L. KAALMAN

MÄETÖÖD

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

L. KAALMAN

MÄETÖÖD

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1950 TARTU

Käesolev raamat haarab kõigi nende küsimuste kompleksi, mis on seotud maavarade kaevandamisega, nagu: geoloogia algmõisted, varapaikade avamine, puurimis- ja lõhkamistööd, kaeveõõnsuste rajamine, kaevandamise viisid, tähtsamad mäemasinad, kaevandamistööde mehhaniseerimine, vee kõrvaldamine, tuulutamine, valgustus, päästetööd õnnetusjuhtumitel ja kaevanduste pealmaa-ehitised.

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

2
Tartu Riikl. Ülikooli
Raamatukogu
16792
TARTU ÜLIKOOL

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 Mesopotaamiasse 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 leidus 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 mäetööliste 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" [1].

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

[1] 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 Venemaale niisama tähtis kui võit Denikini üle" [1].

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 rahuldas 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 kivisõe-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-

---

[1] J. V. Stalin, Teosed, 4. kõide. 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 kütteainelt üle kohalikule kütteainele" [1].

Kaevanduste rekonstrueerimine ja uute moodsate masinate kasutuselevõtmine muutis põhiliselt kaevandustööliste töötingimusi, tõi pöörde 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 oskustöölisteks. Tekkis uus, kvalifitseeritud tööliste kaader, kuhu kuulusid soonimismasinate 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 ekspluatatsioonist 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 põhialuselt sügavalt revolutsiooniline" [2].

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

---

[1] ВКП(б) в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. Часть II, изд. 6-е, стр. 731.

[2] J. Stalin, Leninismi küsimusi, RK „Poliitiline Kirjandus", Tallinn, 1945, lk. 436.

NSV Liidu industrialiseerimist, rahuldas 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 röövvallutajad, 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, kompressorid, 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. m³ tööstuslikke hooneid. Tööliste 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. m³ 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 sõega. 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.

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

Söetoodangu tõus tugineb kaevanduste pidevale mehhaniseerimisele. Söetööstuse 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 söe laadimine. Nüüd on söetööstuses masinaid ja mehhanisme, millede abil võib lahtimurtud sütt laadida mehhaniseeritult. Peale selle omab söetööstus tänapäeval niisuguseid kõrge tootlikkusega masinaid, nagu söekombainid, söesahad, soonimislaadimismasinad, uut tüüpi transportöörid, söe- ja aherkivimi laadimise masinad, rasked elektrivedurid, võimsad ekskavaatorid jne.

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

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

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

„Söetööstuse tähtsaimaks ülesandeks pidada söe 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 väetusaine järele. Suuremate ehitusrajoonide läheduses tekivad masinatega varustatud mäetööstuslikud ettevõtted looduslikkude 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 tunnustust 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-ökonoomilist analüüsi.

Tänu B. J. Boki ja tema järglaste töödele, kes süvendasid ja arendasid analüütilist meetodit, jõudis meie kodumaine mäeteadus kaugele 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 aerodünaamikal.

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, õpperaamat „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.

I OSA.

MINERALOOGIA. GEOLOOGIA.

1. Üldmõisted. Sagedaimini esinevad mineraalid.

Maapind, millel elame, muutub alatasa. Juba inimelu kestel võib tähele panna, kuidas näiteks sood kuivavad või ümberpöördult — 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 g e o l o o g i a.

Et märkida muutusi maakeral, peab tundma neid aineid, mis muutuvad. Nende seas on näiteks liiva-, saviladem ed, põllumuld, turvas, paeladem ed, ränikivid. Selliste, maakoort moodustavate k i v i m i t e uurimist teostab p e t r o g r a a f i a. Kuid kivimid koosnevad harilikult mitmesugustest osadest. Neid üksikuid, juba ü h t l a s e s t ainest koosnevaid kivimite osi nimetatakse m i n e r a a l i d e k s ja neid uurib m i n e r a l o o g i a.

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 m a a k i d e k s.

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

Mineraalide mehhaanilistest omadustest omab tegelikkuses eeskätt tähtsust k õ v a d u s, 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 — kuuetahuliste prismade ja püramiidide näol. Viimane on kvartsi kristalne kuju. Säärast reeglipäraselt tasapindadega piiratud kuju 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 kuuetahuliste 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 alamat järku kalliskivi. Kollakat või mustjaspruuni kumerapinnaliselt lõhenevat ränikiviliiki nimetatakse tulekiviks; triibuline samalaadne mineraal on ahhaat, millega ligidalt sarnaneb opaal, mis, omades erilist värvimängu, on 1. klassi kalliskivi.

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

Päevakivi ehk põldpagu 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 põldpagu võidakse puhtalt toota, kasutatakse teda jahvatatult portselani (ja klaasi) segudeks, sest tema keemilises koostises esinevad peamiselt ka ränihape ja alumiiniumoksüüd, s. o. saviolluseд; 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 ränihappest ja alumiiniumoksüüdist koosnev mineraal; pehme, laguneb kergesti õhukesteks painduvateks lehekesteks ja litrikesteks. Leidub rändkivides, kuid ei puudu ka harilikus liivas ja savis. Petrooleumiköökide aknakesed on muskoviidist; samuti tarvitatakse vilku elektri-isolatsiooniks.

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

Korund on puhas alumiiniumoksüüd. Kristalne, selge ja ilusavärviline, annab 1. 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 tumerohekad 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 mere- või järvekalda liivas raskete tumedate terakeste kujul. Seal, kus ta esineb koondatud kujul (tervete mägedena), on ta kasutatav rauamaak (näit. Magnitogorskis Uuralis).

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

Teemant 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 tulikuumast sulatisest, nn. magmast, 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 graniit, 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 süeniidiks.

Kaalium-päevakivita ja graniidi juures loetletud lisamineraale sisaldavad dioriit ja gabro; 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 porfüür, mille põhimassis

ilmnevad põldpao ja vähemal määral ka kvartsi kristallid. Puudub kvarts, siis kannab kivim t r 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: järsemailt kallakuilt variseb osa lagunenud materjalist alla, jäädes peatuma tasasele või väiksema kallakusega pinnale.

Peene tolmu, ka liiva kannab tekkekohalt ära õhuvool — t u u l (teine transportiv tegur); kui tuule kiirus raugeb või tolm saab märjaks, langeb ta maa peale, s e t i b; samuti jääb maa peale liiv või muu materjal, mida tuul mööda maapinda edasi veeretab. Nii tekivad tolmulademed, mis on tuntud l ö s s i nime all, ja l i i v a l u i t e d (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 käredana (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 „künnavad" 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 i l m a elusolendite kaasabita (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 korraga. Et aastatuhandete kestel veekogude füüsikalis-keemilised 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 paksult, et pealmiste kihtide rõhumisel alumised surutakse kokku kõvaks kiviks. Kõvenemisele aitab kaasa ka soojus, mis valitseb maa sügavuses.

Need, enamasti kihilised kuhjatised, mis kogunevad maapinnale või veekogude põhja, moodustavad s e t e k i v i m i d. Nende hulgas eraldatakse terasuuruse poolest:

1) S a v i. Tema peaaineks on nii peened terakesed ja liblekesed, 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) L i i v. 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 (savikas 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) V e e r i s t e k s (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 r ä h a k s (rähk).

Taime- ja loomajäänustest moodustunud m u d a (kõntsa) ja surnud tigude, karploomade jne. karbikuhjatised, samuti tulemägedest väljaheide-

tav tuhk ning õhus hanguvad laavaraasukesed moodustavad p u d e d a i d, tsementeerimata kivimeid.

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

Liiv muutub l i i v a k i v i k s, 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 ränihappega liidetud kvartsiidini, mis on niisama tugev kui ränikivi ise, esinevad igasugused vahepealse kõvadusega liivakivid.

Kivimit, mis sisaldab peamiselt veeriseid, liidetud mõne sideainega, nimetatakse k o n g l o m e r a a d i k s. Kui nõnda on tsementeerunud rähkjas, teravaservaline materjal, siis nimetatakse sellist kivimit b r e t š a k s.

Setekivimite hulka kuuluvad ka l u b j a k i v i d. 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 järgnevatest muutustest kõige vähem mõjustatud lubjakiviliike.

Teistest lubjakiviliikidest olgu veel nimetatud:

1) t i h e l u b j a k i v i, milles ei ole võimalik eraldada üksikuid kaltsiiditeri ka suurendusklaasi abil;

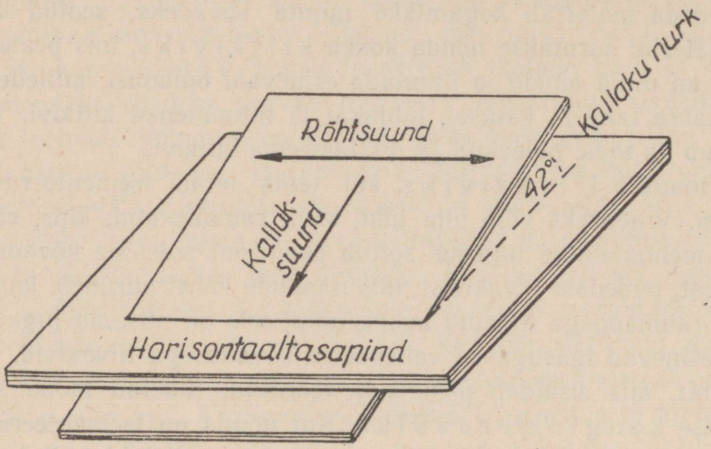
2) k r i s t a l n e l u b j a k i v i, milles kaltsiidikristallid on näha. Puhtad ja sobivate mehhaaniliste omadustega kristalse lubjakivi sordid kannavad m a r m o r i nime.

Kui lubjakivis ühes kaltsiumiga umbes võrdselt esineb ka magneesiumi, on tegemist d o l o m i i d i g a.

Tulemägedest väljapaisatud tuhk, laavaraasud jne. moodustavad tsementeerudes v u l k a a n i l i s e t u f i.

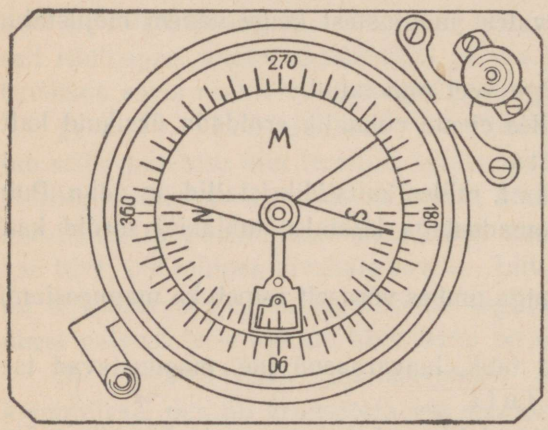
Nii tard- kui ka setekivimites toimuvad mitmesuguste tegurite mõjul samalaadsed muutused nagu metallilehes või -kangis, mida valtsitakse, venitatakse või pressitakse: materjal tiheneb, omandab kiudja või kordse siseehituse ja ühtlasi muutub ka osalt tema keemiline koostis. Järelikult muutuvad ka kivimite 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. Kihi rõhtsuund, kallaksuund ja kallaku nurk (antud juhul 42°).

Samalaadsed muutused, nagu tekivad raua tsementiitimisel või malmi pehmendamisel, kuumutades neid segus söe või mõne teise ainega, toimuvad ka kivimitega, kui kõrgel temperatuuril puutuvad kokku eri mineraalid. Niisugune juhtum esineb näiteks siis, kui vedel magma tungib üles, hangunud maakooresse. 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.



Joon. 2. Mäekompass.

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

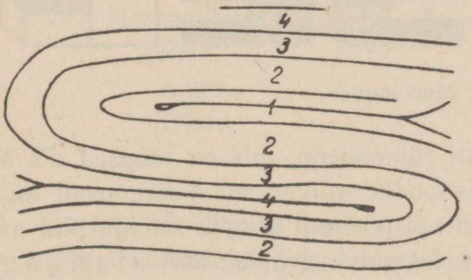
1) gneiss, mis on peamiselt kihiliseks „valtsitud" graniit, kuid mis võib tekkida ka mõnest setekivimist;

2) vilgu-kiltkivi, mis koosneb peamiselt kvartsiteradega vahelduvast vilgukivist, ja

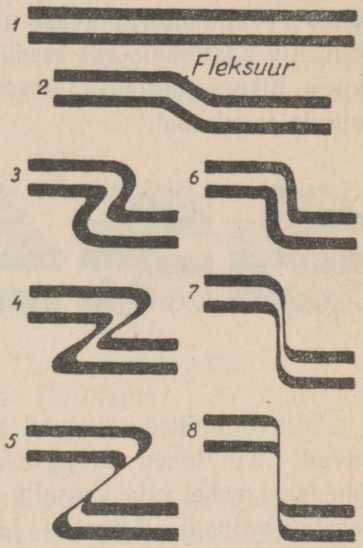
3) f ü l l i i t, mis koosneb peaaegu samast materjalist, millest eelminegi, kuid märksa peeneteralisemast (peeneliblelisemast), mistõttu ta on ka tihedam ja ühtlasem.

Nagu on eespool mainitud, esinevad kivimid, eriti setekivimid, kordadena — k i h t i d e n a, mis mõnikord muutumatult püsivad sadade kilomeetrite ulatusel, mõnikord aga lõpevad vähese maa taga. Iga kiht on eraldatud teistest kahe, kas sileda, lainja või krobelise k i h i p i n n a g a — alumise ehk põhjaga ja ülemise ehk laega.

Harva säilitavad kihid esialgse horisontaalse asendi; sagedamini on nad mitut viisi kallutatud, kurrutatud, murrustatud, nn. t e k t o o n i l i -



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.

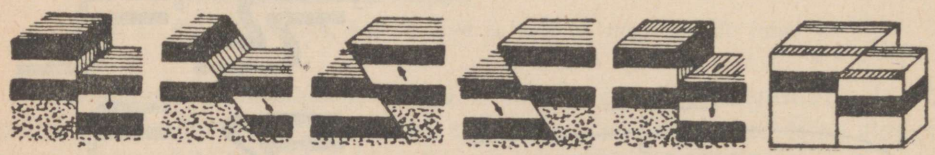
s e l t m u u d e t u d. Kallaka kihi asend määratakse tema k a l l a k u s e g a ja rõhtsuunaga, s. o. sihiga, mis moodustab kihipinnas horisontaaljoone (joon. 1). Kallakust mõõdetakse mäekompassi abil (joon. 2), mis on varustatud nurgamõõtjaga.

Seal, kus kihtide kallaksuund muutub, on meil tegemist k u r d u d e g a. Harilikult on kurrul kaks tiiba ja t e l g t a s a p i n d, mis lõikub maapinnaga t e l g j o o n e s. Kui kihtide kallaksuund kurrus on telgjoonest eemale, on tegemist a n t i k l i n a a l i g a, kui telgjoone poole — s ü n k l i n a a l i g a.

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 kaugele, et kaob kogu tiib; kihid on siin rebenenud, murdunud ja murdepindapidi ära nihkunud. Sel juhul räägitakse p e a l e n i h e t e s t (joon. 4, *5*).

M u r r a n g u d (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 ü h e 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 naaberalad vajusid. Esimesel juhul on tegemist geoloogilise a l a n g u g a, teisel juhul ü l a n g u g a.

3. Ajalooline geoloogia.

Veekogu põhjas tekkinud setete kihtidest on iga allpool lamav kiht v a n e m 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 noorematen. 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 jäänuseid. Jäänused on enamasti kaotanud orgaanilise osa, mis on asendunud mineraalainega; öeldakse, et jäänus on kivistunud, muutunud kivistiseks. Mõnikord on säilinud ainult jäänuse seesmine või väline jäljend, mis on vajutatud jäänust ümbritsevasse (või ka teda täitvasse) setematerjali, kuna jäänuse enese aines on lahustunud ja lahusega ära viidud. Kivististe uurimine on eri teadusharu — paleontoloogia — 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 lademete 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 põlluväetisena.

Obolus-liivakivil lasub bituumenine diktüoneema-kiltkivi, mis algab kohati püriidikihikesega. Võib olla, et tulevikus nii püriit kui ka diktüoneema-kiltkivi osutuvad kaevandamisväärilisteks.

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 Kukruse lade, milles vahelduvad lubjakivi ja põlevkivi (kukersiit).

Kukruse 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, mesozoikumi ja tertsiaari, Eesti NSV-s ei leidu. Kvaternaari kuuluvad mitmesugused mannerjää-setted, mis moodustavad sorteerimata ja osalt ka sorteeritud savi, liiva, kruusa, veeriste ja rändrahnude kuhjatisi, esinedes sagedasti iseloomustavate pinnavormidena.

Jõgede ja järvede savi, liiva, kruusa ja veeriste enam-vähem sorteeritud 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 nooremaist geoloogilistest nähtustest.

4. Varapaikade tüübid.

Maakera välimine koor koosneb kivimitest, milledest tööstuslikult kasutatakse alles üsna väikest osa inimkonna tarviduste rahuldamiseks. Kuid teaduse ja tööstuse arenemisega suureneb see arv pidevalt. Kõiki maakoores leiduvaid aineid, mida inimene võib kasutada kas otsekohe või ümbertöötatult, nimetatakse m a a v a r a d e k s. Maavarad esinevad tahkes (põlevkivi, 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 lubjakivi 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 kaevandamiseks.

