Sellest šahtist rajatakse 20 -30 m allpool karjääri põhja strekk, millest ülespoole kuni karjäärini rajatakse omakorda tõuskaevused. Nende ümber maagi lahtimurdmisel tekivad lehtrid, millest ka kaevandamisviis on saanud oma nimetuse.

Tõuskaevuste-vahelised tervikud võetakse välja põhjaastmeliste etega ning saadud maak lastakse alla strekkini, kus ta läbi luukide vagonettidesse laaditakse ning nendes šahtini veetakse, mille kaudu ta tõstetakse maapinnale.

Sellist kaevandamisviisi saab kasutada ainult vastavate kliimatingimuste puhul, kuna liigne niiskus, lumi, külmumine jne. raskendavad maagi allalaskmist, pidurdavad lahtisi töid, kuid kõige olulisemaks puuduseks seejuures on tööde ohtlikkus töötajatele, kellel tuleb kurise veerel töötada.



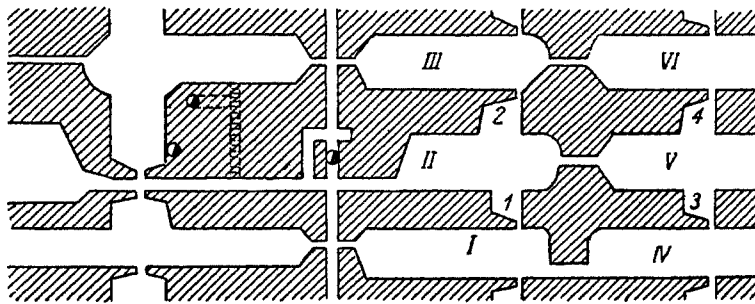
## C. Teiste maavarade kaevandamisviisid.

### 1. Kivisoola kaevandamine.

Kivisool lasub enamasti suuremõõtmeliste kuplitena või kihitaoliste paksude lasudena. Soolavarapaiku kaevandatakse enamasti kambritega.

Varapaik avatakse kahe šahtiga, mis omavahel ühendatakse tuulutussüsteemidega. Üks šahtidest on pea- ehk tõstešaht ja teine abišaht.

Tõstešahtist rajatakse peaveostrekk (joon. 387), millest kahele poole rajatakse 25—50 m pikkused ja 15—20 m laiused kambrid. Kambrite vahele jäävad enamasti kambri laiused soolatervikud, mida hiljem välja ei võeta. Selline kaevandamisviis on tingitud asjaolust, et soolakaevandusse ei tohi tungida vesi, mis soola sulatades tekitab katastroofe, nii et kaevandus võib lühikese ajaga hävida. Kambritevahelised tervikud



Joon 387. Soola kaevandamine kambritega: I—VI — kambrid, 1—4 — lõõrid.

peavad olema küllalt tugevad, et ära hoida lae vajumist ja pragude tekkimist.

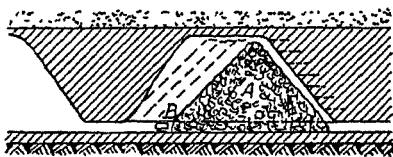
Kamber rajatakse algul kitsalt. Teataval kaugusel peaveostrekkist laiendatakse esialgne kitsas kaevõõnsus vajaliku laiuseni (I, II, III). Alguses võetakse välja umbes 2—3 m paksune soolakord kogu kambrilaiusel ja pikkusel. Seejärel rajatakse uuesti kitsad kambritevahelised kaevõõnsused, millest omakorda arendatakse kambrid IV, V, VI jne. Tuulutamise eesmärgil ühendatakse kambrid lõõridega (läbinditega), mis läbivad tervikuid 1, 2, 3, 4 jne.

Koristustöid, mis seisnevad alustatud kambrite laest soola väljavõtmises, alatakse pärast seda, kui on rajatud vastavad läbindid teiseks väljapääsuks kambritest. Nii näiteks võib toimuda lae kaevandamine kambris I pärast läbindi 1 rajamist, kambris II pärast läbindi 2 rajamist jne.

Kivisool on küllaldaselt tugev ja kambreid ei toestata, kuid nende laele antakse võlvitaoline kuju.

Kambrite rajamisel toimub soonimine raskete soonimismasinatega ja lahtimurdmine lõhkamisega. Lõhkeaukude puurimiseks kasutatakse elektrisammaspuure.

Ka lae kaevandamisel kasutatakse lõhkamistöid. Lõhkamistöodega lahtimurtud soola ei koristata kohe, vaid ta jäetakse kohapeale hunnikusse, mille pealt toimub edaspidine lõhkeaukude puurimine ja lõhkamistöde teostamine.



Joon. 388. Soola kaevandamine kambri laest.

Soola äravedu toimub, vastavalt ee edasinihkumisele, kuhjast A punktis B (joon. 388); sool laaditakse vagonettidesse ning veetakse nendes šahtini, mille kaudu ta maapinnale tõstetakse. Ee rinna ees olevat lahtimurtud soola

koristatakse ainult niipalju, et puurijail oleks mugav töötada.

Keedusoola toodetakse mõnikord ka kivisoola lahusest. Olenevalt kliimatingimustest, soolalahuste väärtusest ja nende looduses esinemise tingimustest toimub keedusoola saamine soolalahusest kas päikeseenergia abil — vee väljaaurutamise teel soolasest veest järvedes või limaanides, või külma abil — külmutades soola välja (põhjapoolsetes rajoonides), või keedetakse tehastes sool välja soolasest veest.

## 2. Kulda ja väärismetalle sisaldavate varapaikade kaevandamine.

Kullavarapaigad jaotatakse kahte gruppi: 1) põhi- ehk paikseteks varapaikadeks, milles kulda leidub kvartsi ja väärismetallide soontes või üksikute pesadena üldises kivimis, ja 2) puistevarapaikadeks, kus kulda leidub kobedas või tsementeerunud purustatud materjalis.

Olenevalt kullavarapaikade iseloomust kasutatakse ka mitmesuguseid kaevandamisviise.

Paiksetest varapaikadest toodetakse kulda samade meetoditega, mida kasutatakse üldse maagivarapaikade puhul ja millest on olnud juttu eespool.

Puistevarapaikade väljatöötamise viis oleneb nende sügavusest: kui varapaik ei asetse sügaval, kasutatakse lahtisi töid, sügaval asetsevate varapaikade puhul kasutatakse aga allmaatöid.

Lahtiste tööde kasulikkuse piiri määrab ühelt poolt katekivimite ja kullaliivade paksuse suhe ja teiselt poolt — nende kullasisaldus. Liivade väike kullasisaldus võib teha küsitavaks selle varapaiga kaevandamise kasulikkuse.

Puistevarapaikade väljatöötamise kasulikkus, olenevalt katekivimite ja kullaliivade paksuse suhtest, sõltub suuresti tööde mehhaniseerimise tasemest. Keskmistes tingimustes määratakse maksimaalseks suhteks 7:1 — 10:1. Tööde mehhaniseerimise kõrge taseme ja üldiste soodsate tingimuste puhul võib see suhe olla märksa kõrgem. Puistevarapaikade kaevandamise mehhaniseerimiseks lahtiste tööde puhul kasutatakse ekskavaatoreid, dredže ja hüdraulilist töötamisviisi. Puistevarapaikade kaevandamist lahtiste töödega võib jaotada kolme järjekorras läbiviidavasse staadiumi: 1) maa-ala ettevalmistamine, 2) liivade paljandamine ehk katekivimite kõrvaldamine ja 3) liivade kaevandamine.

Ettevalmistustööde maht sõltub nendest tingimustest, milles varapaik asetseb. Ettevalmistustööde hulka kuuluvad: maa-ala vabastamine katvast taimestikust, soostunud alade kuivendamine, kaitsmine pinnavetega üleujutamise eest jne.

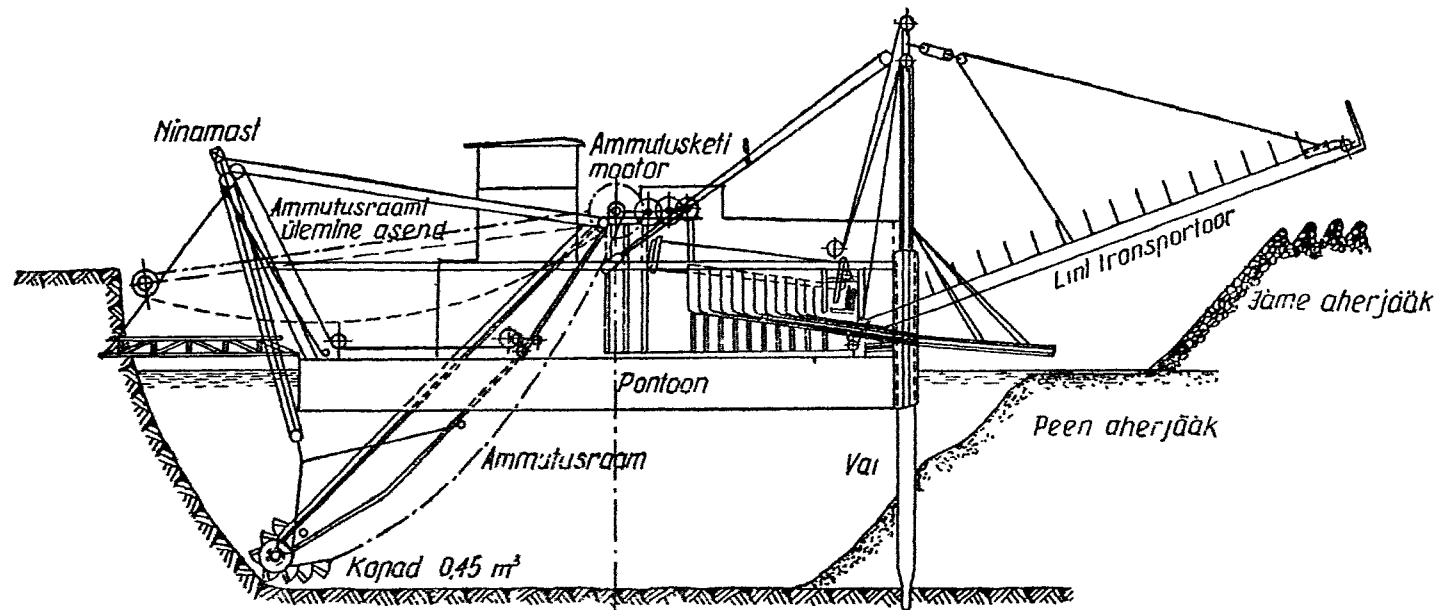
Kui puistevarapaik asetseb mittesoostunud või ka soostunud, kuid kergesti kuivendatavates kohtades, võib seda varapaika kaevandada ekskavaatoritega, kusjuures tööde üldine organiseerimine on analoogiline töötamisele lahtiste töödega.

Kui puistevarapaik asetseb aga tugevasti soostunud ümbruses või jõgede või järvede põhjas, kasutatakse tema väljatöötamiseks dredže. Dredž (joon. 389) on ujuv paljukopaline ekskavaator, mis on ühendatud maagimineraalide väljapesemis- ja vääristusseadeldisega; viimasel toimub kulla eraldamine liivadest. Liivade pesemise jäägid juhatakse pikkade transportööride ja rennide abil dredžist nii kaugele, et nad ei segaks tema edasist tööd.

Kõik seadmed liiva ammutamiseks, mineraalide väljapesemiseks, vääristamiseks ning vääristusjääkide eemaletoimetamiseks asetatakse ujuvale pontoonile, mis liigub veekogu pinda mööda.

Esialgu oli dredži ülesandeks jõgede ja järvede, s. o. looduslike veekogude põhjas asetsevate puistevarapaikade väljatöötamine, kuid et dredžid töötasid tagajärjekalt, siis hakati hiljem puistevarapaikade peale looma kunstlikke veekogusid, et tekitada dredžile töötamiseks vajalikke tingimusi.

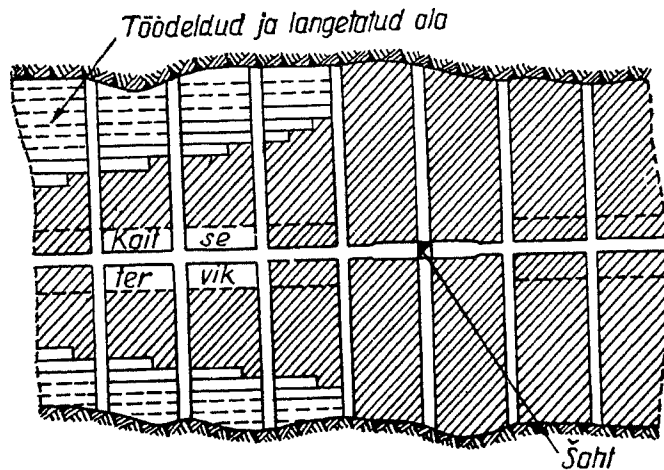
Kui puistevarapaik asetseb ebatasases ümbruses ja kui kõrgemal esineb suuremaid veekogusid, kasutatakse puistevarapaikade kaevandamiseks



Joon. 389. Dredži skeem.

sageli hüdraulilist meetodit. Mõningail juhtudel võib hüdraulilise meetodi rakendamiseks vajalikku survet tekitada pumpade abil. Hüdraulilise meetodi põhimõte seisneb selles, et monitori (joon. 44) abil juhitakse suure surve all olev veejuga vastu puistevarapaiga ett. Veejoa poolt purustatud kivim kantakse sama veega piki ülesseatud renni edasi, kusjuures raskemad mineraalid kiiresti sadestuvad; need juhitakse vääristusseadmetesse, aherkivim aga kantakse vee abil eemale, madalamatesse kohtadesse.

Kui puistevarapaik asetseb küllalt sügaval, toimub tootmine allmaatöödega. Kui maak-mineraalid on puistes jaotatud ühtlaselt, kaevanda-



Joon. 390. Puistevarapaiga kaevandamine allmaatöödega.

takse viimane täielikult, üksikuil juhtudel kaevandatakse aga ainult rikkam liivade osa.

Joonisel 390 on toodud kaevandamisviis, mida kasutatakse kullakaevandustes.

Kulda sisaldavate liivade kaevandamine toimub pikkade lankidena, lae langetamise abil. Ettevalmistustööd seisnevad peaveostreki ja koristusstrekkide rajamises. Peaveostrekk rajatakse varapaiga keskele ja koristusstrekid iga 10 m tagant. Nende kaeveõõnsuste abil jaguneb šahti väli üksikuteks 10 m laiusteks lankideks, millede pikkuseks on pool varaipaiga laiust.

Üksikute lankide kaevandamine toimub šahti välja piiride poolt šahti poole ning puistevarapaiga ääre poolt veostreki poole. Üheaegselt välja-

võetavate lankide arvu määrab kaevanduse vajalik toodang, kusjuures peab olema ka vastavaid reserve.

Kui kaevandatakse vett sisaldavaid puistetarapaiku, tuleb nad enne kuivendada. Selleks rajatakse 2—3 m sügavusel allpool peastrekki eriline strekk põhjakivimis, mis dreneerib liiva.

### 3. Lahtised tööd.

Neil juhtudel, kus maavara asetseb maapinna vahetus läheduses, võib tema ekspluateerimine toimuda lahtiste töödega.

Lahtised tööd omavad võrreldes allmaatöödega järgmisi paremusi:

1) maavara kaod, mis on paratamatud allmaatööde puhul, on märgatavalt väiksemad;

2) jäävad ära kulutused toestikule ja tuulutamisele;

3) vajaduse korral on võimalik maavara toota suurtes tükkides (monoliitide tootmine);

4) päeval ei ole vaja kunstlikku valgustust;

5) hädahoht töötamisel on väiksem;

6) väheneb märgatavalt abi- ja teenindava personali hulk ning seoses sellega suureneb tootlikkus üksiku töölise kohta, mis on umbkaudu 4 korda kõrgem kui allmaatöödel;

7) toodetava kaevise omahind on lahtiste tööde puhul tavaliselt madalam kui allmaatööde puhul.

Selle kõrval on aga ka lahtistel töödel olulisi puudusi, millest on tähtsamad järgmised:

1) tööd olenevad kliimatingimustest ning ilmast antud momendil;

2) suured esialgsed kulutused, sest lahtised tööd on tasuvad ainult nende kõrge mehhaniseerimise puhul;

3) suuremahulised lahtised tööd võtavad enda alla suure pinna;

4) sageli on vaja teha esialgseid kulutusi varapaiga dreneerimiseks;

5) maavara tootmisel tema avanemispiiril maapinna lähedal võib ta väärtus olla madalam kui tootmisel allmaatöödega.

Lahtised tööd on ratsionaalsed madalal lasuvate horisontaalsete või laugete varapaikade kaevandamisel. Järskude varapaikade väljatöötamine lahtiste töödega on ratsionaalne ainult nende suure paksuse puhul ning kuni teatava sügavuseni.

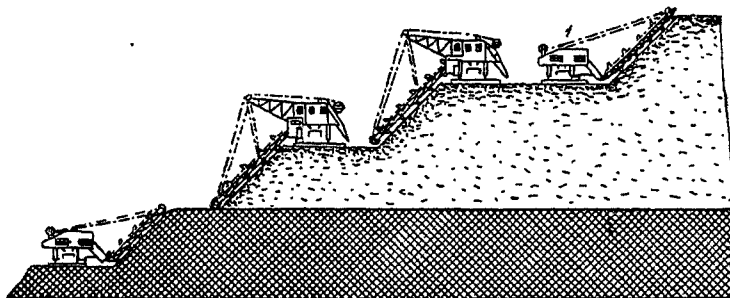
Lahtiste tööde kasulikkuse piir määratakse: 1) maavara väärtusega ning allmaatöödel esinevate maavara kadudega; 2) katekivimite ja maavara paksuse suhtega.

Viimane tingimus on teatavais piirides suhteline, sest piirsügavus, milleni on lahtiste tööde tegemine veel kasulik, sõltub eelkõige tööde mehhaniseerimise tasemest.

Mõningatel maavaradel, näiteks kivisöel, määratakse piirsügavus keskmiste tingimuste puhul väljavõetavate katekivimite mahuga ( $m^3$ ) ühe tonni maavara kohta, nn. paljandamisteguriga, mille suurus ulatub 3:1 kuni 10:1. Väärtuslikumate maavarade, näiteks kulda sisaldavate puistevara-paikade puhul on see suhe veelgi suurem.

Kokku võttes määravad allmaa- või pealmaatööde kasulikkuse maavara kaevandamise kulud, arvestades ka maavara kadusid ühel või teisel viisil.

Enne maavara tootmisele asumist lahtiste töödega tuleb kõrvaldada suuremal või väiksemal hulgal maavara katvat aherkivimit. Üldiselt võib



Joon. 391. Lahtiste tööde skeem ja ekskavaatorite paigutus etes.

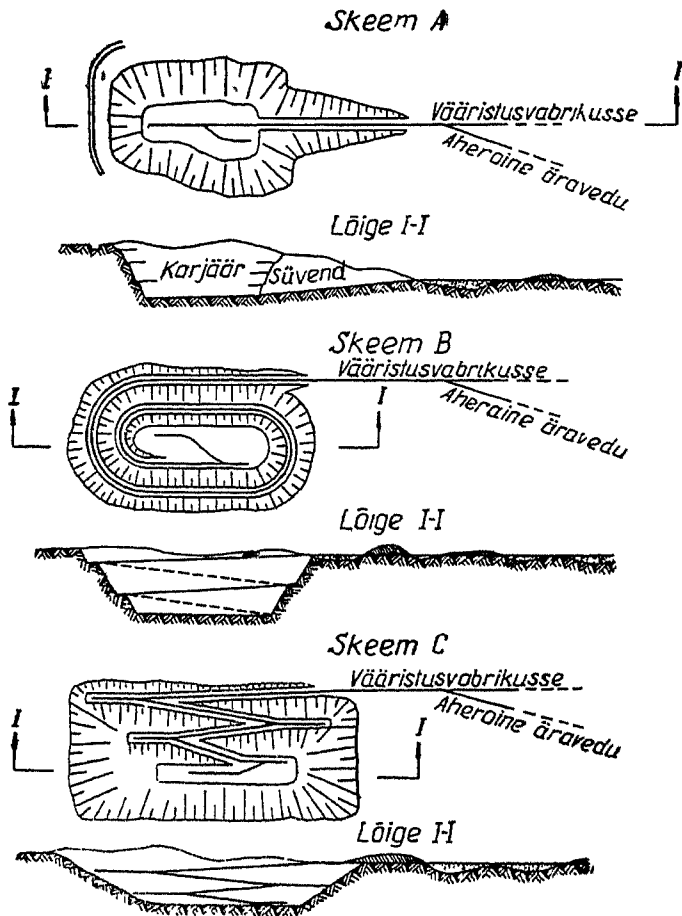
kogu lahtiste tööde protsessi jaotada kaheks põhiliseks osaks: 1) katekivimite kõrvaldamine ehk maavara paljandamine ja 2) maavara tootmine. Mõnikord peab lahtistele töödele eelnema katekivimite või maavara või nende üheaegne kuivendamine.

Maavara paljandamise tööd võib omakorda jaotada neljaks operatsiooniks: 1) mäetööd aherkivimis, 2) aherkivimi transport, 3) aherkivimi paigutamine, 4) maavara ülemise pinna puhastamine. Tootmistööd võib jaotada: 1) koristustöödeks ja 2) toodetud maavara transportimise töödeks.

Üldine lahtiste tööde korraldamine peab tagama paljandatud maavara pideva ja küllaldase tagavara.

Põhilisteks mehhanismideks, mida kasutatakse maavara paljandamisel ja tootmisel lahtiste tööde puhul, osutuvad ühe- ja paljukopalsed ekskavaatorid, mis valitakse vastavalt üldistele töötingimustele ja maavara lasumise iseloomule.

Lahtiste tööde puhul rajatakse alguses ekskavaatoritega sügavad kraavid, mis lõikavad nii katekivimeid kui ka maavara. Töökohaks (eeks) pärast algkraavide rajamist vastavatel astmetel või horisontidel on karjääri nõlv, mida olenevalt reast tingimustest võib kaevandada ühelt või



Joon. 392. Varapaikade avamise skeemid lahtiste töödega.

mitmelt horisondilt (joon. 391). Viimasel juhul omab karjääri nõlv astmelist kuju. Platsi, millel asetsevad ekskavaatorid, nimetatakse astme tööplatsiks. Astme tööplatsi laius määratakse olenevalt kasutatavast tööde organiseerimise viisist — ta peab võimaldama ekskavaatorite töötamist ja raudteerööpmete mahapanekut. Tööastme kõrgus valitakse vastavalt ekskavaatoritele.



Lahtistel töödel kõige kasutatavamad varapaiga avamise skeemid on toodud joonisel 392: skeemi *A* nimetatakse avamiseks sirge sõidukraaviga ning teda kasutatakse horisontaalsete või laugete, maapinna lähedal asetsevate maavarade tootmisel. Skeemi *B* nimetatakse avamiseks spiraalse sõidukraaviga ning teda kasutatakse küllaldase suurusega varapaiga puhul, mis võimaldab asetada spiraalseid, vajaliku kallakuga veoteid ja vastavaid tööhorisonte. Skeemi *C* — avamist umbsõidukraavidena — kasutatakse järsult ja kallakalt lasuva maavara tootmisel, kusjuures tööhorisondid asetsevad võrdlemisi sügaval.

Sõidukraavi kallakus on auruvedurite kasutamisel umbes 0,015—0,017 ja elektrivedurite kasutamisel — 0,020—0,035.

Aherkivimi kõrvaldamise viis on kõrvaldatava katekivimi paigutuskohast ja paigutusviisist. Eraldatakse sisemisi ja välimisi aherkivimi paigutusi, nn. puistanguid. Esimesel juhul paigutatakse kõrvaldatav katekivim karjääri sisemusse nendesse kohtadesse, kust maavara on välja võetud, teisel juhul paigutatakse aherkivim väljapoole karjääri.

Mõningail juhtudel, kui kasutatakse ühekopalisi pika poomiga ekskavaatoreid, võib tööd organiseerida nii, et ekskavaatori kopa tühjendamine toimub vahetult kaevandatud ala kohal (joon. 29) sisemise puistangu moodustamisega.

Sel juhul aherkivimi transport kui niisugune üldse puudub. Sama tagajärge võib saavutada, kui kasutatakse paljukopalist ekskavaatorit koos transportõoriga, mis kannab ekskaveeritava kivimi ekskavaatori juurest väljatöötatud alasse.

Sisemiste puistangute moodustamine ühekopaliste ja paljukopaliste, transportõoridega varustatud ekskavaatoritega on teatavas ulatuses piiratud (eriti paksude katekivimite ja mitme astme puhul), sest konstruktiivselt on poomi ning transportööri pikkused piiratud (viimasel ajal küünivad nende pikkused kuni 65 m).

Seepärast, kui katekivimite maht on suur (pruunsüte kaevandamisel paljukopaliste ekskavaatoritega), kasutatakse sageli erilisi transpordisildu, mis on varustatud aherkivimi transpordiks ekskavaatori juurest väljatöötatud alasse lint-transportõoridega. Transpordisillad liiguvad raudteedpidi ekskavaatorite taga.

Aherkivimi vedamine välistesse puistangutesse (paljudel juhtudel ka sisemistesse puistangutesse) toimub kallutatavates vagunites auru- või elektriveduritega.

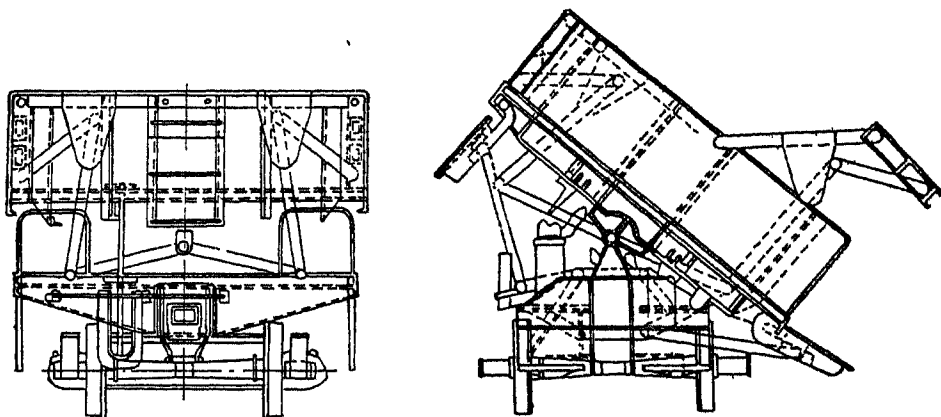
Et tavaliselt on lahtiste tööde puhul maht aherkivimis suurem kui maavaras, siis omab aherkivimi transport tööde üldise organiseerimise seisukohalt eriti suurt tähtsust.

Aherkivimi väljalaadimise kiirendamiseks kasutatakse mehhaaniliselt ümberkallutatavaid vaguneid. Joonisel 393 on toodud vagun — dumpkar (*dumpcart*), mida NSV Liidus kasutatakse laialdaselt koos ühekopaliste ekskavaatoritega.

Dumpkarite tühjendamiseks kallutatakse nende kast  $45^{\circ}$  all normaalsendi suhtes ning üheaegselt avaneb külgein.

Avades kraani erilises vaguneid ühendavas suruõhutorustikus võib üks tööline üheaegselt tühjendada kogu rongi koosseisu mõne minuti jooksul.

Vagunist väljalaaditud ja raudteele variseda võiva kivimi kaugemale lükkamiseks kasutatakse erilist lumesahakujulist agregaat — puistangu sahka, mis liigub raudteel.



Joon. 393. Dumpkar (kallutatav vagun).

Lahtiste tööde puhul tuleb karjääris sageli raudteerööpaid vastavalt ee edasinihkumisele või aherkivimi puistangu laienemisele edasi nihutada.

Selleks kasutatakse teedenihutusmasinaid, mis tõstavad rööpmed koos liipritega uude kohta või nihutavad neid edasi. Viimast tüüpi kasutatakse paljukopaliste ekskavaatorite puhul.

Viimasel ajal on hakatud hulgaliselt ka autotransporti kasutama nii katekivimi kui ka maavarakaevise transpordiks. Tavaline karjääri auto omab kandejõudu 15—25 tonni. Auto järelvankrid ehitatakse tavaliselt mahuga 25—40 tonni.

Maavara kaevandamine toimub tavaliselt ekskavaatoritega. Kui katekivimid või maavara ise on küllalt kõvad, kasutatakse lõhkamistõid; sel juhul tuleb purustatud materjali laadimiseks rakendada ainult ühekopalisi ekskavaatoreid.

Maavara transport karjäärast võib toimuda kas raudteevaguneis, millega ta kohe tarvitajani toimetatakse, transportööridega, tõsteabinõudega tõstekallakut mööda punkrisse, millest toimub laadimine raudteevaguneisse, või autodega.

Viimasel ajal kasutatakse paljandamis- ning tootmistöödel suhteliselt koberdate kivimite puhul küllaldaste veetagavarade olemasolul hüdraulilist transporti. Sel juhul esinevad kõige sagedamini viisid, kus kaevis puistatakse ekskavaatoritega kivimi veega segamise basseini, kust ta pumbatakse torude kaudu puistangusse — settimistiiki või vääristusvabrikusse.

## VIII OSA.

### ABITÖÖD.

#### A. Kaevanduse transport.

##### 1. Kaevanduse transpordist üldiselt.

Kaevanduse transport peab tagama täiesti häireteta, ohutut ja ökonoomset kaevise, materjalide, sisseseadete ja inimeste vedu maa-alustes kaeveõõnsustes ja maapinnal.

Maavara, aherkivimit, materjale ja muid veetavaid raskusi, samuti ka inimesi, tuleb vedada maa-alustes kaeveõõnsustes ja ka maapinnal mitmesugustes suundades. Tekivad üksikud veetava materjali voolud, milledest igäüht teenindatakse kindlas järjekorras teatavate transpordivahenditega. Seepärast tuleb kaevanduse transpordi igale etapile vaadata kui osale üldisest transporditööde kompleksist, mis teenindab kogu veetava materjali voolu.

Põhilised kaevanduse transpordiseadmed tuleb valida ja arvestada veetava materjali suurimale voolule, milleks enamasti osutub maavara vool, mis liigub koristusetest maa-aluseid kaeveõõnsusi pidi šahti õue, edasi tõstešahtipidi maapinnale ja sealt raudteevagunitesse või vääristusvabrikusse. Seejuures tuleb ette näha võimalus, et samade transpordivahenditega veetakse ka aherkivimit, materjale ja muud. Mõnikord on otsustarbekas abimaterjalide veoks kasutada iseseisvaid transpordivahendeid (konveieritega transportimisel on see tingimata vajalik).

Vahel on maavarade tootmisel täitematerjali vedu kaevandatud ala täielikuks täitmiseks niisama intensiivne kui maavara transport.

Transportimisviisi valik ja transpordivahendite projekteerimine peab olema seoses maavara kaevandamisviisiga. Olenevalt varapaiga kujust ja kasutatavaist kaevandamisviisidest võivad kaevanduse transpordiskeemid olla mitmesugused. Keerukamad on nad kaevanduste jaoks, mis töötavad välja väikese kallakusega kivisöekihte. Lihtsamaid transpordiskeeme saab

kasutada, kui kaevandatakse järske kivisõekihte, kui puudub vedu kallakatel kaevandamisest ning pole tarvidust maavara koristuses transportida, sest see toimub raskusjõul.

Transpordiskeemi keerukuse seisukohalt tuleb keskmiseks pidada skeemi, mida kasutatakse väikeste šahtiväljade horisontaalsete kihtide väljatöötamisel, nagu neid esineb söebasseinide ja manganimaakide varupaikade kaevandamisel. Suhteliselt lihtsaimaks osutuvad transpordiskeemid järskude maagikehade kaevandamisel. Lahtiste tööde puhul, kui lastikäibed tõusevad kuni kaheksa tuhande tonnini ööpäevas, osutuvad transpordiskeemid komplitseeritumaks.

Kaevanduse üldises transpordisüsteemis võib eraldada järgmisi etappe:

- 1) transport koristus- ja ettevalmistuses;
- 2) transport vahepealsetes ja koristusstrekkides;
- 3) transport kallakates kaevandamisest kallakusega kuni 30—45°;
- 4) transport horisontaalsetes peakaevandamisest;
- 5) allalaskmine ja tõstmine vertikaalsetes ja kallakates kaevandamisest (kallaknurgaga üle 30°);
- 6) transport maa peal.

Lahtiste tööde puhul tarvitatakse järgmist jaotust:

- 1) karjääri sisetransport;
- 2) vedu sõidukraavides ja karjääri juurdesõiduteedel;
- 3) vedu katekivimi puistangusse.

Koristuse töö õige tsüklikuline töö pole võimalik halva transpordi puhul. Häireteta transport omab olulist tähtsust tsüklikulise töö tagamiseks. Seejärel on mäetööstuses kaevanduse transpordi alal vaja silmas pidada järgmist.

1) Võimalikult täielikult ja komplekselt mehhaniseerida kaevanduse transpordi, valides selleks lihtsad ja kindlad, hädaohutud ja kõige vähem aegaviitvad transportimisviisid, püüdes seejuures transpordiseadmete töö täieliku automatiseerimise poole.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata transpordivahendite tootmisvõime valikule, et tagada nende küllaldast tootlikkuse reservi, et valitseks küllaldane side üldist transpordi moodustava ahela üksikute lülide vahel.

2) Tuginedes stahhaanovlikele põhimõttele on tarvis õigesti organiseerida transpordiseadmete tööd, lubamata häireid ja kitsaskohti. Tuleb taotleda:

- a) mehhanismide võimalikult täielikku kasutamist;
- b) tööliste võimalikult täielikku tööpäeva kasutamist;
- c) tööde õiget ja otstarbekat jaotamist.

Erilist tähelepanu peab pöörama transpordivahendite plaanikohasele ülevaatusele ja remondile, mille süstemaatiline ja õigeaegne läbiviimine võimaldab vältida avariisid ning hoida seadmed heas töökorras.

Maa-aluse transpordi eelistatud vormideks kivisöökaevandustes on:

1) järskude ja kallakate kihtide puhul koristusetes kaevise allalaskmine raskusjõul, väikese kallaku puhul — transport kraap- ja lintkonveieritega ning võnktransportööridega;

2) horisontaalsetes peakaevöönsustes — vedu elektriveduritega, harvem lintkonveieritega või köisvedu;

3) vahepealsetes strekkides ja kallakates kaevöönsustes — vedu väikeste elektriveduritega (kääbusveduritega), kraap- ja lintkonveieritega või köisvedu.

Kasutatakse ka skreeper-, pneumaatilist ja hüdraulilist transporti.

Viimasel ajal on oluliselt laienenud kraap- ja lintkonveierite rakendamise, sest nendega saavutatakse pidevat ja suhteliselt suurt tootlikkust.

Vedu elektriveduritega on oma rohkete heade omaduste tõttu (ökoomsus, suur tootlikkus, võimalus üheaegselt teenindada paljusid töökohti jne.) saanud põhiliseks maa-aluse transpordi vormiks horisontaalsetes kaevöönsustes.