Maavarade kogumeid nimetatakse varapaikadeks (maardlateks). Varapaigad 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-

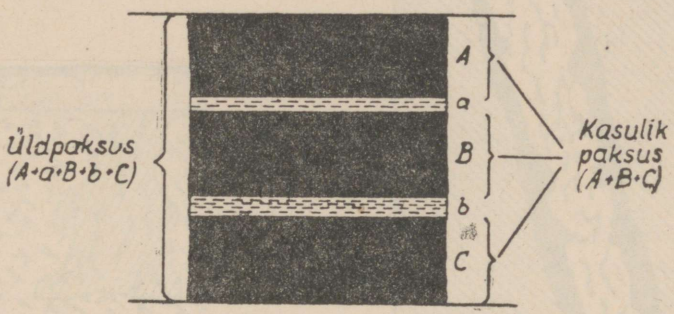
ned. Rõhuv enamik kihte omab kallakust (joon. 1), mis võib muutuda 0° kuni 90°.

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

1) lauged — 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 a l a k i h t i d e k s ehk kordadeks.



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:

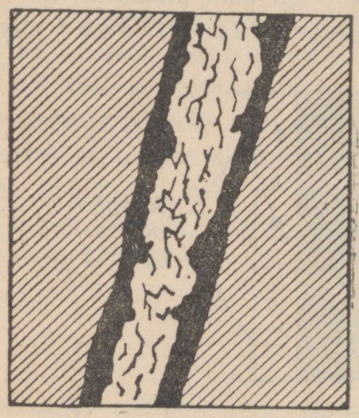
1) v ä g a õ h u k e s e d — kuni 0,5 m;
2) õ h u k e s e d — 0,5 kuni 1,3 m;
3) k e s k m i s e d — 1,3 kuni 3,5 m;
4) p a k s u d — üle 3,5 m.

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.

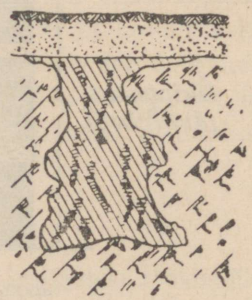
Kihitaoliseks lasuks nimetatakse maavara niisugust kogumit, mis üldiselt sarnaneb kihiga, kuid erineb temast väiksemate mõõtmete poolest, ja miiie paksus on muutlikum kui kihil.

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 puutepinnad, *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 uhtevarapaikadeks.

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

Puiste-varapaigad omavad enamasti vööna 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 mäetöödel laialdaselt lõhkeaineid ja teisi energiaallikaid.

Mäetööde tegemisel tekivad maakoores 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 kaeveõõnsused omavad algust ehk suuet ja lõppu; oma alguse saavad nad kas maa pealt või teistest kaeveõõnsustest. Need kaeveõõnsused ühendavad allmaa-töökohti pealmaaga. Kogu liiklemine, kaevise transport, materjalide vedu töökohta, õhuvahetus ja vee kõrvaldamine toimub nende kaeveõõnsuste kaudu.

Kui kallaka või püstloodse kaeveõõnsuse lõppu kasutatakse vee kogumiseks, siis kannab see sumba nimetust.

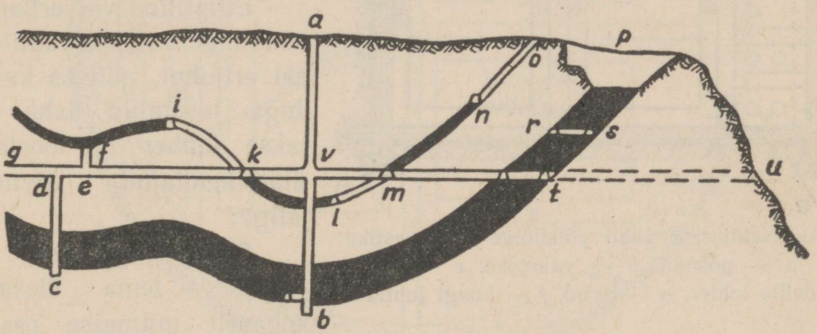
Kaeveõõnsuse lõppu nimetatakse eeks, kui ta nihkub kaevetööde tulemusena edasi. Samuti kannab ee nime iga töökoht, kus tehakse kaevetöid.

Kaeveõõnsus omab külgi ehk seinu, lage ja põhja.

2. Vertikaalsed kaeveõõnsused.

Sellesse gruppi kuuluvad šahtid, uurimissahtid, pimešahtid, šurfid, gesengid ja kaevud.

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



Joon. 9. Kaeveõõnsuste skeem: *ab* — šaht, *no* — kallakšaht, *v* — šahti õu, *cd* — pimešaht, *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 värske õhu kaevandusse juhtimiseks ja vee kõrvaldamiseks ning tuulutusšahti — inimeste allalaskmiseks ja ülestõstmiseks.

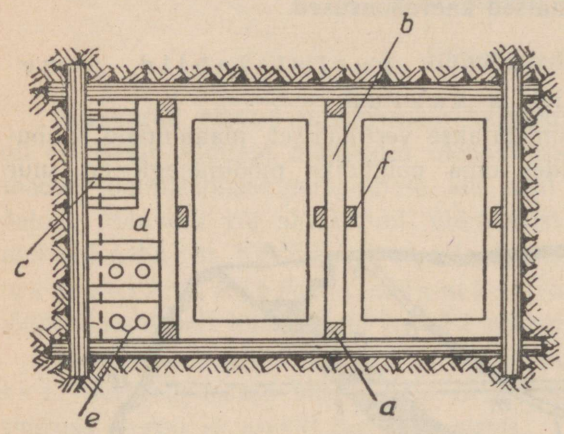
Kaevanduse tõstešahti nimetatakse peašahtiks ja kõiki teisi (kui neid on mitu) abišahtideks. Peašahti seadeldised on harilikult võim-

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 tarvitatakse 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 pikaealine, siis antakse šahtile ringikujuline põikilõige. Ka antakse šahtile ringikujuline põikilõige siis, kui šaht läbib pudedaid kivimeid. Neil juhtudel kasutatakse toestamiseks kivimaterjali (tellised, tahutud kivid, betoonplokid, valatud betoon, sardbetoon) ja metalli.



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

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.

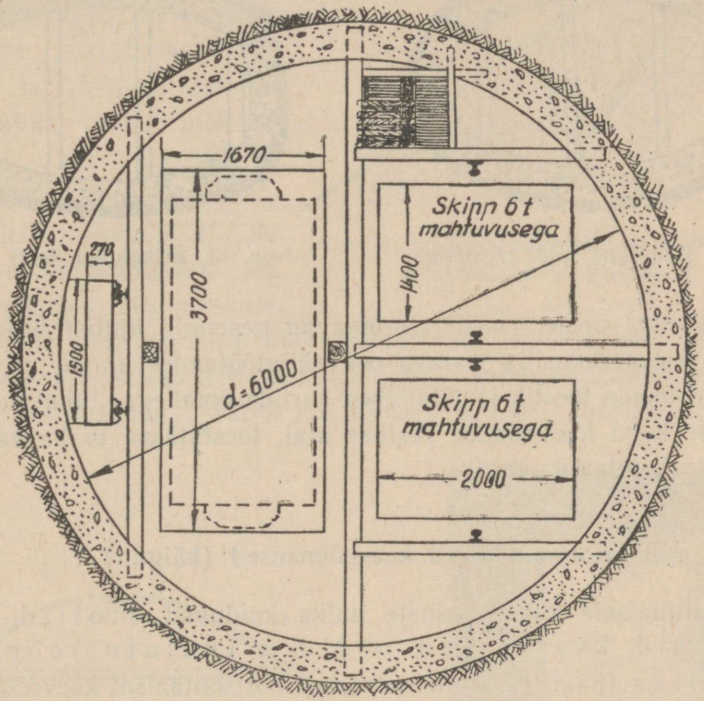
Šahti põikilõike suurus oleneb eelkõige tarvitatavate tõsteabinõude ja muude seadeldiste mõõtmetest. Need mõõtmed, kantuna graafiliselt paberile ja paigutatuna vastava korra järgi, määravad kindlaks šahti põikilõike mõõtmed.

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 allmaakaeveõõnsustest, millel on ühendus pealmaaga, kas sobiva reljeefi puudumise tõttu või mõnel muul põhjusel. Säärast šahti nimetatakse p i m e -

šahtiks (joon. 9, *cd*). Pimešaht 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 lõhkamistöödeks 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.



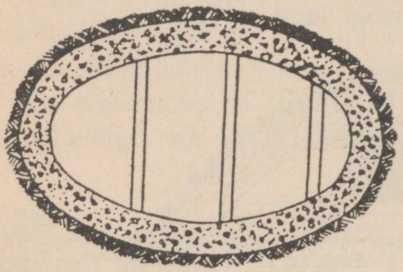
Joon. 11. Ringikujuline šahti põikilõige.

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

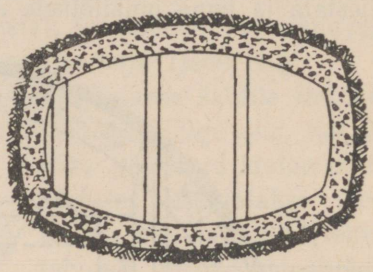
Kaevuks nimetatakse šahtitaolist kaeveõõnsust, millel on maapealne suue ja mis on rajatud vedela maavara tootmiseks. Kaevud võivad olla kas nelinurkse või ringikujulise põikilõikega. Kaevust kõrvalõõnsusi ei rajata.

Gesengiks (joon. 9, *ef*) nimetatakse vertikaalset, kaeveõõnsust, mis ei suubu maapinnale ja mida kasutatakse kaevise 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 kaevandusvälja 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) [1].

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

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.

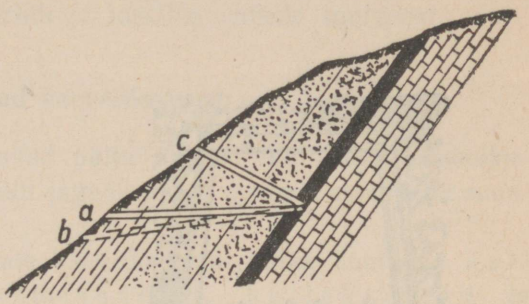
Nagu ülaltähendatust selgub, võib stoll teatavail tingimustel täielikult asendada šahti ja tema kasutamine vähendab kulusid tõstemasinate ja pumpade arvel. Stolle kasutatakse peaasjalikult mägisel maal ja murd-

[1] 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.

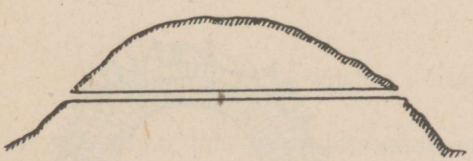
Tunneliks (joon. 15) nimetatakse horisontaalset kaeveõõnsust, mille mõlemad otsad (suudmed) ulatuvad maapinnale ja mida kasutatakse ühendusteeks suudmete ees olevate maa-alade vahel.

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.

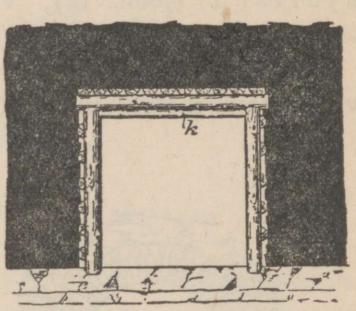


Joon. 14. Stoll ja kallakšaht: *a* — stoll, *b* — kallakstoll, *c* — kallakšaht.

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. 15. Tunnel.



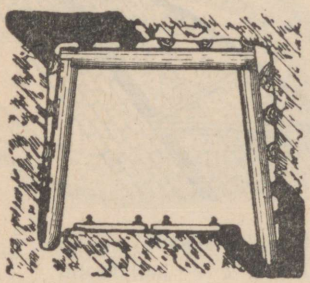
Joon. 16. Horisontaalse kaeveõõnsuse täisnurkne põikilõige; *k* — vahetugi.

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.

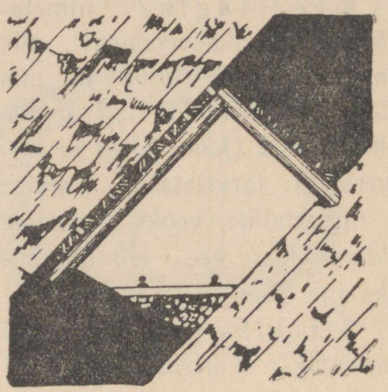
Harilikult rajatakse strekid varapaika mööda. Erijuhtudel, kui strekid rajatakse aherkivimitesse, antakse neile välisstreki nimetus.

O r d i k s (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



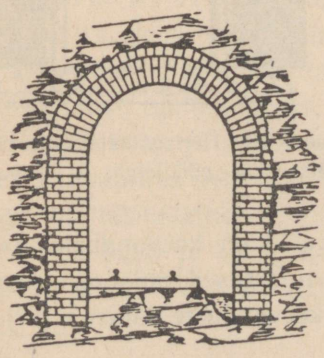
Joon. 17. Horisontaalse kaeveõõnsuse trapetsikujuline põikilõige.



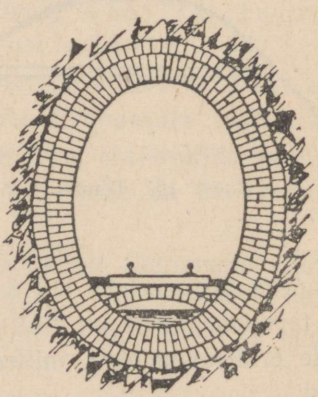
Joon. 18. Horisontaalse kaeveõõnsuse viltune põikilõige.

tarvitatavamad põikilõiked on: t ä i s n u r k s e d (joon. 16), t r a p e t s i k u j u l i s e d (joon. 17), v i l t u s e d (joon. 18), v õ l v i k u j u l i s e d (joon. 19), e l l i p t i l i s e d (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. Pikaealised kaeveõõnsused ja tähtsamad kohad kaevandustes toestatakse kas kivi-, betoon- või metalltoestikuga. Üsna tihti tarvitatakse ka segatoestikku, kus esineb metall koos puidu, kivi või betooniga.

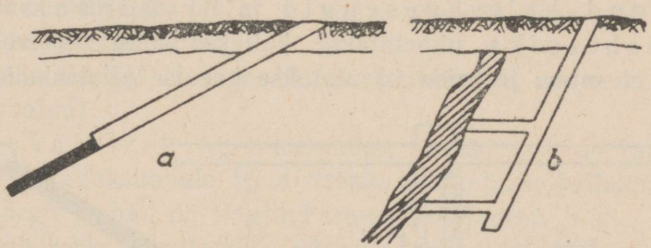
Kaeveõõnsuste põikilõigete suurus oleneb neis liikuvate vagonettide ja vedurite mõõtmetest, tuulutusvõimalustest, määrustikkudes ettenähtud kõrgusest ja veereva koosseisu gabariidi ja toestiku vahede suurusest.

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 uurimissahtid, kallakšahtid ja kallakstollid.

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

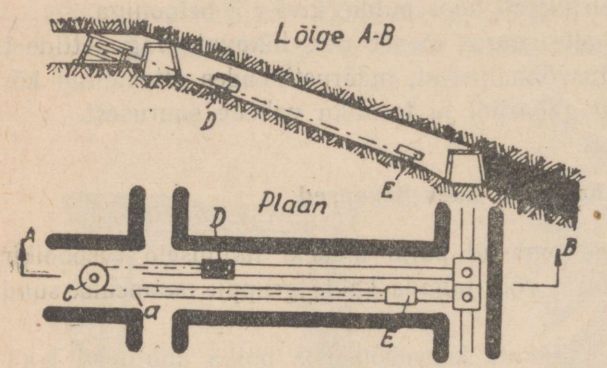


Joon. 21. Kallakšahtid: *a* — maavarakihis, *b* — aherkivimis.

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 soovitav 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.

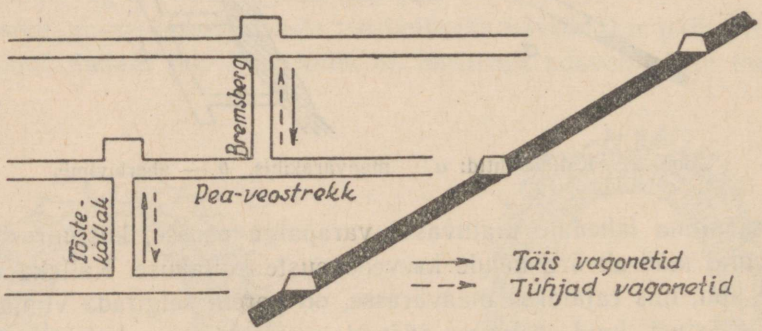


Joon. 22. Bremsberg: *C* — vints või piduritega varustatud köieratas; *a* — köis; *D* — vagonet maavaraga; *E* — tühi vagonet.

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 mehhaa-

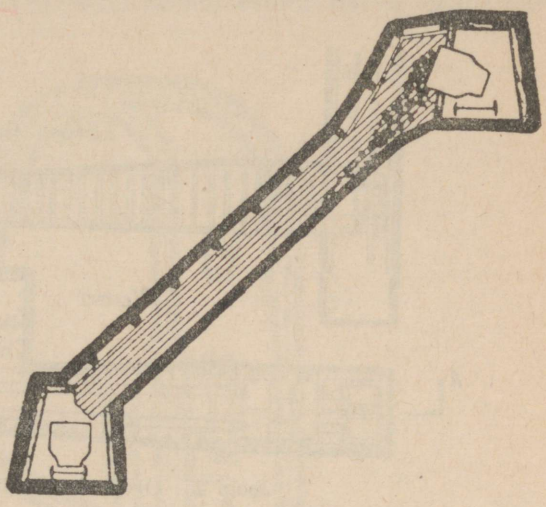


Joon. 23. Tõstekallak ja bremsberg.

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.

L i u k s 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).



Joon. 24. Liug.