Kaevanduse transpordi kõikide sõlmede töö peab omavahel olema rangelt kooskõlas, et kogu transport saaks toimuda häireteta. Üksikute masinate kooskõlastatud töötamiseks rakendatakse kompleksse mehhaniseerimise korral laialdaselt dispetšeritega juhtimist ning masinate ja seadmete juures automaatikat ja telemehhaanikat.

## 2. Transport alakorruste strekkides ja bremsbergidel.

Kivisöetööstuses on põhiliseks transpordi vahendiks vahepealsetes strekkides ja bremsbergidel konveierid. Konveierite paremuseks on võimalus nende seast valida agregaat, mis sobib kaevöönsuse kallaknurgale 18—20° ja ükskõik missuguse suurusega toodangule.

Lint- ja kraapkonveierid tarvitavad vähe energiat, töötavad kätatult ja ohutult. Konveieritega transportimine lihtsustab tööde organiseerimist. Tänu väikesele energiakulule ja liikuvate osade kergusele võib transportimislinte kasutada suurtel kaugustel, mis ulatuvad mõningail juhtumel mitmete kilomeetriteni. Linti pikkus ühes agregaadis võib ulatuda 200—300—400 meetrini ja rohkem. Lintkonveieri konstruktsioon on kirjeldatud eespool.

Kui strekk omab käänakuid, võib transport seal toimuda rööbastel liikuvate vagonettidega köisveo teel (pea- ja sabakõie abil).

Kui vahepealsetes strekkides kasutatakse lintkonveiereid, kasutatakse neid ka bremsbergidel. Kui aga transport vahepealses strekis toimub vagonettidega, siis kasutatakse bremsbergil sama moodust.

Kallakates kaeveõnsustes kallakusega kuni  $18^\circ$  kasutatakse eduga lint- ja kraapkonveiereid. Sageli kasutatakse ka seal vagonette või skippe koos mehhaanilise vintsiga, mis seatakse üles erilisse kambrisse.

Kui bremsbergidel ja tõstekallakutel kasutatakse transpordiks vagonette, tehakse seda ühel järgmistest viisidest (joon. 394):

1) vedu ühe otsaga kõie abil (I);

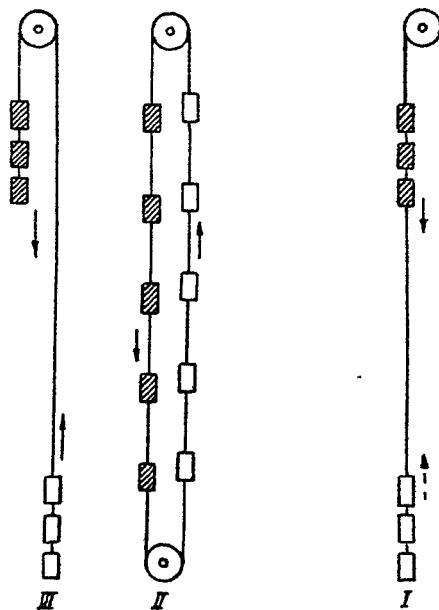
2) vedu otsata kõiega (II);

3) vedu kahe otsaga kõie abil (III).

Kui töötatakse ühe otsaga kõie abil, asetatakse vints ülemise streki juurde. Täis vagonetid lastakse alla, kasutades pidureid, ja tühjad tõstetakse üles vintsi abil. Bremsberg või tõstekallak ühineb strekiga teekõveriku abil, mis võimaldab lihtsamat manööverdämist kui teised viisid (pööramisplaadid jne.). Veol ühe otsaga kõie abil lastakse täisvagonetid alla (bremsberg) või tõstetakse (tõstekallak) üksikute vagonettide gruppidega. Säärase tööskeemi puhul on vajalik ainult üks raudtee. Niisugune transpordi skeem osutub bremsbergidel lihtsaimaks ja mugavaimaks, kui toodang pole suur.

Kui kasutatakse otsata kõit, tuleb bremsberg rajada kaheteeliseks: ühel teel liiguvad täis, teisel — tühjad vagonetid. Vagonetid ühendatakse ühekaupa kõie külge kindlate vahemaade tagant eriliste veohaakidega. Seejuures asetseb a) ülemise kinnitusega kõis vagoneti peal ja b) alumise kinnitusega kõis vagoneti all. Alumise kõie paremuseks on suurem vagoneti teel püsimise kindlus, eriti käänakutel; halvaks omaduseks on aga vagonettide külgehaakimise ebamugavus ja kõie suur kulumine. Üldiselt leiab rohkem kasutamist transport ülemise kõie abil.

Väikese toodangu ja kauguse puhul kasutatakse isetöötavaid, s. t. ilma vintsi bremsberge: tühjade vagonettide tõstmine toimub ülekaalus oleva



Joon. 394. Veoskeemid bremsbergidel.

raskuse jõu abil, mis tekib täis vagonettide allalaskmisest. Suuremate toodangute ja kauguste puhul asetatakse bremsbergi ülemisse ossa vints.

Vagonettide külge- ja lahtihaakimine võib toimuda liikumise peatamisega või ka peatamata. Mugavamaks töötamiseks ehitatakse bremsbergi ja streki ühenduskohale horisontaalsed haakimisplatsid, millel asetsevad teekõverikud ja pöörangud. Väikese toodangu puhul kasutatakse kõverike asemel raud- ja malm-pööramisplaate. Et mitte segada vagonettide külge- ja lahtihaakimist, lõstetakse kõis haakimisplatsi kohal teatavasse kõrgusse.

Otsata köit kasutatakse bremsbergidel tavaliselt väikesemahuliste vagonettide puhul.

Veo jaoks bremsbergidel ja tõstekallakutel kahe otsaga kõie abil tuleb neisse teha kaks teed, ühte pidi liiguvad siis täis vagonetid, teist pidi tühjad. Tavaliselt toimub transport kahe otsaga kõie puhul üksikutest vagonettidest koosnevate rongidega. Vedu kahe otsaga kõie abil võib bremsbergidel toimuda mehhaanilise vintsiga või ilma. Viimasel juhul asetatakse ülemisse strekki pidurseib.

Järskude kihtide puhul toimub kaevise toomine ülemisest strekist alumisse liugupidi ilma transpordivahenditeta, omakaalu abil. Transport vahepealsetes strekkides toimub sel juhul konveieriga, skreeperiga või vagonettidega pea- ja sabakõie abil.

Ühe või teise transpordiliigi valikul lähtutakse üldiselt järgmistest tingimustest.

Vedu ühe otsaga kõie abil kasutatakse kallakuse puhul üle 5°. See on peamiseks transportimisviisiks, kui kihi kallakus ületab 18° ja kui vagonettide või skippide maht ületab 2 t. Vagonettide hulk ühes koosseisus määratakse toodanguga ja tõsteperioodi pikkusega, arvesse võttes haakseadmete tugevust.

Vedu kahe otsaga kõie abil on lubatud suurema toodanguga kallakates kaeveõnsustes suuremate veokauguste puhul ning enamasti töötamise puhul ühelt horisondilt.

Vedu otsata kõiega on lubatud suure toodangu, veokauguse ja eriti väikeste kallakute puhul. Otsata kõiega veo kasutamine kuni 30°-se kallakuseni on lubatud mitte üle ühetonniste vagonettidega; vagonettide puhul üle ühe tonni ei tohi kallaknurk tõusta üle 12°.

Lint-transportööride kasutamisel lähtutakse suurematest toodangutest (üle 50 tonni tunnis). Nende rakendamisel kallakates kaeveõnsustes ei tohi kallakus ületada, nagu juba varem öeldud, 18°.

Vahepealsete strekkide transpordi valikut aitab kergendada tabel 45.



Tabel 45.

Põhiliste transpordivahendite kasutamise alad veo puhul vahepealsetes strekkides.

Transpordiviis	Keskmine toodang t/tunnis	Lõppkaugus	Kasutamise tingimused
Lintkonveierid	25—35 ja kuni 200	400—600	Veidi lainelise põhjaga sirgetes kaeveõõnsustes
Võnktransportõõrid (võnkkonveierid)	kuni 25	kuni 150	Kuivade, purunemist mittekartvate, vähese peene puru hulgaga süte puhul; kaeveõõnsus sirge
Kõisvedu	kuni 20—30	300—500	Strekk olgu suuremate kõverusteta, põhi võib olla veidi laineline
Kraapkonveierid	25 ja rohkem	kuni 400	Lainelise profiili ja marja kaevisse puhul, kuni 4 transportoori järjestikku
Vedu elektriveduriga	Kõikidel ülejäänud juhtudel		Strekkide kõverus pole takistuseks

### 3. Transport peaveostrekkides ja kveršlagides.

Põhiliseks transpordivormiks suurte kauguste puhul horisontaalsetes kaeveõõnsustes on vedu veduritega, milleks maa-alustes tingimustes kasutatakse peaaegu eranditult elektrivedureid. Selle viisi olulised paremused, võrreldes teiste transpordiviisidega, on järgmised:

1. Soodus kasutatavus mistahes kaugustel ja mitmesuguste toodangute puhul, kusjuures veotee võib olla ka kõverjooneline.

2. Kogu transport on kergesti kohandatav veetava lasti hulga, suurendades või vähendades veovahendite hulka.

3. Tekkivad häired on kergesti kõrvaldatavad, asendades kõlbmatuks muutunud veovahendi kõlblikuga.

4. Transport on kohanenud nii maavara, materjalide, täitematerjali kui ka inimeste veoks.

5. Vedu on võimalik üheteelistes kaeveõõnsustes.

6. Rongide suur liikumiskiirus.

7. Madal 1 tkm hind eriti trolli-elektriveduritega veol.

Vedu elektriveduritega omab ülalootetud heade omaduste kõrval ka mõningaid puudusi, kuid need ei suuda üles kaaluda tema paremusi.

Kõisvedu, võrreldes veoga elektrivedurite abil, omab paremusi järgmistes asjaoludes: vedu on võimalik väikese põikilõikega, väga lainelise

profiiliga kaeveõõnsustes; kasutatavad rööpad võivad olla kergemad ja väikestel kaugustel osutub kõisvedu ökonoomsemaks veost elektriveduritega. Kõisveo oluliste puudustena tuleb nimetada: 1) vedu on vähem paindlik, esineb raskusi üheaegse veo puhul mitmes kaeveõõnsuses; 2) kaeveõõnsus on koormatud kõitega; 3) veoseadmete keerukas hooldamine ja remont; 4) signalisatsiooniseadmete vajadus kogu veotee ulatuses; 5) tööliste madal tootlikkus.

Vedu konveieritega on mugavam ja hädaohutum vagonettidega veost: puuduvad võimalused õnnetuste juhtumiseks külge- ja lahtihaakimise ajal ning vagonettide lahtitulekuks kõie küljest kallakates kaeveõõnsustes, tööjõuvajadus ja vagonettide hulk on väiksem, transpordi organiseerimine on lihtsam ning on võimalik laialdaselt kasutada automatiseerimist ja telemehhaanikat. Konveieritega transportimine omab aga ka olulisi puudusi, mis teevad selle kasutamise paljudel juhtudel ebasobivaks.

Kokkuvõttes osutub põhiliseks transpordiviisiks pea-veokaeveõõnsustes vedu elektriveduritega. Tugevasti lainelise profiili ja väikeste kauguste puhul võib kasutada kõisvedu. Suurte toodangute ja väikeste kauguste puhul võib rakendada lintkonveiereid.

Kaevanduse kõikidel horisontaalsetel peaveoteedel, kus toodang ületab 100 000 tonni aastas, kui veoteede pikkus ületab 500 m ning kui profiil pole eriti laineline, tuleb kasutada elektrivedureid või lintkonveiereid. Ühetonniseid vagonette kasutatakse ainult väikese toodanguga kaevandustes, suuremates kaevandustes on põhimisteks transpordivahenditeks 3- ja 5-tonnised vagonetid.

Andmed elektrivedurite kohta leiduvad tabelis 35.

#### 4. Kaevanduse raudteed.

Kaevanduse normaalne transport oleneb suurel määral maa-aluste raudteede ehitusest ja seisukorrast.

Kaeveõõnsustes peab maa-alune raudtee tagama veereva koosseisu hädaohutut, avariideta ja rahulikku liikumist maksimaalse ettenähtud kiirusega.

Raudtee peab olema võimaluse piires sirgjooneline, normaalse kallakusega (võrdsete takistustega), küllalt sobiv veereva koosseisu elementide kulumise vähendamiseks; ta peab omama küllaldast tugevust, et vastu pidada rongide liikumisel tekkivatele horisontaalsetele ja vertikaalsetele jõududele. Tee ehitus peab tagama vee ärajuhtimist, vastupidavust vee mõjule ja happeste vete toimele.

Maa-aluste raudteede tegemiseks kasutatakse kitsarööpmelisi rööpaid, mis erinevad tavalistest raudteerööbastest oma mõõtmete ja raskuse poolest.

les  
tak  
1)  
kul  
pik

pal.  
150  
lapj  
tee  
teec

oler  
alus  
ne l  
ning  
tide  
vago

mah  
0,000  
šah  
ka v  
kus  
tuse  
tus t

varu  
juhu  
liikl  
vahe  
tuske  
dega  
ral l  
dess  
pikku

guid.  
tatak  
seisu

lest. Raskete elektrivedurite ja suuremahuliste vagonettide puhul kasutatakse raskeid rööpaid (kuni 24 kg/m). Raskete rööbaste paremuseks on: 1) tee tugevus; 2) rahulikum vedu; 3) tee väiksemad eksploatatsioonikulud; 4) veereva koosseisu väiksemad eksploatatsioonikulud; 5) rööbaste pikem vastupidamise aeg; 6) liiprite väiksem kulu.

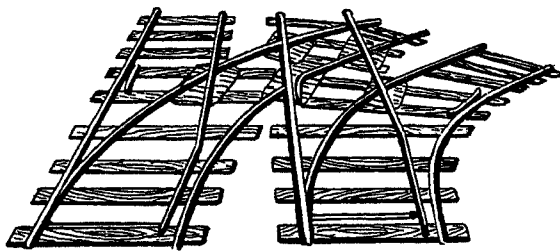
Pcatee mahapanekul tasandatakse kaeveõõnsuse põhi ja kaetakse pallastikihiga, millele asetatakse liiprid. Pallastikihi paksus peab olema 150—180 mm. Rööpad kinnitatakse liiprite külge vastavate naelte ja aluslappidega; rööbaste ühendamine toimub sidelappide ja poltide abil. Raudtee mahapanek ilma pallastita on lubatud ainult teisejärgulise tähtsusega teeosadel, kus liiklemine on vähene (vahepealsetes strekkides).

Rööbaste vahe laius (rööpapeade vahekaugus) on standardiseeritud olenevalt kasutatavaist transpordivahendeist. Kivisöökaevandustes on maaluste raudteede standardne laius 900 mm 2-tonniste ning suuremate vagonettide ja 600 mm 1-tonniste vagonettide jaoks.

Raudteed pannakse maha kallakusega 0,004—0,005 liikumise suunas šahti õue poole, mis tagab ka vee äravoolu. See kallakus kannab võrdse takistuse nurga nimetust, sest sel juhul on tühjade vagonettide liikumistakistus tõusu suunas ja täis vagonettide oma kallakuse suunas võrdsed.

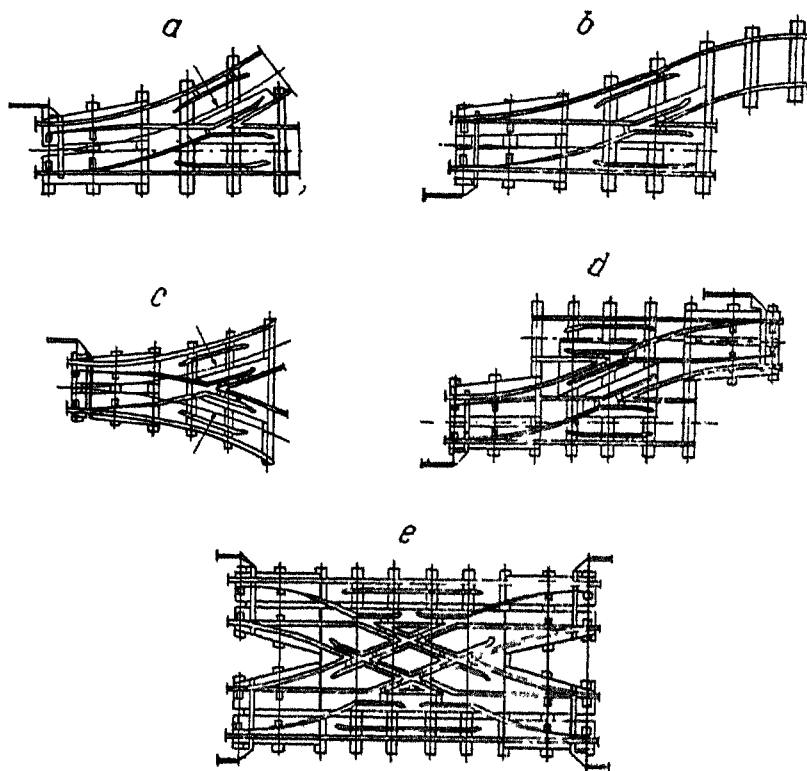
Olenevalt kasutatavast transpordisüsteemist ja veo intensiivsusest varustatakse veokaevõõnsused kas ühe või kahe rööpapaariga; viimasel juhul kasutatakse üht rööpapaari ainult lühjade, teist — täis vagonettide liiklemiseks. Ühe rööpapaariga kaeveõõnsustes moodustatakse teatavate vahemaade järel, olenevalt veo intensiivsusest, möödasoõdukohad (vahetuskohad), kus kohtuvad vastassuunas liikuvad täis ja tühjade vagonettidega rongid. Analoogilised möödasoõdukohad moodustatakse vajaduse korral ka bremsbergil, tõstekallakute ja liugude suubumiskohal veostrekki-desse. Möödasoõdukoha pikkus määratakse kasutatavate rongide 1—2 pikkusega.

Vagonettide üleminekukohtadel ühelt teelt teisele kasutatakse pööranguid. Kui muutub veo suund, näiteks üleminekul strekist kveršlagi, kasutatakse kõverikke, mille kõverusraadius määratakse olenevalt veereva koosseisu tüübist ja liikumiskiirusest. Rongide liikumistakistuse vähendami-



Joon. 395. Kaheteelise rööbaste pöörang.

seks kõverikel tuleb nad ehitada täpselt ettenähtud raadiusega kõverjoont mööda (mitte väiksem kui elektriveduri kümnekordne teljevahe) normaal-  
 sest suurema rööbaste vahega (olenevalt kõverusraadiusest ja veereva  
 koosseisu jäigast teljevahest). Vagonettide ümberpaiskumise vältimiseks  
 kiirel liikumisel ja liikumistakistuse vähendamiseks tuleb kõveriku väline  
 rööbas tõsta sisemisest kõrgemale. Raudteede hargnemiskohtadele aseta-  
 takse pöörangud. Joonisel 395 on näidatud pöörangud kaheleelise kõveriku  
 jaoks. Joonisel 396 on toodud põhilised pöörangute skeemid.



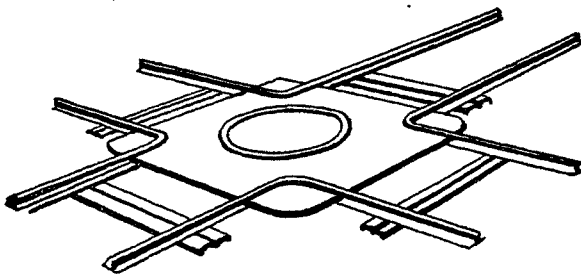
Joon. 396. Põhilised pöörangute skeemid: *a* -- ühepoolne ärakäände-, *b* -- ühepoolne  
 ülemineku-, *c* -- sümmeetriline ärakäände-, *d* -- ühepoolne ühenduspöörang, *e* -- rist-  
 ühenduse pöörangud.

Erandjuhtudel, kui teele on sisse ehitatud riströöbe ja kui üksikute  
 vagonettide vedu toimub inimjõul või hobustega, on lubatud rööbastee  
 pöördumine täisnurga all; viimasel juhul kasutatakse ristumiskohtades pöö-  
 ramisplaate (joon. 397) või pööramisringe.

Häireteta transpordi tagamiseks on olulise tähtsusega veeteede kor-

rasolek, sest vastasel korral võib esineda õnnetusi vagonettide rööbasteelt mahajooksmise näol. Väikesemahuliste vagonettide puhul on sellise avari tagajärjed kergesti ja lühikese aja jooksul kõrvaldatavad. Suuremahuliste vagonettide kasutamisel võib see põhjustada pikemaajalisi häireid, sest mahajooks võib rikkuda liipreid, rööpaid lahti murda ja toestikku maha rebida. Seepärast tuleb raudteedele osutada olulist tähelepanu nii nende ehitamisel kui ka hilisemal ekspluateerimisel.

Rööbaste mahapanekul tuleb esmajärjekorras tähelepanu pöörata rööbaste vahe normaalsele laiuusele, mida kontrollitakse erilise šablooniga, samuti tee profiilile, mille kontrollimine toimub vesiloodiga. Vesiloodi horisontaalse lati ühe serva alla lüüakse plaadike, mille paksus vastab kasutatavale kallakusele. Tavalise vesiloodi pikkuse puhul 2 m ja tee kallakuse korral 0,004 on selle plaadikese paksus 8 mm (4 mm 1 m kohta), kallakuse puhul 0,005—10 mm.



Joon. 397. Pööramisplaat.

Tee kallakuse kontrollimiseks asetatakse vesilood rööpa peale, kusjuures allalöödud plaat on šahti õue poole.

Suurte rajamiskiiruste puhul on oluline, et markšneider kontrolliks vähemalt kord kuus täpsete riistade abil streki profiili.

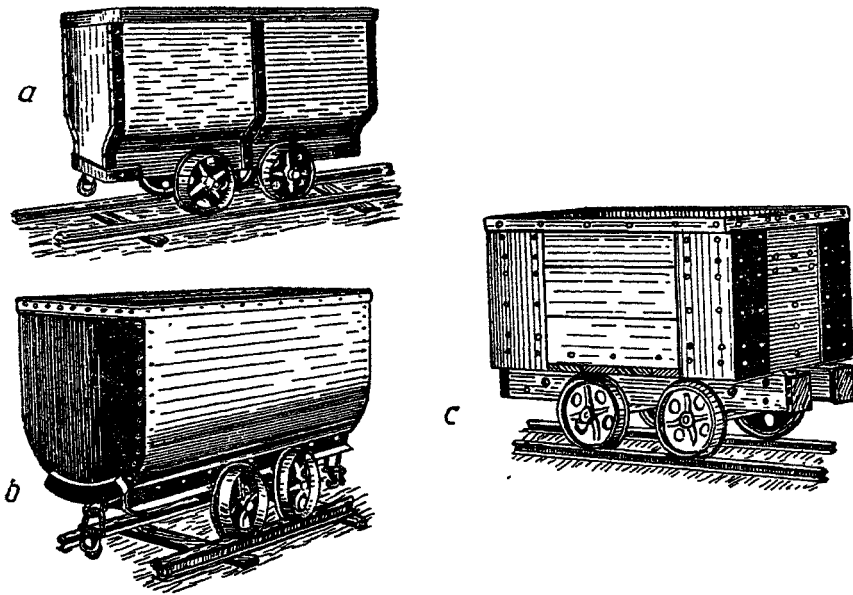
Raudteede ekspluateerimise kestel tuleb jälgida teede puhtust, sest esinev muda suurendab liikumistakistust ning seega ühtlasi veereva koosseisu rataste ja rööbaste kulumist. Selleks et strekki ei koguneks asjatult muda, tuleb tealune õigesti pallastiga katta ning vee äravoolukraavid korras hoida. Et vesi voolaks kraavi, antakse streki põhjale kallakus 0,01 kraavi suunas.

## 5. Kaevanduse vagonetid.

Kaevanduse vagonettide suhtes kehtivad järgmised nõuded: 1) minimaalne gabariit antud mahu juures; 2) vastupidavus tõugetele, mis tekitavad kiiruse ootamatutest muutustest rongide liikumisel; 3) tugevus piki- ja pöikisuunas; 4) väike omakaal; 5) väike liikumistakistus; 6) ohutu ja mugav kokku- ning lahtihaakimine; 7) minimaalne jäik teljevahe; 8) täis- ja tühjaks-laadimise mugavus; 9) vastupidavus kulumisele ja küllaldane

iga; 10) väikesed eksploatatsioonikulud ühenduses hooldamise, määrimise ja remondiga, valmistamise lihtsus ja vagoneti väike omahind.

Kaevanduses kasutatavad vagonetid koosnevad vaguni kerest ja rattapaaridest koos laagrite ja telgedega. Liikumistakistuse vähendamiseks kasutatakse viimasel ajal liugelaagrite asemel rull- ja kuullaagreid (harvem). Vagoneti kast (kere) valmistatakse tavalisest raudplekist, mitte puidust. Vagoneti kasti kuju võib olla rataste vahele süvendatud (joon. 398, *a*), nelinurkne (joon. 398, *c*) ja silindriline (joon. 398, *b*). Vii-



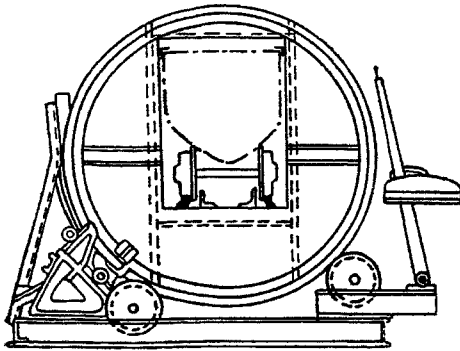
Joon. 398. Kasutatavaimad kaevanduse vagonettide tüübid: *a* — rataste vahel asetsev, *b* — silindriline, *c* — nelinurkne vagunikere.

mane vagonetitüüp on kõige levinum ja on standardiseeritud NSV Liidu kivisõekaevanduste jaoks. Neid vagonette valmistatakse 1-, 2- ja 3-tonnisena. Nende vagonettide põhilised andmed on toodud selle raamatu IV osas, tabelites 33 ja 34. Uuemas standardis on ka 5-tonnised vagonetid.

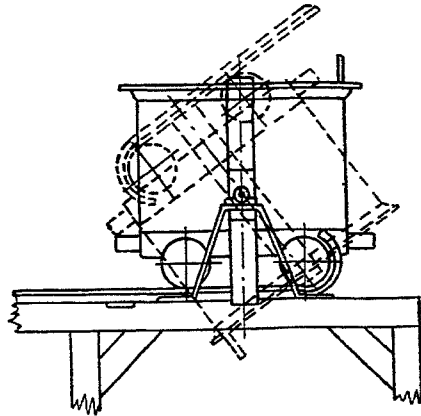
Puitmaterjali ja seadmete veoks kasutatakse erilisi ilma kereta platvormvagonette. Olenevalt vagonettide konstruktsioonist eristatakse kinniste keredega ja kallutatavate keredega vagonette. Esimeste tühendamise toimub kallutajate (vipper) abil. Kallutajad jagunevad: ringkallutajaiks (joon. 399) ja laupkallutajaiks (joon. 400). Kallutatavate keredega ja avatavate külgedega vagonette kasutatakse järskude kihtide puhul sõe

vedamiseks vahepealsetes strekkides, sest nende tühjendamine liugu on soodne. Avaneva otsaseinaga vagonette kasutatakse kaevandustes, kui tõstešaht on varustatud eriliste kallutuvate kongidega.

Kivisõekaevandustes on tarvilusel ka isetühjenduvad avaneva põhjaga vagonetid (joon. 401). Säärase vagoneti saabumisel tühjendamiskohta

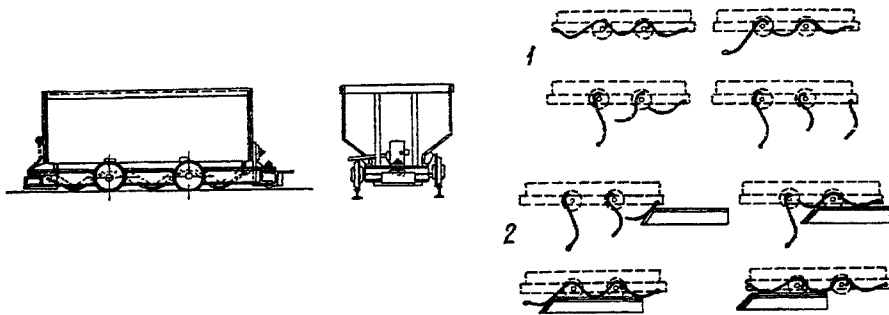


Joon. 399. Ringkallutaja.



Joon. 400. Laupkallutaja.

tõstetakse hoob erilise kaldtoendiga üles, ning vagoneti põhi avaneb (1) (joon. 401). Seda tüüpi vagonettide tühjendamine toimub selleks ettenäh-

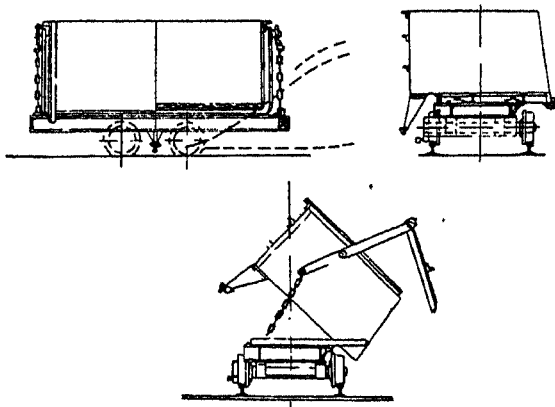


Joon. 401. Avatava põhjaga vagonet: 1 — põhja avamine, 2 — põhja sulgemine.

tud punktides rongi liikumise ajal, mis kiirendab ja lihtsustab märgatavalt kõiki manöövreid. Rongi edasi liikudes sulguvad vagonettide põhjad automaatselt (2).

Harilikult kasutatakse kaevanduses vagonette mahuga 0,5—3,0 t, aga vahel ka palju suuremaid. Viimasel ajal on tendents üleminekuks suuremahulistele vagonettidele.

On oluline märkida, et vagonette ei standardiseerita mitte kaalu, vaid mahu järgi vastavalt 1,1; 2,2 ja 3,3 m<sup>3</sup> (1, 2 ja 3 t), arvestades sõe erikaaluna massiivis 1,2 ja purustatult 0,8. Teistsuguse erikaaluga materjali korral on vagoneti kasulik maht tonnides täiskormuse puhul ka vastavalt teistsugune.



Joon. 402. Kallutatava kerega ja avatava külgsuinaga vagonet.

Maakide kaevandamisel kasutatakse laialdaselt raskemat tüüpi vagonette, näit. joonisel 402 toodud. Nende tühjendamine toimub järgmiselt: vagoneti kast varustatakse rulliga, mis jookseb tühjendamiskohta ehitatud kaldpinda pidi üles ja kallutab seega vagoneti keret 40–45° võrra. Samal ajal tõstab hoob külgsuina üles, mille tagajärjel toimub vagoneti tühjenemine.

Vedu vagonettidega toimub raudteel rongidena. Vagonettide hulk rongis oleneb vedavate jõumasinate võimsusest ja töö korraldusest. Üksikute vagonettide omavaheline ühendamine toimub haakidega. Kui kaevist tõstetakse skippidega ja vagonetid on kinniste keredega, kasutatakse pöörduvaid haake, mis võimaldavad vagonettide tühjendamist ringkallutajate abil ilma rongi lahti haakimata.

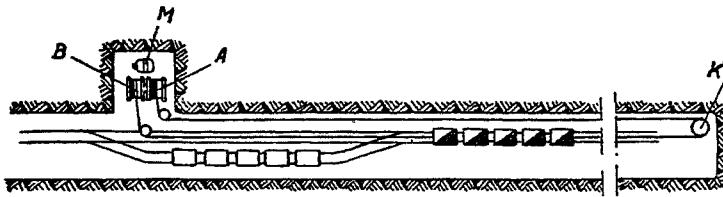
Kaevanduse vagonettide park peab alati olema korras. Selleks tuleb vagonetid nummerdada, sisse kanda erilisse raamatusse ning teostada plaanikohast ülevaatus ja remonti erilise graafiku järgi.

## 6. Mehhaaniline vedu.

Olenevalt kaugusest ja toodangust võib eristada vedu inimjõul, hobujõul ning mehhaanilist vedu. Vedu inimjõul kasutatakse tänapäeval võrdlemisi vähe ja see esineb ainult abioperatsioonina üksikute väikesemahuliste vagonettidega. Ka vedu hobujõul on mehhaanilise veo poolt peaaegu täiesti välja tõrjutud ning seepärast pole tema lähem käsitlemine oluline. Mehhaaniline vedu toimub paigaliste ja liikuvate seadmete abil. Vedu paigaliste seadmetega toimub pea- ja sabakõiega või otsata kõiega.



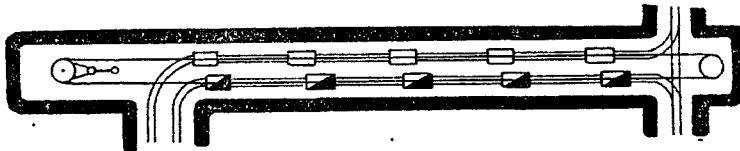
Pea- ja sabakõiega veo skeem on toodud joonisel 403. Erilises kambris seatakse üles mootoriga (*M*) ja kahe veotrumliga (*A* ja *B*) vints. Trumlitele keritakse kõied, kusjuures trumli *B* kõis kinnitatakse rongi esimese vagoneti külge, trumli *A* kõis aga läheb üle juhtploki *K*, mis on antud juhul üles seafud vintsi vastas asetseva kaeveõõnsuse lõppu, ning kinnitub siis äärmise vagoneti külge. Esimene kõis kannab pea-, teine — sabakõie nime. Kerides üht kõit vastavale trumlile vabaneb teine kõis oma trumlilt ja kõite külge kinnitatud rong liigub ühes või teises suunas. Veo



Joon. 403. Pea- ja sabakõiega veo skeem: *A* ja *B* — veotrumlid, *K* — juhtplok, *M* — mootor.

puhul saba- või peakõiega võib kasutada ka ühetrumlilisi vintse. Sel juhul asetatakse kummagi kaeveõõnsuse lõppu üks ühetrumliline vints. Ühe vintsi trumlile keritakse pea-, teisele sabakõis.

Kui on vajadus vintside sagedaseks ümberpaigutamiseks, näiteks veol pea- ja sabakõiega vahepealsetes strekkides, siis kasutatakse vintse, mis



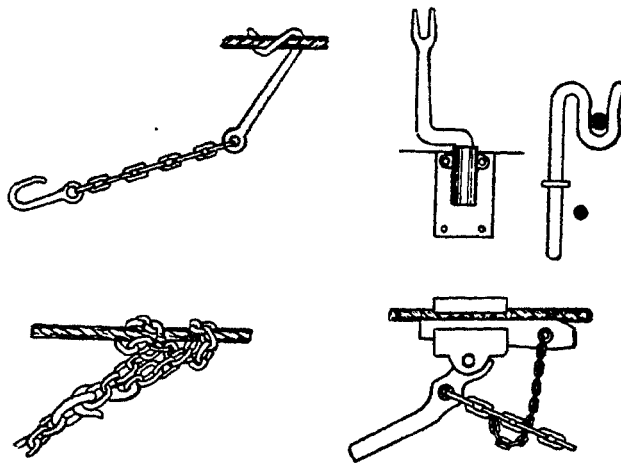
Joon. 404. Otsata kõiega veo skeem.

seatakse ülesmonteeritavatele sammastele; neid nimetatakse sammavintsideks. Vedu pea- ja sabakõie abil võib toimuda nii rongidena kui ka üksikute vagonettide kaupa. Pea- ja sabakõiega veo paremuseks on võimalus kasutada kitsaid, üheteelisi kaeveõõnsusi, mis omavad vahetuskohti ainult veo alg- ja lõpp-punktides.

Veo puhul otsata kõiega asetatakse veovints sellekohasesse kambrisse (joon. 404), mis asetseb tavaliselt veo lõpp-punkti lähedal. Veoabinõuks on kõis, harvemini kett, mis läheb ühes kaeveõõnsuse otsas üle veovintsi veoratta ja teises — üle juhtratta. Kaeveõõnsuse nendes punktides, kus ei

ole lubatud kõie lohisemine mööda põhja, hoitakse ta ülal eriliste hoidevõi juhtrullidega. Et kõie liikumise ülekanne veovintsilt toimub veoratta ja kõie vahelise hõõrdumise abil, peab kõis olema küllaldaselt pingutatud, milleks kasutatakse erilisi pingutusseadmeid. Veo puhul otsata kõiega kinnitatakse vagonetid ühekaupa (harva rohkem) vedava kõie külge, milleks kasutatakse erilisi veohaake ja ühendusi (joon. 405). Selle veoviisi puhul tuleb kindlasti kasutada kaheteelist kaeveõõnsust, kusjuures üht teed pidi toimub täis vagonettide, teist pidi — tühjade vedu vastupidises suunas.

Viimasel ajal on põhiliseks mehhaniseeritud veo vormiks peaveostrekides vedu liikuvate veovahenditega — veduritega. Maa-alustes kaevan-



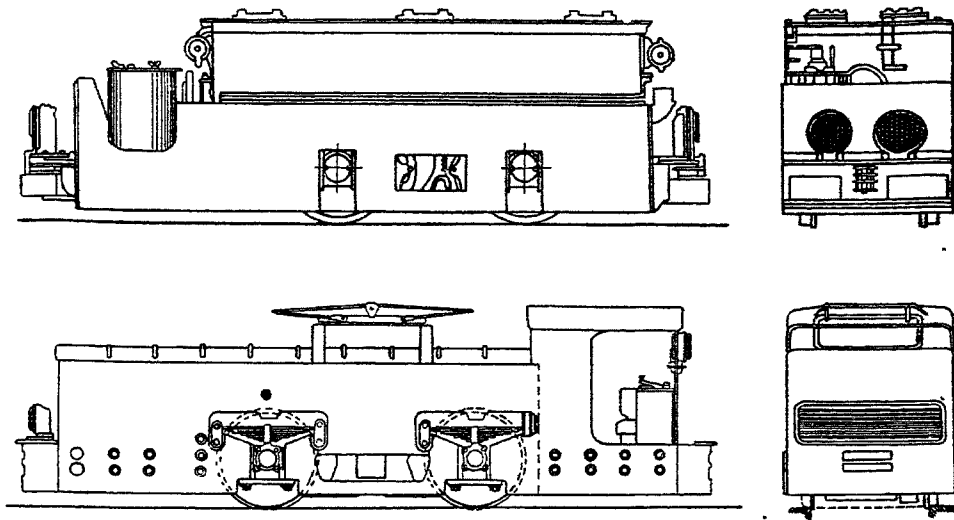
Joon. 405. Haakevahendid vagonettide kinnitamiseks otsata kõie külge.

dustes kasutatakse suruõhu-, vedelkütte- ja elektrivedureid. Esimesi kasutab suruõhu-, teisi sisepõlemis- ja kolmandaid elektrimootor. NSV Liidu kaevandustes kasutatakse peamiselt elektrivedureid. Neid on kahte liiki: kontakt- ehk trolli- ja akumulaatorvedurid (joon. 406).

Kontakt-elektrivedurid on varustatud erilise vooluvõtjaga, mis elektriveduri töötamise kestel on pidevas kontaktis erikonstruktsiooni omava palja vaskkontaktjuhtmega. Kontaktjuhe on riputatud isolaatoritega kaeveõõnsuse lae alla. Tema abil juhitakse alajaamast tulev alalisvool elektriveduri mootorisse. Voolu tagasisuhtimise juhtmena kasutatakse rööpaid, millel liigub elektrivedur. Selleks peavad rööbaste ühenduskohad olema varustatud peale tavaliste sidelappide veel eriliste vaskühendustega. Et kontakt-elektrivedurite töötamisel võivad tekkida sädemed nii vooluvõtja

ja kontaktjuhtme vahel kui ka veduri rataste ja rööbaste vahel, on nende kasutamine gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes keelatud.

Akumulaator-elektrivedurid, mis saavad voolu elektriveduril asetsevaist akumulaatorpatareidest, tehakse gaasi- ja tolmuohututena. Akumulaatorpatareid tuleb perioodiliselt laadida, mida tehakse tavaliselt elektrivedurite depoo juurde ehitatud erilistes laadimisruumides. Et vältida asjatut seismist laadimise kestel, on iga elektrivedur varustatud kahe (või rohkema) patareiga, milledest üks asetseb elektriveduril ja teine on laadimisel.



Joon. 406. Elektrivedur. All — kontaktvedur, ülal — akumulaatorvedur.

Mõningates kaaveõõnsustes ja lahtistel töödel esineb olukordi, kus pole võimalik üles seada kontaktjuhtmestikku. Sel juhul kasutatakse segatoitmisega nn. trolli-akumulaatorvedureid.

Peale selle esineb veel trolli-kaabel-elektrivedureid. Need on suurema tegevusraadiusega tavalised kontaktvedurid, mis võivad töötada ka ilma kontaktjuhtmeta piirkondades, olles varustatud erilise kaabliga, mis ühendatakse juhtmestikuga selle lõpus. Kaabli pikkus määrab eemaldumise kauguse kontaktjuhtmestikust. Kaabli lõdvenedes keritakse see automaatselt erilisele rullile.

Veoks vahepealsetes strekkides kasutatakse ka väikesi elektrivedureid, nn. kääbus-elektrivedureid.

Elektriveduritega veo organiseerimisel tuleb tähele panna järgmisi põhinõudeid.

1. Vedu elektriveduritega peab olema kooskõlastatud kaevanduse tösteseadisega ja veoga bremsbergidel ning tõstekallakutel. Sõe ebaühtlane saabumine muudab veo katkendlikuks ja vähendab elektrivedurite tootlikkust. Mida ebaühtlasem on toodang, seda väiksem on elektriveduri tootlikkus. Vedu elektriveduritega peab organiseeritama nii, et puuduksid igasugused seisakud; selleks tuleb töötada graafikust rangelt kinni pidades.

2. Elektrivedurite töö kontroll ja reguleerimine peab toimuma ühe inimese — dispetšeri juhtimisel.

3. Vedurite kokkupõrgete vältimiseks peab olema vastav signaalsatsioon.

4. Manöövrite vähendamiseks peab kogumispunktides olema elektriveduri saabumise hetkel valmis nõutav vagonettidekoosseis.

5. Elektrivedurid ja muu sisustus peab olema töökorras.

Elektrivedurite maksimaalse tootlikkuse saavutamiseks tuleb läbi viia vagonettide pargi ja elektrivedurite õige jaotus kogu kaevanduse ulatuses. Jaotamisel tuleb lähtuda üksikute piirkondade kaugusest ja tootlikkusest. On oluline, et iga elektrivedur töötaks teataval kindlal teosal ning masinist töötaks temale määratud veduril.

Rongidega veo graafikute koostamisel tuleb määrata üksikute reisude kestus igas üksikus kaevandamispiirkonnas ja vajalik elektrivedurite arv. Graafik peab olema koostatud selliselt, et arvestades elektrivedurite manöövreid šahti õues ja laadimispunktides ning nende täis ja tühjade vagonettidega liikumise aega, oleks tagatud rongide ühtlane saabumine šahti õue. Parimad veotingimused on loodud siis, kui igal antud momendil asub šahti õues ainult üks elektrivedur. Üldise veograafiku alusel koostatakse iga elektriveduri jaoks eraldi operatiivne graafik, mis jääb selle elektriveduri töötamise aluseks.

Et edukalt töötada, peavad vedurijuhid tundma oma elektrivedurit ning oma töötamispiirkonna kaeveõnsuste seisukorda ja teede profiili. Normaalseks töötamiseks peab elektrivedur olema alati töökorras. Selleks peab iga elektrivedur omama tehnilist passi ja remontide graafikut. Vedurijuht peab jälgima töö kestel elektriveduri korrasolekut.

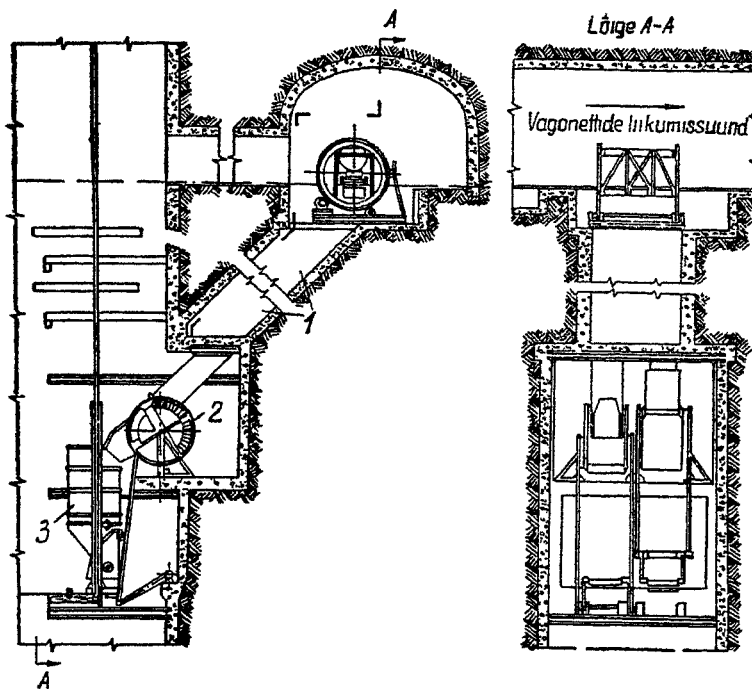
Andmed NSV Liidus valmistatavate elektri- ja akumulaatorvedurite kohta on paigutatud tabelisse 35 (IV osa).

## 7. Transport šahti õues.

Kogu kaevis igast kaevanduse piirkonnast veetakse kokku šahti õue. Kui ülestõstmine toimub kongides, haagitakse šahti õues vagonetid üksteise küljest lahti, asetatakse kongidesse ja tõstetakse maa peale. Kui kae-

visse töstmiseks kasutatakse skippe, siis tühjendatakse vagonetid erilisse punkrisse, mis asub šahti õues.

Täis vagonetid juhitakse mööda kallakteed kongi nende raskuse kaasabil. Kallakteeni tõmmatakse vagonetid tõukurite või vagonetialuse tõmbeketi abil. Tõmbeseadeldis kujutab endast otsata ketti, mille külge on kinnitatud rusikad. Rusikad haaravad vagonette nende põhja alla kinnitatud konsoolidest ja viivad edasi keti liikumise suunas kuni kallakteeni tõsteshähti ees. Sealt edasi kongini liiguvad vagonetid välise jõu abita.



Joon 407 Skipi täitmise punkrist 1 — punker, 2 — dosaator, 3 — skip

Iseveeremis-kallakteel toimub vagonettide tõkestamine kahekordsete põkatsitega. Pärast kongi saabumist šahti õue tasapinnale avaneb esimene põkats ning kongi veerev täis vagonet tõukab kongist välja allalastud tühja vagoneti. Tagumine põkats hoiab samal ajal teist, vagonetialuse tõmbeketi poolt iseveeremis-kallakteele tõmmatud vagonetti.

Kongist väljalükatud tühjad vagonetid liiguvad edasi mööda kallakteed selleks määratud kohale, kus neist moodustatakse rongid ning viiakse elektrivedurite abil uueks täitmiseks töökohtadesse.

Skipitõstmisel tühjendatakse vagonetid erilisse punkrisse. Vagonet-

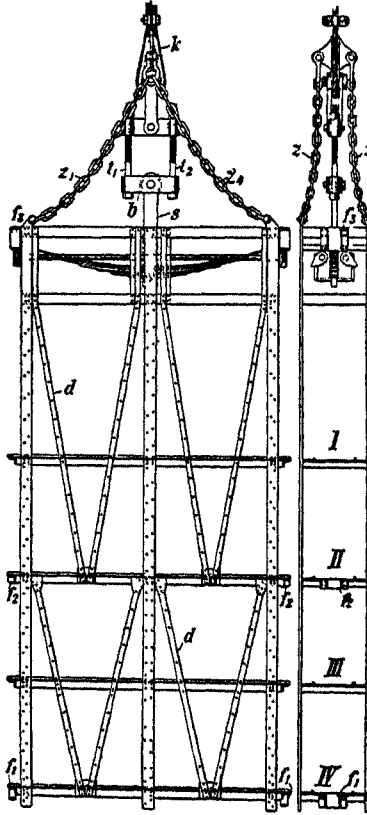
tide tühjendamiseks kasutatakse sel juhul ringkallutajaid, milledesse vagonettide etteandmine toimub enamasti vagonettide all asetsevate tõukuritega. Kallutaja taga asetseva tee profiil peab tagama vagonettide tühjendamisel haakide vajalikku pinguletõmmet ning tühjade vagonettide iseveeremist pärast kallutajast väljumist.

Põhja kaudu tühjenduvate vagonettide kasutamisel pole muidugi vajadust tõukuri ja kallutaja järele.

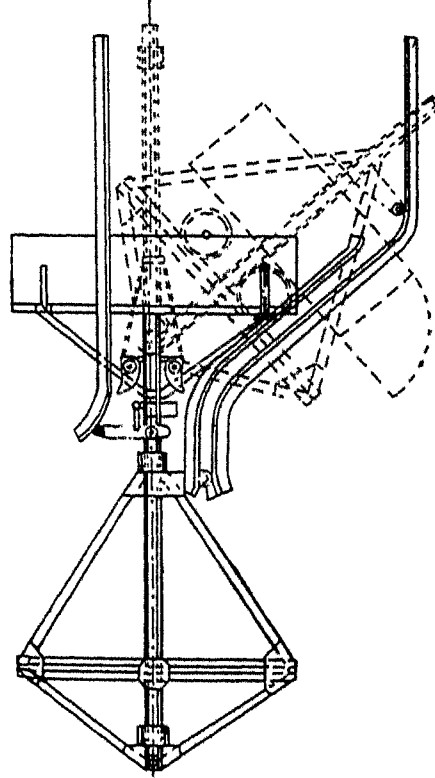
Punkri alumine osa on varustatud sulguri ja dosaatoriga ning remmiga kaevise juhtimiseks skippi. Dosaator avaneb automaatselt skipi abil viimase saabumisel laadimiskohta.

### 8. Tõstmine šahtis.

Sahti õue toodud maavära tuleb maapinnale tõsta. Kaevise tõstmiseks ja samuti ka inimeste, materjalide ja mehhanismide allalaskmiseks ja üles-



Joon. 408. Neljakorruseline kong.



Joon. 409. 45° võrra kallutuv kong.

tõst  
nal  
des

vai  
mõ  
kor  
või  
ka  
Nii  
duc  
net  
rus  
jõu  
vag  
võt  
šah  
vas  
tes  
tes  
kor  
net  
eril

tüh  
leg  
tüs  
luti  
väl  
põr  
tuc  
vac  
ten

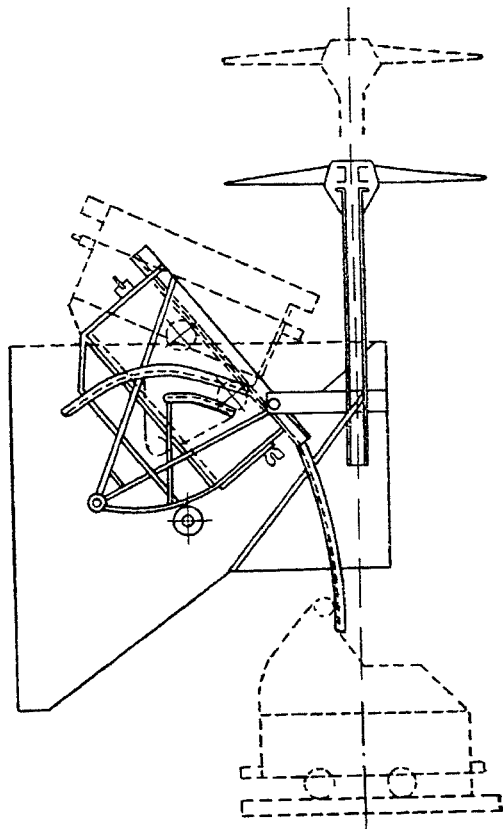
tuk  
(jo  
ha

air  
sel

tõstmiseks kasutatakse erilisi tõsteseadmeid. Maavara tõstmine maapinnale vertikaalšahti kaudu toimub tõstukites, s. o. kongides ja erilistes nõudes — skippides, mis täidetakse punkritest šahti õues.

Kaevise ülestõstmiseks vagonettidega asetatakse viimased šahtis liikuvaisse kongidesse. Kongid tehakse kas ühe- või mitmekorruselised. Nende mõõtmed valitakse nii, et igale korrusele võiks asetada üks või rohkem vagonetti, mis annab ka kongile vastava nimetuse. Nii on näiteks joonisel 408 toodud (neljakorruseline ühevagonetiline) kong, millel on 4 korrust, igaühes üks vaognet. Kongi jõudmisel maa peale lükatakse vagonetid kongist välja vastuvõtuplatvormile ning suunatakse šahti maapealses hoones asuvasse kallutajasse. Nüüdisaegsetes mehhaniseeritud kaevandustes toimub tühjade vagonettide kongi tõukamine ja täis vagonettide kongist väljatõukamine eriliste tõukuritega.

Et lihtsustada vagonettide tühjendamise operatsiooni ja sellega seoses ka maapealseid ehitusi, kasutatakse mõnikord kallutuvaid konge. Kallutuva kongi väljumisel šahtist kallutub tema põrand tühjendamiseks ettenähtud kohal ja vagonetid tühjenevad kongist väljumata, olles temas kinnitatud.



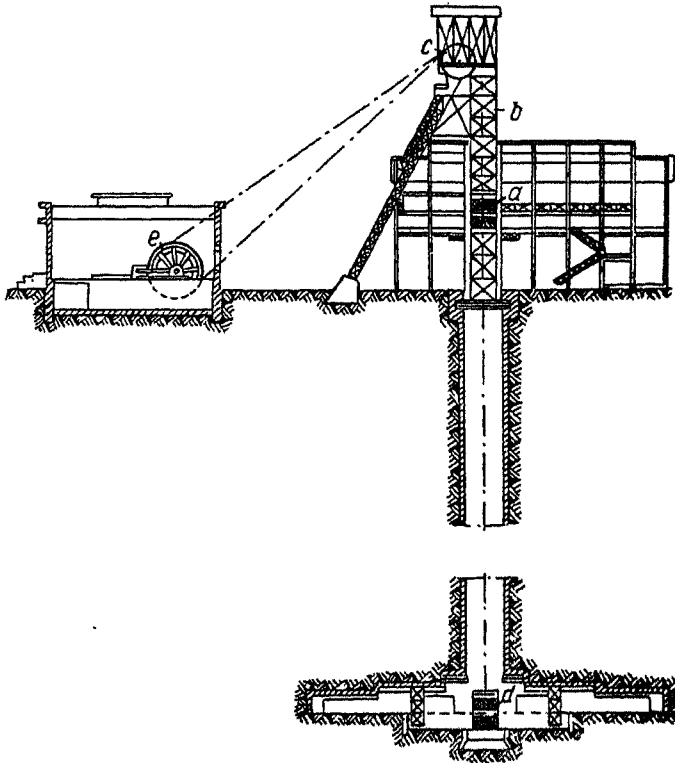
Joon. 410 135° võrra kallutuv kong.

Esineb kaht tüüpi kallutuvaid konge: 1) kongid, mille põrand kallutub 45° võrra (joon. 409), ja 2) kongid, mille põrand kallutub 135° võrra (joon. 410). Esimesel juhul kasutatakse avaneva otsaseinaga ja teisel harilikke vagonette. Kallutuvad kongid on alati ühekorruselised.

Inimeste allalaskmine ja tõstmine kallutuvates kongides on lubatud ainult mäetehnilise inspektsiooni nõusolekul ja ainult siis, kui on tarvitusele võetud rida ettevaatusabinõusid, millede rakendamisel ei ole võimalik

inimestega täidetud kongil tõusta oma tühjenduskohani (mootor lülitub automaatselt välja). Inimeste sisenemine kongi ja väljumine sealt toimub sel puhul šahti suudme tasemel.

Maavara tõstmiseks kasutatavad skipid on kahte liiki: 1) kallutuvad ja 2) läbi põhja või külgliseina tühjenduvad.



Joon. 411. Kongidega tõsteseadeldise skeem: *a* ja *d* — kongid, *b* — tõstetorn, *c* — juhtratas, *e* — tõstemasin.

Kui maavara tõstmine toimub kongides, võivad abioperatsioonid (inimeste ja materjalide allalaskmine) toimuda samades kongides. Kui tõstmiseks kasutatakse skippe, peab abitõstmiste jaoks olema teine, kongidega tõsteseade.

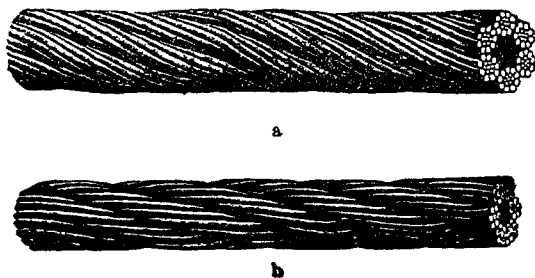
Tõsteseadme skeem on toodud joonisel 411. Tõstukid *a* ja *d* (joonisel kongid) riputatakse tõstekõite külge. Tõstekõis läheb üle tõstetornis *b* asetseva juhtratta *c* ning keritakse tõstemasina *e* trumlile. Tõstekõied võivad olla ümmargused (joon. 412) või lamedad (harvem). Kõite kinnitamine tõstukite külge toimub erilise kinnitusabinõuga.



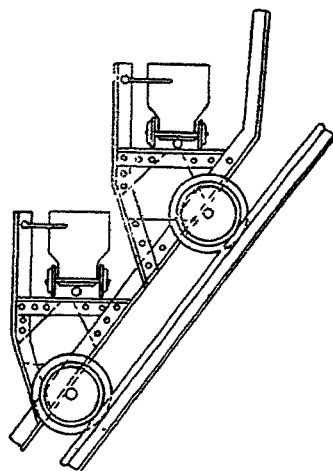
Šahti kohale ehitatakse tõstetorn. Tema kõrgus peab võimaldama skipi või kongi vaba ja hädaohutut tõstmist tühjendamiseks vajalikule kõrgusele. Juhtrataste arv tõstetornis vastab šahtis liikuvate tõstukite arvule. Tavaliselt liigub tõste ajal üheaegselt kaks tõstukit, milledest üks — koormaga — tõuseb maapinnale ja teine — tühi — lastakse alla.

Mõnikord rakendatakse abiülesanneteks ühe kongiga tõstet. Sel juhul kasutatakse masina töörežiimi parandamiseks teise kongi asemel vasturaskust, mis liigub samuti šahtis. Tõstukid (kong ja skipid) liiguvad šahtis ja tõstetornis mööda juhtmeid. Selleks on nad varustatud eriliste käppadega, mis haaravad tõstuki liikumisel juhtmeid ja võimaldavad libisemist.

Olenevalt trumlite konstruktsioonist esinevad järgmised tõstesüsteemid: tõstmine silindriliste trumlite, kooniliste trumlite (joon. 414), käävide (bobiinide) ja hõõrdeseibiga (joon. 415).



Joon. 412. Ümmargune metallkõis: *a* — albertpunutisega, *b* — ristpunutisega.



Joon. 413. Kahekorruseline kaldkong.

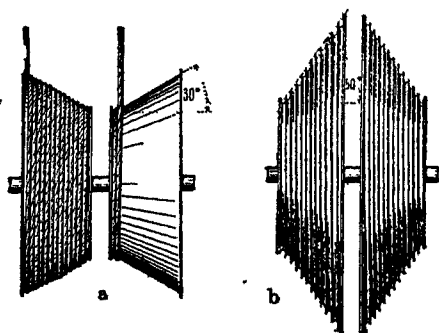
Silindriliste ja kooniliste trumlite ning hõõrdeseibiga tõstmise puhul kasutatakse ümmargusi, bobiinidega tõstmise puhul — lamedaid tõstekõisi. Ümmargused kõied keritakse trumlitele keermetena ühes reas (mõnikord, erilisel loal, kaevise tõstmisel ka kahes reas), kusjuures keermed asetuvad trumlil üksteise kõrvale. Lapikkõie keermed keritakse bobiinidele üksteise peale. Hõõrdeseibi puhul (joon. 415) asendab tõstemasina trumlit erilise konstruktsiooniga hõõrdeseib. Tõstekõis haarab selle seibi ning läheb siis tõstetorni asetatud juhtratastele. Selle kõie otste külge kinnitatakse kongid. Teine, nn. sabakõis, läheb üle šahti sumbas asetseva erilise ratta ja kinnitub oma otstega kongide põhjade külge. Juhtrattad asetsevad selle süsteemi korral tõstetornis üksteise kohal ühes vertikaaltasapinnas. Tõstekõis ja tema külge kinnitatud tõstukid liiguvad seibi ja kõie vahelise hõõrdejõu mõjul ühes või teises suunas.

Tõstukite tõstmine ja allalaskmine toimub tõstemasina masinisti poolt temale antavate heli-, osuti- või valgussignaalide ja nende kombinatsiooni järgi. Šahti õuest antakse signaalid üles ülemisele tõstekorraldajale, kes nad edasi annab masinistile.

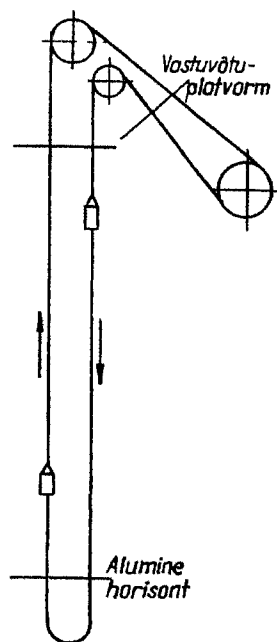
Signaale kasutatakse igas šahtis vastavalt töötingimustele. Signaalide tähendused paigutatakse nähtavale kohale.

Tõstemasinad võivad olla auru- või elektrijõul käitatavad. Uuemates NSV Liidu kaevandustes kasutatakse eranditult elektri-tõstemasinaid.

Tõstmine kallakates kaeveõnsustes teostub kas: 1) samades vagonettides, millega toimub vedu kaevanduse horisontaalsetes kaeveõnsustes; 2) skippides või 3) lint-transportööridega.



Joon. 414. Koonilised trumlid: *a* — sileda pinnaga, *b* — sooniline.



Joon. 415. Hõõrdeseibiga tõstmise skeem.

Tõste puhul vagonettides võib neid üles tõmmata ühekaupa või üksikute gruppide viisi. Tõstmine otse vagonettides võib toimuda kuni 30°-se kallakuni. Suuremate kallakute puhul võib maavara välja pudeneda ning vagonetid ümber paiskuda. Nendel juhtudel tuleb vagonetid asetada kas erilistele kongidele (joon. 413) või kasutada skipptõstet.

Lint-transportööri kasutatakse tõstevahendina kallakšahtides kuni 18°-se kallakuseni.

### 9. Inimeste transport allmaakaevandustes.

Inimeste maa-alune mehhaaniline transport kergendab märgatavalt tööliste tööd kaevanduses, vähendab nende väsimust ning aja- ja energia-kulu, mis on seoses jalgsi liikumisega.

Inimeste vedu tavalistes vagonettides on lubatud ainult akumulaator-elektrivedurite kasutamisel, kuna trolli-elektrivedurite puhul võib lahtises vagonetis istuv inimene juhuslikust kokkupuutest kontaktjuhtmega saada elektrilöögi. Veo puhul kontakt-elektriveduritega tuleb kasutada erilisi, metallkatusega kaetud vagonette. Vagonetid peavad omama lisaks veel korralikku maandust.

Inimeste veo puhul tavalistes vagonettides peavad vagonetid olema varustatud eriliste äravõetavate istmetega. Tavalistes vagonettides on inimeste vedu organisatsiooniliselt lihtsamini läbiviidav kui spetsiaalsetes vagonettides. Tavalistes vagonettides on aga inimestel ebamugavam istuda kui spetsiaalsetes. Seepärast, kui on vajalik organiseerida inimeste süstemaatilist maa-alust vedu, soovitatakse ka akumulaator-elektrivedurite puhul kasutada erilisi töölisvagonette. Tavaliselt tehakse need vagonetid mitme rea põikpinkidega ja inimesed paigutuvad neis enamasti kahekaupa (harvemini kolmekaupa) üksteise kõrvale.

Inimeste vedu kallakates kaeveõõnsustes võib toimuda ainult erilistes katusega kongides või vagonettides, millede üks pikem külg on kinnine, kuna teine suletakse lasilaga. Inimeste veoks ettenähtud kong või vagonettide rong peab olema varustatud automaatselt töötavate parašüttidega, mis kõie või haagi katkemise korral rongi järsu tõuketa peatavad. Need parašütid peavad olema ka käsitsi tegevusse rakendatavad.

Kallakute puhul kuni 0,1 (6<sup>0</sup>-ne nurk) võib kasutada ka igale vagonetile ülesseatud käsipidureid.

Parašüttidega tuleb varustada kõik vagonetid, kusjuures nad peavad olema omavahel ühenduses, et neid saaks rakendada üheaegselt. Parašütid peavad asetsema järelevaatuseks sobivas kohas ning olema kaitstud juhuslike löökide vastu, mis võiksid häirida parašüti üksikosade koostööd.

Inimeste veoks kasutatavate vagonettide koosseis peab olema ühendatud haakide ja kaitsekettide või -kõitega.

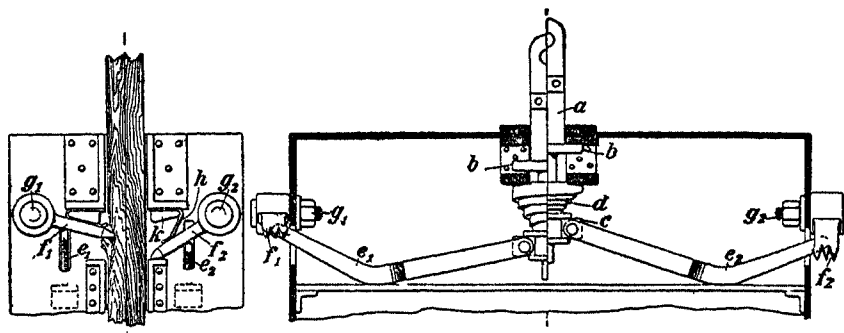
## 10. Inimeste transport vertikaalšahtis.

Inimeste allalaskmine šahtis toimub kongidega, mis peavad olema kaetud katusega ning omama tugevat põrandat. Lühematest külgedest (sissekäik) suletakse kong tõstmise ja allalaskmise ajaks eriliste ustega. Kongis peavad olema käepidemed, milledest inimesed saavad kinni hoida. Kongi ühel korrusel üheaegselt viibivate inimeste arv ei tohi olla üle 5 inimese 1 m<sup>2</sup> kohta. Inimeste allalaskmiseks ja tõstmiseks võib kasutada kõisi, mis on proovitud erilistes katsejaamades.

Et vältida kõie katkemise puhul kongi allakukkumist, on kongid

varustatud parašüttidega. Parašütid asetsevad kongi juhtkäppade juures (joon. 416). Kõie katkemisel vabaneb vedru  $d$ , mis surub kangide  $e_1$  ja  $e_2$  abil käpad  $f_1$  ja  $f_2$  juhtprussidesse ning kong jääb paigale. Parašütte on mitut tüüpi, kuid tõstekõie katkemisel nad kõik kas tungivad kongi juhtmetesse või haaravad neid, peatades sellega kongi. Joonisel 416 on vasakpoolsed osad pidurdamisasendis.

Laskumisel kaevandusse tuleb silmas pidada järgmisi ettevaatusabinõusid:



Joon 416. Parašütt:  $a$  — tõstekõiega ühenduses olev lõmmit,  $b$  — lõmmita tõkestusnukk,  $c$  — vedrualune kangi šarniir,  $d$  — vedru,  $e_1$  ja  $e_2$  — haardekäppade survekangid,  $f_1$  ja  $f_2$  — haardekäpad,  $g_1$  ja  $g_2$  — haardekäppade šarniirid,  $h$  — käpa eemalhoidmise vedru,  $k$  — käpa põkk.

- 1) kuni tõstuki täieliku peatumiseni pole lubatud sisse- ega väljastumine;
- 2) mitte astuda kongi pärast signaali;
- 3) kongi minna ühekaupa ning pidada seejuures korda;
- 4) kongis seista rahulikult, muutmata asukohta;
- 5) mitte alla laskuda ilma lambita;
- 6) mitte kasutada koormatud kongi;
- 7) kaasasolevad tööriistad asetada põrandale, teravad tööriistad peavad olema kaetud;
- 8) liikumise ajal kinni hoida käepidemest.

## B. Vee kõrvaldamine kaevandusest.

### 1. Üldandmed.

Vee sattumine kaeveõnsustesse seletub väga mitmesuguste põhjustega. Kaeveõnsuste rajamisel avatakse vett kandvaid kivimeid, millest

toimub siis suurema või väiksema veehulga voolamine kaeveõnsustesse. Sisselangemiste puhul kaevandatud alades võivad naaberkivimites tekki-  
vad praod ulatuda kõrgemal asetsevate vett kandvate horisontideni ning  
olla teedeaks, mida mööda vesi tungib kaeveõnsustesse. Ka maavara ise  
võib sisaldada suuremal või väiksemal hulgal vett. Samuti võib vesi  
kaeveõnsusse sattuda maapinnalt, kui maavarakiht seal avaneb või kui  
kivim üldiselt on pragunenud. Lõpuks võib vesi tulla ka vanadest, ena-  
masti uputatud kaeveõnsustest.

Et üksikute varapaikade ja kaeveõnsuste piirkondade hüdro-geolo-  
gilised tingimused pole kaugeltki ühesugused, siis on ka vee juurdevool  
üksikutes kaevandustes suuresti erinev.

Kaevanduse veerikkust iseloomustatakse nn. veerikkuse teguriga, mis  
näitab kaevandusse voolava vee hulka  $m^3$ -tes ühe tonni toodetava maavara  
kohta. Paljudel juhtudel on veerikkuse tegur suurem kui üks. Donbassi  
kaevandustes kõigub ta keskmiselt 1—3-ni.