I n i m k ä i g u k s või lihtsalt k ä i g u k s nimetatakse säärast allmaakaeveõõnsust, mis on rajatud inimestele liiklemiseks ja kaeveõõnsustevaheliste ühenduste korraldamiseks abiülesannete puhul. Inimkäigud rajatakse harilikult rööbiti bremsbergidega, tõstekallakutega, kallakšahtidega ja liugudega, sest tähendatud kaeveõõnsustes on inimeste liiklemine keelatud (juhul, kui neis kaevist transporditakse konveieriga, on neis ka inimeste liiklemine lubatud).

D i a g o n a a l s t r e k i k s nimetatakse strekki, mis on rajatud nurga all kihi rõht- ja kallaksuunale. Neid strekke kasutatakse kallaknurga vähendamise eesmärgil ja nad on tingitud transpordioludest.

Diagonaalstrekke kasutatakse väga laugete kihtide ekspluateerimisel.

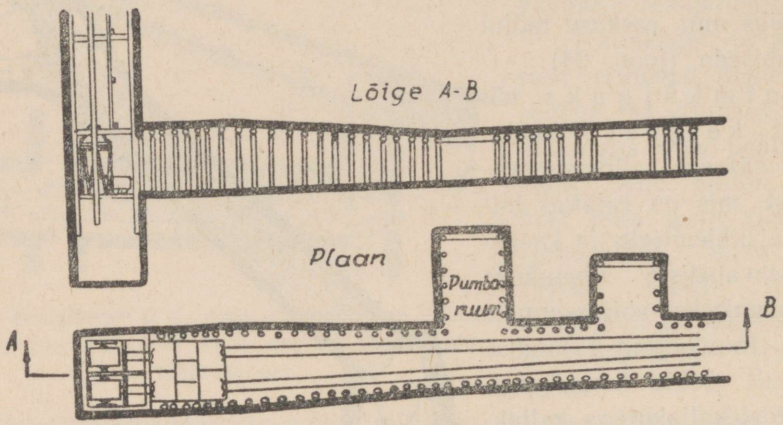
5. Kambrid (ruumid).

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

Kambri nime kannavad šahtilähised kaeveõõnsused, nagu pumbaruum, veduridepoo, masinaruum, lõhkeainete ladu, ooteruum, esmaabiruum, hobusetall, dispetšeri ruum, tööriistade ladu jne.

Š a h t i õ u e k s nimetatakse allmaa-majanduse teenindamiseks ja peaveo- ning tuulutuskaeveõõnsuste šahtiga ühendamiseks määratud kaeveõõnsuste kogumit.

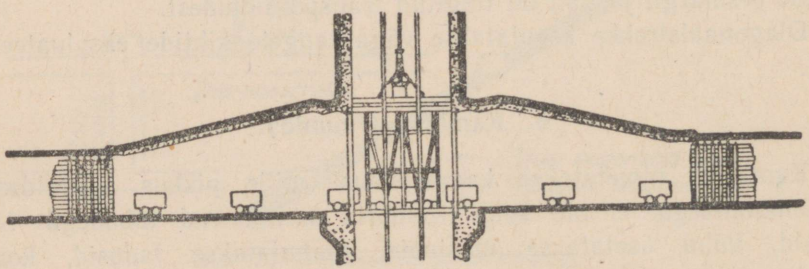
Kui kaevist tõstetakse vagonettides tõstekongide abil, siis lükatakse šahti õues tühjad vagonetid kongist välja ja asendatakse täitega. Tühjadest vagonettidest seatakse kokku rongid ja saadetakse kaevandamiskohtadesse, kust kaevisega täidetud vagonetid pöörduvad tagasi šahti õue.



Joon. 25. Ühepoolne uurimissahti õu.

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

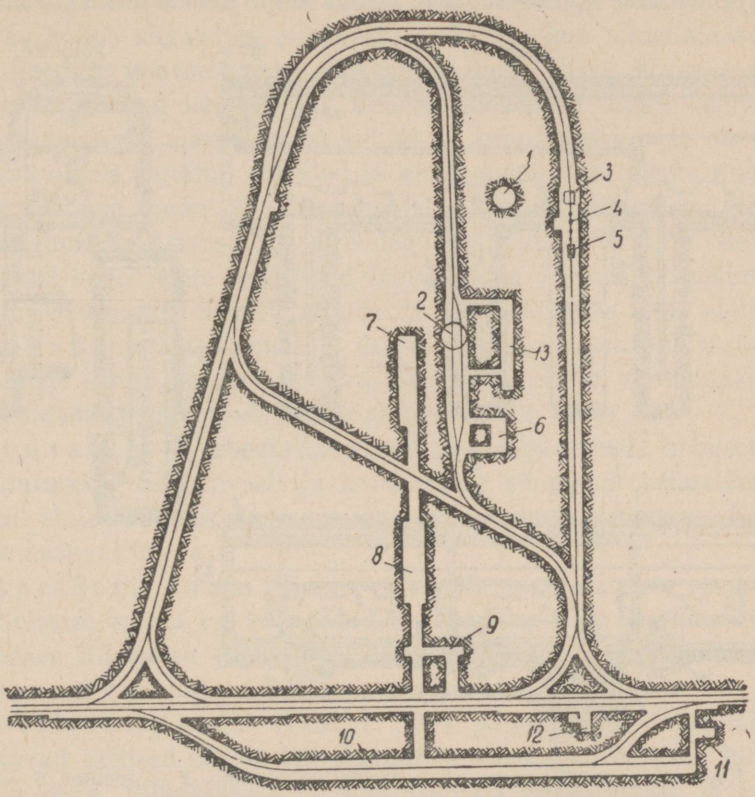
Et oleks võimalik kaevandusse toimetada pikki rööpaid ja puitmaterjali, selleks tehakse šahti õue lagi tema ühinemiskohal šahtiga kõrgem kui



Joon. 26. Kahepoolne šahti õu.

mujal. Šahtist kaugemal muutuvad temaga liituvad kaeveõõnsused madalamaks ja kitsamaks, kuni nad võtavad selle kaeveõõnsuse 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* — dispetšeri ruum, *13* — ooteruum.

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

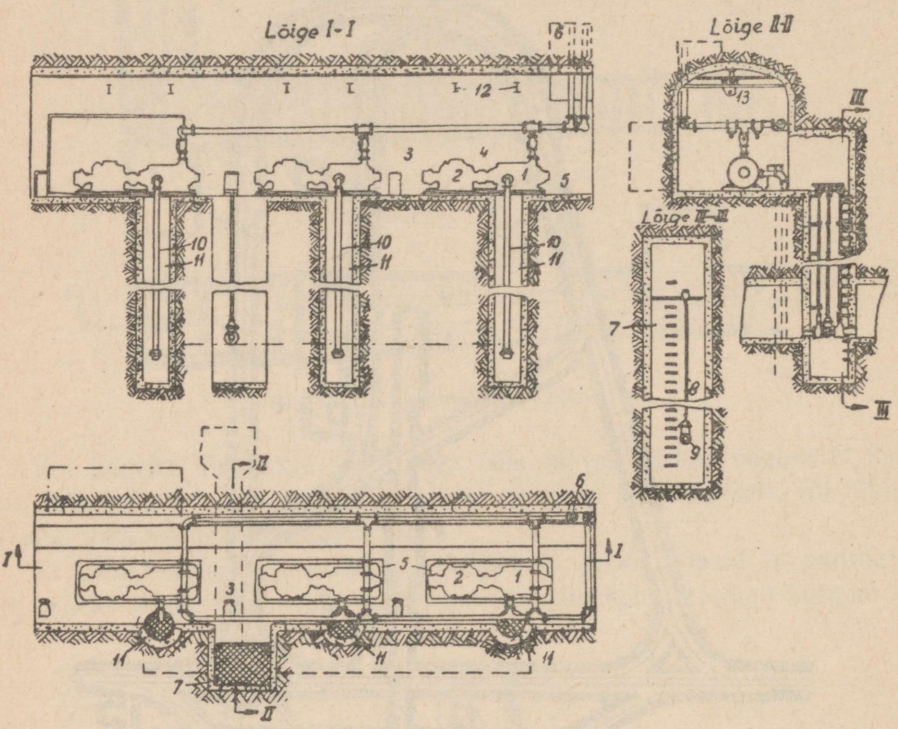
P u m b a r u u m (joon. 28) asetatakse šahti lähedusse, mille kaudu veetorustik väljub maapinnale.

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 kaeveõõnsuste põhjast ja temasse juhitakse vesi kokku kogu kaevandusest. Pumbaruum



Joon. 28. Kaevanduse pumbaruum: *1* — tsentrifugaalpump, *2* — mootor, *3* — käivitusseadmed, *4* — ühendusmuhv, *5* — alusplaadid, *6* — kaeveõõnsus survetorude jaoks, *7* — redel, *8* — jaotuskaev, *9* — siiber vee juhtimise reguleerimiseks, *10* — imemistoru, *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 remonditöökoda, 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 kõigis sügavates allmaakaevandustes, kus toimetatakse lõhkamistöid. 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 arstimitega. 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 oskustööliste poolt. Igale töölisele antakse tööle tulles tema isiklikus kasutuses olevad tööriistad.

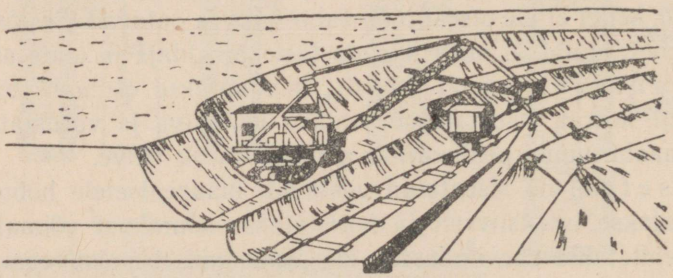
6. Koristusõõnsused.

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

7. Lahtised kaeveõõnsused.

Lahtised kaeveõõnsused 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 kaeveõõnsuste arv palju väiksem. Lahtised kaeveõõnsused on karjäär ja kraav.

Karjäär (joon. 29) on lahtiste töödega maavara kaevandamisel tekkiv kaeveõõnsus. 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 kaeveõõnsus, 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; veekõrvaldamiskraavid, mis kaevatakse karjäärist vee ärajuhtimiseks, kui maapinna reljeef seda võimaldab.

8. Puuraugud.

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

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

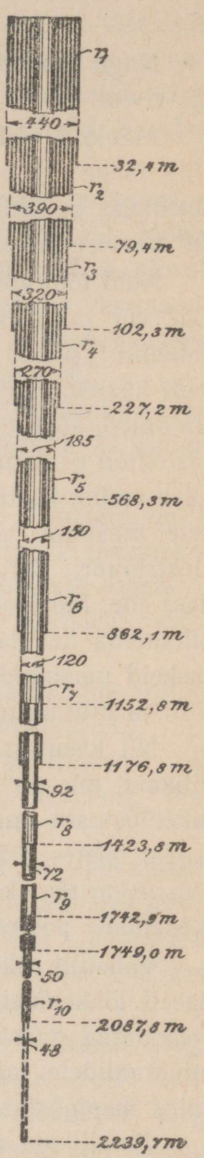
Olenevalt puurriista tegevuse laadist kivimi purustamisel puuraugus tuntakse kaht liiki puurimist: keerdpuurimine ja löökpuurimine. Keerdpuurimisel tarvitatakse maa pealt puurriistani ulatuvaid puurvardaid. Löökpuurimisel tarvitatakse puurriista ühendamiseks maapealse puurseadisega kas puurvardaid või 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 puurimisseadiste 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 lõikab siin teraspeitel, kõvemates kihtides volfram-koobalt-karbiidteradega või kooniliste hammasrullidega puurriist, ja puurimispuru uhtmisvahendiks on kaunis sitke savikõrt.

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. Manteltorude 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 lahtimurtud kaevise kobestamine, laadimine transpordivahenditesse jne.

Neid töid võib teostada kas *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 käsitsitöö osatähtsus, võrreldes masinatööga, mäetöödel 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 (vasarlabidas) 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 mäetöödel 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 mäetöödel nõuab selleks ettevalmistustööde tegemist, kusjuures need tööd tehakse nii käsitsi kui ka masinatega.

Arvestades lõhkeainete kasutamise suurt osatähtsust mäetöödel 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.

Pudedateks 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.

Pehmeteks nimetatakse niisuguseid kivimeid, mille osakesed on küll üksteisega seotud (savi, kriit), kuid see side on nii nõrk, et ei takista tööriista (näit. labida) sissetungimist.

Habrasteks 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 mõrade tõttu (kiltkivi, mõranenud paekivi, põlevkivi, kivisüsi, liivakivi jt.).

Kõvadeks nimetatakse niisuguseid kivimeid, millest tükkide eraldamine on raske (kõva liivakivi, graniit, magnetiit, kõvad paekivid jt.).

Väga kõvadeks nimetatakse niisuguseid kivimeid, milledest tükkide 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 kg/cm² 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 *f*
I	Kõige suurema kõvadusega kivimid	Kõige kõvemad, tihedamad ja sitkemad kvartsiidid ja basaldid. Muud kõige kõvemad kivimid	20
II	Väga kõvad kivimid	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. Kvartsi- ja maagisooned. Kõva konglomeraat. Väga kõvad rauamaagid .	10
III a	»	Kõvad lubjakivid. Mittekõva graniit. Kõvad liivakivid. Kõva marmor, dolomiit, püriidid	8
IV	Üsna kõvad kivimid	Harilik liivakivi. Rauamaagid . .	6
IV a	»	Liivakad savikiltkivid. Liivakiltkivid	5
V	Keskmise kõvadusega kivimid	Kõva savikiltkivi. Mittekõva liivakivi ja lubjakivi, pehme konglomeraat	4
V a	»	Mitmesugused mittekõvad kiltkivid. Tihe mergel	3
VI	Üsna pehmed kivimid	Pehme kiltkivi, väga pehme lubjakivi, kriit, kivisool, kips. Külmunud maapind, antratsiit, kivisüsi. Mergel, harilik. Purunenud liivakivi, tsementeerunud 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, löss, kruus . .	0,8

(Tab. 1 järg.)

Kivimi kategooria kõvaduse järgi	Kivimi kõvadusaste	K i v i m i d	Võrdlev kõvaduse koefitsient *f*
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 kivimid	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 koefitsiente 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 mittearvestamine. 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.

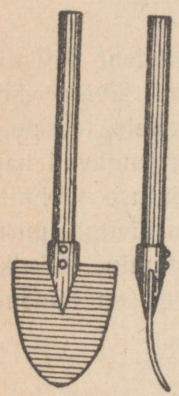
Praegusel ajal kasutatakse käsitsitööd energiabaasidest kaugel asuvates paikades uurimistöödel ja osaliselt neis uutes rajoonides, kus tuleb alles luua energiabaas.

Järgnevalt on kirjeldatud käsitsi tehtavate tööde puhul tarvitatavaid tööriistu.

L a b i d a t 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) varrepoolsed 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 laadimistöödel 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.

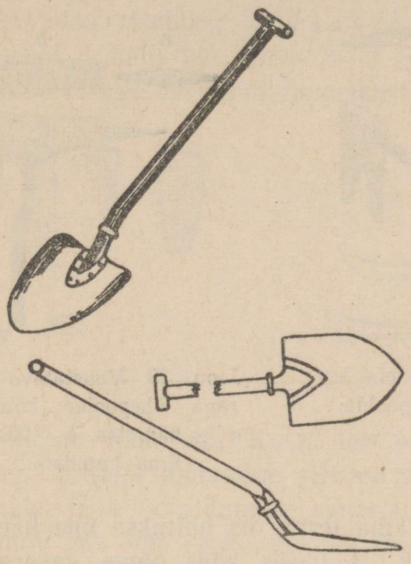
Kaevanduskõblast kasutatakse iseseisvalt pehmete ja habraste kivimite kaevandamisel ning abitööriistana kõvemate kivimite puhul, mida pärast lõhkamist on vaja peenendada ja kobedamaks muuta, et pärast labidaga kergem oleks töötada.

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

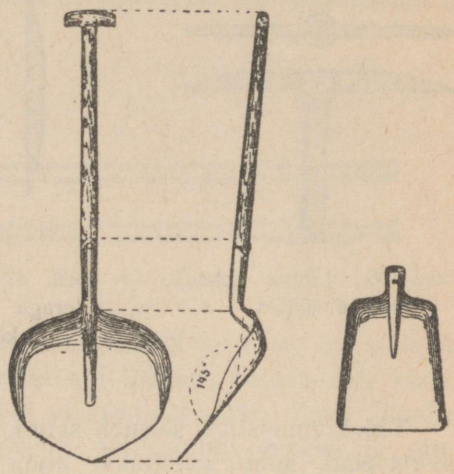
Töö kergendamiseks tehakse harilikult alguses eesse 0,5—0,75 m sügavuselt soon (murre) ja alustatakse siis tükkide murdmist (joon. 34).

Kõplad võivad olla ühepoolsed (joon. 35), kahepoolsed (joon. 36) ja vahetatavate teradega (joon. 37). Viimastel on see hea omadus, et nüriks muutunud tera võib kergesti vahetada. Enamikus Nõukogude Liidu söekaevandustes tarvitatakse ühepoolseid 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 tarvitatakse raskemaid kõplaid ja neid nimetatakse seal kirkadeks.

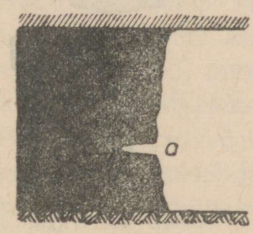


Joon. 32. Laadimislabidas (kühvel) kõvade kivimite laadimiseks.

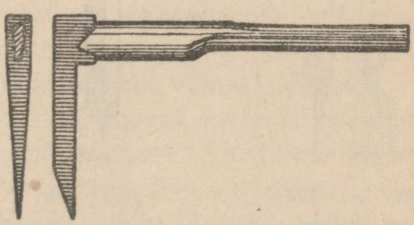


Joon. 33. Kivisõe laadimise labidas.