Nimetatud põhjustest sõltuvat veevoolu kaevandusse nimetatakse nor-  
maalseks, kuigi selles on võimalikud kõikumised.

Kevadine vee juurdevool on tavaliselt  $1\frac{1}{2}$ —2 korda normaalsest suu-  
rem, sest lume sulamisega (mõnikord ka kestvate sadude puhul) kasvab  
vee juurdevool kaevandusse.

Peale normaalse juurdevoolu võivad esineda veel suuremate veehul-  
kade ootamatud sissetungimised kaeveõnsustesse kas vanadest uputatud  
kaeveõnsustest, maapõue veega täitunud tühikutest, maavara peal lasu-  
vaist veerikkaist kivimeist või maapealseist veehoidlaist, kui nende all  
toimuvad mäetööd.

Kaevanduse veed on tähelepanuväärsed oma mitmesuguse keemilise  
koostise poolest. Nad pole kunagi joogiks kõlblikud ja on sageli eba-  
sobivad ka tehnilisteks otstarveteks.

Mõnikord sisaldab kaevanduse vesi vaba väävelhapet. Sääraseid  
vesi nimetatakse happesteks ja oma söövitava toime tõttu mõjuvad nad  
kahjustavalt pumpadele, torustikule, rõõbastele ja muudele metalleseme-  
tele, samuti ka tööliste jalatseile ja rõivastele.

Kaevanduse vete happesuse neutraliseerimiseks kasutatakse sagedasti  
kustutamata lupja, mida tuuakse vagonettidega maa pealt kaevandusse  
ning puistatakse veekraavidesse või erilistesse basseinidesse. Et sageli  
neutraliseerimist ei teostata, siis võetakse pumpades ja torustikus happeste  
vete söövitava toime vastu kasutusele erilised abinõud: pumba detailid,  
mis alluvad vete söövitavale toimele, valmistatakse happeskindlast pronk-  
sist või roostevabast terasest, kuna torud vooderdatakse seest puidu või  
pliiga.

Kaevanduse veekõrvalduse ülesanneteks on:

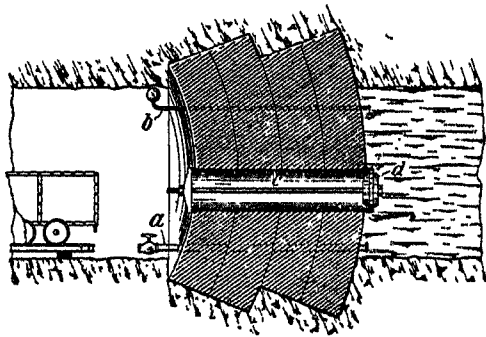
- 1) kaeveõõnsuste kaitsmine maapinna vete sissetungimise eest;
- 2) kaeveõõnsuste kaitsmine vee ootamatu sissetungimise eest;
- 3) kaevanduse vete pumpamine maa peale.

## 2. Kaeveõõnsuste kaitsmine üleujutuste (uputuste) eest.

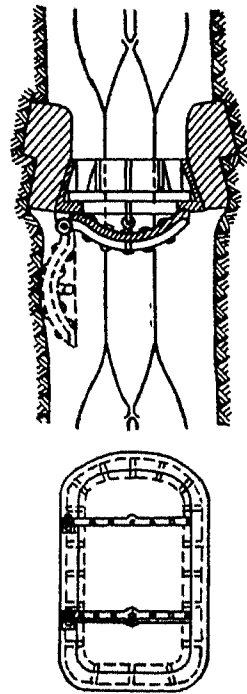
Maapealsete vete maa-alustesse kaeveõõnsustesse sattumise vältimiseks tuleb šahtid ja stollid rajada vee poolt mitte-üleujutatavasse koh- tadesse.

Peale selle tuleb šahti suuet kaitsta sademete vete vastu, tehes tema toestiku (krae) 0,5—1 m üle maapinna, kaevates vajalikud vee äravoolu kraa- vid jne.

Et võimaluse piirides vähendada vihmavete ja lumesulamisvete sissetungimist kaevandusse, tuleb jälgida vee voolamist maapinnal ning juhtida ta kõrvale kohtadest (praod, sisselangemised, vanad kaeveõõnsused jne.), millede kaudu vesi võiks tun- gida maa-alustesse kaeveõõnsustesse.



Joon. 417. Vee tõkketamm kaeveõõnsuses: *a* — vee väljalasketoru, *b* — õhutoru, *c* — toru tööliste läbi- pääsuks, *d* — kaas toru sulgemiseks.



Joon. 418. Vee tõkke- tamm hermeetiliselt suletava uksega.

Ootamatute üleujutuste vältimiseks peab iga kaevandus omama naaber- kaevanduse piiridel kaitsetervikuid. Nende paksuseks võetakse järsu kal- lakusega kihtide puhul tavaliselt vähemalt 18 m ja laugete kihtide puhul 10 m.

Töötades allpool üleujutatud kaeveõõnsusi peab kaitsetervik olema kallaku suunas vähemalt 10—30 m paksune, mis tuleb igakordsete arvutuste abil täpselt kindlaks määrata.

Kõik kaeveõõnsused, mis lähenevad kaevanduse välja piiridele või kaeveõõnsustele, kus võib oodata vee kogunemist, tuleb rajada, juhitudes markšneideri plaanidest, milledes on märgitud kõik vanad kaeveõõnsused. Säärastes tingimustes rajatavate kaeveõõnsuste etest tuleb puurida vähemalt 3 m erilisi eelnevaid, 35-mm-se läbimõõduga proovi- (eel-) puurauke. Seejuures tuleb võtta rajatav kaeveõõnsus minimaalse põikilõikega, ja kui kasutatakse lõhkamistöid, siis lõhata korraga mitte üle ühe lõhkeaugu.

Kaevanduse kaitsmiseks vee äkiliste sissetungimiste eest mingisugusest tema piirkonnast tuleb peakaevõõnsustele (kveršlagid, paneelstrekid, šahti õue kaeveõõnsused jne.) ehitada veekindlate ustega tõkkesammid. Sageli osutub võimalikuks ehitada ka umbseid tõkkesamme.

Need tõkkesammid tehakse harilikult kivist (tellis, ehituskivi, betoon), harvemini puidust, ja ehitatakse tugevatesse, pragunenud, vett mitte-läbilaskvatesse kihtidesse. Tõkkesammide vastupanu tõstmiseks vee survele tehakse ta veepaisu poolt sfäärilise pinnaga. Kaeveõõnsuse seintesse tehakse aga kaldpindadega sisselõiked, et tõke vee survele hästi kinni jääks (joon. 417).

Pragude tekkimise vältimiseks teostatakse sisseraiumine tavaliselt käsitsi, ilma lõhkamiseta. Tõkkesammide ehitamisel asetatakse tema alumisse ossa toru *a* vee väljalaskmiseks tõkke tagant. Veidi kõrgemale asetatakse sääraсте mõõtmega toru, et tema kaudu saaksid väljuda tammi ehitavad töölisel. Tõkke ülemisse ossa paigutatakse toru *b* tammi taha koguneva õhu väljalaskmiseks vastavalt tõkkesammide taga asuvate kaeveõõnsuste täitumisele veega. Pärast tõkkesammide valmisaamist väljuvad töölisel toru *c* kaudu, mis hiljem suletakse kaanega *d*.

Toru *a* sulgub ventiiliga, torule *b* asetatakse hiljem manomeeter vee surve mõõtmiseks.

Kirjeldatud tõkkesamme kasutatakse ajutiste tõketena vee äkiliste sissetungimiste puhul ja püsivatena — töösolevate kaevanduspiirkondade eraldamiseks juba väljatöötatud piirkondadest.

Vee äkiliste sissetungimiste juhuks, millede esinemist võib juba ette näha, asetatakse kveršlagidesse ja teistesse kaeveõõnsustesse vett mitte-läbilaskvad tõkkesammid hermeetiliselt suletavate veekindlate ustega (joon. 418).

Need ukseel keevitatakse teraslehest või valatakse malmist või terasest ning kinnitatakse tõkkesammisse ehitatud samast materjalist raami

külge. Vee normaalse juurdevoolu puhul on tõkkesammi ukсед avatud ning vee väljapumpamine toimub tavalisel viisil. Kui esineb aga ebatavaline vee juurdevool, mille väljapumpamiseks ei piisa olemasolevatest pumpadest, suletakse ukсед pärast viimase töölise lahkumist ja vesi peatatakse sammi taga. Võimaluse piires püütakse vett tõkkesammi tagant välja pumbata selleks sisseehitatud toru kaudu, nagu on eespool kirjeldatud.

Pärast kogu vee kõrvaldamist tõkke tagant avatakse ukсед ning normaalne töö jätkub.

### 3. Kaevanduse veekõrvalduse üldine skeem.

Kõikidesse kaeveõnsustesse kogunev vesi koondatakse enamasti kaevanduse šahti õue lähedusse, kuhu rajatakse kaevanduse tsentraalne pumbajaam. See pumbajaam arvestatakse kogu kaevanduse vee juurdevoolu või kogu veekõrvalduse jaoks.

Vee ärajuhtimine etest mööda strekke ja teisi kaeveõnsusi toimub enamasti ühele poole kaeveõnsust paigutatud veekraavi abil. Vesi kogutakse erilistesse veekogumis-kaeveõnsustesse ehk veekogujasse, mis kujutab endast enamasti 3—4 m allapoole šahti õue rajatud käike. Veekoguja maht peab olema nii suur, et ta mahutaks kogu kaevandusse voolava vee hulga, juhul kui pumbad peaksid seisma jääma. Enamasti arvestatakse see 8—12- (keskmiselt 10-) tunnisele vee juurdevoolu hulgale. Peale ohutuse tagab veekoguja niisugune maht pumpade normaalse töö, võimaldades neil pidevalt töötada pikemat aega.

Kaevanduses voolav vesi pole enamasti puhas, sest ta kannab endaga peent kaevisepuru. Seetõttu on veekoguja ülesandeks anda vees esinevatele tahketele osadele võimalust settida. Veekoguja põhja tekkivad settled tuleb perioodiliselt kõrvaldada. Selleks peab veekoguja koosnema kahest iseseisvast või ühest vaheseinaga eraldatud kaeveõnsusest, et ühe puhastamisel kogu vesi koguneks veekoguja teise ossa.

Neil juhtudel, kui varapaiga avamine või kaevandamine toimub kihi kallakuse suunas tõstekallakuga või kui kaevanduses töötab mitu horisonti, tuleb peale pea-veekõrvalduse kasutada veel abi-veekõrvaldust. Abiveekõrvalduse seadmed pumpavad vett tõstekallakutest või kaevanduse alumistelt horisontidelt ja juhivad ta veostreki tasapinnale (tõstekallakuga kaevandamisel), kust ta satub pea-veekogujasse, või — mitme horisondi puhul — tõstetakse vesi alumistest kogujatest vahetult pea-veekogujasse. Pea-veekõrvalduse pumbajaam koosneb enamasti kolmest pumpast, milledest üks on töös, teine vahetuseks ja kolmas reservis (või remondis).



Iga pumba jõudlus valitakse nii, et kaevanduse ööpäevane normaalne vee juurdevool (suvel) oleks ühe pumbaga väljapumbatav 20 tunni jooksul. Töö ühtlaseks jaotamiseks ja pumpade ekspluateerimistingimuste parandamiseks töötavad tööpumbad kahes vahetuses, kumbki 10 tundi ööpäevas.

Kevadiste suurvete ajal, kui vee juurdevool kaevandusse ületab normaalse kuni 100%, toimub vee väljapumpamine üheaegselt kahe või rohkema pumbaga. Vee suurte juurdevoolude puhul pole võimalik kasutada säärast pumpade valikut ja veekoguja mahu määramist. Erijuhtudel võetakse veekoguja maht võrdsena 2—4-tunnise juurdevooluga ja pumpade arv ulatub 10-ni. Survetorustikkude arvuks võetakse vähemalt 2. Iga pumbaga töötatakse võimaluse korral iseseisvasse torustikku.

Pumpade ülesseadmisel peab tähele panema, et imemiskõrgus ei ületaks 6,5 m, arvestades pumba teljest kuni imemisventiilini. Suurtel pumpadel langeb imemiskõrgus 3,5 m-ni.

Igas kaevanduses tuleb koostada veekõrvalduse ööpäevane graafik sellise arvestusega, et pumbad töötaksid kaevanduse vähima koormuse tundidel. See graafik koostatakse kooskõlas energiaga varustava organisatsiooniga.

Kahe pumba üheaegne töö ühisesse survetorustikku pole väheste juurdevoolude puhul lubatud, sest juhul, kui pumbad on võrdse võimsusega, s. o. tekitavad võrdset survet, nende üldine tootlikkus langeb; kui aga nende surved on erinevad, siis tõstab suurema survega pump üksi, kuna väiksem ei suuda vett torustikku juhtida. Suurte vee juurdevoolude puhul esineb vahel juhtumeid, kus kaks pumba töötavad ühte torustikku.

Tõstekallakute ja horisontide abi-veekõrvaldusseadmed varustatakse, samuti nagu tsentraalsedki, kolme agregaadiga, kui vee juurdevool ulatub üle 50 m<sup>3</sup>/tunnis.

Kui juurdevool on alla 50 m<sup>3</sup>/tunnis, siis varustatakse abi-veekõrvaldusseade kahe pumbaga, kusjuures kumbki peab olema suuteline ööpäevast vee juurdevoolu välja pumpama 20 tunni jooksul.

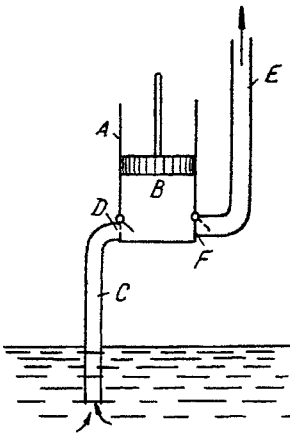
Tõstekallaku veekoguja maht peab olema selline, et oleks lubatav pumpade 10-tunnine peatamine.

Laugete varapaikade kaevandamisel esineb kaevanduses sagedasti nõgusaid kohti, milledest tuleb vett välja pumbata väikese survega pumpadega, juhtides vee veekogujasse. Niisugust vee kõrvaldamist nimetatakse kohalikuks veekõrvalduseks.

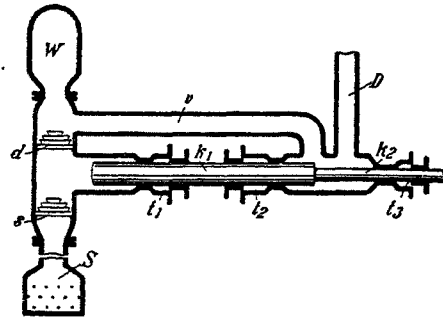
#### 4. Pumbad.

Veekogujast vee maa peale pumpamiseks kasutatakse tsentrifugaal-pumpi. Kolbpumpi leidub kaevandustes harva ja neidki ainult süvendus-töödel eest vee väljapumpamisel või kohalikul veekõrvaldusel.

Kolbpumba töö põhimõte selgub jooniselt 419. Silindris *A* liigub üles-alla kolb *B*. Silindri külge kinnitub imemistoru *C*, mis silindrisse suubumise kohal varustatakse klappiga *D*. Viimane avaneb ainult silindri sisemusse. Toru teine ots asetseb basseinis. Sama silindri *A* külge kinnitub survetoru *E*, mis tühjenduskohal silindrisse *A* omab klappi *F*. See



Joon. 419. Kolbpumba skeem: *A* — silinder, *B* — kolb, *C* — imemistoru, *E* — survetoru, *D* ja *F* — klappid.



Joon. 420. Diferentsiaal-pumba skeem: *k*<sub>1</sub> — sukelduv kolb, *d* ja *s* — klappid, *S* — imemistoru, *D* — survetoru, *k*<sub>2</sub> — kolvi vars, *W* — õhupadi (puhver), *v* — ümbervoolu-kanal, *t*<sub>1</sub>, *t*<sub>2</sub>, *t*<sub>3</sub> — tihenduskarbid.

klapp avaneb ainult torustikku. Survetoru suundub šahtipidi maapinnale või veekraavi.

Kolvi ülesliikumisel (skeemil) tekib silindri sisemuses õhuhõrendus, mille tagajärjel sulgub klapp *F* (õhusurve või veesamba raskuse mõjul torus *E*) ning silindri sisemusse avaneb klapp *D*; atmosfäärilise surve tagajärjel tungib vesi basseinist torusse *C* ja täidab pumba silindri *A*. Kolvi tagasiliikumisel (joonisel — kolvi liikumisel alla) sulgub klapp *D*; tekkiva surve tagajärjel avaneb klapp *F* ja silindris olev vesi surutakse survetorustikku *E*, mida mööda ta suundub maapinnale.

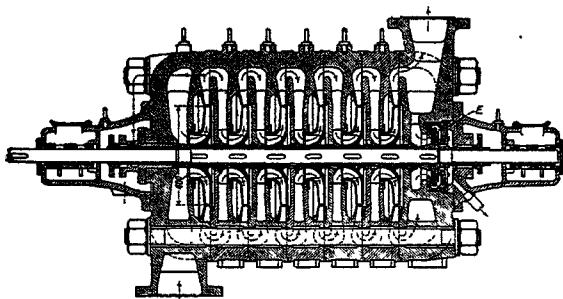
Töötamisviisi järgi jaotatakse kolbpumbad ühepoolse tegevusega, kahepoolse tegevusega ja diferentsiaal-pumpadeks. Ühepoolse tegevusega pump sarnaneb eelkirjeldatuga, s. t. imemine toimub kolvi ühele poole ja

surumine — teisele poole liikumisel. Kahepoolse tegevusega pumpades toimub imemine ja surumine kolvi nii ühele kui ka teisele poole liikumisel. Diferentsiaalumpades toimub imemine ühepoolse pumba põhimõttel, surumine aga kolvi nii ühele kui ka teisele poole liikumisel (joon. 420).

Kolbpumbad omavad suhteliselt kõrget kasutegurit, mis headel pumpadel võib ulatuda 0,9-ni. Kasuteguri keskmine suurus on 0,8—0,85. Kolbpumbad on töötamisel väga kindlad ja töötavad ka ebapuhta vee puhul. Seepärast tarvitatakse neid kaevanduspraktikas enamasti uute šahtide ja tõstekallakute rajamisel, kus väljapumbatav vesi on tavaliselt võrdlemisi sogane.

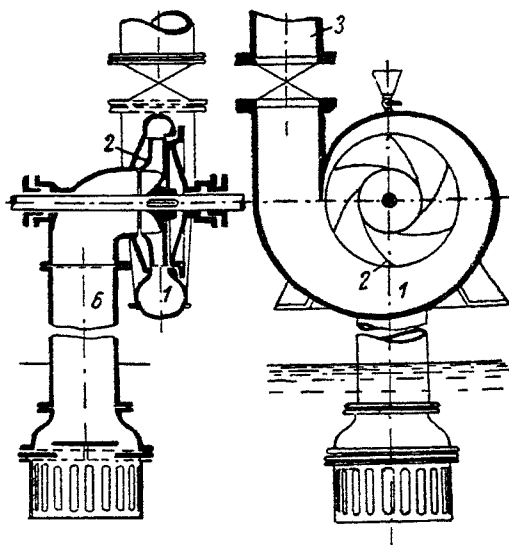
Tsentrifugaalpumba skeem on toodud joonisel 421. Õõnes, seintevaheliste ribidega — labidatega — ratas 2 pöörleb malmist või terasest keres 1, millega ühinevad imemistoru 6 ja survetoru 3.

Enne pumba käivitamist tuleb ta täita veega. Ratta pöörlemisel, mis



Joon. 422. Kõrgsurve-tsentrifugaalpumba läbilõige.

Olenevalt surve kõrgusest jagunevad tsentrifugaalpumbad madal- (kuni 15 m), kesk- (kuni 50 m) ja kõrgsurve- (üle 50 m) pumpadeks. Järjestikku paigutatud töörataste arvu järgi eristatakse ühe- ja



Joon. 421. Tsentrifugaalpumba skeem: 1 — pumba kere, 2 — töö-(jooksu-)ratas, 3 — survetoru, 6 — imemistoru.

saab mootorilt kiiruse kuni 3000 pööret/min., paisatakse vesi tsentrifugaaljõu mõjul ratta tsentrist välja-poolsele ning ta suubub survetorusse 3. Seejuures tekib ratta sisemuses hõrendus (vaakuum), mille tagajärjel vesi tungib imemistoru kaudu basseinist pumba.

mitmeastmelisi pumpi, kusjuures viimased on kõrgsurvepumbad (joon. 422).

Peale selle valmistatakse tsentrifugaalpumpi ühe- ja kahepoolse ime-misega, juhtlabidatega ja ilma, horisontaalse ja vertikaalse völli-ga. Tsentrifugaalpumpade kasuteguri keskmine suurus on 0,65—0,75, seega kolb-pumba omast väiksem. Tsentrifugaalpumbad on aga konstruktsioonilt kolbpumpadest lihtsamad ja töötamisel kindlamad, nõudes väiksemat hooit ja järelevalvet. Tsentrifugaalpumpade tootlikkus on kolbpumpade omast märksa suurem, sest neid võib ehitada töövõimega mitusada  $m^3$ /minutis. Seda arvestades kasutatakse pea-veekõrvalduses peaaegu eranditult tsentrifugaalpumpi.

On olemas veel eriline liik tsentrifugaalpumpi, nn. rippuvad tsentri-fugaalpumbad, mida kasutatakse šahtide rajamisel ja üleujutatud kaevan-duste tühjaks-pumpamisel. Rippuvate pumpade tootlikkus on enamasti 25—50  $m^3$ /t. või 100—250  $m^3$ /t. ja rohkem. Neid pumpi on kirjeldatud ees-pool, šahtide rajamise osas.

## 5. Pumbajaama sisustus.

Vee juhtimine pumba toimub imemistorude abil. Imemistoru on oma alumises otsas varustatud pumba kurnaga. Selles on vastuvõtuklapp, mis pumba seismajäämisel sulgub. Et pumba koos veega mitmesugust prügi ei satuks, kaitstakse imemistoru kurna kaitsevõrguga. Pumba lähedusse asetatakse imemistorule vaakuummeeter, et kindlaks määrata pumba poolt tekitatavat hõrendust.

Survetoru varustatakse reguleeritava siibriga, mille abil toimub pumba tootlikkuse reguleerimine. Reguleerimissiibri peale tuleb asetada surve-klapp. Pump või survetorustik varustatakse veel manomeetriga pumba normaalse töö jälgimiseks.

Pumbad seatakse üles pumbakambrisse, milleks on enamasti piklik kaeveõõnsus. Vahel on pumbakambriks maa-aluse pea-elektrialajaama jätk. Pumbad paigutatakse enamasti üksteise järel piki kambrit, nagu on näha joonisel 28, kus toodud numbrid tähendavad: 1 — elektrimootoriga ühel völli-l asetsev tsentrifugaalpump, 2 — mootor, 3 — käivitusseadmed, 4 — ühendusmuhv, 5 — alusplaadid, 6 — kaeveõõnsus, mille kaudu viiakse survetorud pumbakambrist šahti, 7 — jaotuskaev, 8 — redel, 9 — siiber vee juhtimise reguleerimiseks üksikute pumpadeni, 10 — imemistoru, 11 — imemiskaev, 12 — talad talide riputamiseks, 13 — talid.

Igas kaevanduses on paratamatu suurema või väiksema veehulga

juurdevooli. Mõningates kaevandustes on vee juurdevoolu hulgad võrdlemisi suured, ulatudes sadade ja mõnede tuhandete kuupmeetriteni tunnis. See asjaolu teeb vee kõrvaldamise üheks olulisemaks osaks kaevanduse majanduses, sest kulutused vee kõrvaldamisele moodustavad olulise osa kaevanduse eksploateerimisega seoses olevaist üldistest kulutustest. Need kulutused koosnevad: 1) elektrienergia hinnast, 2) kulutustest teenindavale personalile, 3) kulutustest määrimisele, puhastamisele, 4) kulutustest remondile.

Loetletud kulutuste vähendamiseks on soovitatav rakendada suuremaid pumpi, sest need omavad paremat kasutegurit, nõuavad vähem teenindavat personali (sama üldvõimsuse puhul) ning kulutused määrimisele on väiksemad. Kulutused remondile olenevad üldiselt kohalikest tingimustest (vee happesus ja puhtus).

## C. Tuulutus ehk õhustus.

### 1. Üldandmed.

Normaalne atmosfääri õhk on gaaside (lämmastiku, hapniku ja süsihappegaasi) ning veeauru segu.

Atmosfääri õhu gaasiline koostis on küllaltki püsiv. Tavaliselt on kuivas atmosfääri õhus umbes 79% lämmastikku, 20,96% hapnikku ja 0,04% süsihappegaasi. Veesisaldus kõigub üldiselt võrdlemisi suurtes piirides.

Õhu gaaside koostis on püsiv seetõttu, et Maakera ümbritsev õhukiht on küllalt mahukas, et maapinnal toimuvad keemilised protsessid on vastastikusel tasakaalus, et atmosfäär omab suurt liikuvust ja et gaasidel on kalduvus difusioonile. Kuid alades, mis on piiratud gaasidele raskesti läbitavate tõketega, võib selline püsivus kaduda ja seetõttu tekib vajadus rikutud õhu kõrvaldamiseks ja tema asendamiseks puhtaga, s. t. tekib vajadus tuulutada. Säärane olukord esineb maa-alustes kaeveõõnsustes, mis on maapinnast eraldatud kivimitest kattega ja mida ühendab maapinnaga ainult piiratud arv väikese põikilõikega kaeveõõnsusi. Kaevanduses ei mõjasta õhu püsivat koostist mitte ainult nähtused, mis seda tavaliselt häirivad — s. o. inimeste ja loomade hingamine, lampide põlemine, mädanemine jne., vaid ka mitmesuguste gaaside eraldumine kivimitest, gaaside tekkimine lõhkamistööst jne.

Kaevanduste tuulutuse ülesandeks on peale kaeveõõnsuste varustamise hingamiseks kõlbliku õhuga veel nendes normaalse temperatuuri ja

niiskuse hoidmine. Et tuulutus on oluline tegur töötingimuste parandamiseks ja töö ohutuse suurendamiseks, seetõttu tuleb kaevanduse tuulutusele ehk õhustusele osutada erilist tähelepanu.

Kaevandusõhu koostis ja kaevanduse tuulutuse põhilised reeglid on määratletud töökaitse reeglites, mis omavad seaduse jõudu.

## 2. Kaevanduse atmosfäär.

Atmosfääri õhuga toimub kaeveõõnsuste läbimisel hulk keemilisi ja füüsikalisi muutusi, millest tähtsamad on hapnikusisalduse vähenemine ja süsihappegaasi-sisalduse kasv. Samaaegselt rikastub õhk kaevanduses mitmete gaasiliste ja ka tahkete (tolmu kujul) lisanditega.

Kaevandustes eralduvad omadustelt väga mitmesugused gaasid: metaan ehk kaevandusgaas ( $\text{CH}_4$ ), süsihappegaas ( $\text{CO}_2$ ), väävelvesinik ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ja rida teisi. Peale selle tekivad lõhkamistödel lämmastiku ja süsiniku monooksüüdid. Kaevandusõhu massiline rikastumine süsihappegaasiga toimub maa-aluste tulekahjude ja kivisöetolmu plahvatuste puhul.

Kaevandusõhk erineb atmosfääri õhust ka temperatuuri, suurema surve (sügavais kaevandustes) ning tunduva niiskuse poolest.

### a) H a p n i k.

Hapnik ( $\text{O}_2$ ) on õhust veidi raskem (erikaal 1,1).

Hapnikusisaldus kaevandusõhus väheneb inimeste ja loomade hingamise, lampide põlemise, orgaaniliste ja anorgaaniliste ainete aeglase hapendumise tagajärjel. Hapniku oluline ja järsk vähenemine kaevandusõhus võib toimuda kaevanduse tulekahjude ja metaani ning tolmu plahvatuse puhul.

Hingamisel kopsudesse sattuvast õhuhapnikust kasutatakse organismi poolt ainult väike osa: väljahingatavas õhus on hapnikusisaldus vähenenud (mahu järgi) 20,93%-lt 16,6%-ni ja süsihappegaasi-sisaldus kasvanud 0,03%-lt 4,23%-ni.

Hingamiseks vajalik minimaalne hapnikusisaldus on inimese seisundist ja sellest, missuguste gaasidega on hapnik asendatud.

Kaevandustes hapnikusisalduse langemisel 17%-ni ilmnevad inimestel hingeldamine ja südamepekslemine ja hapnikusisalduse langemist alla 12% tuleb pidada elule ohtlikuks.

Inimese normaalseks seisundiks töö ajal ja tema töövõime ning terve säilitamiseks ei tohi hapnikusisaldus kaevandusõhus palju erineda

hapnikusisaldusest atmosfääri õhus. Töökaitse reeglite põhjal ei tohi hapnikusisaldus töötavates kaeveõnsustes langeda alla 20%.

Hapnikusisaldust õhus määratletakse selle järgi, kuivõrd õhk soodustab põlemist. Hapnikusisalduse määramise lihtsamateks indikaatoriteks on mitmesugused bensiini- ja õlilambid ning küünlad. Kui hapnikusisaldus õhus väheneb 19%-ni, langeb lambi valgustugevus  $\frac{2}{3}$  võrra normaalsest, ja hapniku vähenemisel 16,5%—17,5%-ni kustuvad lambid ja küünlad.

Indikaatoritena ei saa kasutada atsetüleenilampe, sest hapnikusisalduse puhul 15,5—17,5% hakkavad viimased ainult tahmama ja kustuvad alles 11—12%-lise hapnikusisalduse korral, s. t. siis, kui hapnikusisalduse madalus on inimesele juba surmav.

Seepärast, kui saadetakse inimesi kaevanduse vanadesse mahajäetud aladesse, peab neid varustama lihtsate leeklampidega selleks, et lampide kustumine signaliseeriks hädaohust. Atsetüleenilampide kõlbmatust indikaatoritena sel puhul on tõestanud juhtumid, kus töölised on juba hapniku vähesuse tõttu lämbunud, kuid lambid põlevad edasi.

#### b) Süsihappegaas.

Süsihappegaas ( $\text{CO}_2$ ) on värvitu, raske (erikaal 1,52), nõrgalt hapu maitse ja lõhnaga ning ühineb ahnelt veega.

Süsihappegaas iseenesest omab väga nõrku mürgistavaid omadusi. Süsihappegaasi-sisalduse suhteliselt väike kasv (kuni 1%) mõjub peasjalikult hingamist intensiivistavalt. Säärast süsihappegaasi mõju ei saa pidada niivõrd tema omaduseks, kuivõrd õhu hapnikusisalduse langusest tingitud nähtuseks, mida põhjustab süsihappegaasi-sisalduse kasv.

Süsihappegaasi-sisalduse kasvul kuni 3% kahekordistub hingamise kiirus ja töö on tublisti väsitav. 5%-lise sisalduse puhul on hingamine väga raske, 6% juures ilmub tugev hingeldamine ning nõrkus ja süsihappegaasi-sisalduse kasvul 10%-ni või üle selle kaob meelemärkus.

Hoides kunstlikult hapnikuhulka normaalsel kõrgusel on süsihappegaasi mõju nõrgem, kuid õhu 25—30%-lise süsihappegaasi sisalduse puhul esineb siiski surmaoht.

Süsihappegaas tekib kaevandustes puittoestiku mädanemisel ja muude orgaaniliste ainete aeglasel hapendumisel, inimeste ja loomade hingamisel, lampide põlemisel, lõhkamistöodel, söest ja muudest kivimeist eraldumise teel ja lõpuks plahvatuste ning tulikahjude tagajärjel.

Vaatlused on näidanud, et hingamisel eralduv süsihappegaas on mürgisem anorgaanilise päritoluga süsihappegaasist. Säärase süsihappegaasi

sisaldus on juba 0,10—0,12% puhul organismile kahjulik, seepärast ei tohi tööstushoonetes ja elamuis süsihappegaasi-sisaldus tõusta üle 0,1%.

Kaevandustes, kus hingamisel tekivad süsihappegaas moodustab ainult tähtsusetu osa tema üldmahust (10—35%), on hädaohtlikkuse piir märksa kõrgemal ja seepärast nõuavad töökaitse reeglid, et süsihappegaasi-sisaldus maa-aluste tööde mistahes kohas ei oleks üle 0,5%. Et süsihappegaas oma omadustelt on põhiliselt hapniku vastand, siis võib süsihappegaasi-sisalduse kasvu õhus samuti määrata lampide põlemise järgi.

Valguse tugevusele ja põlemise kindlusele mõjub peale süsihappegaasi-sisalduse veel õhu liikumine ja hapnikusisaldus, seepärast pole võimalik tuua täpseid arve süsihappegaasi-sisalduse mõju kohta lambi valgusele. Võib umbes öelda, et süsihappegaasi-sisaldusel 1,5% on kustunud lampi raske süüdata, 3—4% puhul hakkavad bensiini- ja õlilambid liikumatus õhus kustuma (liikuva õhu puhul on normid veidi kõrgemad). Igal juhul mõjub süsihappegaasi-sisalduse kasv põlemisele rohkem kui inimese hingamisele, seega õli- ja bensiinilampide korralik põlemine näitab, et inimestele ohtlikke süsihappegaasi kontsentratsioone selles paigas ei esine.

Atsetüleenilambid, mis on kõlbmatud hapniku indikaatoritena, ei kõlba ka süsihappegaasi indikaatoriteks.

Olles õhust raskem koguneb süsihappegaas enamasti kaeveõõnsuste põhjale. Seepärast tuleb tema avastamiseks lasta lamp madalale. Suurem koguseis võib süsihappegaas koguneda allasuunduvate kaeveõõnsuste põhja — šurfidesse, gesenkidesse jne., seepärast tuleb enne mahajäetud šurfidesse või teistesse allasuunduvatesse kaeveõõnsustesse laskumist kontrollida nende õhu puhtust põleva lambi allalaskmise teel.

### c) V i n g u g a a s .

Vingugaas (CO) on värvita, lõhnata, õhule lähedase erikaaluga (0,97) gaas.

Kaevandustes tekib vingugaas enamasti tulikahjudel, metaani ja kiviõletolmu plahvatustel ja lõhkamistöodel. Segatult õhuga vingugaas põleb (piirides 13—16% kuni 75% on see segu isegi plahvatav). Vingugaasi hädaohtlikkus seisneb tema mürgisuses. Et punased verelibled ühinevad 250—300 korda intensiivsemalt vingugaasiga kui hapnikuga, siis omandab veri isegi vähesel vingugaasi sisaldusel hapniku asemel vingugaasi, mille tagajärjel tekib organismis hapnikunälg. Peale vere märgatavat küllastumist vingugaasiga — kui 70—80% hemoglobiini on viimasega ühinenud — saabub surm.



Rahulikult lebavale inimesele ei avalda 0,01%-line vingugaasisisaldus mitme tunni kestel mõju. Vingugaasisisalduse kasvades 0,1%-ni tekib 1 tunni järel tugev mürgistus, 0,15—0,2%-ni — hädaohtlik mürgistus, 0,5%-ni — surm 20—30 min. pärast. Kui vingugaasisisaldus õhus on 1%, kaotab inimene teadvuse juba peale mõningaid hingetõmbeid. Inimese igapäevane kestev viibimine õhus, mis sisaldab vingugaasi ainult 0,001%, tingib kroonilise mürgistuse, kuna aga lühiaegset, pooltunnilist viibimist võib lubada õhus, mis sisaldab 0,02% vingugaasi.

Indikaatoritena võib vingugaasi puhul kasutada väikesi loomakesi (hiired ja väikesed linnud), kelle vereringe toimub kiiremini ja kes seetõttu on vingugaasi suhtes tundlikumad ning mürgistuvad kiiremini kui inimene. Töökohas ei tohi vingugaasi-sisaldus ületada 0,0016%.

Käesoleval ajal kasutatakse kaevandustes päästetöödel vingugaasisisalduse kindlaksmääramiseks kloorpallaadiumi, mille lahusest pärast kokkupuudet vingugaasiga eraldub tume sade.

#### d) Väävelvesinik.

Väävelvesinik ( $H_2S$ ) on raske (erikaal 1,19), väga mürgine iseloomuliku müdanemislõhnaga gaas. Kui väävelvesinikku esineb õhus 6%, tekib plahvatav segu. See väävelvesiniku omadus pole nii ohtlik kui tema mürgisus, sest üle 0,1%-line väävelvesiniku-sisaldus õhus kutsub kiiresti esile surma.

Kaevanduses tekib väävelvesinik müdanemisest ja eraldub ka puhtal kujul pragudest ning tühikutest.

Väävelvesiniku indikaatorina võib edukalt kasutada meie haistmis-meelt, sest väävelvesiniku-sisaldus on isegi väga väikestes hulkades avastatav tema iseloomuliku lõhna tõttu.

Et väävelvesinik lahustub hästi vees (ühes l-s lahustub 3,20 l väävelvesinikku), tuleb väga ettevaatlik olla kaeveõnsustes, kus esineb vee kogumisi (kuí lõhn reedab väävelvesiniku olemasolu), sest vee tasakaalu häirimise puhul võib sellest veest eralduda suur kogus gaasi.

#### e) Vääveldioksüüd.

Vääveldioksüüd ( $SO_2$ ) on tugevasti mürgistavate omadustega gaas. Ta mõjub sööbivalt limanahkadele, eriti silmadele. Isegi lühiaegne viibimine õhus, mis sisaldab seda gaasi ainult 0,05%, on inimesele ohtlik. Kaevandustes leidub teda tavaliselt vähe.

Vääveldioksüüd eraldub sageli koos metaaniga ja väävelvesinikuga.

#### f) Kaevandusgaas (metaan).

Kõikidest kaevandusõhus esinevatest gaasidest on kõige ohtlikum kaevandusgaas, mille plahvatused võivad sageli põhjustada massilisi inimõnnetusi.

Kaevandusgaas on enamasti puhas metaan ( $\text{CH}_4$ ), segatud vähese hulga süsivesinikega (etaan ja etüleen), vesinikuga, süsihappegaasiga, lämmastikuga jt.

Oma iseloomult võib olla metaani eraldumine: 1) tavaline pidev eraldumine silmale nähtamatuist pragudest söes ja aheraines; 2) suflaarne — silmale nähtavaist pragudest ja tühikutest, mis kestab lühemat või pikemat aega; 3) äkiline suuremates kogustes, millega ühtaegu toimub suurema hulga sõe või aheraine purse. See viimane kestab tavaliselt lühikest aega.

Et kaevandusgaas koosneb põhiliselt metaanist, siis omab ta kõiki viimase omadusi, mistõttu praktikas kaevandusgaasi ja metaani mõisted samastuvad.

Metaan on värvita, maitseta ja lõhnata mittemürgine gaas. Tema erikaal on 0,554, mistõttu ta koguneb alati lae juurde, eriti aga tõusvate kaeveõõnsuste ummik-ettesse. Metaani suured kogumised, mille tagajärjeks on hapnikusisalduse vähenemine, võivad esile kutsuda surma.

Metaan on põlev gaas.

Olenevalt metaani- ja hapnikusisaldusest õhus toimub põlemine kas kiiremini või aeglasemalt ja mõningate hapniku ning metaani omavahe-liste suhete puhul võib tekkida plahvatus. Metaanisisaldusel kuni 5% toimub põlemine ainult kõrgel temperatuuril, alates 5—6% on metaani segu õhuga plahvatav. Kui metaanisisaldus tõuseb üle 14—16%, lakkab segu olemast plahvatav ega soodusta põlemist (õhuhapniku hulk on langedud 18,5%-ni). Viimasel juhul ja hapniku juurdevoolu puhul väljastpoolt põleb segu ühtlase leegiga, kuid suurema hulga hapniku juurdevoolu korral tekib plahvatav segu.

Kõige plahvatavam on õhu ja metaani segu viimase 9,5%-lise sisalduse korral, mispuhul kogu õhuhapnik ühineb kogu metaaniga.

Kui plahvatavat segu kuumutada kas või ainult ühes punktis plahvatustemperatuurini, kandub plahvatus üle kogu segu massi, mis sel puhul võib plahvatada isegi siis, kui metaanisisaldus on alla 5,5%.

Metaani kokkupuutumisel lahtise tulega ei toimu plahvatus kohe, vaid mõninga hilinemisega, mille määrab gaasi soojenemiseks kuluv aeg. See plahvatuse hilinemine oleneb oluliselt soojusallika temperatuurist. Nii näiteks temperatuuri puhul  $650^\circ$  tekib plahvatus 10 sek. pärast, kuid  $1200^\circ$ -lisel

temperatuuril on hilinemine ainult 0,01—0,02 sek., s. t. plahvatus toimub faktiliselt kohe.

Gaasi plahvatus on inimestele ja kogu kaevandusele niivõrd hädaohtlik, et kaevandustes, kus esineb metaani eraldumist, seatakse sisse eriline gaasirežiim, mis näeb ette tööde ohutuse tagamiseks rea abinõude tarvituselevõttu.

Nende abinõude üldine eesmärk on vähendada õhu metaanisaldust ja vältida gaasi plahvatamist. Gaasiohtlikesse kaevandustesse juhitakse tunduvalt rohkem õhku kui -ohutuisse. On vajalik, et metaanisaldus üldises väljuvas õhujoas ei tõuseks üle 0,75% ja väljuva õhujoa üksikutes osades — üle 1%. Metaanisalduse kasvades 2%-ni tuleb katkestada tööd ja eemaldada kõik töölisest sellest töökohast.

Õhu puhtuse kontrollimiseks tuleb perioodiliselt (mitte harvemini kui 2 korda vahetuses) proovida õhu metaanisaldust. Levinuimateks indikaatoriteks metaani määramisel on kaitselampid, milledest on juttu tagapool.

Et vältida metaani plahvatust, on gaasiohtlikes kaevandustes keelatud lahtise tule kasutamine: pole lubatud suitsetamine, kasutatakse erilisi kaitselampe, akumulaator-elektrivedureid ja elektrimootoreid, mis on plahvatusohutute keredega. Gaasiohtlikes kaevandustes on lubatud lõhkamistööl kasutada ainult antigrisuutseid lõhkeaineid. Iseäranis suure gaasisaldusega kaevandustes, kus esineb metaani äkiline eraldumine, on lõhkamistööd sõekihis hoopis keelatud.

Metaani, mis eraldub suurtest lõhedest, püütakse erilise torustiku abil juhtida maapinnale, et kaevandusõhku küllusliku metaaniga mitte rikkuda.

Metaani ootamatud eraldumised koos sõe või aherkivimi hulgalise väljapaiskamisega tekitavad suurt ohtu. Seepärast kasutatakse kihtide tootmisel, millel on kalduvusi metaani äkiliseks eraldamiseks, erilisi töömeetodeid ja nähakse ette terve rida abinõusid, mis on suunatud ootamatute eraldamiste ohu vähendamiseks ja tööde ohutuse tagamiseks.

Et kergendada metaani rahulikku väljumist kihtidest, millel on kalduvusi ootamatuks eraldamiseks, kasutatakse minimaalse hulga ettevalmistustöödega kaevandamisviise ja sirgjoonelisi pikki esi.

Lähedaste kihtide rühma kaevandamisel püütakse esmajoones välja võtta need kihid, mis ei oma kalduvusi ootamatuks gaasieraldusteks. Sel teel likvideeritakse surve gaase eraldada võivates kihtides.

Metaani surve vähendamiseks ettevalmistustööde etes puuritakse sügavad eel-puuraugud, mis drenivad kivimi. Mõnikord kasutatakse ka nn. raputavaid laenguid, s. t. tehakse lõhkamistöid spetsiaalselt paigutatud puuraukudega ja normaalsest tugevamate laengutega. Neid süüdatakse

tavaliselt maapinnalt või kambervarjendeist pärast kõikide inimeste kõrvaldamist kaevandusest. Sääraste lõhkamistöde tagajärjel väljub gaas momendil, mil ta pole hädaohtlik inimestele.

#### g) Kaevanduse tolmu.

Kaevanduse õhus leidub alati hõljuvas olkus väga väikesi maavara- ja aherkivimiosakesi. See tolmu satub hingamisel kopsudesse ja võib põhjustada kopsuhaigusi. Peale ebasoovitava mõju organismile peitub mõnede tolmude hädaoht nende süttimises ja plahvatamises.

Paljud harilikult raskesti süttivad kehad muutuvad tolmuna kergesti süttivaiks ja isegi plahvatavaiks (jahu, tärklis, pronks jne.). Pärast peenendamist kasvab nende võime ühineda hapnikuga, sest kasvab nende õhuga kokkupuutuva pind. Eriti suurt plahvatusvõimet omab nende kehade tolmu, mis kuumutamisel eraldavad põlevaid gaase. Niisuguste kehade hulka kuuluvad esmajärjekorras kiviõli ja põlevkivi. Katsed on näidanud, et kiviõlitolmu plahvatavus on tema iseloomust ja õhus hõljuva tolmuhulgast. Plahvatusest võtab osa kogu tolmu, alates peenimast kuni 0,75-mm-se läbimõõdnuni; plahvatavate omaduste kandjana esineb aga ainult peen, korpimisel sametisena tunduv tolmu terasuurusega alla 0,1 mm.

Tuhasisalduse ja niiskuse kasv tolmus vähendab tema plahvatusomadusi; tolmuhulgast kasvab koos sõe lenduvate osade rohkuse kasvuga. Vastavalt ohutustehnika reeglitele peetakse kiviõlitolmu, mis sisaldavad üle 10% lenduvaid osi, tolmuohtlikeks.

Kuiva peene kiviõlitolmu süttimistemperatuur on veidi kõrgem kui metaanil (700—800°).

Kiviõlitolmu ei plahvata mitte tema igasugusel sisaldumisel õhus: alates 30—40 g-st ühe m<sup>3</sup> õhu kohta muutub tolmu plahvatavaks, kuid sisalduse puhul 1500—2000 g/m<sup>3</sup> pole tolmupilv enam plahvatav.

Metaani juuresoleku korral plahvatusvõime piirid laienevad.

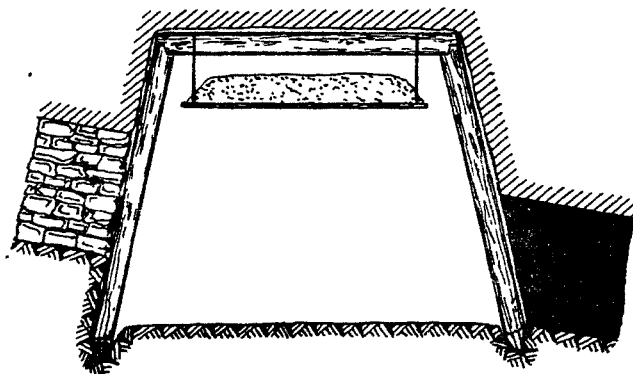
Õhu normaalne tolmusisaldus on märgatavalt alla ohtlikkuse normide. Seepärast moodustavad kiviõlitolmu plahvatusteks suurima ohu lõhkamistööd, mille mõjul seintele sadenenud tolmu tõuseb õhku ja moodustab plahvatava pilve.

Et takistada tolmuhulgast plahvatamist ja tekkinud plahvatuse levimist, on tolmurikastes kaevandustes rakendatud samasugune lahtise tule, lahtiste elektriseadmete ja lõhkamistööde kasutamise piiramine nagu gaasiohtlikeski kaevandustes. Peale selle kasutatakse nendes kaevandustes lisabi- nõusid, mis on suunatud tolmuhulgast plahvatuste vältimiseks: vähendatakse

tolmu tekkimist (kaeveõõnsuste ja soonimismasina soonimispuuru niisutamine veega), kaeveõõnsuste tolmutamist inertse kiltkivitolmuga ja seinte valgendamist lubjapiimaga, võideldakse tolmutõrjude tekkimise vastu (tolmu imemine, niisutamine) jne.

Kaeveõõnsusi tolmutatakse kivitolmuga perioodiliselt nii sagedasti, et tuhasisaldus tolmutusegus ei oleks alla 60—70% gaasita ja 75—80% gaasiga kaevandustes.

Lõhkamistöodel kasutatakse peale kaeveõõnsuste seinte niisutamise veega veel välist topist, mis seisneb selles, et lõhkeaugu juurde kinnita-



Joon. 423. Inertse tolmu tõkeriul.

takse lauake, millele puistatakse inertset tolmu. Plahvatusel suurendab inertne tolm ülestõstetava kivisõetolmu pilve tuhasisaldust ja vähendab sellega tema plahvatavust.

Tekkinud plahvatuse levimise takistamiseks seatakse üles inertse tolmu tõkked, mis kujutavad endast kaeveõõnsuse lae alla asetatud riiuleid, kuhu on puistatud inertset tolmu (joon. 423) kogukaalus 400 kg kaeveõõnsuse põikilõike pinna ühe m<sup>2</sup> kohta.

Plahvatusel tekkiva tõuke mõjul paiskuvad riiulid ümber. Nendel asetunud inertne tolm tõuseb õhku ning tekitab pilve, mis leeki jahutades takistab plahvatuse levimist.

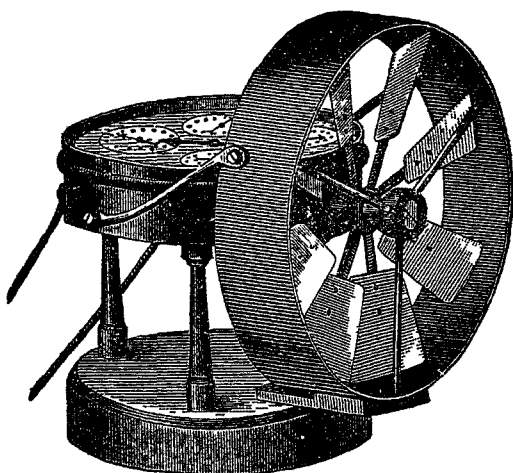
### 3. Tuulutamiseks vajalik õhuhulk.

Mida enam eraldub kaevanduses gaase, seda enam on vaja puhast õhku nende lahjendamiseks. Üldiselt tuleb maa-alustesse kaeveõõnsustesse anda õhku sellisel hulgal, et üheski tegutsevas kaevanduse osas ei langetaks hapniku hulk alla 20% ja süsihappegaasi-sisaldus ei tõuseks üle 0,5%.

Väljuvas tarvitatud õhu joas ei tohi süsihappegaasi-sisaldus tõusta üle 1%.

Nendes kaevandustes, kus esineb metaani, peab peale süsihappegaasi lahjendamise ja hapnikusisalduse vajalikul kõrgusel hoidmise lahjendama eralduvat metaani seevõrra, et väljuva õhujoa üksikutes osades ei tõuseks metaanisaldus üle 1% ja kogu kaevandusest väljuvas õhujoo ei esineks teda üle 0,75%. Üldiselt on metaani lahjendamiseks vaja rohkem õhku kui õhu puhtuse hoidmiseks süsihappegaasi- ja hapnikusisalduse seisukohalt.

Et kergendada ventilatsiooni kontrolli metaani esinemise seisukohalt kõikides kaevandustes, eristatakse gaasiga ja gaasita kaevandusi.



Joon. 424. Anemomeeter.

Gaasita kaevanduse tööpai-  
kadesse on vaja anda õhku vähe-  
malt  $3 \text{ m}^3$  minutis inimese ja  
vähemalt  $12 \text{ m}^3$  hobuse kohta,  
arvestades üheaegselt kaevandu-  
ses viibivate inimeste ja hobuste  
maksimaalset arvu. Need nor-  
mid on märksa suuremad sellest  
õhuhulgast, mida inimene vahe-  
tult hingamiseks tarvitab ( $1,5$ —  
 $3 \text{ m}^3$  tunnis). Õhu ülejääk läheb  
toestiku mädanemise ja söe  
hapendumise produktide lahjen-  
damiseks; peale selle ei jõua osa  
õhku eeni, püüdes lühemaid teid  
pidi ventilatsioonišahtini jõuda.

Metaani eraldumine gaasiga  
kaevandustes kõigub väga suur-

tes piirides. Selle põhjal jagatakse gaasiga kaevandused 4 kategooriasse: I kategooriasse kuuluvad kaevandused, kus 1 tonni normaalse ööpäevase toodangu kohta eraldub alla  $5 \text{ m}^3$  metaani ööpäevas; II kategooriasse kuuluvad kaevandused metaanieraldusega  $5$ — $10 \text{ m}^3$  ja III — metaanieraldusega  $10$ — $15 \text{ m}^3$ . Kaevandusi, kus metaani eraldumine on veel suurem või kus võivad esineda gaasipursked, loetakse väljaspool kategooriaid olevaiks.

I kategooria kaevandustes eralduva metaani lahjendamiseks tuleb kaevandusse anda värsket õhku vähemalt  $1 \text{ m}^3$  minutis 1 tonni ööpäevase toodangu kohta. II kategooria kaevandustesse —  $1,25 \text{ m}^3$  ja III kategooria kaevandustesse —  $1,5 \text{ m}^3$ . Kaevandustele, mis on väljaspool kategooriaid, arvatakse õhuhulk nii, et kaevandusest väljuvas õhujoo ei oleks metaani üle 0,75% ja üksikust piirkonnast väljuvas joas mitte üle 1%.

Vastavalt sellele tuleb gaasita kaevandustesse, kus 1 tonni ööpäevase toodangu kohta eraldub alla  $5 \text{ m}^3$  süsihappegaasi, anda  $0,75 \text{ m}^3$  õhku minutis 1 tonni ööpäevase toodangu kohta, süsihappegaasi eraldumise puhul  $5\text{--}10 \text{ m}^3$  —  $1,25 \text{ m}^3/\text{min}$ . ja  $10\text{--}15 \text{ m}^3$  puhul —  $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$ . Kui süsihappegaasi eraldub rohkem kui  $15 \text{ m}^3$  1 tonni toodangu kohta ööpäevas, siis arvutatakse õhuhulk nii, et väljuvas õhujooas ei oleks üle  $0,75\%$  süsihappegaasi.

Nendes kaevandustes, kus maavara tootmine toimub suure hulga lõhkamistöõde kasutamise teel (maagi-, põlevkivi-, kiltkivi- ja soolakaevandused), tuleb peale arvestuste, mis lähtuvad kaevanduses töötavate inimeste arvust ja kahjulike (süsihappegaas) gaaside eraldumisest, õhu hulga arvutamisel silmas pidada veel tingimust, et mürgised lõhkamistöõde produktid lahjendataks  $0,02\%$ -ni, arvestades, et 1 kg lõhkeainet eraldab 100 liitrit CO ja et tuulutusaeg ei vältaks üle 20 min.

Kaevandusõhu puhtuse kontrollimiseks võetakse proove ja mõõdetakse õhu hulka, lähtudes tema liikumiskiirusest ja kaeveõõnsuse põikilõike pinnast. Õhu liikumiskiiruse määramiseks kasutatakse enamasti anemomeetrit (joon. 424). Et mõõta käiku läbiva õhu kiirust teatava aja jooksul (1 min., 100 sek.), ei hoita anemomeetrit ühes kohas paigal, sest õhuvool kaeveõõnsuse põikilõike keskosas on kiirem kui mujal, vaid liigutatakse anemomeetrit aeglaselt siksakis mööda käigu põikilõiget.

Kaeveõõnsust läbivat õhuhulka saame arvutada õhu keskmise liikumiskiiruse  $v$  ja kaeveõõnsuse põikilõike pinna  $S$  korrutisena.

$$Q = v \cdot S.$$

Õhuhulga ja temas leiduvate kahjulike gaaside (metaan, süsihappegaas) hulga põhjal määratakse kaevanduse gaasirikkus, s. t. temast eralduva gaasi hulk ( $\text{m}^3$ -tes ööpäevas).

#### 4. Kaevanduste tuulutamine.

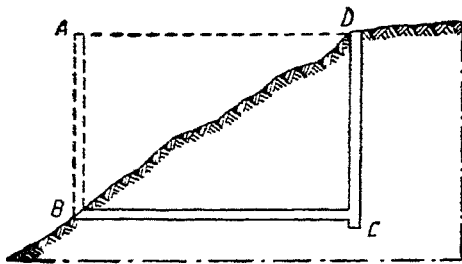
Kaevanduse tuulutamiseks vajaliku õhuhulga liikumist mööda kaeveõõnsusi võib teostada kas eraldi ülesseatud mehhanismide — ventilaatorite — abil (kunstlik tuulutus) või ilma igasuguste mehhanismideta (loomulik tuulutus).

Loomuliku tuulutuse puhul on õhu liikumine tingitud kaevandusse suunduva ja sealt väljuva õhujoo temperatuuride vahest. Selle selgitamiseks vaatleme kaevandust, mis on avatud stolliga ja vertikaalšahtiga (joon. 425).

Pikendades šahti suudme tasapinda punktini  $A$ , mis vastab stolliga suudmele  $B$ , võime endale ette kujutada kaevanduses oleva õhu tasakaalu-

tingimusi kahe omavahel ühendatud nõu abil, milledest üks —  $AB$ , on täidetud välis- ja teine —  $CD$ , kaevandusõhuga. Välisõhu temperatuur erineb šahti kivimite temperatuurist: talvel on ta madalam kui kivimite temperatuur, suvel — kõrgem. Vastavalt sellele on talvel õhk sambas  $CD$  soojem ja kergem kui sambas  $AB$ , õhu tasakaal on häiritud ja ta liigub stollist sisse ja šahti kaudu välja. Suvel, vastupidi, on kivimite temperatuur madalam välisõhu temperatuurist ja seega õhk kaevanduses külmem kui väljas; õhusamba  $CD$  raskus on suurem samba  $AB$  raskusest ja õhk liigub šahtist sisse ning väljub stollist.

Siseneva ja väljuva õhujoa survete vahet (õhusammaste  $AB$  ja  $CD$  kaalu vahe), mis tingib õhu liikumise, nimetatakse depressiooniks. Depressiooni mõõdetakse võrdset survet avaldava veesamba kõrgusega millimeetrites. Seda depressiooni tarvatakse õhuliikumise takistuste ületamiseks kaevõõnsustes.



Joon. 425. Kaevanduse loomuliku tuulutuse skeem:  $DC$  — šaht,  $BC$  — stoll,  $A$  — šahti ja stoll'i suudme tasapinna lõikepunkt.

Loomuliku tõmbe puuduseks on kaevandusse juhitava õhuhulga ebapüsivus. Olenedes temperatuurist maapinnal võib õhuvool muuta oma kiirust ja suunda mitte ainult aasta, vaid isegi ööpäeva kestel. Sealjuures võivad esineda lühemad või pikemad seisakud, kus õhk püsib tasakaalus ja õhuvahetus kaevanduses puudub.

Seepärast kasutatakse loomulikku tuulutust ainult väikese toodangu, mitte just sügaval asetsevate kaevanduste tuulutamiseks, kusjuures kaevandataav varapaik ei ole tolmuohtlik ega eralda kaevandusgaasi. Kui loomulik tuulutus ajutiseltki ei kindlusta kaevanduse normaalset tuulutust, siis tuleb üle minna kunstlikule tuulutamisele.

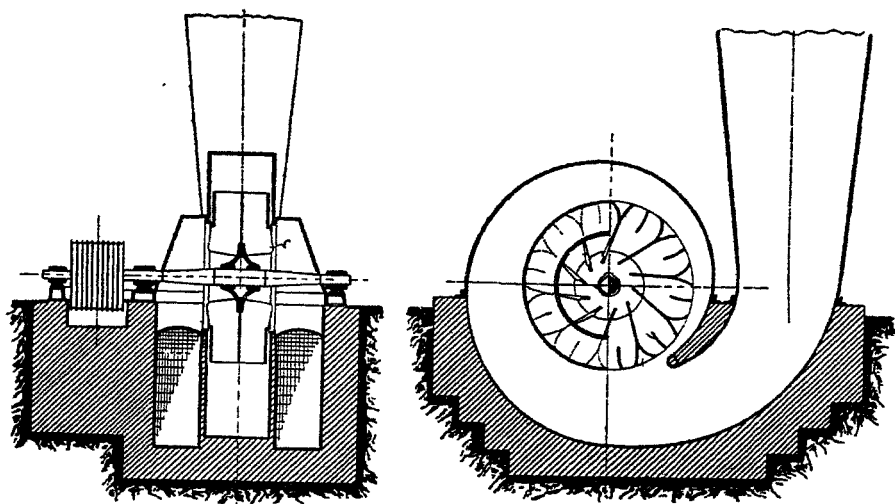
Kõikidel teistel juhtudel tuleb kasutada kunstlikku tuulutust ventilaatoriga, mis asetatakse ühe šahti või stoll'i juurde. Kaevanduste tuulutamiseks kasutatakse tsentrifugaalventilaatoreid (joon. 426), mille labidad haaravad ratta keskosas asetseva ava kaudu sissetuleva õhu ja paiskavad selle ratta äärtesse, kust õhk läheb laieneva juhtetoru kaudu ventilaatorist välja, ja telgventilaatoreid, mille tiivad tiirlemisel panevad õhu liikuma ventilaatori telje suunas.

Ventilaatori töötamise ajal on surve imemiskanalis väiksem kui väljuvas hajutustorus (difuusoris). Seda ventilaatoriga saavutatud depres-



siooni (survete vahet) kasutatakse analoogiliselt depressioonile loomulikust tõmbest õhu liikumisel kaevõõnsusipidi.

Ventilaator, asetatult šahtist veidi eemale, ühendatakse viimasega kanalite abil. See asetus võimaldab paigutada šahti suudmele tõstetorni ja maapealseid hooneid, kasutades šahti tõsteks. Tuulutuskanalid ühendatakse ventilaatori sisseimemisavaga või temast väljuva hajutustoruga. Esimesel juhul ventilaator imeb kaevandusest õhku ja tuulutust nimetatakse imevaks, teisel juhul surub ventilaator õhku kaevandusse ja tuulutust nimetatakse suruvaks.



Joon. 426. Tsentrifugaalventilaator.

Imeva tuulutuse puhul on õhusurve ventilaatori kanaleis väiksem survest maapinnal: ventilaator tekitab depressiooni; suruva tuulutuse puhul, vastupidi, on surve ventilaatori kanaleis suurem atmosfäärilisest: ventilaator tekitab kompressiooni.

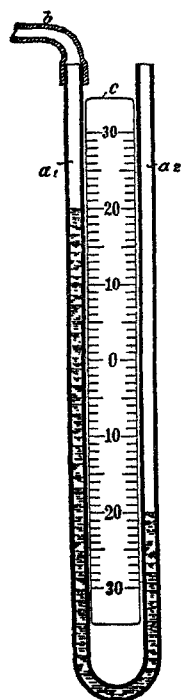
Ventilaatori depressiooni (või kompressiooni) on võimalik mõõta, ühendades ventilaatori kanali ja U-toru ühe ava kummitoruga. Vastavalt survete vahele kanalis ja maapinnal asetseb vesi U-toru kummaski osas erinevatel kõrgustel; mõõdetud pindade vahe annab depressiooni (kompressiooni) otsekohe mm-tes veesammast. See lihtne seadeldis kannab depressiomeetri nimetust (joon. 427).

Ventilatsioonikanalid, mis ühendavad šahti ventilaatoriga, ehitatakse nii, et, muutmata ventilaatori tiirlemissuunda, oleks võimalik muuta õhu-

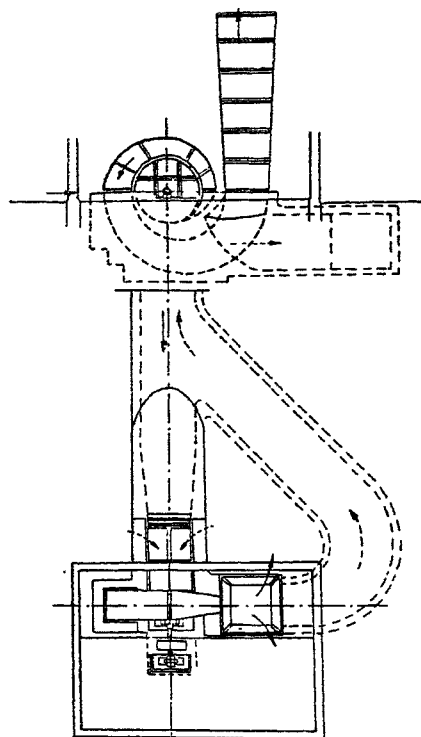
joa suunda, s. t. et oleks võimalik imevalt tuulutusest üle minna suru-  
vate tuulutusele ja vastupidi.

Telgventilaatorite puhul on õhu liikumissuuna muutmine läbiviidav  
tiirlemissuuna muutmisega (joon. 428).

Kui šahtis, mis annab värsket õhku, esineb märgatav vee tilkumine,  
võib see talvisel ajal külmuda, vähendades šahti läbilõiget ja takistades



Joon. 427. Depressiomeeter:  $a_1$  ja  $a_2$  —  
lahtise otsaga, klaasist U-toru,  $c$  —  
skaala (mm-ne);  $b$  — kummivoolik.



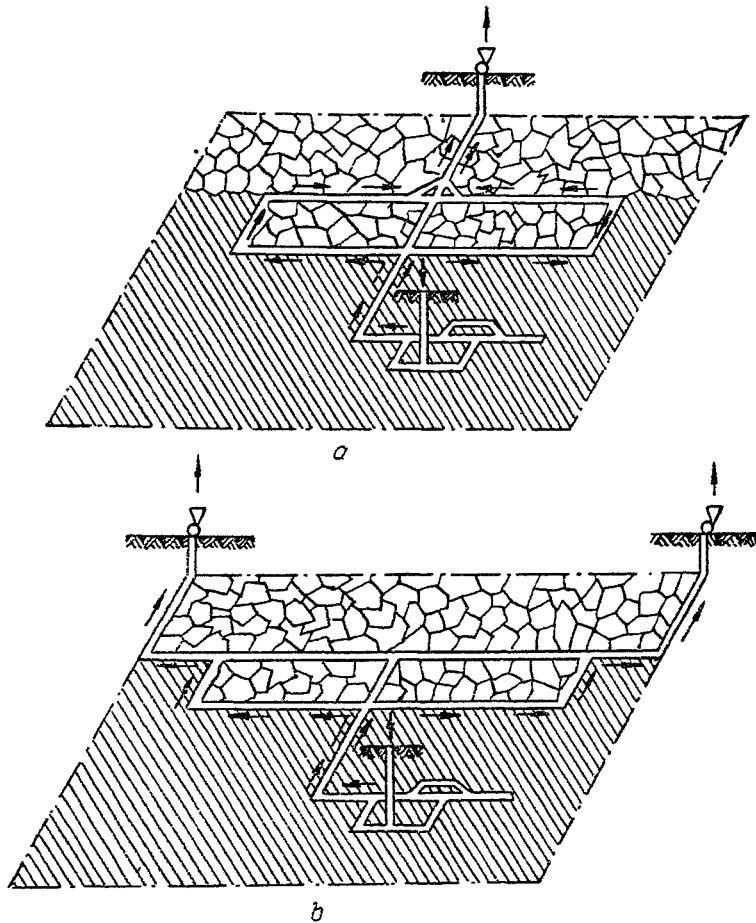
Joon. 428. Kanalite skeem, mis võimaldab  
muuta õhujoo suunda.

tõsteseadmete normaalset liikumist. Peale selle võib jäätükkide varise-  
mine sula ajal esile kutsuda õnnetusi.

Jää tekkimise vältimiseks paigutatakse maa peale šahtide lähedusse  
õhusoojenduse seadeldised (kalorifeerid), mis soojendavad õhku enne šahti  
suundumist.

Soojendatud (kuni 60—70°) õhk suunatakse erilise ventilaatori abil  
šahti niisugusel hulgal, et õhu temperatuur šahtis ei langeks alla nulli.

Enamikus kaevandustes kasutatakse imevat tuulutust: gaasiohtlikes kaevandustes on suruv tuulutus keelatud. Põhjus seisneb selles, et ventilaatori seismajätmisel säärastes kaevandustes langeb kaeveõõnsustes surve, mistõttu gaasid, mis asetsevad nii mahajäetud kaeveõõnsustes kui



Joon. 429. Kaevanduse tuulutamise viisid: *a* — keskne, šahtide lahuspaigutusega, *b* — diagonaalne, šahtide tiibpaigutusega.

ka kivimite tühikutes ja pragudes, paisuvad ja täidavad tegevad kaeveõõnsused. Imeval tuulutusel kutsub ventilaatori peatamine esile surve tõusu ja seetõttu väheneb ka gaaside eraldumine kaeveõõnsustesse.

Isesüttivate kivisõekihtide kaevandamisel, kui need asuvad maapinna ligidal ja tööde tagajärjel tekivad praod, mis ulatuvad maapinnani, soovitatakse kasutada suruvat tuulutust, sest sel juhul sõe süttimisel tekkivad

gaasid suunduvad pragudest vahetult maapinnale, mürgistamata kaeveõõnsuste õhku.

Õhk maapinnalt peab suunduma kaeveõõnsustesse ja väljuma neist omaette käike pidi. Värske õhu kaevandusse juhtimine ja rikutud õhu väljutamine ühe ja sama šahti kaudu, mis on jaotatud pikivaheseinaga, pole lubatud, sest tolmu või gaasi plahvatuse korral puruneb vahesein ja kaevanduse tuulutus on häiritud.

Šahti paigutuse järgi, mis annab värsket õhku ja mille kaudu väljub kõlbmatu õhk, eristatakse kahte tuulutusviisi — tsentraalset ja diagonaalset.

Tsentraalse tuulutuse korral on mõlemad šahtid paigutatud šahti välja keskjoonele ehk keskele. Õhk liigub sisseandvast šahtist veostrekkidesse ja sealt edasi kuni koristustöö kohtadeni, läbib need, pöördub ventilatsioonistrekki-pidi tagasi šahti välja keskele ja väljub ventilatsioonishahti kaudu maapinnale (joon. 429, a).

Diagonaalse tuulutuse korral väljub õhk ühest või mitmest šahtist, mis asetsevad šahti välja tiibadel (piiridel). Sel juhul õhk, mis saabub tsentraalset šahti pidi, läheb veostreki kaudu koristusesse, tõuseb neid mööda üles ja jätkab oma teed ventilatsioonistrekki-pidi samas suunas ventilatsioonishahtini (joon. 429, b).