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



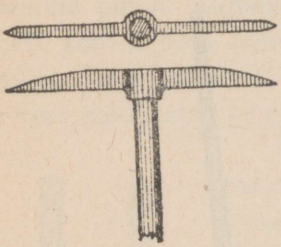
Joon. 34. Kõpla abil tehtud soon (*a*) kivisõekihis.



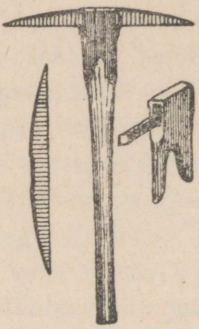
Joon. 35. Lihtne ühepoolne kõblas.

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

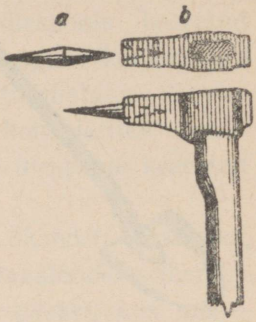
Kivimeisliks (kirkaks) nimetatakse sirget kandilist või ümarikku teraspulka, mille üks ots on püramiidikujuliselt teritatud (joon. 40). Kivimeisel võib olla varrega või ilma. Varrega kivimeisel erineb ainult sellega, et tal on auk varre jaoks. Vart tarvitatakse ainult meisli hoidmiseks.



Joon. 36. Lihtne kahepoolne kõblas.



Joon. 37. Vahetatava teraga kahepoolne kõblas.

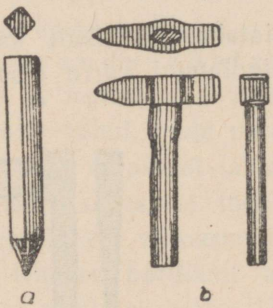


Joon. 38. Vahetatava teraga ühepoolne kõblas: *a* — hammas, *b* — kõblas ilma hambata.

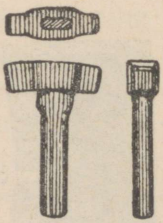
Töö kivimeisliga seisneb selles, et tema terav ots hoitakse ühe käega kivimi peal, kuhu soovitakse anda löök, ja teises käes oleva vasaraga (joon. 41) lüüakse meisli tömbile otsale; nii eraldatakse tükikesi kõvast kivimist.



Joon. 39. Laia teraga kõblas.



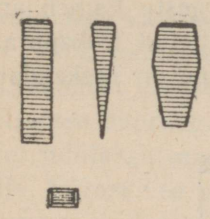
Joon. 40. Kivimeislid: *a* — varreta kivimeisel, *b* — varrega kivimeisel.



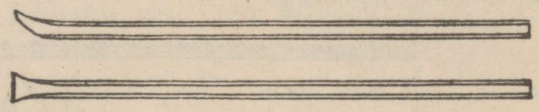
Joon. 41. Vasar kivimeislile pealelöömiseks.

Meisli abil toodeti varem kõvu kivimeid; nüüd on need tööd asendatud lõhkamistöödega. Meislit tarvitatakse veel proovide võtmisel, kaeveõõnsuste 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 tömbiks; 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 tömp. 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 murtakse tükid lahti.

Käsimasinate või mehhaaniliste instrumentide kirjeldus on antud allpool.

4. Jõuallikatega, mehhanismide kaasabita tehtavad mäetööd.

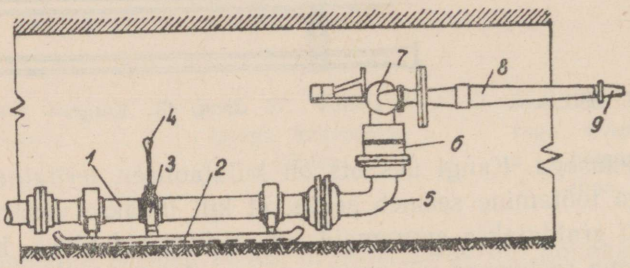
Nagu on eespool tähendatud, kuuluvad nende tööde alla esijoones lõhkeaine, tule, surve all oleva või voolava vee rakendamine mäetöödel. Esimest liiki tööd nimetatakse lõhkamistööks, teist — põletamistööks, kolmandat hüdrauliliseks tööks. Siin kirjeldame kaht viimast tööviisi.

Põletamistööd ehk tuletööd põhinevad kivimite omadustel paisuda kuumutamisel ja sulada kõrgel temperatuuril. Varematel aegadel tarvitati põletamistöid kõvade maakide tootmiseks. See töö seisnes selles, et ees süüdati lõke, mis kuumutas kivimit. Et tulele lähemad kivimi osad kiiremini ja ennem soojenesid ning paisusid kui kaugemal ja sügavamal asetsevad, siis toimus pragunemine ja tükkide 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-

töödega. Mõnel pool Nõukogude Liidu põhjaosas tarvitatakse vahel külmunud maasse uurimissüvide kaevamisel ee sulatamist tulega. Igijää piirkondades asetsevates kullakaevandustes kasutatakse edukalt kuuma auru, mida juhitakse torustiku abil tootmispaikadesse vett sisaldavate pudedate kivimite ülessulatamiseks. Niisugune ülessulatamine 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 lõhkamistöödega.



Joon. 44. Veepurskaja ehk monitor: *1* — veetoru, *2* — kelk, *3*, *4* — toru pööramisseade, *5* — torupõlvis, *6* — kere, *7* — liigend, *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.

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

Veejuga hakati kaevetöödel kasutama kõigepealt kullakaevandustes. Praegusel ajal on see töötamisviis laialt levinenud. Iseäranis 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 puuraugud, 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 veega mõned väävlikaevandused.

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

5. Masinatega tehtavad mäetööd.

Käsitsi tehtavad mäetööd 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 asutud mäetööstuse täielikule mehhaniseerimisele tema kõigis osades, alates kaevise eraldamisest ees kuni pealmaa-raudteevagunisse laadimiseni. Juba on mehhaniseeritud kaevanduste põhilised tööprotsessid, mis suuresti kergendab kaevuri tööd. 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.

TRÜ Raamatukogu

Mäemasinad on väga mitmekesised, nad erinevad üksteisest tööülesannete järgi.

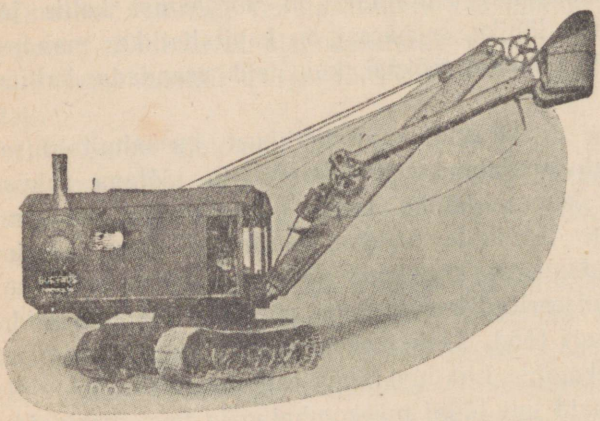
Masinatega tehtavad tööd võivad olla, samuti nagu käsitsi tehtavad tööd, kas põhitööd või abitööd.

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 tööviljakust mitmekordselt, arendab töötajaid kultuuriliselt, tõstab nende tehnilisi teadmisi ja võimaldab võimsa stahhanovliku 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 laadimiskohta ja 4) puistab hunnikusse või veovahendisse. Iga operatsiooni teostamiseks on ekskavaatoril vastavad osad.

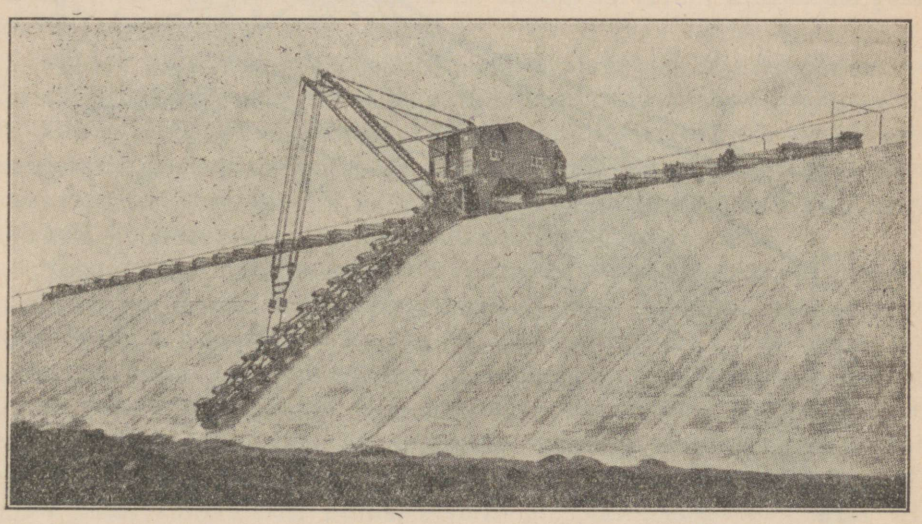
Ekskavaator koosneb kolmest põhimisest osast:

1) töötavast 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: *ühekopalised* (joon. 45) ja *paljukopalised* (joon. 46).



Joon. 46. Paljukopaline ekskavaator.

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

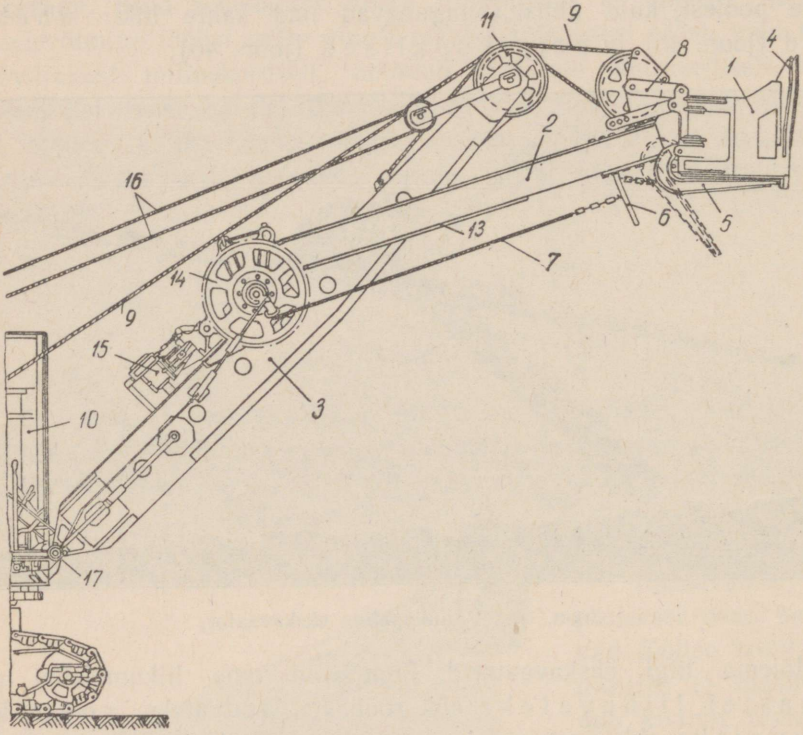
Eriliseks otstarbeks valmistatakse ka *ujuvaid* ühe- või paljukopalisi ekskavaatoreid, mis kannavad nime *süvendaja* ehk bager, kui nende abil süvendatakse veekogu põhja, ja *dredž*, kui nende abil toodetakse maavara veekogude põhjast ja nad on varustatud maavara uhtmisvõi vääristusseadmetega. Viimast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

Ekskavaatorid võivad töötada *auru*, *elektri*, *suruõhu* või *sisepõlemismootorite* abil. Suurem osa ekskavaatoreid käitatakse kas elektri- või sisepõlemismootoritega.

2. Ühekopalised ekskavaatorid.

Ühekopaliste ekskavaatorite tüübid erinevad üksteisest kopa töötamisviiside poolest, mis on tingitud peaasjalikult 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 juhib masinist oma istekohalt põhjariivi lahtitõmbamisega hoova *6* ja terasköie *7* abil. Kopa ülemise ääre külge on hingedel kinnitatud sang *8*. Selle külge kinnitatakse tõsteköis *9*, mis on juhitud üle poomi üle-

mises otsas oleva köieratta või plokirataste *11* kabiinis oleva tõstemasina trumlile. Kopa tõste- ja allalaskeliigutused toimuvad tõsteköie 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 survevõllile *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, milledel 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 terasköied, mis teiselt poolt kinnitatakse pealisplatvormile või raamile ehitatud puki külge. Poom seatakse üles harilikult 40—45° kallakuga. Töötingimuste kohaselt võib poomi kallakust hoideköite abil kas suurendada või vähendada.

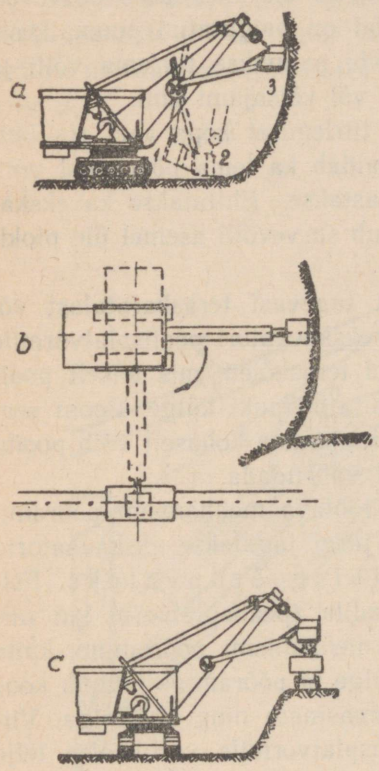
Kopa viimine tühjendamiskohta toimub töötava mehhanismi pööramisel ümber vertikaalse telje. Pööramisviiside järgi jagatakse ekskavaatorid kahte tüüpi: poolpöörduvateks ja täispöörduvateks. Esimestel on poom asetatud erilisele pöördplaadile (pealisplatvorm kui niisugune puudub), mille abil toimub töötava 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 sisepõlemismootoriga 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 lõikamas: *1* — kopp vabalt rippumas, *2* — kopa surumine ee rinda, *3* — kopa äärmine tõstekõrgus; *b* — kopa pööramine tühjenduskohale; *c* — kaevise puistamine vagonetti.

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 tõsteköit 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 lõikab kopp tõustes ee rinnast laastu ja täitub kaevisega. Kopa täitumise järel lülitatakse tööle pööramismasin ja kopp pööratakse tühjendamiskohale (joon. 48, *b*), kusjuures nõutav kaugus saavutatakse kopa varre väljasurumisega või tagasitõmbamisega. Kui kopp on viidud kaevise väljapuistamise kohta, avab masinajuht nöörist tõmmates kopa põhja ja kaevis puistub kopast välja (joon. 48, *c*). Pärast seda pööratakse kopp ee rinna poole ja langetatakse seisundisse *1*, et korrata kirjeldatud tsüklit. Allalangemisel kõikudes lööb kopa põhi, mis on varustatud snäpperriiviga, end kinni.

Kui kivim on kopa varre ulatuses välja kaevatud, siis lülitatakse

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 koppadega, alates 0,35—30 m^3. Laiemat tarvitamist mäetöödel on leidnud mehhaanilised labidad, mille kopa maht on 1,5—6 m^3. Mehhaanilised labidad kõlbavad igasuguste kivimite jaoks, kuid lõhkeainetega purustatud kaljuste kivimite puhul soovitatakse kasutada ekskavaatoreid kopa mahuga mitte alla 1,5 m^3. 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^3 ja tsükli kestus 30 sek.; 6 m^3 : 30 sek. = 0,2 m^3/sek. ehk 720 m^3 tunnis. Tegelik tööviljakus on teoreetilisest alati väiksem järgmistel põhjustel: 1) kopp harilikult ei täitu täie mahutavuseni ja kivimite tükkide 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.

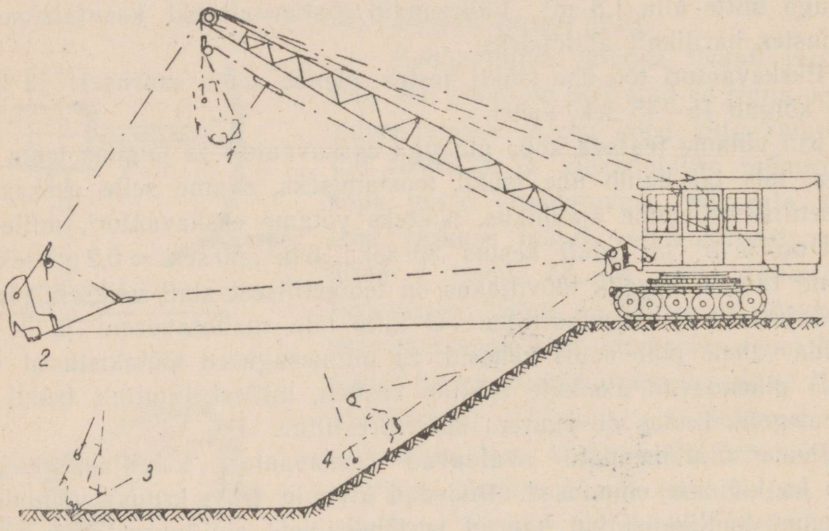
Mehhaanilist labidat iseloomustavad tema poomi ja kopa varre pikkus, kopa maht ja tõstemasina võimsus.

K õ i s e k s k a v a a t o r i d. Kõisekskavaatorid erinevad mehhaanilistest labidatest selle poolest, et nende kopp on ainult kahe terasköie abil ekskavaatoriga ühendatud (painduv ühendus). Kopa külge kinnitatud köied lähevad üle poomi otsas olevate köierataste või läbi poomi alumises osas olevate juhtrullide ja mähitakse masina trumlitele.