Olenemata üldisest tuulutusviisist (eriti gaasiohtlikes kaevandustes), tuleb õhujuga kaevanduses suunata nii, et õhu liikumine koristusetes toimuks alt üles. Tuulutusjoa säärasel liikumisel metaan, olles õhust kergem, lahkub kaevandusest hõlpsamini.

Kaevanduses liikaval õhul tuleb ületada kaeveõõnsuste takistused tema liikumisele. Õhu liikumistakistus kaeveõõnsustes oleneb nende põikilõikest, kujust ja toestikust ning on määratav avaldisest:

$$R = \alpha \frac{PL}{S^3},$$

kus  $P$  — kaeveõõnsuse ümbermõõt (perimeeter) m-tes,  $L$  — kaeveõõnsuse pikkus m-tes,  $S$  — kaeveõõnsuse põikilõike pind m<sup>2</sup>-tes,  $\alpha$  — takistustegur, mis iseloomustab kaeveõõnsuse seisundit (kuju, toestik, seinte karedus jne.) ja kõigub sirgetes ning puhtates kaeveõõnsustes, mis on toestatud 30—70-cm-se vahemaa tagant lengidega, 0,0015 ja 0,0017 vahel.

Takistuse ühikuks ( $R = 1$ ) võetakse kaeveõõnsuse niisugune takistus, mille puhul õhu hulk 1 m<sup>3</sup>/sek., liikudes õõnsust mööda, tekitab depressiooni 1 mm vs. Enamasti on kaeveõõnsuste takistus väike, seetõttu kasutatakse arvutuste lihtsustamiseks 1000 korda väiksemat suurust — mürgi.

Depressioon  $h$ , mis kaob õhu läbides üksikuid kaeveõõnsusi või kogu kaevandust, oleneb mitte ainult nende takistuse suurusest, vaid ka neid läbiva õhu hulgast, ja väljendatakse avaldisega:

$$h = R \cdot Q^2.$$

Asetades sellesse avaldisse  $R$  takistuse ühikuis ja  $Q$  m<sup>3</sup>/sek., saame depressiooni mm veesammast.

Kaevanduse iseloomustamiseks tuulutuse seisukohalt kasutatakse peale takistuse suuruse ka veel teist mõistet — ekvivalentne ava, mis avaldatakse ruutmeetrites. Ekvivalentseks avaks nimetatakse säärast ümmargust ava õhukeses seinas, mille takistus on võrdne kaevanduse takistusega. Antud õhuhulga surumiseks läbi säärase ava on tarvilik samasugune depressioon, nagu selle õhuhulga kaevandusestki läbimiseks. Ekvivalentse ava mõõtmed olenevad ainult kaevanduse üldtakistusest, ava pinna võib leida kas  $Q$  ja  $h$  või  $R$  kaudu:

$$A = \frac{0,38Q}{\sqrt{h}} = \frac{0,38}{\sqrt{R}}.$$

Võttes  $Q$  m<sup>3</sup>/sek. ja  $h$  mm veesammast või  $R$  takistuse ühikutes, saame ekvivalentse ava m<sup>2</sup>-tes.

Olenevalt takistusest jagunevad kaevandused: raskesti tuulutatavaiks, millede ekvivalentne ava on väiksem kui 1 m<sup>2</sup> (takistus üle 144 mürgi); keskmisteks — ekvivalentse avaga 1—2 m<sup>2</sup> (takistus 36—144 mürgi) ja kergesti tuulutatavaiks, ekvivalentse avaga üle 2 m<sup>2</sup> (takistus alla 36 mürgi).

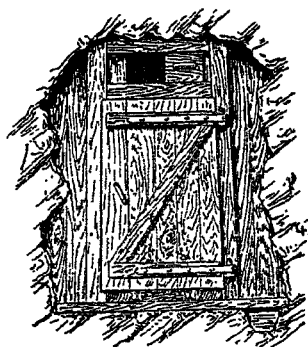
Kaevanduste atmosfääri ja tuulutuse teoreetiliste uurimuste alal ja praktiliste küsimuste lahendamisel on nõukogude teadlased saavutanud ülemaailmse kuulsuse ja etendanud siin pidevalt juhtivat osa. Eriti tuleb märkida Üleliidulise Teaduste Akadeemia tegevliikme A. A. Skotšinski teeneid.

## 5. Tuulutusseadmed.

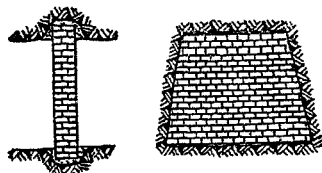
Kaevandusse saabuv õhk tuleb kaeveõõnsusipidi jaotada selliselt, et kõiki esi läbiks värske õhu juga ja et igasse eesse antav õhuhulk oleks küllaldane kahjulike lisandite lahjendamiseks ja temperatuuri alandamiseks.

Õhu õigeks jaotamiseks tuleb täiesti sulgeda tema pääs vanadesse mahajäetud aladesse ja kunstlikult suurendada nende kaeveõõnsuste takistust, kus õhuvajadus on väiksem.

Kui on vaja vähendada õhu sissepääsu mistahes tegutsevasse kaeveõõnsusse, siis suletakse ta ustega varustatud tōketega, milles on reguleeritav ava vajaliku õhuhulga läbilaskmiseks (joon. 430). Umbtōketega

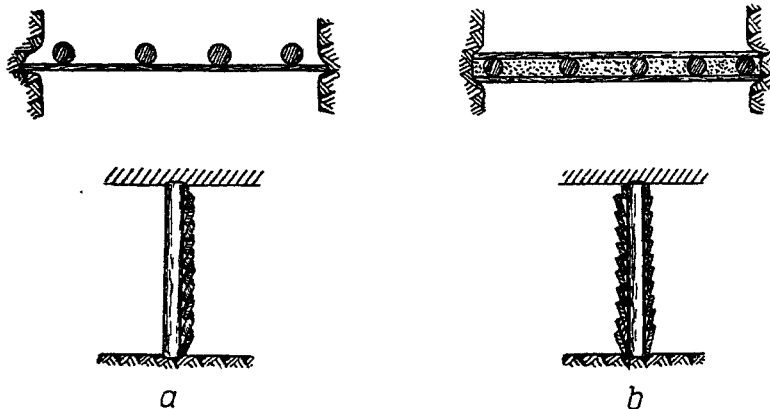


Joon. 430. Ukse ja reguleeritava avaga varustatud õhutōke.



Joon. 431. Kivist õhutōke.

suletakse täiesti mahajäetud kaeveõõnsused, milles ei ole liikumist. Lühiajaliseks kasutamiseks ehitatakse ühekordsed laudadest puittōkked. Lauad naelutatakse tugipostide külge ja määratakse õhu läbimineku takistami-



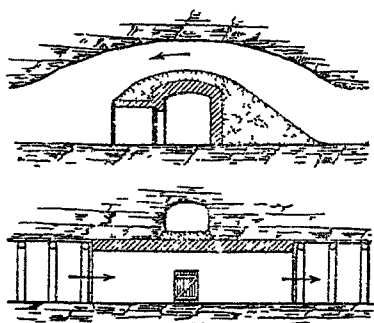
Joon. 432. Ajutised puidust õhutōkked: *a* — ühekordne, *b* — kahekordne.

seks saviga või tehakse tōkked kahest reast laudadest ja nende vahele tambitakse savi (joon. 432).

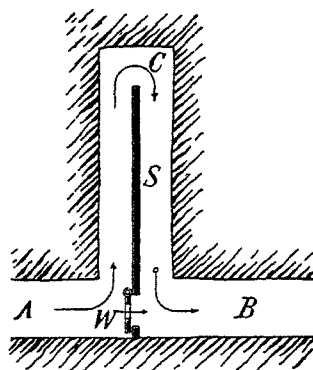
Kui tōke peab kestma pikemat aega või kui on nõutav suur õhukindlus, tehakse tōkked kas puittōkkudest või tellistest (joon. 431) savi- või

lubjamõrdil, mis suurema tiheduse ja tugevuse saavutamiseks süvendatakse kaeveõnsuse seintesse.

Kui kaeveõnsustes toimub liikumine, siis ehitatakse tōketesse puitvõi rauduksed. Et inimeste või koormate läbilaskmisel ustest ei esineks õhukadusid, kasutatakse 2 ust teataval kaugusel üksteisest; vaheruim nende vahel täidab lüüsi ülesandeid. Neid uksi ei või avada üheaegselt: õhukadude vältimiseks peab üks neist alati olema suletud. Et uksi ei avaks õhujuga, peavad nad olema avatavad ainult vastu õhu liikumise suunda. Elava liikluse korral kasutatakse automaatselt avanevaid ja sulguvaid uksi. Mõningail juhtudel, kui õhukaod ei oma olulist tähtsust, asendatakse ukseid eesriietega (purjega).



Joon. 433. Krossing.



Joon. 434. Tuulutus pikitōkke abil: A ja B — läbivoolava õhujoaga kaeveõnsus; C — rajatav kaeveõnsus, S — õhutōke, W — tuulutusuks aknaga.

Kui värsk õhu juga peab ristuma väljuva õhu joaga, siis vältitakse puhta ja rikutud õhu segunemist õhusilla — krossingu — ehitamisega, mis harilikult läheb üle kaeveõnsuse. Vajaduse korral ehitatakse krossinguid ka kaeveõnsuse alt läbi või kõrvalt möōda. Krossing peab olema küllalt tugev ning õhukindel (joon. 433).

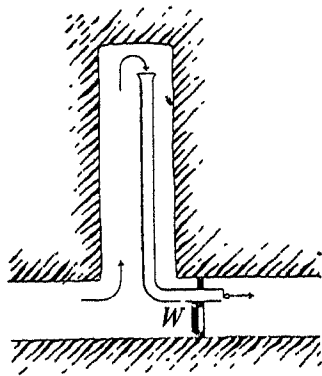
Ettevalmistus-kaeveõnsuste rajamistōōdel võib tuulutamist teostada mitmel viisil: vaheseintega (pikitōketega), rōōplōōridega, tuulutustorudega ja eriliste ventilaatoritega.

Pikitōkked, mis ehitatakse kooskōlas ee edasinihkumisega, jaotavad kaeveõnsuse kahte ossa, milledest üks juhib värsk õhu juga ja teine rikutud õhku (joon. 434).

Tuulutades tuulutustorudega suletakse kaeveõnsus, milles liigub läbivoolav õhk, pōikitōkkega ja viimasesse asetatakse toru (joon. 435); värsk

õhk pääseb eesse rajatavat kaeveõõnsust pidi ja rikitud õhk juhitakse eemale rauast, puidust või purjeriidedest tuulutustoru abil. Selle tuulutusviisi kasutamisel ei või tuulutustorud olla pikemad kui 20 m. Suuremate kauguste puhul sunnitakse õhk torudes liikuma värsket õhu joale ülesseatud ventilaatori abil (joon. 436). Praegusel ajal kasutatakse selleks peaaegu eranditult elektriventilaatoreid. Mõnikord leiavad kasutamist ka suruõhudüüsid, mis ejektorina töötades juhivad lühikeste torude kaudu värsket õhku eesse.

Torude kaudu tuulutamist nimetatakse kohalikuks tuulutamiseks. Kohalik tuulutamine võib olla suruv, imev või kombineeritud. Suruval tuulutamisel surutakse ventilaatori abil värsket õhku torude kaudu eesse. Suruvat kohalikku tuulutamist kasutatakse juhul, kui umbse ee pikkus ei



Joon 435. Tuulutus torude abil:  
W — õhu põikitõke.



Joon. 436. Tuulutus ventilaatori ja torude  
abil.

ületa 250 m. Imeva kohaliku tuulutuse puhul imetakse lõhkamistöõde korral mürgised gaasid torude kaudu eest välja. Imevat kohalikku tuulutamist kasutatakse siis, kui umbse ee pikkus ületab 250 m. Selle tuulutusskeemi heaks küljeks on mürgiste gaaside väljaimemine enne, kui nad saavad levida pikka umbsesse käiku. Kuid imeva kohaliku tuulutamise puhul värsket õhku ei tuuluta ee rinda, sest ta läheb enne torudesse. Seepärast imev tuulutus üksinda ei rahulda kiiret rajamist. Sel juhul võetakse kasutusele kombineeritud tuulutusviis: lühikeste torude kaudu puhutakse kaeveõõnsusest kergete, sageli edasikantavate ventilaatorite abil värsket õhku vastu ee rinda ja värsket õhuga segatud mürgised gaasid imetakse läbi pikkade tuulutustorude teise ventilaatori abil välja. Vaatamata näilisele keerukusele on kombineeritud tuulutusviis pikkade kaeveõõnsuste rajamisel täiesti otstarbekohane.



Kui kaeveõõnsused rajatakse mööda maavarakihti suurtesse kaugus-  
tesse, siis rajatakse tuulutamise lihtsustamiseks korraga vajalik arv rööp-  
seid kaeveõõnsusi, mis ühendatakse omavahel iga 15—25 m tagant põik-  
lõõridega. Laia ee rajamisel jäetakse tuulutamise eesmärgil laiendi äärde  
eriline tuulutustõõr — laiendi rööplõõr. (Vt. „Kaeveõõnsuste rajamine  
laia eega”, joon. 223 ja 224).

## D. Valgustus.

### 1. Üldandmed.

Hea valgustus maa-alustes kaeveõõnsustes tõstab märgatavalt tööde  
ohutust, tõstab produktiivsust 10—20% ja kergendab aherkivimi eralda-  
mist, tõstes seega maavara väärtust. Peale selle vähendab hea valgustus  
tunduvalt kaevurite professionaalseid silmahaigusi. Seepärast püütakse  
viimasel ajal kasutada kõikides maa-alustes kaeveõõnsustes, alates kae-  
vanduse õuest kuni ettevalmistustöödeni, elektervalgustust.

Kaeveõõnsuste valgustamine ei olene mitte ainult valgusallikast, vaid  
ka õõnsuse seinte värvusest; seepärast tuleb valgustuse paremaks kasu-  
tamiseks kaeveõõnsusi perioodiliselt valgendada, mida tehakse kambrites,  
šahti õues jne.

Kuid paigaline valgustus ei rahulda kõiki koristustööde nõudeid. See-  
pärast on enam levinud ka kaasaskantavad valgusallikad lampide näol, mis  
antakse välja igale töölisel, kes laskub kaevandusse. Säärast valgus-  
tust kaevandustes tuntakse kaasaskantava valgustuse nime all.

Isegi siis, kui on täielikult sisse viidud paigaline valgustus, kasuta-  
takse ikkagi teatavat hulka kaasaskantavaid lampe, mis on tagavaraks  
energia väljalülitamisel; leeklambid on peale selle kasutatavad indikaa-  
toritena metaani, hapniku ja süsihappegaasi hulga kindlakstegemiseks.

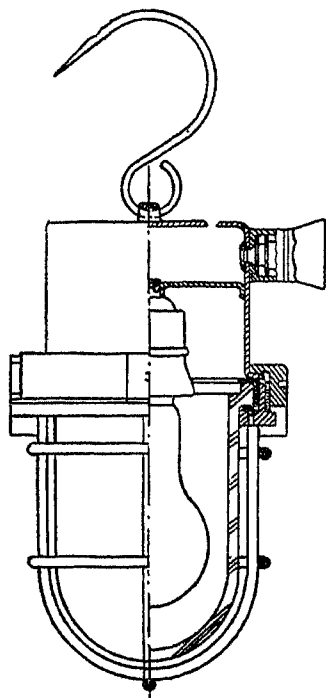
### 2. Paigaline valgustus.

Paigaline valgustus on läbiviidav hõõg- ja elektronvalgustite abil,  
mida toidetakse elektrivõrgust.

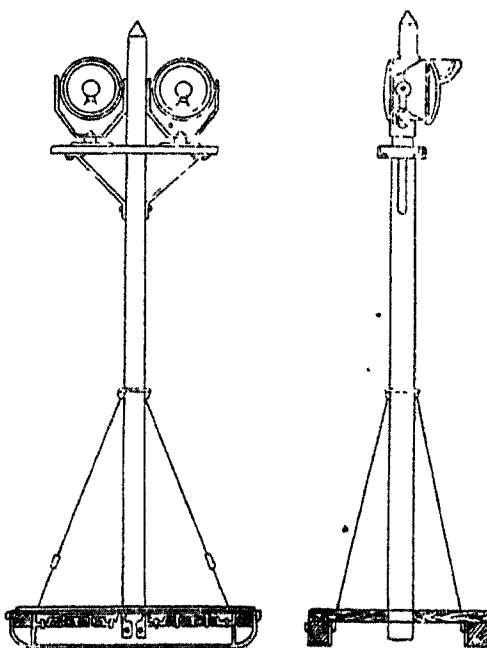
Kivisõekaevanduste tehnilise eksploatatsiooni reeglite kohaselt (§ 976)  
tuleb paigalist valgustust kasutada kõikides šahtilähedastes kaeveõõn-  
sustes ja kambrites, ettevalmistustöödel, mehhaniseeritud koristustes, laa-  
dimispunktides, veostrekkides, kui vedu toimub elektriveduritega ja ini-

meste liiklemine neis ei ole mehhaniseeritud, ning kaevõõnsuse neis kohtades, kus on haakimisplatsid, ülesõidukohad, pöörangud, kõverikud ja ukSED.

Elektervalgustuseks maa all on keelatud kasutada pinget üle 127 voldi; seepärast tuleb kaevanduses kasutatava pinge muutmiseks üles seada transformaatorid.



Joon. 437. Elektri-hõõgvalgusti kasutamiseks kaevanduses.



Joon. 438. Kaevanduse prožektor.

Tavaline valgusti, mida kasutatakse kaevanduse õuede ja kapitaalsete kaevõõnsuste valgustamiseks gaasihuta kaevandustes, koosneb malmkestast, mille külge kinnitatakse konks riputamiseks, klaaskuplist, elektri-hõõglambist ja kaitsevõrgust (joon. 437). Valgustites kasutatakse mitmesuguse valgustugevusega tavalisi hõõglampe (kuni 1000 vatti).

Maa-alustes kaevõõnsustes on valgustid halvemas seisukorras kui maapinnal, sest nende riputuskõrgus on väike, kaevanduses leidub niiskust, tolmu ja kaevandusgaasi ning valgusteid ähvardab pidevalt mehaaniliste vigastuste oht. Seepärast nõuavad meie määrused, et kogu

kaevanduses kasutatav armatuur oleks läbimatu niiskusele, tolmule ja gaasile ning hästi kaitstud mehhaaniliste vigastuste eest, milleks kasutatakse metallvõrke ja tavalisest paksemaid klaaskupleid.

Kui kuppel ja lamp purunevad, siis võib viimase hõõgniit saada kaevandusgaasi või kivisöetolmu plahvatuse põhjustajaks. Seepärast konstrueeritakse valgustid gaasi- ja tolmuohtlike kaevanduste jaoks selliselt, et kupli purunemisel vool lülitub automaatselt välja. Selleks pumbatakse valgusti kupli alla suruõhku või inertseid gaase survega 1,75 at, mis normaalselt suruvad kokku voolu sisselüliva ketta vedrud. Kupli purunemisel langeb surve kupli all, vedru eemaldab ketta ning vool lülitub välja.

Paigalise valgustuse kasutamine koristustes on üldiselt raskem kui muil juhtudel, sest siin tuleb kogu aparatuuri ja valgusteid kooskõlas ete edasinihkumisega edasi kanda. Seoses sellega omab kogu seade pool paigalist iseloomu ning peab olema kohandatud sagedasteks edasi viimisteks. Peale selle võib järsu kallaku puhul kaevisetükkide allaveerimine vigastada nii kaablit kui ka armatuuri. Väikese kallakusega väga õhukeste kihtide puhul on valgustite riputamise kõrgus väike ja nende poolt valgustatav pind piiratud.

Põhilised erinevused koristustes ning muudes kaevõõnsustes kasutatavate valgustite vahel seisnevad selles, et esimesel juhul on valgustid konstruktsioonilt tugevamad, väiksemad (kasutatakse 100—150-vatilisi lampe) ja on varustatud konksuga nende riputamiseks toestiku külge.

Edasikandmise hõlbustamiseks koosneb kogu armatuur üksikutest, kergesti eraldatavatest ja mitte eriti pikkadest lülidest.

Kõrgete kambrite valgustamiseks näiteks kivi- ja kaalisoolade tootmisel ning lahtistel töödel kasutatakse 500—1000-vatiliste lampidega projektoreid, mis, olles varustatud peeglitega, suunavad tugeva valgusvihu nõutavas suunas (joon. 438).

Esmakordselt mäetööstuses on võetud NSV Liidus kasutusele luminescentsvalgustid — päevavalguse-lambid. Nende lampide kasutuselevõtmisega lähenevad allmaa töötamistingimused päevavalguses töötamisele. Katsed ja arvutused näitavad, et kaks 15-vatilist luminescentslampi, asetatuna strekki 8-m-se vahemaaga, valgustavad nende vahel olevat kesket punkti veidi enam kui seda suudavad 60-vatilised hõõglambid.

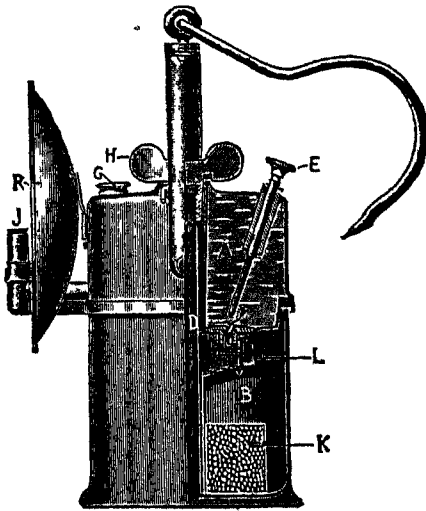
Luminescentsvalgusteid on valmistatud ka gaasi- ja tolmuohtlike kaevanduste jaoks.

### 3. Valgustus kaasaskantavate lampidega.

Valgusallika põhimõttel jaotatakse kaasaskantavad lambid kahte rühma: leeklambid ja elektri-akumulaatorlambid.

Konstruksiooni ja kandmisviisi järgi võib eristada töölise mütsi küljes ning käes kantavaid valgusteid.

Leeklambid jagunevad lahtisteks ning kaitselampideks. Gaasiohututes kaevandustes kasutatakse valgusallikaid lahtise tulega: küünlaid, mis on asetatud laternasse leegi kaitsmiseks niiskuse cest, õli-, atsetüleeni- ja bensiinilampe.



Joon. 439. Atsetüleeni-lamp: A — veenõu, B — karbiidinõu, E — kruvi vee juurdevoolu reguleerimiseks, G — veenõu kork, H — kinnipigistuskruvi, J — põleti, K — karbiid, L — veejaotuse võre, R — reflektor.

jahutada põlemisprodukti temperatuurini, mis ei süüta kaevandusgaasi. Mida tihedam on võrk, seda enam ta neelab soojust, kuid seda väiksem on ka õhu juurdevool ja seda vähem valgust annab lamp.

NSV Liidus valmistatakse bensiini-kaitselampe, mille võrgu tihedus on vähemalt 144 ava 1 cm<sup>2</sup> kohta ja mille valgustugevus on 0,5—0,6 küünalt. Nende lampide alumist osa — stantsitud silindrilist reservuaari, millele on kaas külge joodetud, — täidab bensiiniga immutatud vatt. Bensiin kallatakse läbi ava 3 (joon. 440), mis on tihedalt suletav keermestikku omava hermeetilise korgiga. See poolt on see ava vatist eralda-

Meie mäetööstuse gaasita kaevandustes kasutatavad bensiinilambid (tüüp HГ) erinevad allpoolkirjeldatud kaitselampidest (tüüp Г) ainult ühe võrgu ja luku puudumise poolest.

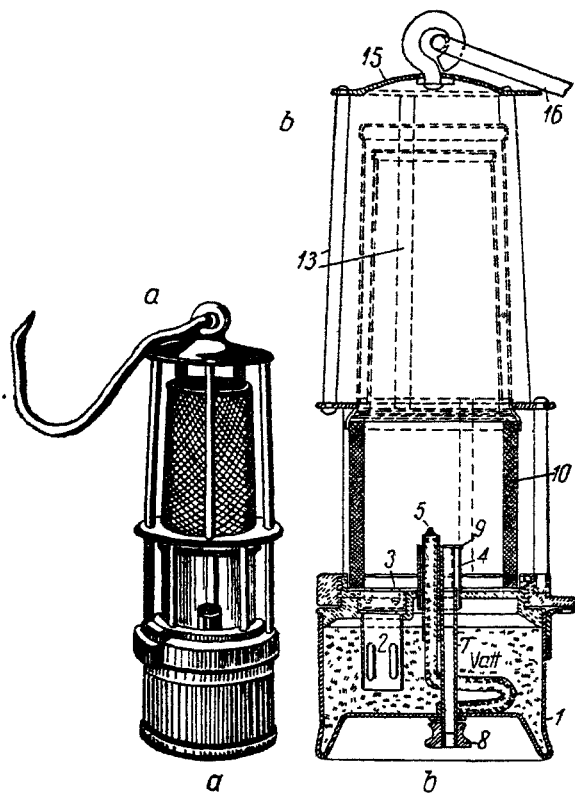
Atsetüleeni- (karbiidi-) lampides on põlevaks aineks atsetüleenigaas, mida saadakse ülemises reservuaaris asetseva vee allatilkumisest kaltsiumkarbiidile, mis täidab alumist reservuaari (joon. 439). Põletist väljuv gaas süüdatakse ja ta põleb heleda valge leegiga. Karbiidi piisab, olenevalt lampi suurusest, 5—6 või 12—14 tunniks. Atsetüleeni-lampide valgustugevus tõuseb 10 küünlani. Atsetüleeni-lampe valmistatakse nii käes kui ka mütsi küljes kantavatena.

Gaasiohtlikes kaevandustes kasutatakse nn. kaitselampe, mille leek on välisõhust isoleeritud traatvõrguga (joon. 440). Võrgu ülesanne on

tud filtri 2 abil. Vatt imeb bensiini ja takistab tema väljapääsu korgi 3 ja põleti 4 vahelt. Lambi põleti 4 koosneb kahest torust: torust tahi 5 jaoks, mis läbib reservuaari kaane, ning torust 7 keermestikuga varustatud vardaga, mis läbib kogu reservuaari. Keermestikuga varustatud varda 8 mutri pööramise teel saab reguleerida tahi ja leegi pikkust. Et vältida leegi liigset pikenemist ja seoses sellega tahma tekkimist, on põleti varustatud katteplaadiga 9, mis piirab tahi tõstmist.

Lambi kokkupanekul asetatakse reservuaari peale asbestrõngas, sellele klaas 10, siis teine asbestrõngas ja seejärel üksteise sisse asetatud 2 metallvõrku. Siis asetatakse peale lambi ülemine osa. See koosneb rõngast ja kaanest 15, mis omavahel on ühendatud sammastega 13. Lambi kaane külge on kinnitatud konks 16, mille abil saab lampi riputada. Lambi ülemine osa kinnitatakse alumise külge keermestiku abil. Et takistada lambi avamist kaevanduses, mis võib põhjustada metaani plahvatust, varustatakse lamp ka magnet- (avatavad ainult magneti abil) või plommlukuga. NSV Liidus kasutatakse gaasiohtlikes kaevandustes lampide sulgemiseks mõlemaid mooduseid.

Õhk pääseb lampi läbi võrgu alumise osa. Lampi sattunud metaani plahvatusel jahutavad võrgud leeki ja takistavad tema pääsu väljapoole, nii nagu traatvõrk ei lase läbi gaasipõleti leeki (võrgu peal süüdatud leek ei lähe võrgu alla ja vastupidi, süüdatuna all, ei kandu üles) (joon. 441).

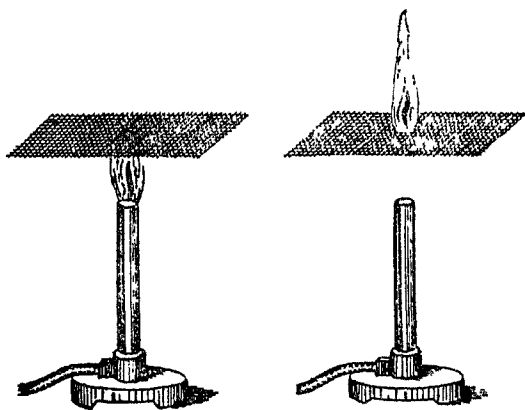


Joon. 440. Bensiini-kaitselamp: a — üldvaade, b — läbilõige. (Numbrita seletus tekstis.)

Kogemused on näidanud, et võrk tagab ohutuse plahvatuste suhtes ainult siis, kui õhu liikumiskiirus ei ületa 6 m/sek. Seepärast peabki kasutama kaht võrku ning peale selle peavad kõikides kaevetöökohtades, kus õhu liikumiskiirus on üle 5 m/sek., ning kaevetöökohtades, kus esineb tilkumisi, lambid olema varustatud kaitsekattega, mille ülesandeks on vähendada õhu liikumise kiirust läbi võrgu.

Et kaitselampi kaitseomadused sõltuvad tema kõikide osade läbi pääsmatusest õhule ja võrgu korrasolekust, siis tuleb enne kaevandusse laskumist lambid hoolikalt üle vaadata.

Kustunud lambi süütamiseks on täiuslikumad lambid varustatud sisseasetatud süütajatega. Kui lamp ei ole varustatud süütajaga, siis teda kaevanduses lahti võtta ja süüdata ei tohi. Lamp vahetatakse põlevaga, mis tuakse maa pealt.



Joon. 441. Traatvõrgu jahutav mõju leegile.

Metaani sisaldumisel õhus ilmub lambi leegi kohale põleva metaani kahvatu taevasinine oreool. Selle oreooli nähtavus ja leegi võrgust väljapaiskumise oht oleneb lambi leegi kõrgusest. Kui lamp põleb täie leegiga, on põlemisprodukti palju ja hapnikku vähe ning plahvatusoht seega väike; väikese

leegi puhul on metaani oreool märgatavam, kuid seevastu gaasisegu võrgu all sisaldab rohkem hapnikku ja leegi võrgust väljapaiskumise oht on suurem.

Seepärast toimub metaani hulga mõõtmine kahe operatsiooni teel: esialgu täisleegiga, ning seejärel, kui metaanisaldus on väike (alla 3%), väikeseks keeratud leegiga. Väikese leegiga võib kogunud inimene mõõta metaani hulka küllaltki täpselt.

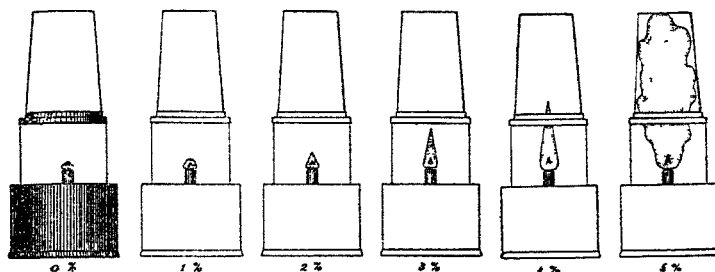
Mõõtes täisleegiga tõstetakse lamp sujuvalt alt üles lae alla, kuhu metaan koguneb oma kerguse tõttu.

Olenevalt metaanisaldusest lambi leek kas pikeneb (1–2% metaani), venib 1,5–2 cm võrra ja tuhmub (3–4% metaani) või hakkab tahmama (4–5% metaani). Metaanisaldusel 5–6% hakkab leek värisema, keerdub ning kustub; mõnikord pärast lambi kustumist võrgu läitnud gaas põleb veel mõnda aega.

Kui mõõtmise täisleegiga näitab leegi märgatavat pikenemist ning kui lambis toimub metaani plahvatus, siis viitab see üle 3–4% ulatuvale metaanisaldusele ja lambi väikeseks keeratud leegiga pole gaasi lubatud mõõta. Sel juhul tuleb katkestada töö ja eest lahkuda.

Kui metaanisaldus on väiksem, mõõdetakse metaani hulka väikese leegiga, vähendades leegi kõrgust 2–3 mm-ni ning seejärel, nagu varemgi, tõstetakse lamp aeglaselt üles.

Metaanisaldusel 0,5–0,75% pole oreool märgatav. Kui metaanisaldus on 0,75–1%, ilmub oreool väikese leegi laiendusena ülemises osas. Sisalduse puhul 1,5% ilmub märgatav kooniline kahvatu taevasinine oreool kõrgusega 9 mm. 2% korral on oreooli kõrgus 11 mm, 2,5% puhul ulatub koonuse kõrgus poole klaasini (15–17 mm), 4% puhul ulatub oreool võrku ja 5% puhul ulatub koonus võrgu ülemisse ossa, leek hakkab värisema, omandades mõnikord liilia kuju, ning kustub (joon. 442).



Joon. 442. Kaevandusgaasi-sisalduse mõõtmine kaitselambi väikeseks keeratud leegiga.

Gaasi mõõtmisel pole lubatud järsud võnkumised, sest need võivad põhjustada leegi väljapaiskumist lambist ning plahvatust. Seepärast, kui gaas lambis plahvatab, tuleb lamp rahulikult ja sujuvalt alla lasta. Bensiinilampe kasutatakse praegusel ajal peamiselt ainult metaani mõõtmiseks.

**A k u m u l a a t o r l a m b i d.** Elektrienergia allikaks, mis paneb lambi niidi hõõgurna, on akumulaator. Ta kas moodustab lambiga ühtsa terviku (käsilambid) või on viimasega ühendatud peene elastse kaabli abil (pealambid) (joon. 443).

Akumulaatorlambid jagunevad vastavalt kasutatava akumulaatori tüübile happelisteks (plii) ja aluseliseks (kadmium-nikkel ja raud-nikkel).

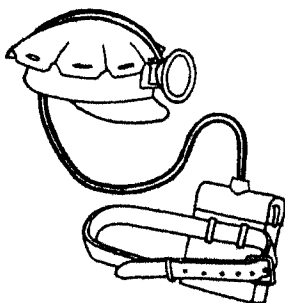
Aluselised akumulaatorid ilmusid märksa hiljem plii-akumulaatoritest, kuid nad on viimaseid kaevanduse praktikast välja tõrjumas, sest nad on mehhaaniliselt tugevamad, vähem tundlikud ülekoormuste suhtes ning pikema eaga. Seetõttu valmistatakse NSV Liidus aluselisi (kad-

mium-nikkel) akumulaatorlampe nii käes (joon. 444) kui ka vöö ja mütsi küljes kantavatena.

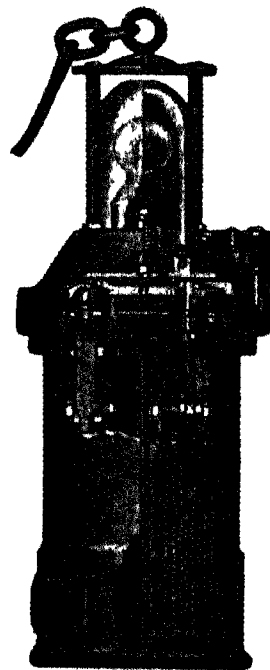
Käsilambid koosnevad kahest osast: akumulaatori reservuaarist ja ülemisest osast, mis kujutab akumulaatori välist kaant. Ülemine osa koosneb elektri-hõõglambist, teda kaitsvast klaaskuplist ja seadmest lambi kandmiseks. Lambi alumises osas (reservuaaris) asetseb kaks suletud aluselist akumulaatorit, mille ühine pinge on 2,4 volti. Pöörates akumulaatorlambi ülemist osa alumise suhtes toimub kontaktide ühinemine ning elektrilamp süttib.

Akumulaatorlambi elektroodid on plaadikujulised. Negatiivseks elektroodiks on kadmium, positiivseks — nikkelhapend. Elektrolüüdina kasutatakse 25%-list kaaliumalust (KOH).

Pealampide puhul on akumulaator asetatud iseseisvasse metallkarpi, mis kinnitatakse töölise vöö külge, kuna lamp reflektoriga on peakatte küljes. Pealampide paremus seisneb selles, et nad



Joon. 443. Mütsi külje kinnitatav akumulaatorlamp.



Joon. 444. Käes kantav akumulaatorlamp.

jätavad vabaks töölise käed ning valgustavad vahetult töökohta; puuduseks on aga see, et esineb sagedasti kateklaasi purunemisi.

Akumulaatorlambid võivad põleda 12—16 tundi, siis tuleb neid uuesti laadida. Põlemisel saadav valgus ulatub 1—1,5 küünla tugevuseni.

Et akumulaatorlambid oleksid kaitselampideks, s. t. et neid saaks kasutada gaasiohtlikes kaevandustes, tehakse kõik ühendused hermeetiliselt suletutena, et kontaktide ühendamisel tekkida võivad sädemed ei pääseks väljapoole. Samal põhjusel on akumulaatorlambid varustatud magnetiliste lukkudega, mis takistavad klaaskupli äravõtmist ja akumulaatori



reservuaari kaane ärakeeramist. Peale selle on kõik kaitse-akumulaatorlambid varustatud seadeldisega, mille abil hõõglamp lülitub automaatselt välja, kui kuppel puruneb.

Selliselt konstrueeritud lambid osutuvad täiesti ohututeks ning neid on lubatud kasutada gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes. Suurem valgustugevus (3—3,5 korda) ning täielik ohutus, võrreldes leek-kaitselampidega, tagab akumulaatorlampidele laialdase kasutamise.

Akumulaatorlampide puuduseks on asjaolu, et nendega ei saa õhu süsihappegaasi-, hapniku- ja metaanisisisaldust mõõta. Seepärast on kõikides kaevandustes, kus kasutatakse paigalisi või kantavaid elektrilampe, indikaatoritena tarvitusel bensiini-kaitselambid.

Meie määruised nõuavad, et kõikides gaasiohtlikes kaevandustes oleksid töölisel peale akumulaatorlampide varustatud veel bensiini-kaitselampidega niisugusel hulgal, et igal töökohal oleks vähemalt üks selline kaitselamp.

## **E. Kaevanduse tulikahjud ja päästetööd.**

### **1. Maa-aluste tulikahjude põhjused.**

Maa-aluste tulikahjude ohtlikkus on märksa suurem maapealsetest, sest peale suure materiaalse kao on maa-alused tulikahjud sageli seotud inimohvritega.

Tulikahjude korral maa peal kanduvad põlemisproduktid laiali, kuna maa-aluste tulikahjude puhul kanduvad nad laiali mõõda kaeveõõnsusi, põhjustades inimeste mürgistumist. Toestiku mittetäielikul põlemisel tekib tohutul hulgal vingugaasi. Arvutused näitavad, et ühe puitraami mittetäielik põlemine tekitab vingugaasi sellisel hulgal, mis mürgistab õhu inimelule ohtlikul määral kuni 2 km pikkuses, 4—5-m<sup>2</sup>-se põikilõikega strekis, s. t. piiratud alal tekkinud tulikahju võib häirida kogu kaevanduse tööd.

Peale toestiku põlemise esinevad ka maavara (kivisüsi, põlevkivi) põlemised. Maavara põlemised tekitavad veel suuremat kahju kui toestiku põlemine, sest sääraste tulikahjude tekkekoht on raskesti kättesaadav, mistõttu nende likvideerimine kestab sageli kuid ja isegi aastaid. Nende tulikahjudega seoses tekib tohutul hulgal mürgiseid gaase: vingugaasi sõe põlemisel ja vääveldioksüüdi sulfiidsete maakide tulikahjudel.

Kaevanduse tulikahjude tekkimise põhjused võib jaotada kahte rühma: 1) tulikahjud lahtisest tulest ja 2) maavara isesüttimisest.

Esimese rühma tulikahjude tekkimise põhjused võivad olla väga mitmesugused: suitsetamine, sisselangemisel eesse jäänud lamp, elektri-juhtmestiku korratus, põlevate vedelikkude süttimine (näiteks piikvasarate pesemiskambris), tule ülekandumine maa pealt jne. Neid tulikahjusid põhjustavad tähelepanematus, ettevaatamatus ning oskamatu või lohakas elektri- ja mehhaaniliste seadmete kasutamine.

Teise rühma tulikahjud võivad tekkida ainult ebaõigest tööviisist või antud mäetehnilistes tingimustes ebasobiva kaevandamisviisi kasutamisest, kuigi kalduvus isesüttimisele tuleneb ka otseselt maavara enda omadustest. Maavara maa-alused tulikahjud tekivad enamasti isesüttimisest ning ainult üksikjuhtudel tule üleminekust kas loestikult või mistahes teiselt põlevalt materjalilt (loomatoit, määrdeõlid) maavara massiivile.

Kalduvust isesüttimisele omavad söed, söerikkad kiltkiivid ja sulfiidised maagid. Nende kalduvus isesüttimisele on seoses nende omadusega imada hapnikku, kusjuures toimub hapendumine ning tõuseb temperatuur. Temperatuuri tõusuga kasvab kivimite hapniku imamise võime ja aja jooksul nad kuumenevad sedavõrd, et aeglane hapendumine muutub põlemiseks.

Vaatluste teel on jõutud otsusele, et peenendatud kivim süttib märksa kiiremini, sest mida väiksemad tükid, seda suurem on pind kaaluühiku kohta ning seda kiiremini toimub hapniku imamine ning hapendumine. Samuti on selgitatud, et värskel õhu juurdevool väikestes hulkades soodustab isesüttimist. Õhu liikumiskiiruse suurendamisel aga kannab õhk soojust ülejäägi eemale ning vähendab isesüttimise võimalusi.

Sulfiidsete maakide kalduvus isesüttimisele on tõenäoliselt seotud nende väävlisisaldusega, sest vastavad tulikahjud esinevad alades, kus on rikkalikult väävlit. Isesüttimist soodustab ka niiskus. Eriti ohulikud on endised tulikahjude piirkonnad, kus põlemise tagajärjel püriit on muutunud punaseks raudhapendiks, mis eriti puidujäänuste juuresolekul võib väga kergesti ise süttida. Kivisöe isesüttimise omadus sõltub tõenäoliselt ka tema keemilisest koostisest, kuid praegu pole me veel suutelised analüüsi põhjal ette ütleva, kas antud süsi on isesüttiv või mitte. On ainult selgitatud, et sulfiidsete lisandite ja puittoestiku jäänuste juuresolek ning niiskuse olemasolu soodustavad isesüttimist.

Üldiselt süttivad pikaleegilised söed sagedamini kui „lahjad”, ning nooremad (näiteks juura) söed omavad rohkem kalduvusi isesüttimiseks kui vanemad (näiteks karboni ajastust).

Isesüttimist esineb sagedamini purustatud ja õhu juurdepääsust halvasti isoleeritud tervikutes, murdude ja muude geoloogiliste häirete piirkondades ja lõpuks kaevandatud alades, kui sinna on jäänud palju peent

sütt. Et kõige sagedamini jäetakse tervikuid paksude kihtide ning läätsetaoliste lasude ilma täiteta väljavõtmisel, siis tekib ka isesüttimisi kõige sagedamini paksude kihtide ja läätsetaoliste lasude kaevandamisel, kui kasutatakse lae langetamist või magasineerimist ja rõhkvaristamist.

## 2. Abinõud maa-aluste tulikahjude vältimiseks.

Põhilisteks abinõudeks võitluses maa-aluste tulikahjudega on nende tekkimisvõimaluste ärahoidmine. Uheks abinõuks tulikahjude ärahoidmisel on täielik üleminek tulekindlale toestikule. Suurt tähtsust tulikahjude vältimiseks omab ka põleva ja kergestisüttiva materjali hulga vähendamine kaevanduses: söetolmu koristamine strekkidest, määrde- ja puhastusmaterjalide koristamine masinaruumidest, vana puitmaterjali kõrvaldamine jne. Tekkinud tule kiireks likvideerimiseks tuleb kõik ohtlikud kohad varustada tulekustutajate ja liivaga.

Täiesti omaette on abinõud, mis on suunatud tekkinud tule ja põlemisproduktide levimise tõkestamiseks. Tule levimise vältimiseks maapinnalt kaevandusse tuleb kõik kaevandusse õhku andvate kaeveõõnsuste suudmete (avade) juures asetsevad hooned ehitada tulekindlatena, samuti peavad nende kaeveõõnsuste suudmed vähemalt 10 m ulatusel maapinnast olema toestatud tulekindlate materjalidega. Et vältida põlemissaaduste levimist kaevandusse, tuleb põhilised kaeveõõnsused varustada tulekindlast materjalist tuletõketega, millede ukсед tulikahju tekkimise korral suletakse. Kaevandusse õhku andva šahti suudme juurde ehitatakse samal eesmärgil tulekaitseluugid ja tööliste väljumiseks ning värsket õhu juhtimiseks eriline kõrvalkanal, mis avaneb maapinnal 8—10 m eemal šahti maapealsest ehitisest.

Nende abinõude hulka kuulub ka reverseerimisseade ventilaatorite juures, sest õhujoo suuna muutmine tulikahju puhul takistab gaaside levikut teatavas suunas, soodustades sellega inimeste väljapääsu ja päästetööde läbiviimist.

Täiesti omaette tuleb vaadelda abinõusid söe isesüttimise vältimiseks. Sel alal tuleb kogu tähelepanu suunata õige kaevandamisviisi valikule. Radikaalseimaks tuleb pidada võitluses isesüttimise vastu säärase kaevandamisviisi valikut, mis tagaks maavarakihi täielikku tervikuteta väljavõttu ning kaevandatud ala täielikku täitmist.

Täiteta kaevandamisel peavad sissejätavad tervikud taluma ümbritsevate kivimite survet ilma purunemata.

Koristustööd isesüttivates kohtades peavad olema suunatud kaevanduse välja piiridelt šahti poole, süstemaatiliselt isoleerides väljatöötatud

piirkonnad, et takistada nendesse värske õhu juurdepääsu. Koristustöödel tuleb hoolikalt koristada kogu maavara, eriti peenike, sest selle kogumikud võivad osutada isesüttimise lähteiks. Pidevalt tuleb jälgida väljatöötatud piirkondi eraldavate tõkete seisundit, sest nende purunemine võimaldab õhu juurdepääsu vanadesse töökohtadesse ning võib seal tekitada isesüttimise teel tulikahju.

Täiesti lubamatu on jätta kaevandatud piirkondadesse isesüttivat söerikast kiltkivi- (aherkivimi-) vahekihti.

Sõe isesüttimist maapinnal saab vältida, hoides teda madalates kuhilates ja asetades kuhilatesse torud, mille ülesandeks on kuhilate jahutamine intensiivse tuulutamise teel.

### 3. Tulikahjude kustutamine.

Tulikahjude likvideerimine kohe pärast nende tekkimist ei valmista erilisi raskusi; seega osutub esimeseks kustutamist soodustavaks teguriks tulikahju õigeaegne avastamine.

Algava isesüttimise ja tulikahju tekkimise lihtsaimateks tunnusteks on õhu, kivimite või tõkete soojenemine, udu ilmumine, kaeveõõnsuste seinte higistamine, hapnikupuudusest tingitud raskendatud hingamine ja lampide halvem põlemine. Põlemise edasisel arenemisel ilmub suits ning lõpuks võib tähele panna hõõguvat sütt ja lahtist tuld.

Kord tekkinud tulikahjude kustutamiseks võib kasutada nii aktiivseid kui ka passiivseid abinõusid.

Tulikahju alguses püütakse teda kustutada aktiivsete abinõudega: toestiku või kivimite põlemisel kallatakse nad üle veega või kasutatakse kustutamiseks vahu- või pulbritaolisi tulekustutajaid; põlevate vedelike põlemisel (määrdeõlid, bensiin, petrooleum) kaetakse nad liivaga.

Põlevat elektrikaablit on kõige soodsam kustutada pulbriliste kustutusvahenditega, kusjuures esijoones tuleb välja lülida elektrivool. Sõe põlemisel tervikus ei piisa ainult uhtimisest veega, vaid põlev mass tuleb purustada ja välja kraapida ning siis lõplikult kustutada.

Kui tulikahju likvideerimine aktiivsete vahenditega ei õnnestu, tuleb kasutada passiivseid meetodeid, s. t. takistada õhu juurdepääsu tulikahju piirkonda selle eraldamise teel tulekaitse-tõkkesammidega.

Tulikahju isoleerimisel kasutatakse ajutisi ja püsivaid tulekaitsetõkkesamme. Ajutised tõkkesammid on mõeldud päästetööde läbiviimise kergendamiseks ja piirkonna ajutiseks isoleerimiseks. Tugevamad, püsivad tõkkesammid on ette nähtud tulikahju lõplikuks isoleerimiseks.

Ajutiste tõkkesammide valmistamiseks kasutatakse väga mitmesuguseid materjale: vette kastetud present, märgi õlgi või heinakubusid, savi või lubjaga määratud pindu ja laudu jne.

Tõkkesammide ehitamisel on oluline, et ka ümbritsevad kivimid ei laseks õhku läbi, seepärast tuleb püsivate tõkete rajamisel pragunenud kivimeisse teha sisseraieid.

Püsivate tulekaitse-tõkkesammide erinevus tuulutustõkkesammidest seisneb selles, et esimestesse tuleb sisse ehitada kaks toru: üks (läbimõõduga 18—25 mm) üles õhuproovide võtmiseks tõkke tagant ja temperatuuri mõõtmiseks, teine (läbimõõduga 125—200 mm) alla, tõkkesammi taha koguneva vee väljajuhtimiseks.

Tiheda (õhukindla) isoleerimise korral kustub tuli iseenesest. Tõkkesammidega isoleeritud tulikahju kiiremaks kustutamiseks kasutatakse selle piirkonna veega üleujutamist, täitmist savirikka massiga või inertsete gaaside pumpamist tulikahju piirkonda.

Näiteks kui kaevetõid ei tehta sügaval, võib kogu tulikahju piirkonda puuraugu kaudu üle ujutada, kiirendades nii tule kustutamist ning jahutades ühtlasi kivimeid ja toestikku.

Juhtudel, kui tulikahju piirkond on maapinnaga ühenduses rea lõhede ja pragudega, on tulikahju likvideerimiseks parem kasutada savitamist, s. t. täita tulikahju piirkonna kaeveõõnsused ja praod vee ning peenendatud aherkivimi, liiva või savi seguga. Savitamine soodustab piirkonna paremat isoleerimist ning takistab teatavalt piirides uue teistkordse tulikahju tekkimist pärast tõkkesammide avamist, sest kõik praod ja lõhed osutuvad täidetuks aherkivimiga ja peen sõepuru on segunenud mittepõleva materjaliga.

Tulikahjude kustutamisel inertsete gaasidega kasutatakse sageli nn. küttegaasi (lämmastiku segu süsihappegaasiga). Seda gaasi saadakse sõe või puude põletamisel õhu juurdepeäsu reguleerimisega erilistes kateldes või lubja kustutamisel. Kasutatakse ka tööstuslikult toodetud süsihappegaasi.

Tulekaitse-tõkkesammide taha juhitud inertne gaas takistab õhu juurdepeäsu sinna ning jahutab kivimeid ja toestikku, soodustades seega kustutamist.

Eriti hea, kuid kallis, on süsihappegaas, sest ta on suure soojusmahuvusega (suuremaga kui lämmastik) ning oma suure erikaalu tõttu tungib halvemini läbi tõkkesammi.

Tulikahjude kustutamiseks kasutatakse ka vedelat süsihappegaasi, mille üleminek gaasilisse olekusse on seotud silmapaistva temperatuurilangusega, mis mõjub kivimeile veelgi jahutavamalt.

Peale tökketammi sulgemist korraldatakse süstemaatilisi vaatlusi õhuproovide võtmise ning temperatuuri mõõtmise teel tulikahju piirkonna seisukorra selgitamiseks. Veendudes hapniku pikema-ajalise puudumise põhjal õhuproovides ning temperatuuri languse järgi, et põlemine on täielikult lõppenud ja kivimid küllaldaselt jahtunud, võib asuda tulikahju piirkonna avamisele.

Tulikahjude kustutamise ülalootletud meetodid nõuavad suuri aja-, tööjõu- ja materjalikulutusi; seepärast on kaevanduses tuletõrjetööde kiiremaks ja soodsamaks läbiviimiseks erilised tuletõrje baasid nii maa peal kui ka maa all. Iga baas peab sisaldama (soovitav — laadituna vagu- neisse) mitmesuguseid ehitusmaterjale (savi, tellised, tsement, liiv, laudad, naelad jne.) ning mitut liiki tuletõrjevarustust (tuulutustorud, tulekustutajad, tuletõrjevoolikud jne.).

Kaevandustes, eriti neis, mis on ohtlikud tulekahjude seisukohalt, tuleb juba ette ära märkida isoleerivate tökketammi asukohad ning nendes kohtades ette valmistada vajalikud materjalid.

#### 4. Päästetööd.

Põhiliseks ja tähtsaimaks päästetööde ülesandeks kaevandustulikahjude, kaevandusgaasi ja tolmu plahvatuste puhul on kaevandusse või avariipiirkonda jäänud inimeste päästmine. Gaasidega mürgistatud kaeveõõnsustes toimetavad inimeste päästmist erilised päästemeeskonnad, kes on varustatud hingamiseks kõlbmatu atmosfääris töötamist võimaldavate eriliste aparaatidega. Päästemeeskonnad otsivad mürgistatud inimesi, annavad neile esmaabi ning saadavad maapinnale, kus võetakse tarvitusele kõik abinõud nende äratamiseks (kunstlik hingamine, hapniku hingata andmine jne.). Õnnetuse puhul tuleb püüda esmajärjekorras juhtida kõik inimesed maapinnale või suunata nad puhta, põlemisproduktidest mürgistamata õhujoo teele. Et kaevandused kujutavad endast tavaliselt laiailmpaisatud kaeveõõnsuste võrku, siis osutub sageli võimatuks kõiki töölisi õigeaegselt hoiatada varitseva õhu eest ning teatada neile parim tee maapinnale. Seepärast, et kergendada päästetöid ning tulikahju kustutamist, töötatakse juba varem välja konkreetne operatiivplaan tööliste parimaks ning ohutuimaks eemaldamiseks õnnetuspiirkondadest, kannatanute päästmiseks, õnnetuse likvideerimiseks ning kaevanduse normaalse töö taastamiseks.

Päästetööde plaan näeb ette kõigi võimalike õnnetuste likvideerimist, nagu tulikahjud, gaasi- ja tolmu plahvatused, kaevanduse üleujutused, suu-

red sisselangemised jne., kusjuures nad võivad tekkida kaevanduse mistahes maa-aluses või maapealses osas.

Päästetööde plaan jaguneb kaheks — dispositiooni- ja operatiivseks osaks.

Dispositioon näeb ette administratiiv-tehnilisele personalile ja järelevalve organeile õnnetusest teatamise korra, jaotab ülesanded kaevanduse insener-tehnilise personali vahel ning määrab ära tööliste tegevuse avarii piirkonnas.

Operatiivne osa määrab konkreetsed abinõud avariist teatamiseks ja inimeste päästmiseks, päästesalkade liikumisteed ning avarii likvideerimise meetodid.

Päästetöödel omab väga suurt tähtsust katastroofist tabatud tööliste distsipliin ning nende poolt õigesti ettevõetud abinõud enese päästmiseks. Seepärast peavad kõik töölised tundma päästetööde plaani.

Praktika on näidanud, et mõningail juhtudel, kui puudub võimalus välja jõuda värskete õhujoale, läbimata mürgistatud rajooni, on võimalik ennast päästa, varjates end põlemisproduktide eest tōketega ükskõik millises küllalt mahukas ruumis. Tōkkes valmistatakse mistahes kättejuhtuvast materjalist (puit, kivid jne.). Küllaltki mahukas isoleeritud piirkonnas võib vastu pidada mõned tunnid, kuni päästemeeskonna kohale saabumiseni. Peale isoleerumist säärasesse ruumi tuleb anda teatavate kindlate ajavahemike tagant signaale kas seintele, rõõbastele või torustikule koputamise teel.

Kui säärasesse isoleeritud kohta suundub suruõhutorustik, võib seda kasutada värskete õhu ja soodsail juhtudel ka toidu andmiseks. Varjendis pole soovitatav asjatult liikuda, seal tuleb vaikselt lamada, sest sel juhul tarvitab inimene vähem hapnikku; peale selle on soovitatav kustutada kõik bensiinilambid peale ühe. Kui on olemas akumulaatorlambid, ka siis lasta põleda ainult ühel lambil, et valgust jätkuks kauemaks ajaks.

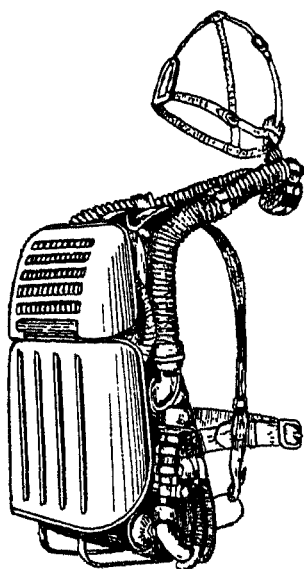
Mürgistest produktidest, tulikahjust või gaasiplahvatustest kannatada saanud tööliste toibutamiseks sisustatakse šahtist kaugel eemalolevates piirkondades erilised hermeetiliselt suletavate ustega varustatud varjendid, mis varustatakse värskete õhuga kas suruõhutorustiku või puuraukude kaudu maapinnalt. Need ruumid varustatakse ka arstimisvahenditega ja abinõudega esmaabi andmiseks ning toidu ja joogivee tagavaradega.

Tulikahjude kustutamine ning inimeste päästmine tulikahjude ajal või pärast gaasi- või tolmuplahvatust on iseenesest väga raske töö ning nõuab püsivust, suurt vastupidavust ja eriliste vahendite kasutamist. NSV Liidus on organiseeritud laialdane riiklike päästejaamade võrk, mille meeskon-

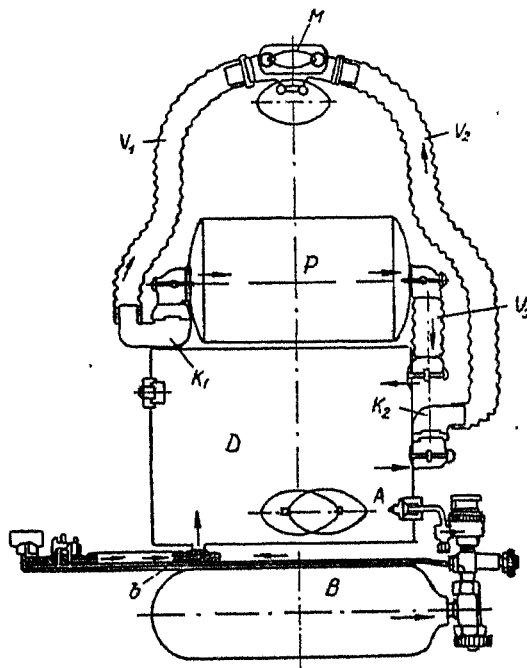
nad saavad eri-ettevalmistuse ning varustatakse aparaatidega, mis võimaldavad hingamist mürgises ja lämmatavas õhus.

Peale selle organiseeritakse kaevandustes abi-päästemeeskonnad, kelle ülesandeks on abistada päästemeeskondi nende raskes, ohtlikus ja vastustusrikkas töös.

Töötamiseks mürgistatud õhkkonnas kasutatakse filtreerivaid ja isoleerivaid aparaate.



Joon. 445. Hapniku respiraator.



Joon. 446. Respiraatori PKP-1 skeem. (Tähtede seletus tekstis.)

Filtreerivate aparaatide ehitus on üldiselt teada: õhk peab neis läbima rea absorbeerijaid, mis puhastavad ta kahjulikest lisandeist. Filtreerivate seadmete kasutamine on võimalik aga ainult õhu küllaldase hapnikusisalduse puhul (mitte alla 15—17%).

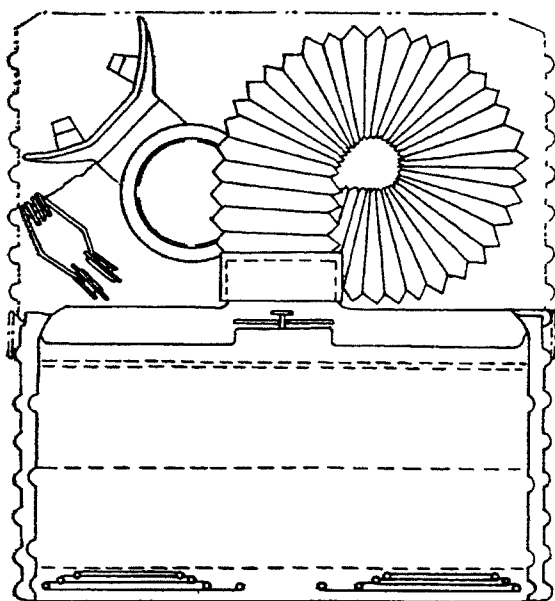
Hapniku puudumisel kasutatakse isoleerivaid aparaate, mille kasutamisel mürgistatud õhk ei pääse hingamisorganeisse ning hingamiseks vajalikku õhku antakse vahetult voolikuidpidi voolikaparaadist või hapnikuballoonist, mis moodustab aparaadi (respiraatori) lahutamatu osa.

Voolikuga varustatud aparaati käesoleval ajal peaaegu enam ei kasutata. Suurimat kasutamist on päästetöödel leidnud seljas kantavad hapniku

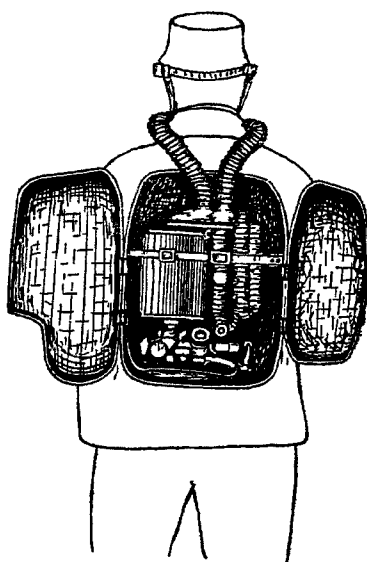


respiraatorid, mis omavad hapnikuballooni, kus hapnik on 125—150-at-se surve all, padrunit alustega (KOH ja NaOH) süsihappegaasi imamiseks, hingamiskotti ning aparatuuri, mis reguleerib hingamiseks vajaliku hapniku andmist (reduktsiooniklapp) ning kontrollib järelejäänud hapniku mahtu (joon. 445). Öhu juhtimine aparaadist näokatteni toimub kummi-vooliku abil; sama vooliku abil juhitakse eemale väljahingatav õhk.

Üldiselt töötab kodumaine respiraator (tüüp PKP-1) järgmiselt (joon. 446).



Joon. 447. Filtreeriva isepäästja CII-9 skeem.



Joon. 448. Seljas kantav hapnikuga varustatud isepäästja

Hapnik balloonist *B* suundub reduktsiooniklapini *A* ja sealt 2—3-at-ni vähenenud survega hingamiskotti *D*. Öhu survele avaneb klapp *K*<sub>2</sub>, õhk siseneb voolikusse *V*<sub>2</sub> ning läheb suuliseni *M*, kust satub läbi suu kopsudesse. Öhu väljumisel avaneb klapp *K*<sub>1</sub> ja väljahingatav õhk satub voolikut *V*<sub>1</sub> pidi padrunit *P*, kus õhust imetakse süsihappegaas ja niiskus, ning sealt voolikut *V*<sub>3</sub> pidi hingamiskotti; edasi, rikastunud uue hapnikogusega, kordab õhk oma eelmist ringkäiku.

Hapniku suubumist hingamiskotti (normaalselt 1,2 l/min.) reguleeritakse automaadiga *A* olenevalt hingamise intensiivsusest. Reguleerimisel kasvab või kahaneb ava hapniku väljalaskmiseks.

Kui peaks vigastuma reduktsiooniklapp, on võimalik hapniku vahetu andmine balloonest hingamiskotti, avades varuava *b*.

Respiraator võib keskmise koormuse puhul töötada 2—2,5 tundi, mille järel tuleb (värskes õhujoas) vahetada hapnikuballoon ja regeneratiivpadrun (imeb süsihappegaasi). Praegusel ajal on NSV Liidus kasutusel kirjeldatud respiraatori uusim tüüp PKP-2.

Mürgiste plahvatuse või tulikahju produktidega mürgistumise ohul kasutatakse nn. isepäästjaid, mis võimaldavad mürgistatud keskkonnas viibimist 30—60 min. vältel. Isepäästjad on samuti kas filtreerivad (joon. 446) — hingamiseks hapnikusisaldusel üle 15%, või hapnikuga varustatud (joon. 447) — kui esineb hapnikupuudus. Isepäästjal on tavaliselt suuline. Tema kaal on väike (filtreeriv isepäästja C-9 kaalub 710 g).

Kodumaisi filtreerivaid isepäästjaid CII-9 (viimane mudel) valmistatakse poeletunniseks mürgistatud õhkkonnas viibimiseks. Nende eesmärk on võimaldada töölistele mürgiste gaaside piirkonna läbimist värsele õhuvoolule minekul.

Filtreeriva isepäästjais CII-9 on absorbeerijaks hopkaliit, mis võimaldab nendega viibida õhkkonnas, kus leidub vingugaasi. Hopkaliit muudab mürgise vingugaasi CO süsihappegaasiks CO<sub>2</sub>. Isepäästja asub metallist karbis, mille kaas on hermetiliselt suletud. Kasutamisel tuleb isepäästja suuline suhu võtta, nina sulgeda näpitsatega ja silmade ette panna suitsukaitse prillid.

Iga tööline peab söekaevanduses olema varustatud isepäästjaga, mis antakse tööle minnes välja ühes lambiga ja on ka töövaheajal koos lampidega hoiul.

## F. Kaevanduste pealmaa-ehitised.

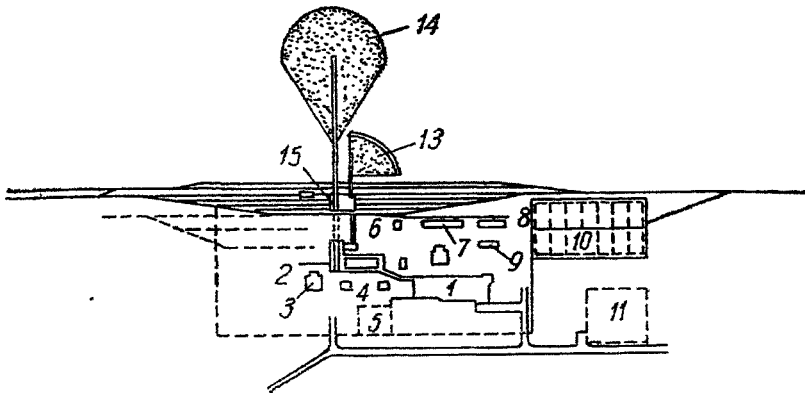
Sahti suudme juurde maapinnale püstitatakse kaevanduse majapidamise mitmesuguseid alasid teenindavad tehnilised ja majapidamisehitised. Neid kõiki kokku nimetatakse kaevanduse pealmaa-ehitisteks. Kaevanduse pealmaa-ehitiste skemaatiline plaan on toodud joonisel 449. Siia kuuluvad tõstetorn ja šahtihoone 2, laadimispunktid 15, tõstemasinate hoone 4, kompressorihooone, ventilaatorihooone 3, kalorifeerseadeldis, elektrilajaam 5, katlamaja 6, töökojad 7, teeninduskombinaat 1 ja kaevanduse laod 8 ja 9. Siin asetsevad ka sõeladu 13, aherkivimi puistekoht 14 ja puuladu 10, samuti autogaraaž 11.

Tõstetorni koos šahtihoonega ja sisemise estakaadiga nimetatakse šahti pealmaa-ehitisteks.

Lähemate raudteejaamadega on kaevandused enamasti ühendatud raudtee abil.

Peale nimetatud tehniliste ehitiste ehitatakse kaevanduste juurde väga sageli sorteerimis- ja vääristusvabrikud, kus toimub maavara sorteerimine, aherkivimi eraldamine ning muud maavarade vääristamisega seoses olevad operatsioonid.

Tõstetornid paigutatakse vahetult šahti suudmele ning nendele monteeritakse kaevanduse tõsteseadmete juhtrattad. Tõstetornide kõrgus oleb kasutatavast tõstesüsteemist ning tühjendusplatvormide kõrgusest maapinnalt, kõikides 15—40 m piirides või veel rohkem.



Joon. 449. Kaevanduse pealmaaehitiste asetuse skeem. (Numbrite seletus tekstis.)

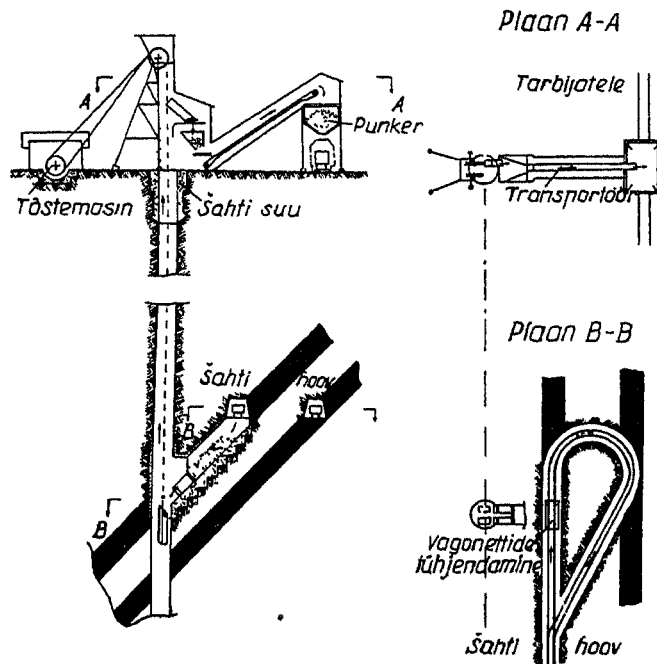
Suuremate kaevanduste tõstetornid ehitatakse enamasti metallist või raudbetoonist; puittõstetorne kasutatakse ainult väikese toodanguga kaevanduste puhul, mille kestus ei ulatu üle 15 aasta.

Olenevalt sellest, missugust tõstesüsteemi kasutatakse, erinevad ka pealmaaehitised. Vastav skeem kongtõstega on toodud joonisel 411 ja skipptõstega joonisel 450.