Kõisekskavaatoreid valmistatakse kahte tüüpi: l o h i s t u s t ä i t m i s e g a — d r a g l a i n i d (joon. 49) ja h a a r d e t ä i t m i s e g a — g r e i f e r i d (joon. 50).

Peale märgitud põhimise erinevuse on köisekskavaatoritel 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 tõsteköiega kas kettide või erilise sanga abil, mis kinnitatakse kahele poole kopa külgedele, keskkohast veidi tahapoole, et kopp vabalt tõsteköie küljes rippudes oma lahtise otsaga vajuks allapoole.

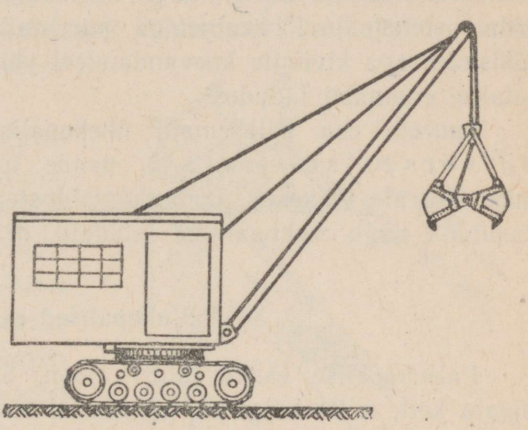


Joon. 49. Draglaini töötamise skeem: *1* — kopa lohistusköis lõdvendatud, *2* ja *3* — kopa viimine tööasendisse, *4* — kopa täitumine ekskavaatori poole tõmbamisel.

Lohistusköis kinnitatakse kopa lahtise otsa külge kaheharulise köie või keti abil, nii et lohistusköie pingutamisel kopp pöörduks selle otsaga ekskavaatori poole ja võtaks tööasendi. Kui lohistusköis lastakse lõdvaks, siis ripub ülestõstetud kopp lahtise otsaga allapoole ja kopa sisu puistub välja (joon. 49, asend *1*). Lohistusköie ja kopa looga vahel on veel üle tõsteköie külge kinnitatud plokiratta juhitud tasakaalustusköie ots. Viimane hoiab koppa horisontaalsena, kui lohistus- ja tõsteköis on mõlemad pingul.

On ka selliseid lohistustäitmisega ekskavaatorite koppasid, mille tühjendamiseks tarvitatakse eri köit.

Draglain töötab järgmiselt. Kopp tõstetakse puistamiskohal poomi ülemise otsa lähedale ja vabastatakse lohistusköis, siis lülitatakse sisse pööramismasin ja ühtlasi pikendatakse tõsteköit vajalikul määral. Pööramisel tekkinud tsentrifugaaljõud viib kopa väljapoole poomi ulatuspiiri nii kaugele, kui tõste- ja tõmbeköied lubavad. Nii paisatakse kopp vajalikku kohta (joon. 49, asend *2* ja *3*) ja lülitatakse töösse lohistusmasin, mis lohistusköit lühendades tõmbab koppa 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.



Joon. 50. Greifer.

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 koppasid, mis koosnevad paljudest haardeosadest.

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

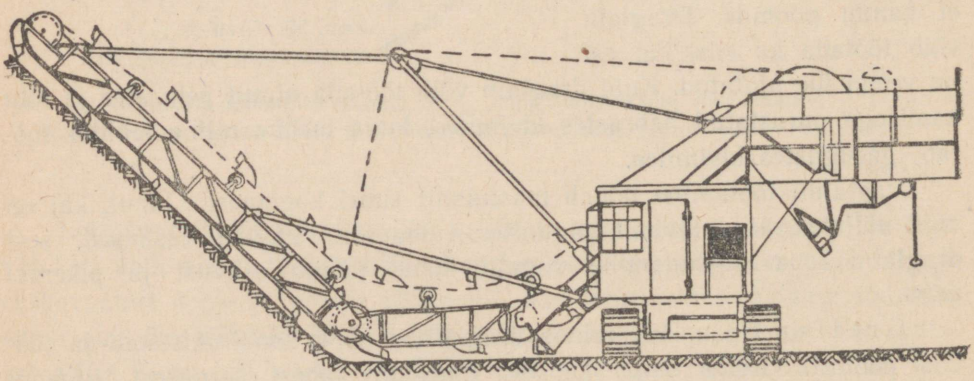
töötab järgmiselt kopp avatakse täielikult ja seatakse poomi pööramisega kaevamispunkti kohale, siis langetatakse lahtine kopp tõsteköie järsu vabastamisega kaevandatavale kivimile. Raskuse ja kiire langemise mõjul tungivad kopa lahtised lõuad kivimisse, mispeale haardelõuad suletakse kinnitõmbeköie pingutamisega. Kopa sulgemisel haaratakse kivim koppa. Täidetud kopp tõstetakse tõsteköie abil vajalikule kõrgusele ja pööratakse laadimiskohale, kus kopp avatakse ja ta sisu välja puistub. Kopa avamine toimub raskuse jõul, kui kinnitõmbeköit 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 köite ja poomi abil võib seada vajalikku asendisse. Koppade keti raam on liigendi abil ühendatud ekskavaatori pealisplatvormiga, mille peale kabiini on asetatud kõik ekskavaatori jõumasinad

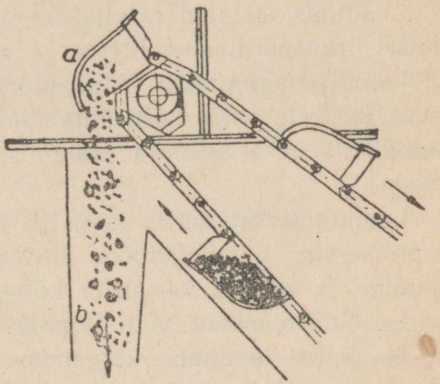
ja seadeldised. Paljukopalised ekskavaatorid võivad liikuda kas rööbasteel või roomikutel.

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

Paljukopaline ekskavaator töötab järgmiselt: raam otsata ketiga, mille küljes on kopad, lastakse hoideköite abil vastu ee rinda, nii et kopad liikudes kraabiksid 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).



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

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 vastaspoolsele küljele vastukaaluks tõstemasinad (joon. 51) või muud seadeldised.

Paljukopaliste ekskavaatorite kopad on tunduvalt väiksemad kui ühekopaliste ekskavaatorite omad (maht kõigub 0,035—1,2 m^3 vahel), kuid esimeste tootlikkus on koppade suure arvu tõttu tihti suurem. Harilikult

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

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

D. Laadimismasinad.

1. Üldandmed.

Laadimismasinaid tarvitatakse allmaatöödel lahtimurtud kaevise laadimisel transpordivahenditesse ja maa peal — kaevise laadimisel ladudest raudteevagunitesse. Allmaatöödel tarvitatavad 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 kaeveõõnsuste kiire rajamine ja teiseks kaevurite kõrge tööviljakus.

Laadimismasinad võib jagada üldiselt kolme rühma:

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

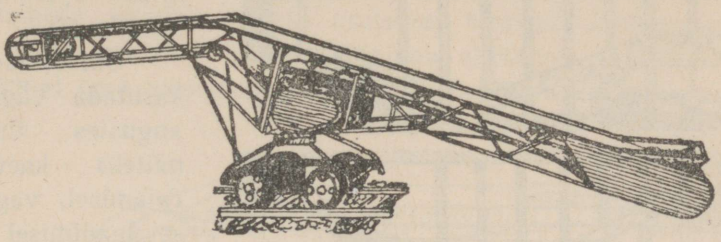
2. Ümberlaadijad.

Ümberlaadija meenutab kallakat lint- või kraapkonveierit [1], 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

[1] 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 töölistel 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.

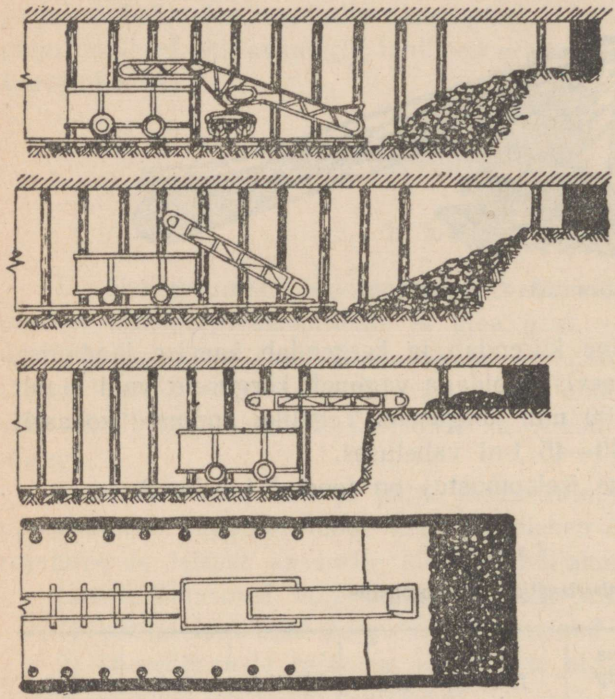
Ümberlaadijate iseloomustus.

Masina tüüp / Tehniline iseloomustus	П-4	П-5	ПКУ-6	П-7	$П_2$-7
Pikkus mm	5355	5355	9954	2000	2500
Laius mm	864	864	700	715	592
Kõrgus mm	1550	1560	1610	294	250
Kaal kg	738	650	2453	100	83
Lindi laius 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 П-4 ja П-5 on transportimisvahendiks lint ja ümberlaadijal ПКУ-6 — kraapkett. Ümberlaadija ПКУ-6 on kohandatud kallakate kaeveõõnsuste rajamiseks ülalt allapoole.

П-7 ja $П_2$-7 on ilma alusvankrita ja ratasteta. Need seadised kantakse töökohale ja toetatakse töötamise ajal vastu vagonetti või kergetele tugedele.



Joon. 54. Ümberlaadija paigutus ees.

Ümberlaadijale võib korraga olla peale laadimas 2 töölist (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.

Ümberlaadijate kasutamise skeemid streki rajamisel on toodud joonisel 54.

3. Kaeveõõnsuste rajamise ja kitsaste ete laadimismasinad.

Kaeveõõnsuste rajamise ja kitsaste ete laadimismasinad võivad olla:

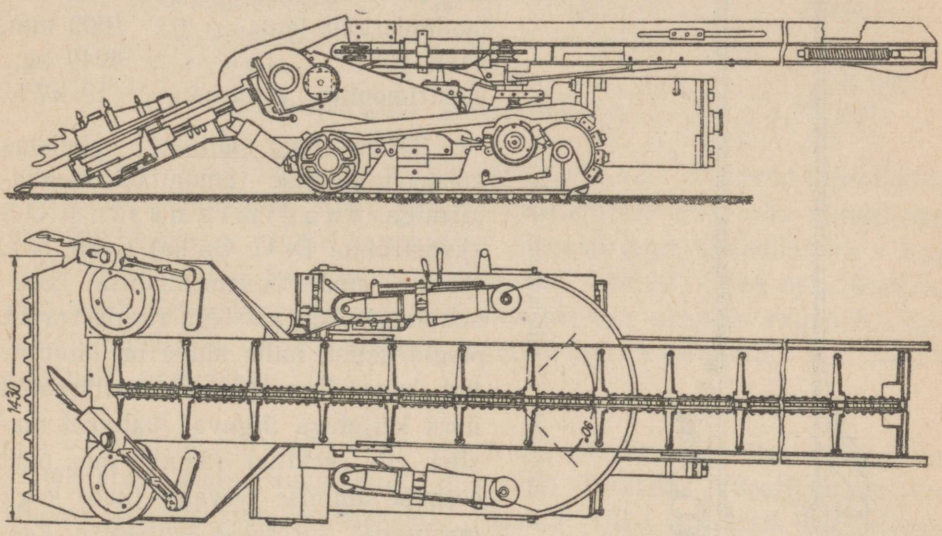
1) pidevalt kaevist ammutavad;
2) ühekopalised;
3) konveierilised;
4) skreeperilised.

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

Allpool on antud mainitud laadimismasinate tüüpide kirjeldus.

Pidevalt ammutavatest laadimismasinatest on tähtsamad järgmised tüübid.

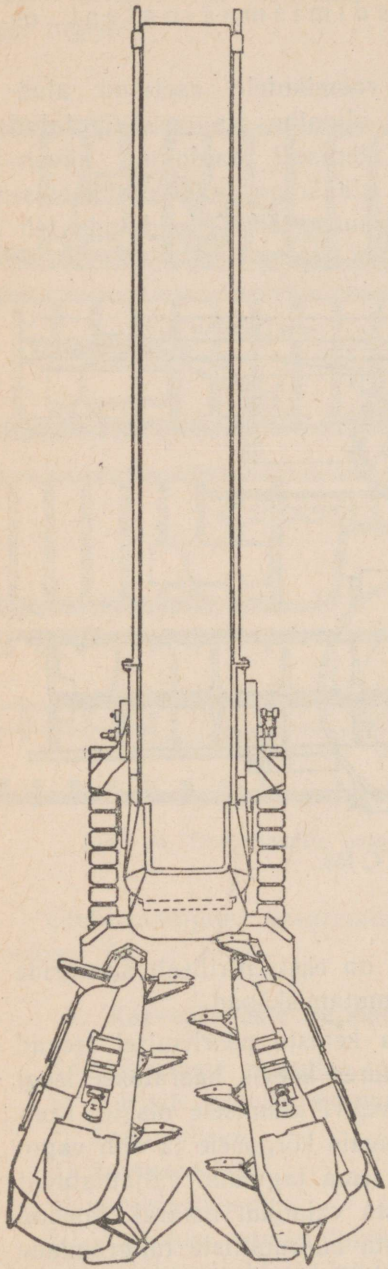
Laadimismasin C-153 koosneb roomikutele asetatud alusraamile monteeritud kraapkonveierist, mille alumine ots on paigutatud laia ja lameda masina ninas asetseva terasest kaldpinna süvendisse. Töö ajaks seatakse masin kaldpinna alaäärega laaditava kaevise sisse. Mõlemal pool kraapkonveierit (kraaptransportööri),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



Joon. 55. Laadimismasin C-153.

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

Kettad asetsevad kaldpinnaga rööbiti ja ketaste pöörlemisel teevad käpad omapäraseid haaravaid liigutusi, kusjuures kaevis haaratakse isegi eestpoolt kaldpinna esiäärt ja lükatakse konveieri alumisele otsale. Konveier tõstab kaevise 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 — kivisõe —



Joon. 56. Laadimismasin O-5.

laadimiseks kaevanduse vagonettidesse ja konveieritele, samuti horisontaalsete kaeveõõnsuste rajamistöödel 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 šahtjora" 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 kaevise, tõstavad ta kaldpinda mööda üles, kust ta satub linttransportöörile. Viimane viib kaevise vagonetti või mõnele muule transpordivahendile. 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:

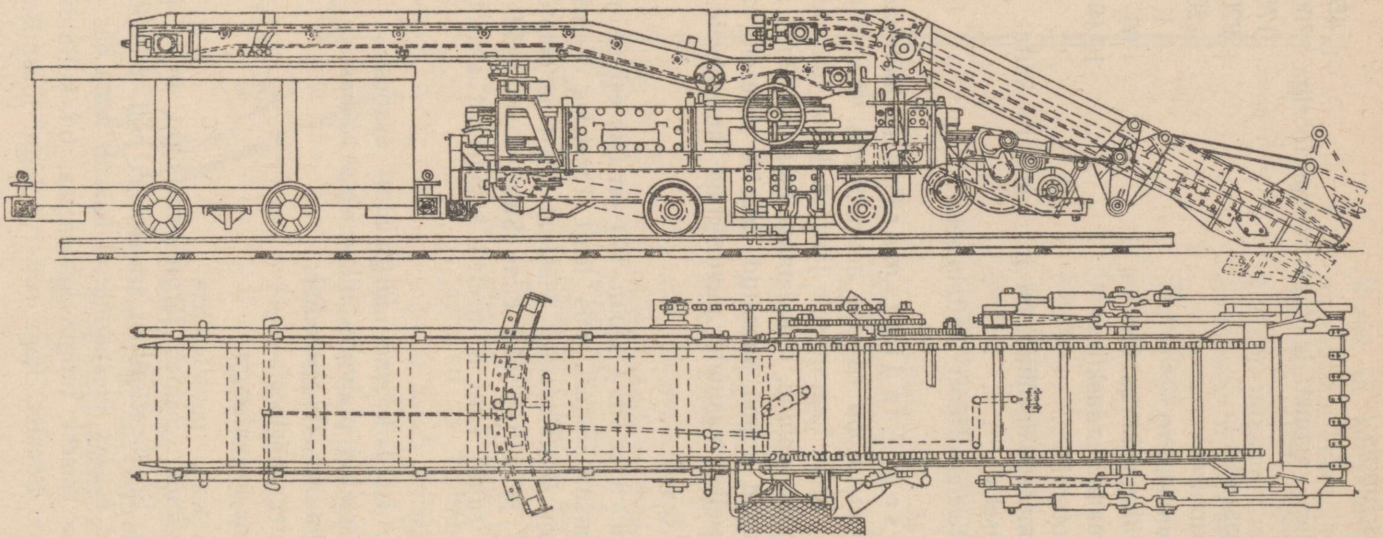
Tootlikkus tunnis . . . . . 80 t,
kaal . . . . . 4500 kg,
pikkus ühes vagoneti laadimistransportööriga 7000 mm,
kõrgus . . . . . 1750 mm,
laius tööasendis . . . . . 2200 mm,
laius liikumisel . . . . . 1200 mm,
lindi liikumiskiirus . . . . . 1 m/sek.,
masina liikumiskiirus tööl . . . . . 1,65 m/sek.,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

Ühekopalised laadimismasinad töötavad perioodilise haaramise põhimõttel. Kopp kaevise haaramiseks võib olla mitmesuguse konstruktsiooniga. Igale haaramisele järgneb kopa tühjendamine. Aega, mille vältel kordub haaramine, nimetatakse tsükliks. Ühed neist laadimismasinaist tühjendavad koppa 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 Vorošilovi-nimelises tehases (konstruktor Bratslavski). Masinat ПБ-1 katsetati kaevandustes Donbassis, Uuralis 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 kraaptransportööri;
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 tükkide 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.