Sahtihoone, mille konstruktsioon oleb kasutatavast tõsteviisist, ehitatakse šahti suudmele nii, et temas asetseks ka tõstetorn.

Kui tõstmine toimub kongides, peab pealmaaehitis olema ehitatud võrdlemisi mahukas, sest sinna tuleb vastuvõtuplatvormi tasapinnal paigutada veoted šahtist vagonettide tühjenduskohani ja tagasi. Suuremate kaevanduste puhul organiseeritakse vagonettide liikumine mööda iseveeremiskallakuid, s. t. mööda teid, millel vagonetid liiguvad, ilma et selleks rakendataks välisjõudu.

Liikumisel mööda iseveeremiskallakuid osutub šahti juurde tagasi-  
 pöörduv vagonet sellest tasapinnast allpool olevaks, millelt ta kongist  
 väljus. Vagonettide tõstmiseks kongide laadimiskõrgusele kasutatakse  
 kõrguskompensatoreid (vagonetialuseid tõmbekette), mis kujutavad endast  
 vagonettide alla asetatud, rusikatega varustatud kette. Kompensator  
 asetatakse vagonettide kallakale liikumisteele. Keti rusikad haaravad vago-  
 nette alt teljest ja lükkavad neid oma liikumise suunas 15—18°-st kallakust  
 pidi säärasele kõrgusele, et oleks tagatud nende kongidesse lükkamise



Joon 450. Skipptõstega vertikaalse šahti pealmaa-ehitise skeem.

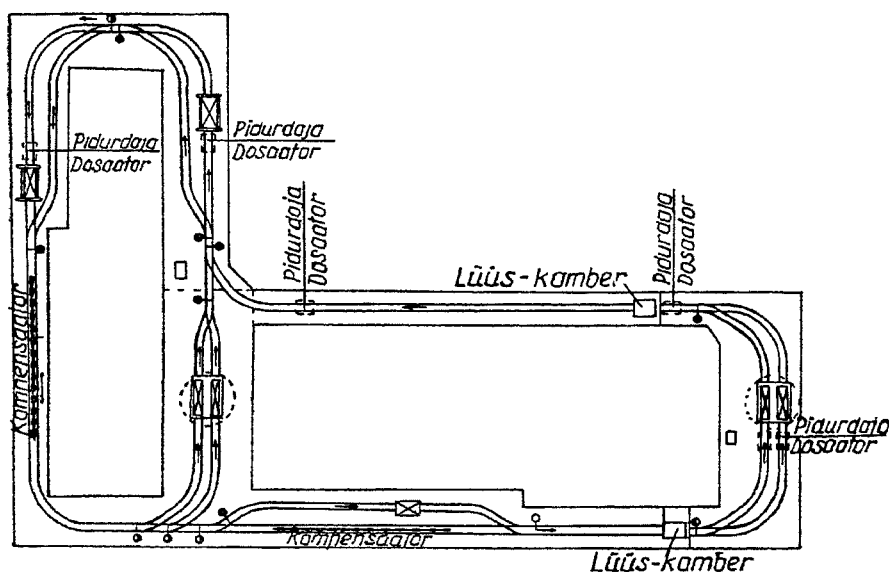
võimalus. Vagonettide lükkamine kongidesse toimub kas mööda isveere-  
 miskallakut või eriliste lõukurite kaasabil.

Üks võimalikest vagonettide liikumise skeemidest šahtihoones on too-  
 dud joonisel 451. Toodud skeemi koostamisel on lähtutud arvestusest, et  
 maavara tõstmine maapinnale toimub kahe šahti abil. Peašahti keskmine  
 tunnine toodang on arvestatud 150-le ja abišahti oma -- 100-le vagonetile.

Pea- ja abišahti hooned on omavahel ühendatud estakaadiga. Vago-  
 nettide tühjendamine vastuvõtupunktrisse toimub kallutaja abil. Punkrist  
 juhitakse maavara lint-transportööri abil sorteerimisscadmetesse või raud-  
 tee laadimispunktritesse.

Kui maavara tõstmiseks kasutatakse kallutuvaid konge või skippe, siis kaob vagonettide veo vajadus šahtihoones, mistõttu viimane muutub konstruktsioonilt lihtsamaks ja mõõdetelt väiksemaks.

Nimetatud tõsteviiside puhul ehitatakse skippide või kallutuvate kongide tühjendamiskohtade tõstetornidesse juhtkõverad (ka tühjendamiskõverad), mis tagavad skipi või kallutava kongi kallutumist või põhjast tühjenevate skippide põhjade avanemist. Skipist või kallutava kongi vagonetist satub maavara vastuvõtupunktrisse või otse vastuvõturennile.

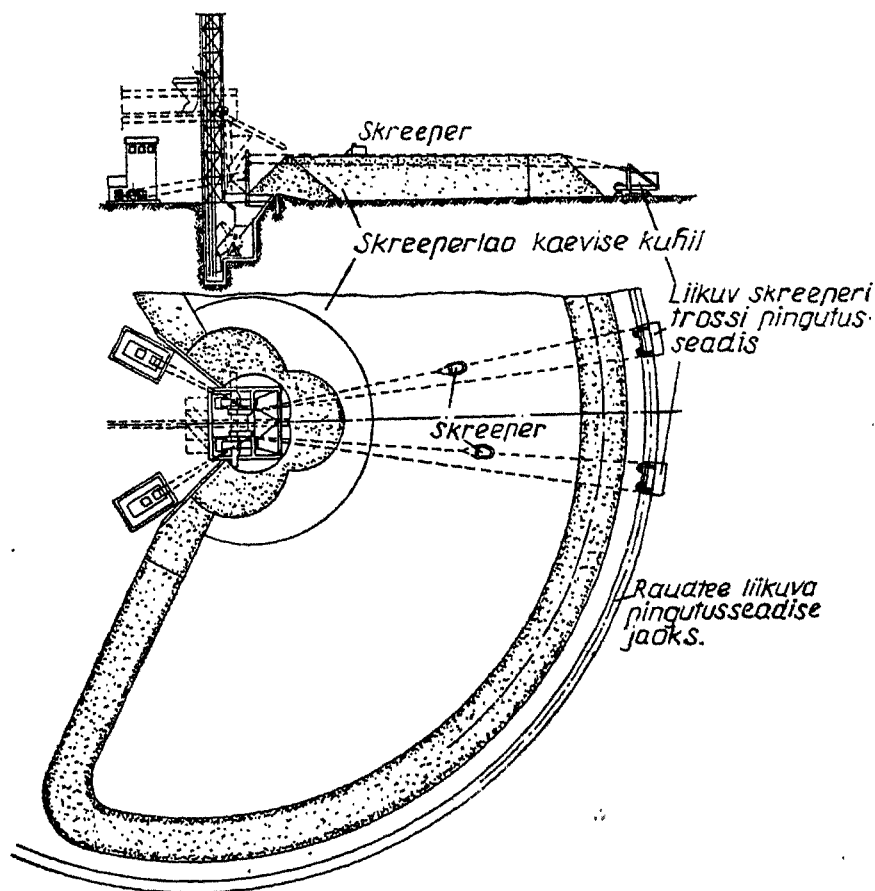


Joon. 451 Vagonettide liiklemise skeem šahtihoones

Vastuvõtulehtrist või -rennist juhitakse maavara transportõõride või muude seadeldiste abil kas raudtee laadimispunktritesse või sorteerimisele. Mõnikord, kui maavara saadetakse kaevandusest tsentraalsesse vääristusvabrikusse raudteedpidi, laaditakse maavara vastuvõtupunktrist või -rennist otse raudteevaguneisse. Säärase, punkrita laadimise kasutamine pole aga soovitatav, sest võib tulla takistusi raudteevagunite etteandmises ning peale selle võib esineda raudteevagunite etteandmist suuremate partiidena, kusjuures partiide vahel on pikemad vaheajad. Maavara kiire laadimise tagamiseks ehitatakse iga tõstešahti juurde laadimispunkrid. Enamasti on nad raudbetoonist, väiksemate kaevanduste puhul ka puidust.

Punkrid paigutatakse raudteede kohale võimalikult nii, et punkrite luukidest (avadest) oleks võimalik üheaegselt laadida mitut raudteevagu-

nit. Laadimiseks varustatakse punkrite luugid (avad) eriliste sulguritega. Punkrite maht arvestatakse enamasti 3—6-funnisele tagavarale, s. t. nad võivad mahutada kaevandusest 3—6 tunni kestel väljatoimetatava maavara.

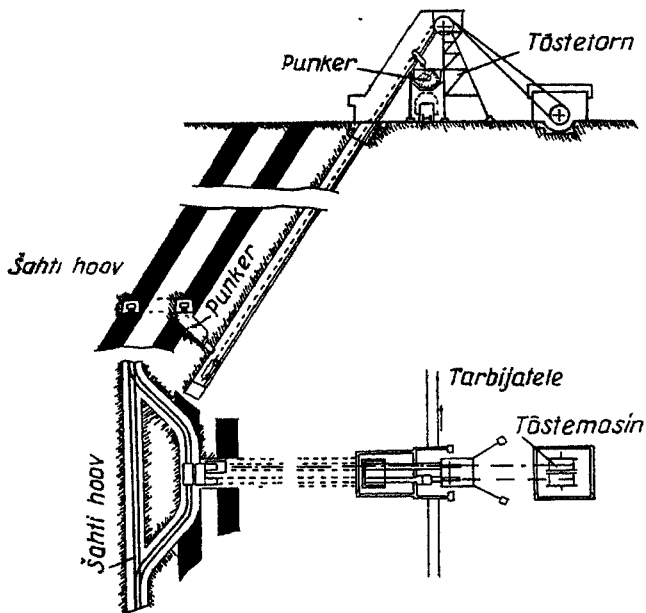


Joon. 452. Skreeperseadeldisega varustatud maavaraladu.

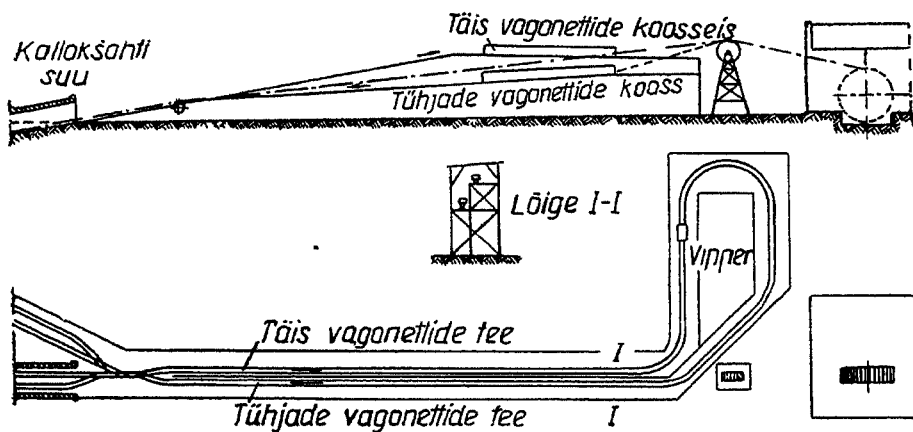
Et tagada kaevanduse avariideta tööd juhul, kui raudteevagunite etteandmise vaheaeg kujuneb pikaks, ehitatakse maavara laod. Need laod sisustatakse nii, et oleks võimalik maavara mehhaaniline transport punkrist lao territooriumile ja sealt tagasi, laadimiseks raudteevagunitesse.

Tavaline ladude maht valitakse säärane, et see tagaks kaevanduse häireteta tööd 2—7 päeva jooksul, kui raudteevagunisse ei laadita korraga kogu maapinnale toodud kaevise.

Mehhaniseeritud ladude tüüpe on küllalt palju. Joonisel 452 on toodud skreepersedeldisega sisustatud maavaraladu. Säärased skreeperlaod



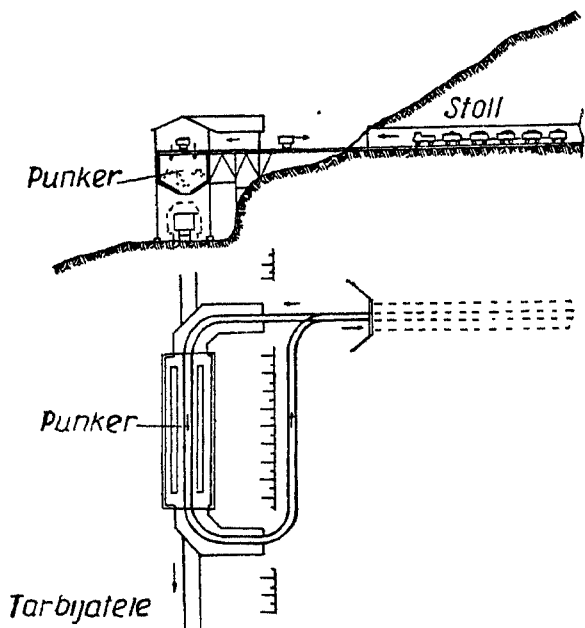
Joon 453 Skiptõstega kallakšahti pealmaa-ehitise skeem



Joon 454 Vagonettides tõstmisega kallakšahti pealmaa-ehitise skeem

on NSV Liidu kiviõekaevandustes väga laialdaselt kasutusel. Soovitav on ladusid paigutada raudteede taha. Maavara toimetatakse erilise transportööri abil lattu, kus ta mahapuistatult moodustab koonilise kuhiku.

Sealt kantakse ta skreeperi abil laiali kogu lao territooriumile. Skreeperseadeldise vints asetseb tavaliselt väljaspool ladu erilise, selleks ettenähtud hoone alumisel korrusel. Hoone ülemisele korrusele paigutatakse skreeperseadeldise juhtimismehhanismid. Skreeperseadeldise peakõie juhtratas monteeritakse erilisele, lao territooriumi piiri mööda mahapandud raudteed pidi vajadust mööda nihutatavale vankrile. Maavara laost tagasilaadimisel pööratakse skreeper ümber, s. t. kohandatakse ta maavara veoks laost



Joon. 455. Stoll'i pealmaa-ehitise skeem.

kasutamisel tõmmatakse täied vagonetid tõstevintsiga vastuvõtustakaadile, tross haagitakse lahti ja vagonetid liiguvad mööda iseveeremiskalukat kallutajasse ning sealt edasi tühjade vagonettide estakaadile uueks kaevandusse laskumiseks (joon. 454).

Pealmaa-ehitiste skeem stoll'i puhul on loodud joonisel 456. Üksikute hoonete vahekaugused valitakse vastavalt tulekaitse ja õhutõrje juhendeile.

Tuulutusšahti hoone (mille lähedusse seatakse üles ventilaator) ehitatakse hermeetilisena. Kõik tema väljumisavad varustatakse lüüskambritega, et oleks tagatud šahti häireteta tuulutamine.

Joonisel 450 loodud skeemi järgi toimub maavara transport šahtihoonest sorteerimisseadeldiseni lint-transportööri abil. Sealt edasi suundub ta laadimispunkreisse.

vastuvõtuauku, kusjuures muutuvad vastavalt skreeperi kõite ja skreeperivintsi trumlite funktsioonid. Vastuvõtuaugust juhitakse maavara lindi, elevaatori või muude vahendite abil laadimispunkreisse. Mõnikord võib toimuda ka maavara vahetu raudteevagu-  
neisse laadimine mistahes laadimismasinaga.

Kui varäpaiga avamine toimub kallakšahtiga, muutub pealmaa-ehitiste skeem.

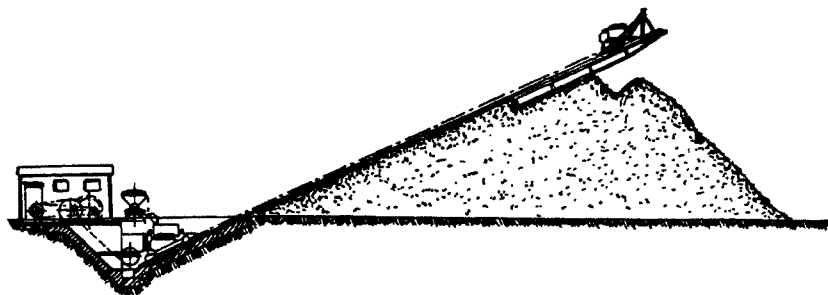
Kasutades lõstmiseks skippe võib nende tühjendamine toimuda vahetult raudtee laadimispunkreisse (joon. 453). Vagonettide



Kui raudteevagunite etteandmine viibib, antakse maavara skreeper-seadeldisega varustatud lattu, mis asetseb raudtee taga.

Kaevandusest väljatoimetatav aherkivim laaditakse automaatselt tühjenduvaisse vagonettidesse või skippidesse ning transporditakse maavara-laoga ühel pool raudteed asetsevasse puistangusse. Tavaliselt moodustatakse aheraine puistang koonusetaolisena ning ta kannab siis terrikooniku nimetust (joon. 456). Säärased aherkivimi panipaigad võivad olla mitmekümne meetri kõrgused ning sisaldada suure hulga kivimit, võttes seejuures enda alla suhteliselt väikese pinna.

Teenindamiskombinaat koosneb kontorist, saunast töölistele ja tehnilisele personalile, lambikojast jne. ning ta ühendatakse šahtihoonega suletud tunneli või koridori abil, kui seda šahti pidi toimub inimeste töstmine või allalaskmine.



Joon. 456. Aherkivimi kuhik (terriconik).

Kaevanduse ladu, mille ülesandeks on mitmesuguste materjalide ja tagavaramehhanismide hoidmine, paigutatakse enamasti raudtee lähedusse. Tavaliselt asetsevad laoruumi läheduses mehhaanilised töökojad.

Küllalt olulise osa kaevanduse territooriumist võtab enda alla metsamaterjalide ladu, kus hoitakse toestikuks tarvitatava metsamaterjali tagavara. Metsamaterjalide ladu tuleb arvestada 3—4-kuise tagavara mahutamiseks. Saabuvate vagunite tühjendamise soodustamiseks omab materjalide ladu enamasti iseseisvat raudteed. Vagunitest väljalaaditav puitmaterjal laotakse riitadesse, millede vahele asetatakse kitsarööpmeline raudtee.

Metsamaterjalide ladu on soovitatav paigutada abišahti lähedusse, et mitte asjatult kulutusi teha puidu vedamiseks.

Kaevanduse juurde rajatava raudteejaama sisustus valitakse vastav vagunite laadimisele punkritest ning ladude ja töökodade teenindamiseks.

Üksikud tehnilised ehitised ja šahtid ühendatakse omavahel kitsarööpmelise raudteega.

Kui kõik kaevanduse ehitised ja tema majapidamise mitmesuguseid alasid teenindavad ettevõtted on planeeritud õigesse kohta, on nõuetekohased, mehhanismide paigutus on ratsionaalne ja ettevõtete omavaheline töö on hästi organiseeritud ja kooskõlastatud, siis kulgevad ka kaevanduse tootmistööd plaanipäraselt.

## SISUKORD.

Sissejuhatus . . . . .	Lk. 3
------------------------	----------

### I osa.

#### Mineraloogia. Geoloogia.

1. Uldmõisted. Sagedamini esinevad mineraalid . . . . .	11
2. Kivimid . . . . .	14
3. Ajalooline geoloogia . . . . .	20
4. Varapaikade tüübid . . . . .	22

### II osa.

#### Kaeveõnsused, mäetööd ja mäemasinad.

A. Kaeveõnsused . . . . .	26
1. Uldmõisted . . . . .	26
2. Vertikaalsed kaeveõnsused . . . . .	27
3. Horisontaalsed kaeveõnsused (käigud) . . . . .	30
4. Kallakad kaeveõnsused . . . . .	33
5. Kambrid (ruumid) . . . . .	35
6. Koristusõnsused . . . . .	39
7. Lahtised kaeveõnsused . . . . .	40
8. Puuraugud . . . . .	40
B. Mäetööd . . . . .	42
1. Uldmõisted . . . . .	42
2. Kivimite omadused ja liigitamine . . . . .	43
3. Käsitsi tehtavad mäetööd . . . . .	45
4. Jõuallikatega vahetult tehtavad mäetööd . . . . .	49
5. Masinatega tehtavad mäetööd . . . . .	51
C. Ekskavaatorid . . . . .	52
1. Uldandmed . . . . .	52
2. Ühekopalised ekskavaatorid . . . . .	54
3. Paljukopalised ekskavaatorid . . . . .	60
D. Laadimismasinad . . . . .	62
1. Uldandmed . . . . .	62
2. Ümberlaadijad . . . . .	62

	Lk.
3. Kaeveõõnsuste rajamise ja kitsaste ete laadimismasinad . . . . .	64
4. Pikkades etes tarvitatavad laadimismasinad . . . . .	76
E. Piikvasarad . . . . .	78
1. Üldandmed . . . . .	78
2. Suruõhu-piikvasarad . . . . .	79
3. Elektri-piikvasarad . . . . .	80
F. Soonimismasinad . . . . .	82
1. Üldandmed . . . . .	82
2. Pikk-esi soonimismasinad . . . . .	83
3. Lühiesi- ja kitsaste ete soonimismasinad . . . . .	90
G. Mäekombainid . . . . .	96
1. Üldandmed . . . . .	96
2. Koristuskombainid . . . . .	97
3. Ettevalmistuskombainid . . . . .	104

### III osa.

#### Lõhkamistööd.

A. Lõhkeained . . . . .	109
1. Üldmõisted . . . . .	109
2. Lõhkeainete iseloomustus ja liigitused . . . . .	110
3. Lõhkeainete antigrisuutsuse mõisted . . . . .	118
4. Lõhkeainelaengu kumulatiivne toime . . . . .	120
5. Lõhkeainete liigitamine kasutamistingimuste ja koostise järgi . . . . .	122
6. Ammooniumsalpeeter-lõhkeained . . . . .	123
7. Nitroglütseriin-lõhkeained . . . . .	139
8. Aromaatilise rea nitroderivaadid . . . . .	146
9. Vedelhapnik-lõhkeained (oksülikviidid) . . . . .	147
10. Detonaatorite valmistamiseks kasutatavad lõhkeained . . . . .	149
11. Must püssirohi . . . . .	151
12. Plahvatuse tekitamise viisid ja vahendid . . . . .	152
a) Tulega süütamine . . . . .	152
b) Elektriga süütamise vahendid . . . . .	158
c) Detoneeriv nõör . . . . .	161
B. Lõhkeainete hoidmine, vedu ja kandmine . . . . .	162
1. Lõhkeainete ja lõhkamisvahendite ladude põhimõtted. Baasilaod ja tarvit- tuslaod . . . . .	162
2. Lühiajalised tarvituslaod ja hoiupunktid . . . . .	166
3. Maa-alused laod . . . . .	166
4. Lõhkematerjalide väljaandmine ja kontroll . . . . .	172
5. Lõhkematerjalide kandmine . . . . .	172
6. Lõhkeainete edasitoimetamine šahtides ja allmaa-kaeveõõnsustes . . . . .	173
7. Lõhkematerjalide hävitamine . . . . .	174
8. Laengute paigutamise viisid lõhkamistöodel mäetööstuses . . . . .	175

	Lk.
C. Lõhkeaukude puurimine . . . . .	177
1. Sissejuhatus . . . . .	177
2. Käsitsi puurimine mittemehhaaniliste tööriistadega . . . . .	178
3. Käsimehhanismidega puurimine . . . . .	183
4. Masinatega puurimine . . . . .	184
5. Elektriperforaatorid (elektripuurid) . . . . .	185
6. Suruõhuperforaatorid . . . . .	192
7. Puurvasarad . . . . .	193
8. Puurid puurvasaratega töötamiseks . . . . .	210
9. Löökpuurimise teooria . . . . .	214
10. Kivimite kõvaduse kahandamine puurimisel . . . . .	217
11. Suruõhk . . . . .	224
12. Suruõhutorustik . . . . .	226
13. Puurimistöõde organiseerimisest . . . . .	229
D. Lõhkeaukude paigutus kaeveõõnsuste rajamisel . . . . .	231
1. Üldandmed . . . . .	231
2. Algmurded . . . . .	233
Algmurrete kujud . . . . .	234
3. Järelmurde-lõhkeaukude asetus . . . . .	236
4. Lõhkeaukude sügavus . . . . .	237
5. Lõhkeaukude arvu leidmine ee kohta . . . . .	239
E. Laengute arvutus lõhkamistöõdeks . . . . .	242
1. Üldandmed . . . . .	242
2. Laengu mõjusfäärid ja laengute liigitus . . . . .	242
3. Mitme laengu ühisest tegevusest . . . . .	245
4. Laengute suuruse arvutuse alused . . . . .	246
5. Laengute arvutus täpsustatud valemiga . . . . .	249
6. Laengute suuruse arvutus allmaa-kaeveõõnsuste rajamisel . . . . .	254
F. Lõhkamistöõde teostamine . . . . .	260
1. Üldandmed . . . . .	260
2. Tulega süütamise ettevalmistamine . . . . .	260
3. Löökpadrunitest valmistamine tulega süütamiseks . . . . .	263
4. Löökpadrunitest paigutamine lõhkeauku . . . . .	265
5. Lõhkeaukude laadimine . . . . .	267
6. Lõhkamise kord . . . . .	268
7. Elektriga süütamise paremused . . . . .	271
8. Elektrivooluallikad ja mõõtevahendid . . . . .	271
9. Laengute lülitamise viisid . . . . .	276
10. Lülitusviisi valik ja elektrivoolu tugevuse arvutus . . . . .	278
11. Elektrijuhtmed . . . . .	279
12. Juhtmete ühendamine ja isoleerimine . . . . .	279
13. Elektridetonaatoritega löökpadrunitest valmistamine . . . . .	281
14. Elektriga süütamine . . . . .	282
15. Tõrgete põhjused ja nende kõrvaldamine . . . . .	282
16. Tõrgeslaengute likvideerimine . . . . .	283
17. Leegita lõhkamise viisid . . . . .	284

#### IV osa.

##### Röhtsate ja kallakate kaeveõõnsuste rajamine.

	Lk
A. Röhtsate kaeveõõnsuste rajamine . . . . .	287
1. Üldised märkused . . . . .	287
2. Röhtsate kaeveõõnsuste rajamine kõvades ühtlastes kivimites . . . . .	293
3. Röhtsate kaeveõõnsuste rajamine ühtlastes pehmetes kivimites . . . . .	302
4. Röhtsate kaeveõõnsuste rajamine erineva kõvadusega kivimites . . . . .	307
a) Kaeveõõnsuste rajamine kitsa eega . . . . .	311
b) Kaeveõõnsuste rajamine laia eega . . . . .	314
B. Kallakate kaeveõõnsuste rajamine . . . . .	323
1. Üldised märkused . . . . .	323
2. Bremsbergide rajamine . . . . .	323
3. Bremsbergide rajamine maavarakihis . . . . .	324
4. Bremsbergide rajamine kaevandatud alas . . . . .	326
5. Tõstekallakute rajamine . . . . .	327
6. Liugude ja lõõride rajamine . . . . .	329
C. Horisontaalsete ja kallakate kaeveõõnsuste toestamine . . . . .	331
1. Toestamine puiduga . . . . .	331
2. Tellised ja kivid . . . . .	335
3. Tsemendid ja betoon . . . . .	336
4. Betoon-, raudbetoon- ja kivitoestik . . . . .	337
5. Metalltoestik . . . . .	338
D. Sahti õue ja kambrite rajamine . . . . .	338
1. Üldmõisted . . . . .	338
2. Sahti õue rajamine . . . . .	339
3. Kambrite rajamine . . . . .	341

#### V osa.

##### Sahtide rajamine.

1. Üldmõisted . . . . .	344
A. Sahtide rajamine harilikes oludes . . . . .	346
1. Üldandmed . . . . .	346
2. Puurimine ja lõhkamine . . . . .	350
3. Tuulutamine . . . . .	353
4. Kivimi koristamine . . . . .	353
5. Kivimi koristamine laadimismasinatega . . . . .	356
6. Vee kõrvaldamine ja valgustus sahti rajamisel . . . . .	358
7. Ajutine toestik . . . . .	360
8. Alaline toestik . . . . .	360
a) Puittoestik . . . . .	363
b) Betontoestik . . . . .	365

	Lk.
c) Kivitoestik . . . . .	366
d) Metalltoestik . . . . .	366
e) Toestamise korraldamine . . . . .	367
9. Sahtide rajamistööde korraldamisest . . . . .	370
10. Sahtide süvendamine . . . . .	371
11. Sahtide rajamine puurimise teel . . . . .	373
12. Sahtide rajamise kombainid . . . . .	375
13. Uurimisšahtide ja šurfide rajamine . . . . .	376
B. Sahtide rajamine eriviisidega . . . . .	379
1. Oldandmed . . . . .	379
2. Sahtide rajamine punnvaitoestikuga . . . . .	380
3. Sahtide rajamine vajuva toestikuga . . . . .	381
4. Sahtide rajamine kessoonidega . . . . .	382
5. Sahtide rajamine vee juurdevoolu sulgemisega (tampoonimisega) . . . . .	383
6. Sahtide rajamine külmutamisega . . . . .	385
7. Sahtide remont ja taastamine . . . . .	386

#### VI osa.

##### Varapaikade avamine ja ettevalmistamine.

1. Sissejuhatus . . . . .	392
2. Kihtvarapaikade avamine . . . . .	392
3. Avamine vertikaalse šahtiga . . . . .	396
4. Kihtide rühma avamine . . . . .	398
5. Soonvarapaikade ja ebakorrapäraste varapaikade avamine . . . . .	401
6. Kaevanduse tootmisvõime. Šahti asetus . . . . .	402
7. Tuulutusšahti asetus . . . . .	404
8. Šahti välja jaotus . . . . .	406
9. Korruste kaevandamise kord . . . . .	408
10. Korruste kaldkõrgus . . . . .	409

#### VII osa.

##### Varapaikade kaevandamise viisid.

1. Üldmõisted . . . . .	412
A. Kihtvarapaikade kaevandamise viisid . . . . .	414
1. Üldised tingimused . . . . .	414
2. Ohukeste ja keskmise paksusega kihtvarapaikade kaevandamine . . . . .	416
3. Umbkaevandamisviis . . . . .	418
4. Lahtimurdmine, laadimine ja transportimine pikk-etes . . . . .	423
5. Pikk-ee toestamine ja lae käsitsemine . . . . .	431
6. Koristusööde korraldamisest pikk-ees . . . . .	436
7. Umbkaevandamisviis järskudes kihtides . . . . .	440

	Lk.
8. Lankkaevandamisviisid . . . . .	446
9. Pikkade lankidega kaevandamisviis . . . . .	446
10. Lühikeste lankidega kaevandamisviis . . . . .	450
11. Kombineeritud kaevandamisviisid . . . . .	451
12. Ruumtervikutega kaevandamisviis . . . . .	454
13. Paksude kihtide kaevandamine . . . . .	455
14. Väljatöötatud ala täitmine aherkivimiga . . . . .	459
15. Kaitselaega kaevandamisviis . . . . .	464
B. Maagi-varapaikade kaevandamisviisid . . . . .	466
1. Üldandmed . . . . .	466
2. Lahtise ehk avara eega kaevandamisviisid . . . . .	468
3. Kitsendatud eega kaevandamisviisid . . . . .	470
4. Kaevandamisviisid maagi magasineerimisega . . . . .	473
5. Rõhkvaristamisega kaevandamisviisid . . . . .	475
6. Kombineeritud kaevandamisviisid . . . . .	479
C. Teiste maavarade kaevandamisviisid . . . . .	481
1. Kivisoola kaevandamine . . . . .	481
2. Kulda ja väärismineraale sisaldavate varapaikade kaevandamine . . . . .	482
3. Lahtised tööd . . . . .	486

#### VIII osa.

#### Abitööd.

A. Kaevanduse transport . . . . .	492
1. Kaevanduse transpordist üldiselt . . . . .	492
2. Transport alakorruste strekkides ja bremsbergidel . . . . .	494
3. Transport peaveostrekkides ja kveršlagides . . . . .	497
4. Kaevanduse raudteed . . . . .	498
5. Kaevanduse vagonetid . . . . .	501
6. Mehhaaniline vedu . . . . .	504
7. Transport šahti õues . . . . .	508
8. Tõstmine šahtis . . . . .	510
9. Inimeste transport allmaakaevandustes . . . . .	514
10. Inimeste transport vertikaalšahtis . . . . .	515
B. Vee kõrvaldamine kaevandusest . . . . .	516
1. Üldandmed . . . . .	516
2. Kaeveõõnsuste kaitsmine üleujutuste (uputuste) eest . . . . .	518
3. Kaevanduse veekõrvalduse üldine skeem . . . . .	520
4. Pumbad . . . . .	522
5. Pumbajaama sisustus . . . . .	524
C. Tuulutus ehk õhustus . . . . .	525
1. Üldandmed . . . . .	525
2. Kaevanduse atmosfäär . . . . .	526
a) Hapnik . . . . .	526
b) Süsihappegaas . . . . .	527



	Lk.
c) Vingugaas . . . . .	528
d) Väävelvesinik . . . . .	529
e) Vääveldioksüüd . . . . .	529
f) Kaevandusgaas (metaan) . . . . .	530
g) Kaevanduse tolm . . . . .	532
3. Tuulutamiseks vajalik õhuhulk . . . . .	533
4. Kaevanduste tuulutamine . . . . .	535
5. Tuulutusseadmed . . . . .	541
D. Valgustus . . . . .	545
1. Üldandmed . . . . .	545
2. Paigaline valgustus . . . . .	545
3. Valgustus kaasaskantavate lampidega . . . . .	548
E. Kaevanduse tulikahjud ja päästetööd . . . . .	553
1. Maa-aluste tulikahjude põhjused . . . . .	553
2. Abinõud maa-aluste tulikahjude vältimiseks . . . . .	555
3. Tulikahjude kustutamine . . . . .	556
4. Päästetööd . . . . .	558
F. Kaevanduste pealmaa-ehitised . . . . .	562

*Vastutav toimetaja E. Kotkas.*  
*Keeleline toimetaja E. Uuspõld.*  
*Tehniline toimetaja H. Kohu.*

Ladumisele antud 9. III 1950. Trükkimisele antud 11. X 1950. Trükiarv 1000. Paber 67 × 95, 1/16. Trükipoognaid 36,125. Formaadile 60 × 92 kohaldatud trükipoognaid 41,54. Arvutuspoognaid 37,28. MB-08137. Trükkikoda „Hans Heidemann“, Tartu, Vallikraavi 4. Tellimise nr. 840.

На восточном языке.

Л. Каалман. Основы горных работ.

*Hind rbl. 14.05*

Õtendus.

Lk.	Rida	On trükitud	Peab olema	Kelle stü pärast
9 225	18 ülalt joon. 158	Prof. A. J. Boki klišee esineb ümberpöördukt	Prof. B. J. Boki	Autori
314	8, 9 ülalt	poolmehhaniseeritud skeemi	poolmehhaniseeritud tööviisi skeemi	Trükikoja Toimetaja
328	joon. 235	klišee esineb ümberpöördukt		Trükikoja
340	9 ülalt	3,5—4 m.	3,5—6 m.	Autori
504	2, 3 ülalt	erikaaluna	mahukaaluna	Autori
504	3 ülalt	0,8	0,8—0,9	Autori
562	6 ülalt	PKP—2	PKP—3	Autori