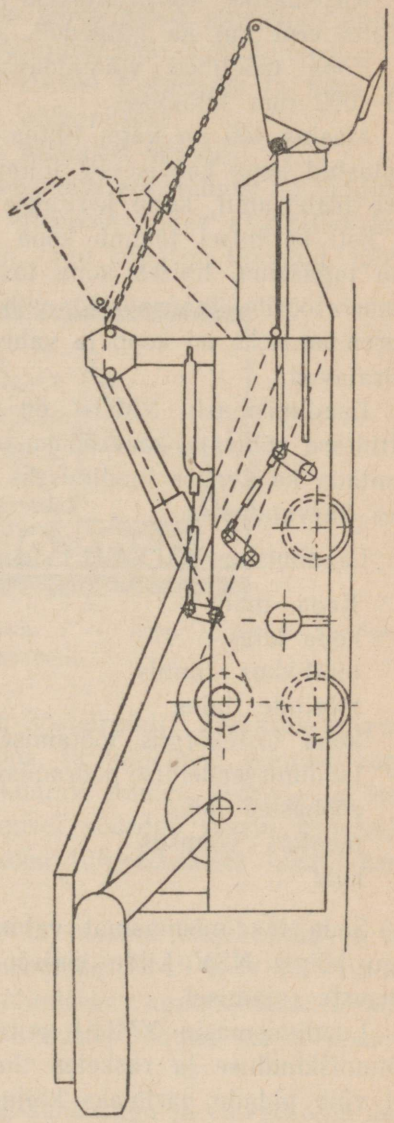
Masin teeb minutis 25 ammutust, seega tsükli kestus on 2,4 sek.

Ammutamismehhanismi tegevusraadiuse suurendamiseks ilma kogu masina põikisuunas liigutamiseta 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 — ПБ-2 iseloomustavad järgmised andmed: kopa maht — 0,05 m³; mootori võimsus — 19 kW; kaal 8,5 t. Masin liigub rööbasteel; rööbaste vahelaius — 600—900 mm. Masinat ПБ-2 valmistatakse käesoleval ajal Nõukogude Liidus seeriaviisi.



Joon. 58. Laadimismasin УМП-1.

Laadimismasin УМП-1 (joon. 58) on konstrueeritud Söetööstuse Ministeeriumi 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.

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

Kirjeldatud 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. Edasisel keti kerimisel toimub kopa tõstmine koos vaherenniga. Et kopp ei oma tagaseina, libiseb kopa tõstmisel kaevis rennile ja viimaselt edasi transportöörile. Transportöör viib kaevise vagonetti. Kopa tegevusraadiuse suurendamiseks on kopp ja vaherenn masina kere suhtes mõlemale poole pööratavad.

Laadimismasin УМП-1 on määratud aherkivimi laadimiseks vagonettidesse rõhtsate kaeveõõnsuste rajamisel. Samuti võib seda masinat kasutada ka kivisõe laadimiseks. Masin võib töötada gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes.

Laadimismasina УМП-1 tehniline iseloomustus:

Kopa maht	0,15 m^3,
kopa laius	750 mm,
tootlikkus tunnis	30—40 m^3,
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 peaaegu kõigis NSV Liidu kivisõe- ja maagikaevandustes rõhtsate kaeveõõnsuste rajamisel.

Laadimismasin УМП-1 erineb teistest oma lihtsa konstruktsiooni, töötamiskindluse ja rasketes tingimustes töötamise poolest. Seda masinat võib pidada parimaks kaljuste kivimite jaoks valmistatavaist laadimismasinaist.

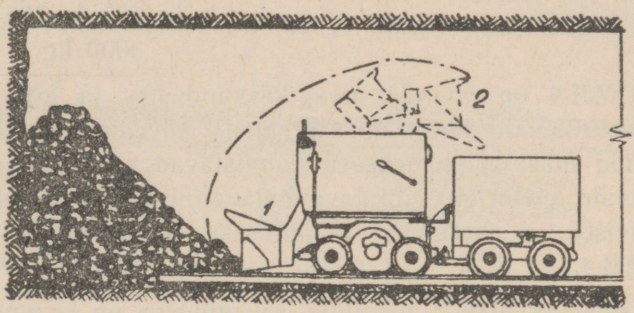
Suurimad rajamiskiiruse rekordid kaeveõõnsuste rajamisel on saadud, kasutades seda tüüpi masinat aherkivimi koristamiseks.

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 keskasendisse, et kaevis satuks vagonetti.

Kui vagonet on täidetud, haagitakse ta masina küljest lahti ja viimane võib ta eemale 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 m³/tunnis,
kopa maht . . . . . 0,15 m³,
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 m³/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 kivisöekaevandustes, kus tuleb rõhtsaid kaeveõõnsusi rajada kõvemates kivimites.

NSV Liidu masinaehitustehased valmistavad eespoolkirjeldatud põhimõttel töötavaid elektriga käitatavaid laadimismasinaid ЭПМ, mis on määratud kivisöe 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 m³,
kaks elektrimootorit, tüüp KTCA 110/755, võimsusega 10,5 kW,
pikkus . . . . . 2400 mm,
laius . . . . . 1600 mm,
kõrgus . . . . . 2070 mm,
} maksimaalsed mõõtmed töötamisel
kaal . . . . . 5030 kg.

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

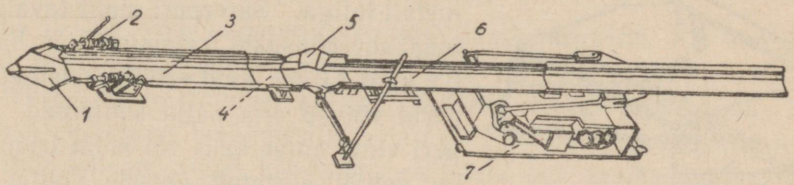
Pardinokk koosneb järgmistest põhilistest osadest (joon. 60): *1* — labidas ehk labidakujuline renni ots, mis nihkub materjali alla ja libistab ta renni sisse; *2* — renni sidur, mis võimaldab labida väljanihutamist kaevise kuhja alla; *3* — väljanihutatav renni lüli, mida siduri abil, teda hetkeliselt võnktransportööri edasi- või tagasiliikumise 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 tagasiliikumisel 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 kaeveõõnsustes tõusuga 0—15°. NSV Liidus valmistatakse pardinokk-laadijaid labida edasi-tagasi nihutamisega konveieri liikumise abil (КУП-46) ja abimootori abil (МЛА-1).

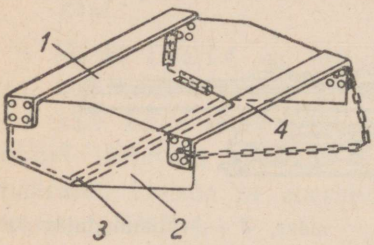
Laadimismasinat КУП-46 iseloomustavad järgmised andmed:

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.

S k r e e p e r l a a d i j a 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 edasitagasi 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 külgede esiotsad pealt ühendatud tugeva metall-latiga. Skreeperi maht tavaliste allmaakaeveõõnsuste rajamisel on harilikult 0,2 kuni 1,0 m³, 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.



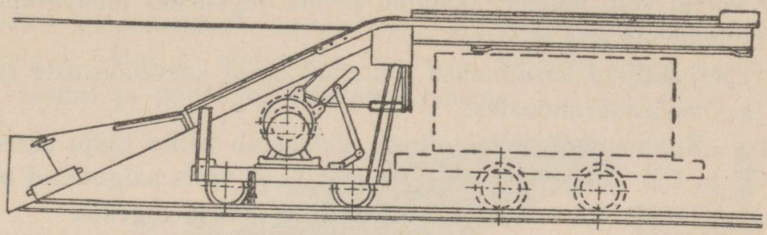
Joon. 61. Standard-tüüpi skreeperi kast: *1* — tagumine sein, *2* — külg, *3* — lõikeäär, *4* — tugevduslatt.

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 sabaplokid.

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

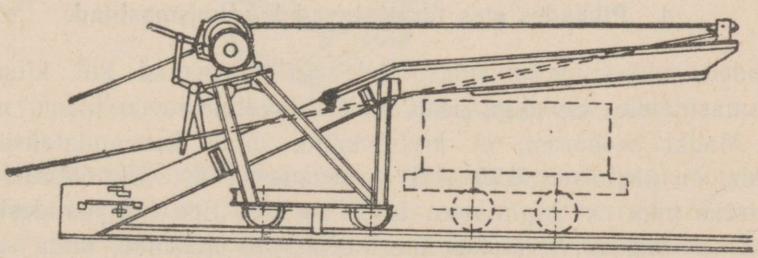
üle ee rinda kinnitatud juhtploki ja sealt üle sabaploki vintsi teisele trumlile.

Töö algul ühendatakse sabaköie trummel vintsi võlliga ja keritakse seda köit trumlile, kuni skreeper on tõmmatud äärmisse tagumisse asendisse vastu ee rinda kaevise peale. Selle liikumise ajal on töököie trum-



Joon. 62. Skreeperlaadija CE.

mel vaba ja köis võib takistuseta trumlilt lahti hargneda. Kui skreeper on jõudnud äärmisse tagumisse asendisse, vabastatakse sabaköie trummel ja ühendatakse töököie trummel võlliga. Töököis 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 СД.

variseb kaevis läbi laadimisava vagonetti. Siis vabastatakse töököie trummel ja ühendatakse sabaköie trummel vintsi võlliga ning tsükkel kordub, kuni lahtimurtud kaevis on eest ära koristatud.

Skreeperlaadija tootlikkus oleneb: 1) skreeperi mahust, 2) tema täitumise koefitsiendist, 3) silla asetuskaugusest 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 vagonettidesse. Säärane tööde organiseerimine võimaldab üheaegselt laadimist ja aukude puurimist ja kiirendab märksa töötsükli 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 rajamisel maagi- ja kivisöekaevandustes.

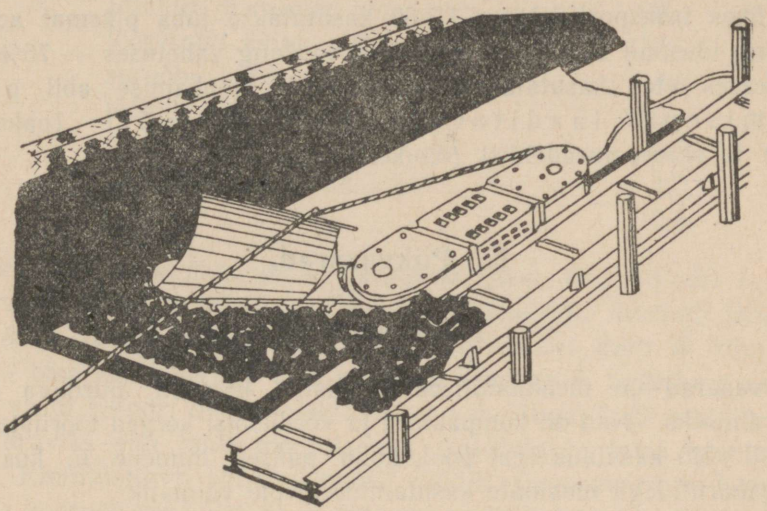
Tehas „Kommunist" Krivoi Rogis valmistab kahte tüüpi skreeperlaadijaid: СЕ ja СД (joon. 62 ja 63). Tüübil СЕ on vints paigutatud laadimissilla alla ja tüübil СД laadimissilla kohale erilistele tugedele.

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

4. Pikkades etes tarvitatavad laadimismasinad.

Nõuded pikkesi-laadimismasinatele on rangemad kui kitsaste ete laadimismasinatele. Eelkõige peab pikkesi-laadimismasin olema madal ja kitsas. Madal seepärast, et kivisöekihid, mida kaevandatakse näiteks Donbassis, on peamiselt 0,75—1,5 m paksused. Et väljatöötatud ala laetoestamiseks 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 peab laadimismasin töötades liikuma piki ett 100—300 m, andma suuremat toodangut, kui saavutati käsitsi laadimisel, olema vastupidav, laadima suuri kivisöetükke ja purustama neid, kui nad on transportimiskõlblikest suuremad, jne. Kuni viimase ajani ei suudetud valmistada rahuldavalt töötavat pikkesi-laadimismasinat. Paljud katsed nurjusid, kuid nõukogude konstruktorite kollektiivid töötasid väsimatult. Pingelise töö esimeseks tulemuseks on 1948. a. valmistatud soonimis-laadimismasin ВПМ-1 (joon. 64). Esmakordselt on selle masina juures kasutatud soonimismasina töö põhimõttel töötavat ja aktiivselt tegutsevat hammastega 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. ВПМ-1 on kombineeritud masin, mis võib soonida ja laadida, kuid mitte üheaegselt. Ta koosneb soonimismasinast, mis on täiendavalt varustatud kergesti äravõetava ja külgemonteeritava laadimisseadeldisega. 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 ВПМ-1 töötamas.

Laadimise ajal liigub masin soonimisraamiga eespool, lõikekett liigub vastupidises suunas ja on aktiivseks osaks söe transportöörile tõmbamisel. Söe juhtimiseks transportöörile kinnitatakse soonimisraami külge vastav seadeldis.

Kasutades soonimis-laadimismasinat ВПМ-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 söe 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 ВПМ-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 ВПМ-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 ВПМ-1 ühes transportööriga СТР-30 kasutatakse juba pikemat aega, on ee toodang tõusnud 44% võrra ja töölise toodang vahetuses — 76% võrra.

Pikkades etes kasutatakse mõnikord ka lõhkamise abil *peale-kuhjamisega laaditavaid transportööre* (paksemates kihtides) ja skreeperseadeldisi (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 КНШ (Šmorgunovi tüüpi) tööstuslikuks kasutamiseks, katsetamiseks aga piikvasaraid К (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 ОМСП-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^3/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*. Käivitamisseadeldis 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*. Võrk *15* kaitseb prahi sattumise eest piikvasara sisemusse. Kui piikvasar ei ole ühendatud voolikuga, kaetakse juhtetoru kaanega *16*.

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

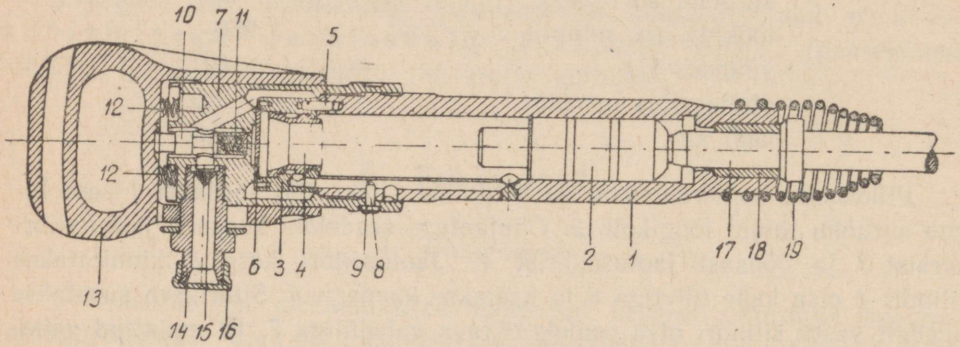
Piikvasara ОМСП-5 silinder ja jaotussiibri karp on eriliselt karastatud ja kuluvad seetõttu vähem. Uuemais piikvasarais on rõngasvedru *9* asendatud silindrit väljastpoolt ümbritseva terasplekist võruga, mis hoiab kinnitustihvti ja juhib äratarvitatud õhu kõrvale, nii et ta ei sega töötamist.

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 eesmisse 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 KHШ-3.

Elektri-piikvasarat KHШ-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.

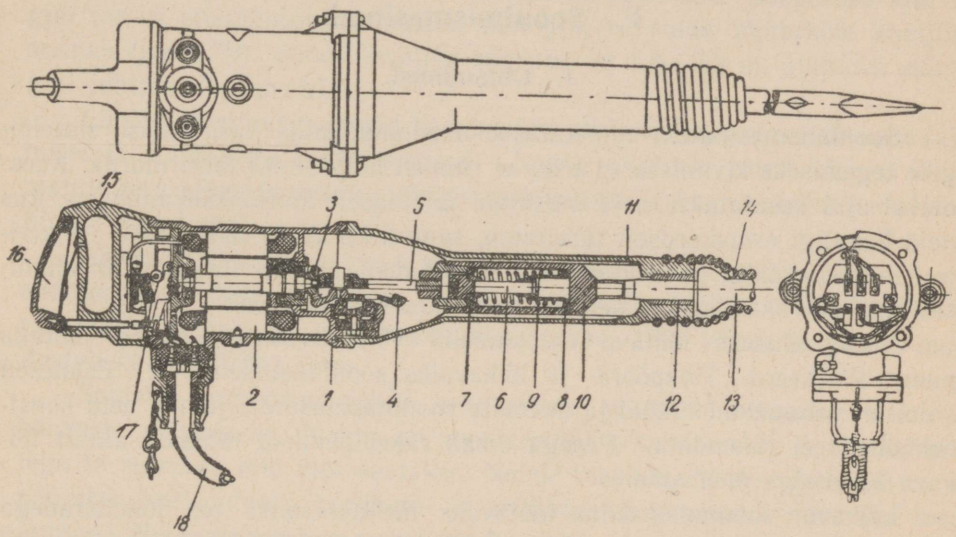
Piikvasar KHШ-3 on valmistatud järgmiselt (joon. 66): keres *1* on asünkroonne elektrimootor *2*, mille rootor on lühiühendatud. Mootori tunnivõimsus on 0,37 kW, teeb 2800 tiiru minutis ja vajab pinget 120 V.

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

Hammasratas *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 löögikolbi *10*, mis võib liikuda kestas *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 КНШ-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 hoope piigi pärale *13* ja sunnib viimast tungima kivimisse.

Löögikolvi *10* inertsi 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* tagasiliikumise 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 КНШ-3 töö suruõhu-piikvasara tööga.

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

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

F. Soonimismasinad.

1. Üldandmed.

Soonimismasinateks nimetatakse masinaid, mida kasutatakse sisselõigete tegemiseks kivimisse, et teda ee rinnast hõlpsamini lahti murda. Käesoleval ajal kasutatakse neid masinaid laialdaselt kivisöekaevandustes, 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-, löökkeerd-, löökpöörd- ja lõikavaiks soonimismasinaiks. Esimesed kolm on vananenud tüübid ja uuemate soonimismasinate juures neid konstruktsioone 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 ettenihutuskiirust (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 iseliikuvaiks ja edasikantavaiks. Tööviisi järgi jagunevad soonimismasinad: pikkesi-, lühiesi-, kaaresi- ja sammas-soonimismasinaiks.

Pikkesi-soonimismasina omapäraks on see, et tema töötavat mehhanismi (soonimisraami) on võimalik pöörata horisontaaltasapinnas 95° võrra mõlemale poole tema kere telje suhtes. Tööajaks juhitakse töötav mehhanism soonitavasse kivimisse ning, pöörates teda umbes 95° masina telje suhtes, kinnitatakse ta sellesse asendisse. Soonimise ajal liigub masin ettenihutusmehhanismi abil piki ee rinda tõmbeköie 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° võrra, kusjuures moodustub kaarekujuline soon.

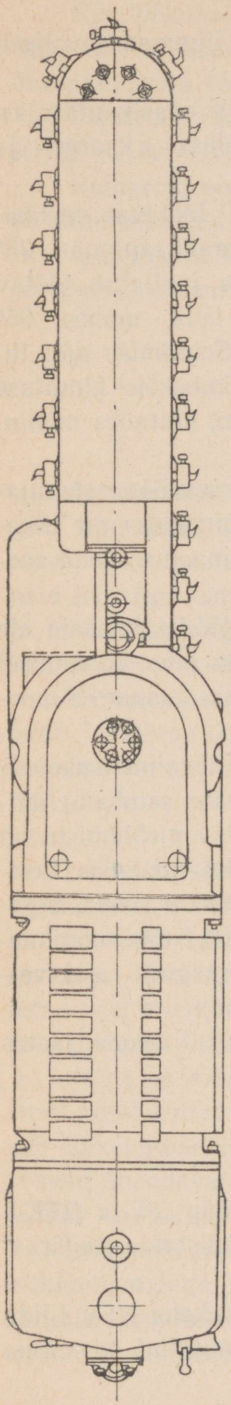
Sammas-soonimismasinaid kasutatakse enamasti ettevalmistuskaeveõõnsuste rajamiseks. Masin on monteeritud pikendatavale sambale, millega ta ee rinna ette üles seatakse. Nende masinate töötav mehhanism on pööratav horisontaal-, vertikaal- ja mõningatel masinatel mistahes tasapinnas. Nii saab nendega moodustada vertikaalset ja kallakat sõont, sügavusega kuni 2 m ja enam. Kasutatava energialiigi põhjal võib soonimismasinaid jaotada suruõhuga ja elektriga töötavaiks. 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 ГТК-3М.

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

a) ekstsentriliselt vertikaalsel võllil 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.

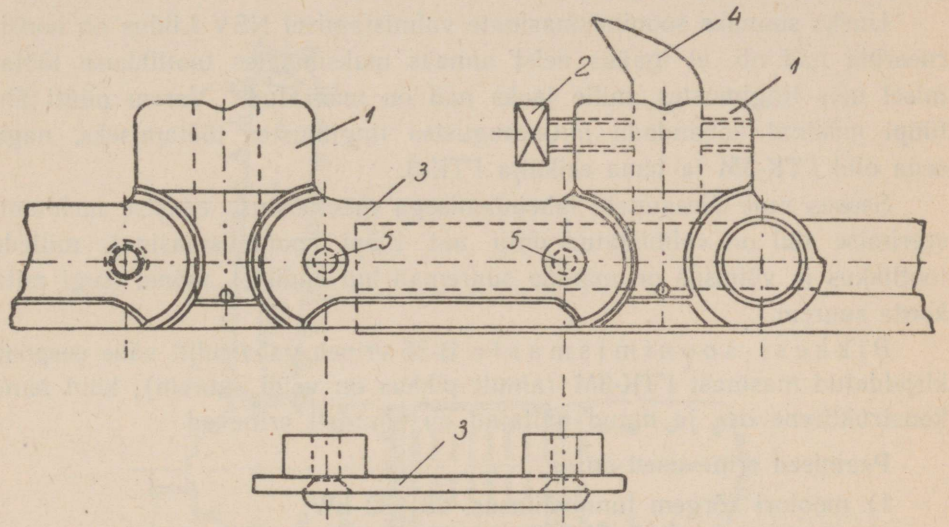
Ülekanne mootori võllilt reduktori võllile toimub koonus- ja taldrikhammasratta abil, kusjuures sisselülitamiseks kasutatakse hõõrdsidurit. Ettenihutus toimub veotrumlile ettenihutustrossi pealekerimise teel.

ГТК-3М 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 rakestusseade ja reduktor kinnituvad samuti elektrimootori kere külge. Töötava mehhanismi reduktor koosneb silinder- ja koonushammasratta paaridest, hammasmuhvist ja vedavast keti- ehk tähtrattast. Hammasmuhv ühendab reduktorit mootori võlliga. Ketiratas paneb otseselt liikuma soonimisketi. Soonimisketi liikumiskiirus on 1,83 m/sek.

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

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



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

gast keti liikumistasapinna suhtes. Need nurgad on: 0°, 10°, 19° ja 43°. 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) soonimispuru mittemehhaanilist kõrvaldamist ketiratta juurest.

Kuigi pikkesi-soonimismasin ГТК-3М on seni töötamisel rahuldanud temale esitatud nõudeid, ei suuda ta rahuldada kivisõetööstuse uusi kõrgendatud nõudeid, mis on esile kerkinud sõjajärgse viisaastakuplaani täitmisel. Soonimismasina ГТК-3М tootlikkus on väike, ta pole suuteline rahuldavalt töötama kõvades kivisõekihtides 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 ГТК-3М ja tema eelkäija ГТК-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 ГТК-3М (ainult pikkus on veidi suurem), kuid tema konstruktiivne osa ja muud näitajad on suuresti erinevad.

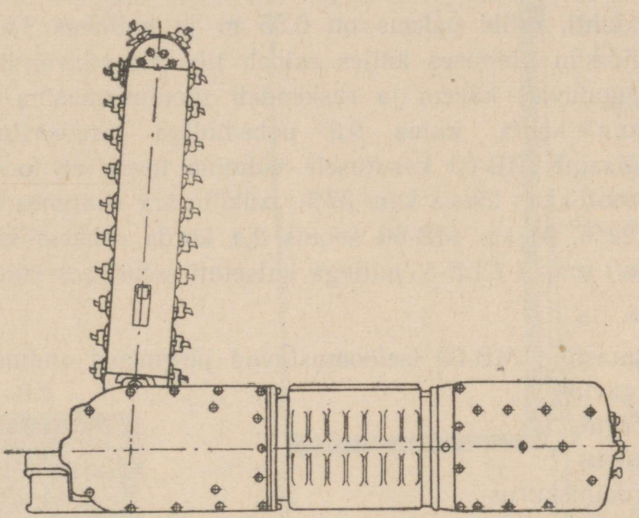
Peamised erinevused on:

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 kivisõekorra käsitsi lahtimurdmise vajaduse;
6) tigutüübilise 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 põikimõõtmed (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 missuguse kõvadusega laugete ja järskude kivisõekihtide soonimiseks. Selle masina projekt valmistati uurimistööde alusel Riikliku Söetööstusmasinate Teadusliku Uurimise Instituudi inseneride kollektiivi poolt. Peale igakülgset 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 purukoristajaga. Liikumise kiirust töötamisel võib reguleerida laiades piirides, alates 0,23 m/sek. kuni 1,4 m/sek. Kõik masinaosad valmistatakse eriliselt tugevatena 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 m² (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 m² 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:

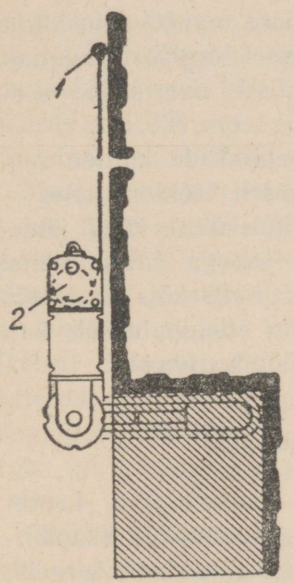
soone sügavus	2,0—2,8 m,
soone kõrgus	120—140 mm,
lõikamiskiirus	1,9 m/sek.,
manööverdamiskiirus	14,5 m/min.,
tõmbeköie diameeter	17—19 mm,
pikkus ilma purukõrvaldajata	3134 mm,
pikkus allalaskmisel (2 m pikkuse soonimisraamiga)	4250 mm,
laius	740 mm,
kõrgus	400 mm,
masina kaal ühes 2 m pikkuse soonimisraamiga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

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

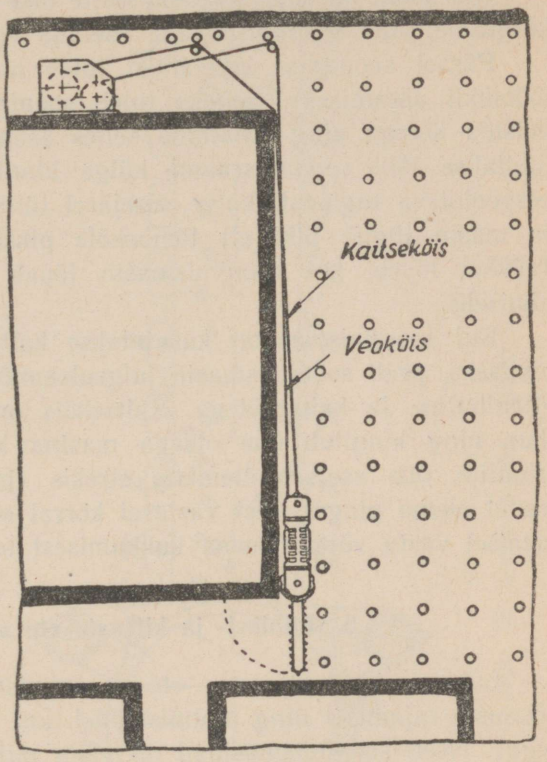
Soonimismasina MB-60 valmistamine näitab selgelt nõukogude tehnika üleolekut kapitalistlike maade tehnikast.

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

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



Joon. 70. Pikkesi-soonimismasina tööskeem ees: *1* — tugipost köie 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 tõmbeköie 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 töölist — 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. Trumlilt mahakeritud köis juhitakse läbi soonimisraami külge kinnitatud klambri ja kinnitatakse eespoolooleva tugiposti külge. Seejärel lülitatakse sisse manööverduskiirus ja masin liigub piki ett tõmbeköie 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 kaitseköiega. Kaitseköis on ettenihutusköiest veidi jämedam ning kinnitub ühe otsaga masina kerele ja teisega erilise vintsi trumlile, mis asetseb ülemises strekis (joon. 71). Kaitseköis peab töö kestel olema pingul, sest vastasel korral ei suuda ta ettenihutusköie katkemisel vastu võtta masina kukkumisest tekkivat löögikoormust.

3. Lühiesi- ja kitsaste ete soonimismasinad.

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

Lühiesi-soonimismasinat ЛВШ-2 (joon. 72) kasutatakse NSV Liidu kivisöekaevandustes 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.

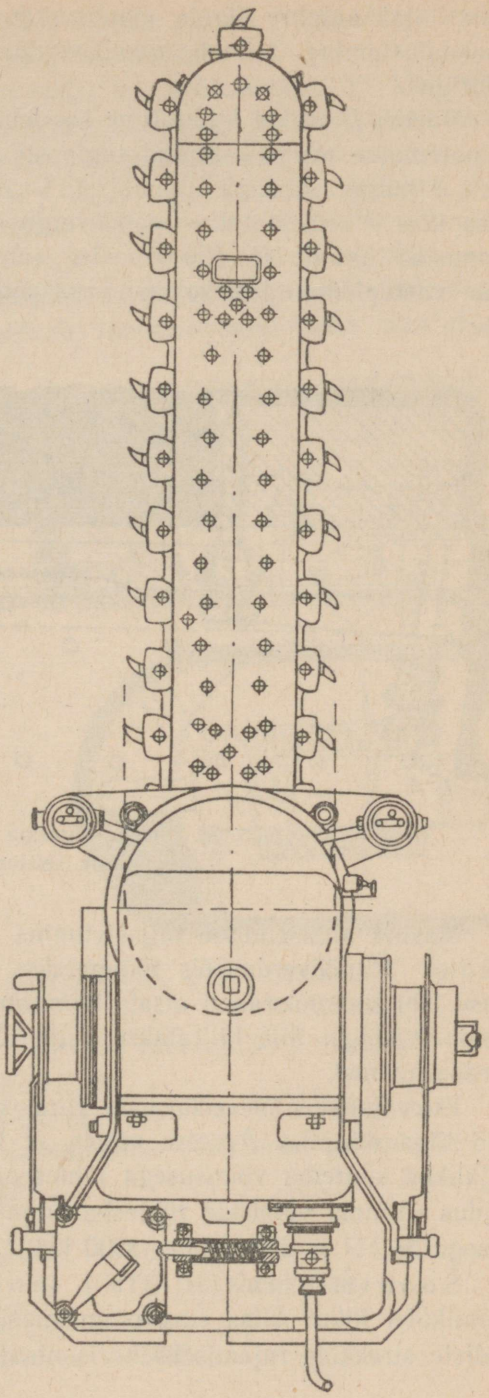
Masinat iseloomustavad andmed on järgmised: maksimaalne kõrgus 480 mm, laius 850 mm ja pikkus (ilma soonimisraamita) 1050 mm;

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

Ettenihutusmehhanismi reduktor koosneb hammasülekandeist 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 lõikeketi 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 0^0, 10^0, 20^0 ja 30^0 nurga all. Soone paksus on 64 mm.

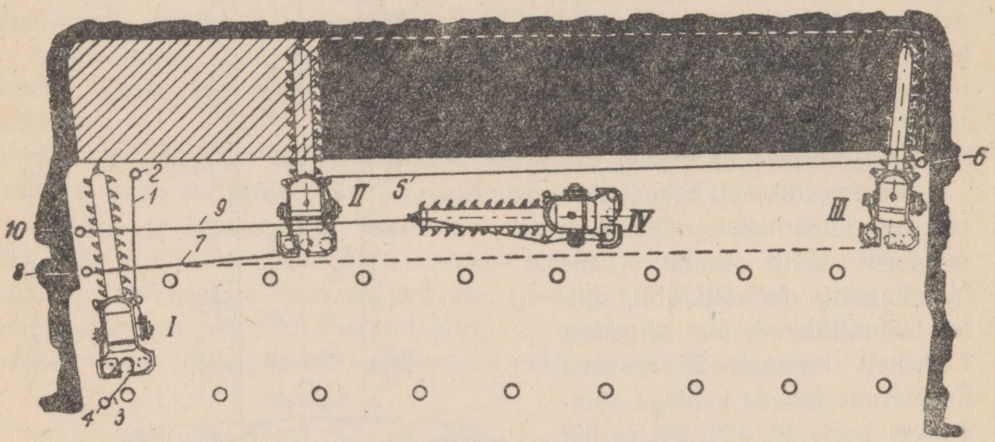
ЛВШ-2 töö laia eega rajatavas ettevalmistus-kaeveõõnsuses on toodud joonisel 73. Sisselõige ee vasakus nurgas moodustatakse masina ettenihutamisel risti eele (asend *I*). Selleks kinnitatakse ettenihutusköis *1* tugiposti *2* külge (ee rinna juures paremal pool masinat) ja manööverdusköis *3* tugiposti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



Joon. 72. Soonimismasin ЛВШ-2.

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

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 manööverdustrumlilt. Soonimise lõppemist iseloomustab asend *III*. Parempoolse (ülemise) nurga väljasoonimine toimub vastupidises järjekorras vasakpoolse (alumise) nurga väljasoonimisele.



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

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

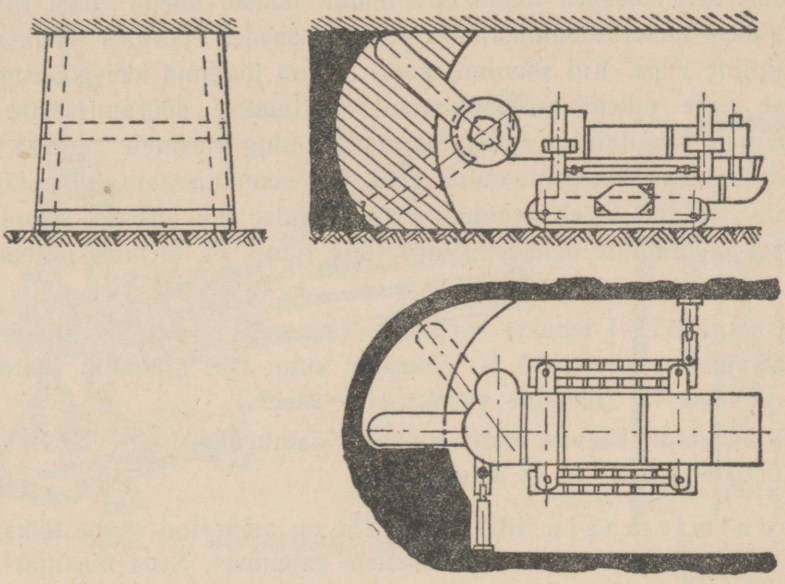
Ettevalmistus-kaeveõõnsuste kiirel rajamisel on need masinad osutunud liiga nõrgaks. Arvesse võttes, et ka ruumidega kaevandamiseks on vajalikud suurema võimsusega lühiesi-soonimismasinad, on hakatud NSV Liidus ehitama võimsaid lühiesi-soonimismasinaid ШВМ-1, mootori võimsusega 35 HJ ja üldkaaluga 3200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

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

söe- ja teiste maavarade kihtides, millede paksus ei ole alla 1,5 m. Soonimismasinat ВТУ-1 valmistatakse seeriaviisi.

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

Nihutusmehhanism paneb liikuma roomikud ja kannab pöörlemise rootori võllilt lõikepead pööravale mehhanismile. Pöörates lõikepead võib soonimisraami asetada horisontaalse, vertikaalse või ükskõik missuguse kallakusega soone sisselõikamiseks. Lõikepea mehhanism ühendatult mootoriga veab lõikeketti ja pöörab soonimisraami tema oma tasapinnas.



Joon. 74. Soonimismasina ВТУ-1 tööskeem.

Soonimismasina ВТУ-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.

Lõikeketi kiirus . . . . . 2; 2,4; 2,8 m/sek.
Soonimisraami pikkus . . . 3 m.
Lõikepead 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 lõikekett ning masin hakkab töökäigul liikuma ee suunas. Kui lõikepea jõuab ee rinnani, lakkab masin edasi liikumast ja lülitatakse käiku soonimisraami pööramisseade. Pöörates tehakse eesse kaarekujuline lõige. Kui soonimisraami ots on jõudnud kaeveõõnsuse vastaspoolse külje pikenduse tasapinnani, lülitatakse pööramisseade välja, soonimisraam kinnitatakse sellesse asendisse ning masinale antakse tagasikäik töökiirusega. Masin taandub seni, kui soonimisraam tuleb täielikult nähtavale. Sellega lõpeb soonimine. Vertikaalse või kallaka soone sisselõikamisel kasutatakse neidsamu töövõtteid (joon. 74, ülemine parempoolne skeem).

Masinaga ВТУ-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 kaevise koristamiseks laadimismasinat, võib ВТУ abil rajada ööpäevas 7,5—10 m strekki.

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

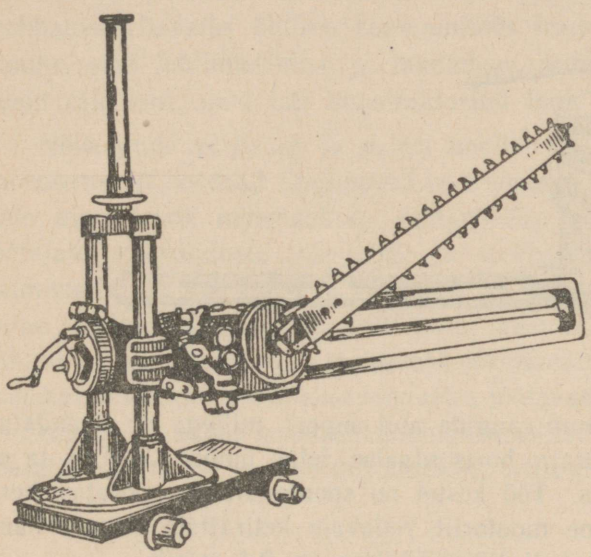
Pikkus . . . . . 3700 mm,
laius . . . . . 800 mm,
kõrgus . . . . . 1330—2350 mm,
kaal . . . . . 750 kg,
mootori võimsus . . . . 5,6 kW,
soone sügavus . . . . . 1800 mm ja laius kuni 7000 mm.

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

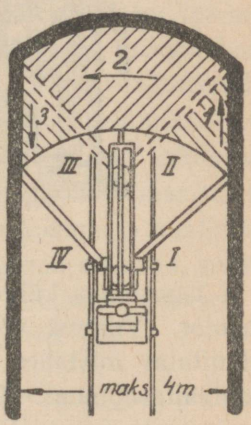
Mootor ja masina kere kinnituvad kahele karprauast paralleelile, mida mööda nad võivad edasi-tagasi liikuda. Paralleelid koos mootori ja töötava mehhanismiga on pööratavad ümber horisontaalse telje, võimaldades eesse vertikaalse, kallaka või horisontaalse soone tegemist.

Soonimiskett koosneb 43 rusikast terapesade kaldenurkadega 0°, 15°, 30° ja 45°. Keti lõikekiirus on 2,4 m/sek.

Soonimismasina БШ 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 БШ.



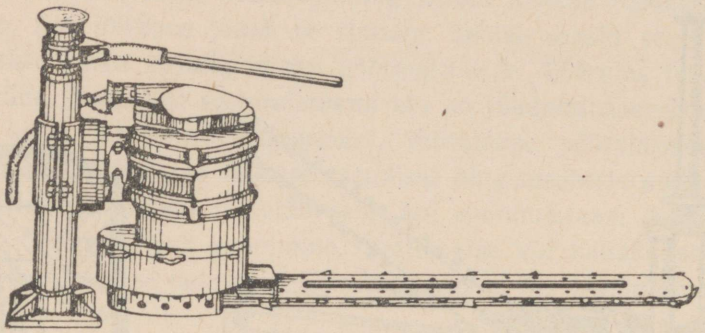
Joon. 76. Soonimismasina БШ tööskeem. (Numbrite seletus tekstis.)

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

Seejärel lülitatakse sisse mootor ning erilise käepideme abil antakse masina kerele ja soonimisraamile liikumine ee suunas, kuni sektor *1* 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 БШ osutus laialdase kasutamise tarvis nõrgaks. Püüdes ära kasutada seda tüüpi soonimismasinate 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 ВТУ-1 ja laadimismasina koos töötamiseks ei jätku ruumi.

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



Joon. 77. Söesaag.

Tugisamba külge kinnitub rangide abil suport, millega on ühendatud mootor. Viimast võib pöörata horisontaalse telje ümber 360° ja ta on kinnitatav 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. Söesaag 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.

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 kaeveõõnsuste 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.

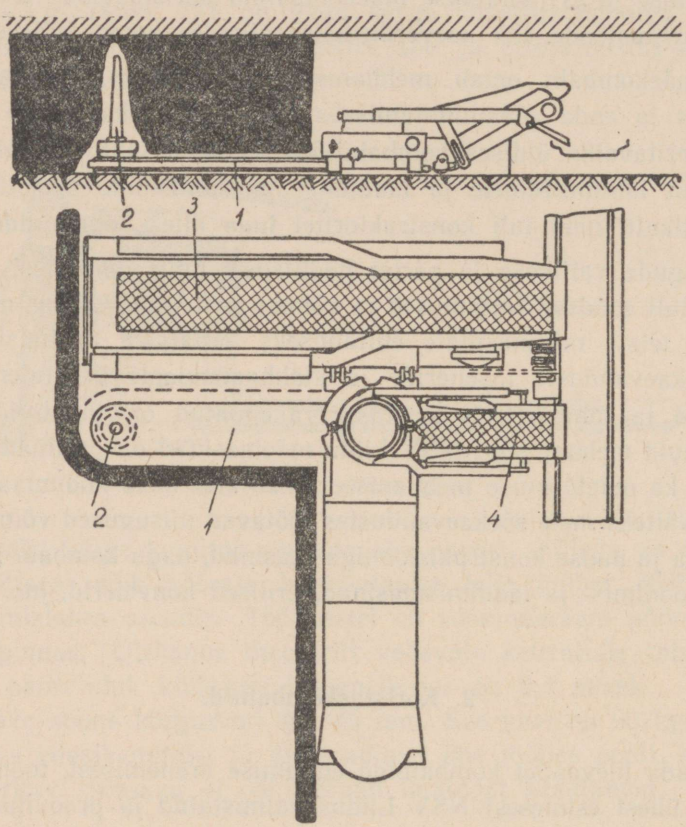
2. Koristuskombainid.

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 soonimisridvaga (*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 soonimispuru ee konveierile. See kombain võis töötada ainult pehmetes sõesortides, 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

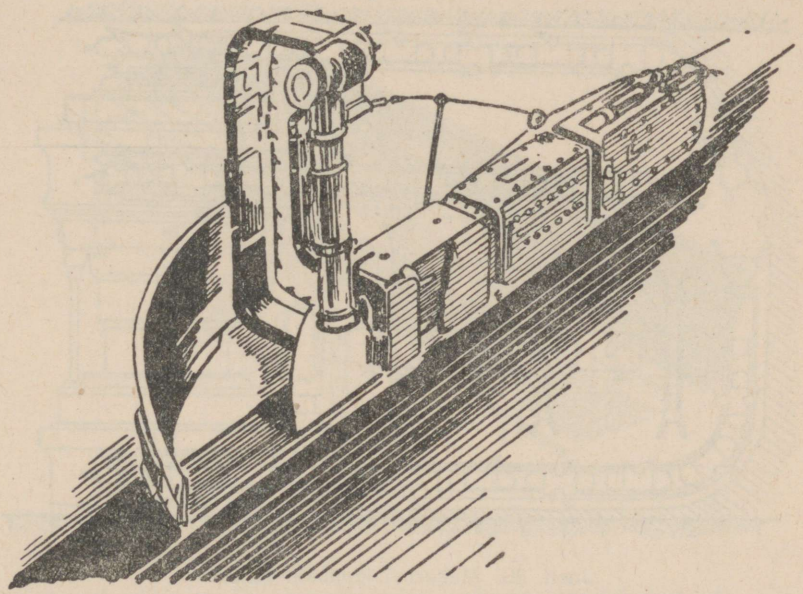


Joon. 78. Kombaini Я-4 skeem: *1* — soonimisraam, *2* — soonimisritv, *3* ja *4* — transportöörid (konveierid).

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 lahtilõigatud 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 kivisöekihtides 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 lõikekõrgust saab reguleerida neis piirides vastavalt kihi paksusele;
kere laius	450 mm;
kere kõrgus	900 mm;
üldine pikkus . . .	5000 mm.



Joon. 79. Kombain BOM-2.

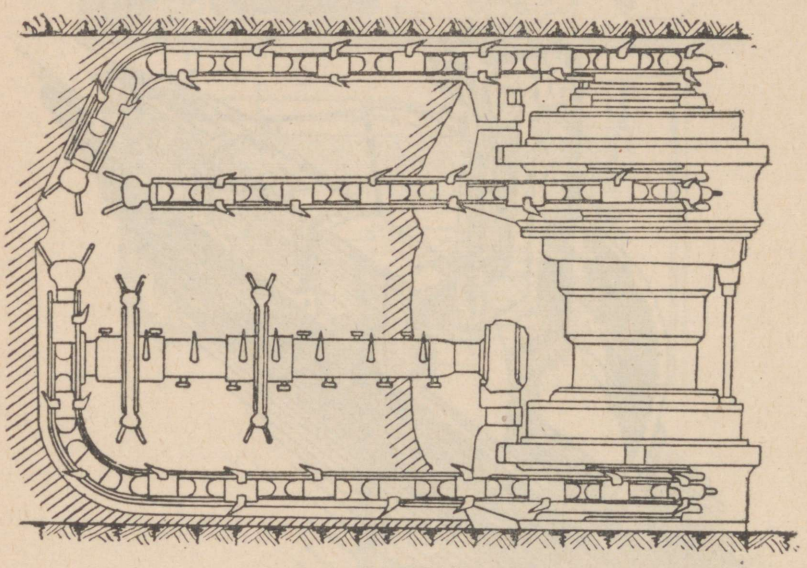
Muud andmed on analoogilised soonimismasinaga MB-60. Tagasiliikumisel pööratakse lõikemehhanism ja laadimishõlm masina kere telje suunda ning vähendatakse esimese kõrgust.

Masinat katsetati tööstuslikult Mosbassi (Moskva-lähedane kivisöebassein) 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 КМП-1 baasil. Selle masina peale on asetatud kaks ГТК tüüpi soonimismasinat ilma nihutusmehhanismideta. Kombain liigub edasi alumise (КМП-1) soo-

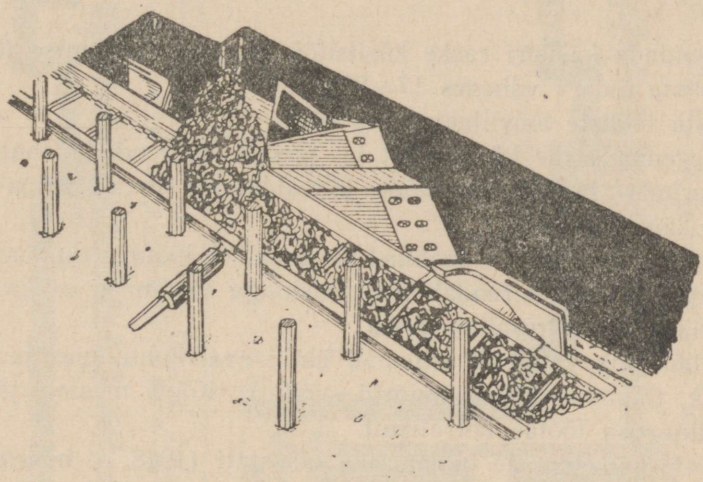


Joon. 80. Makarovi kombain KM-5.

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.

Söesahk УС-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. Söesahk on liiku-

matu teraga terasest valatud massiivne, kahe tõmbeplokiga varustatud, adrahõlmakujuline laadimisagregaat, mis lahtimurtud söe juhib transportöörile. Sahk pannakse edasi-tagasi liikuma terasköite ja vintside abil, mis on asetatud ülemisele ja alumisele strekile. Sahk lõikab sütt 0,2 m sügavuselt ja 0,4 m laiuselt piki ee rinda. Ülejäänud söekihi osa, mis jääb lae alla, murtakse lahti erilise terasest valatud seadeldise abil, mis kinnitatakse saha kere peale lõiketerast tahapoole. Sahk töötab komplektselt selleks valmistatud edasinihutatava kraapkonveieriga. Sahk 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 („Tšistjakovantratsit"), 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 kivisöekihtide 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 söe vabalt transporteeritavateks tükkideks. Töötamisel ei esinenud kordagi lõikeketi ummistumist ega soonimisraami kinnisurumist. Eriline laadimisseade haaras purustatud söe ja laadis ee konveierile CT_2-11 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 soonimismasina ja lõhkamistöödega, 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 lõhkamistööde kõrvaldamine ja võimalus kombaini järel kohe lage toestada;

5) mehhaniseerida söe 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 jõuülekande kinemaatiline 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 mäetööstuslikkude tingimustega kaevandustesse, selleks et selgitada masina kasutamispiirid.

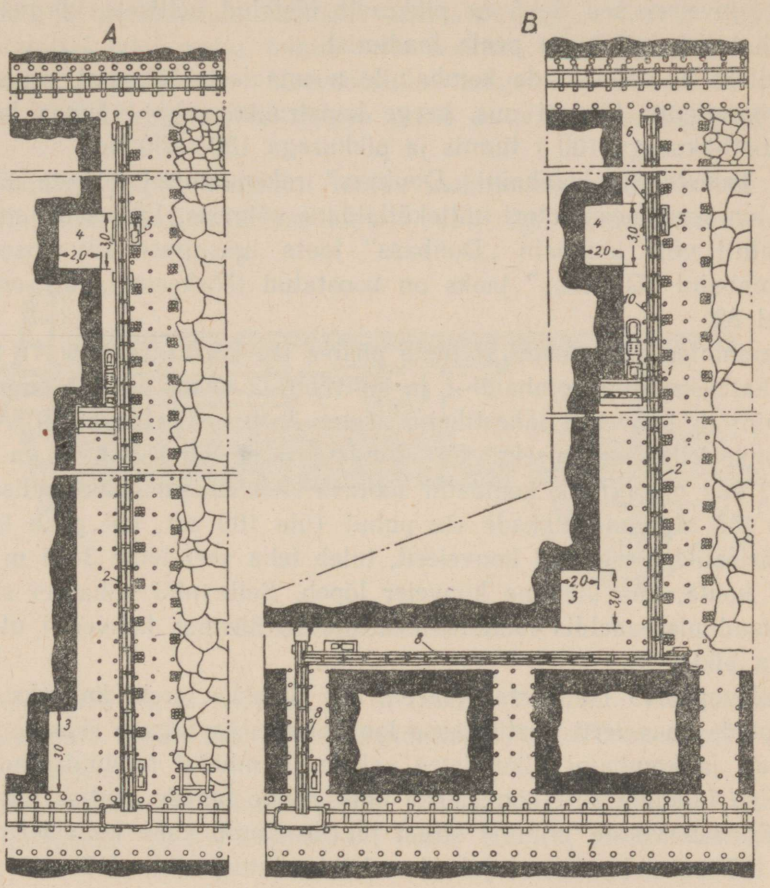
Esialgsed masinate tööstusliku ekspluatatsiooni andmed võimaldasid teha alljärgnevaid järeldusi.

1. Kombaini „Donbass" kasutamine võimaldab mehhaniseerida söetootmist rõhuvas enamikus Donbassi laugetes ja kallakates kivisöekihtides paksusega 0,8—1,6 m, kusjuures 150 m pikkusest eest saadava söe hulgast 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 mehhaniseeritult toodetud sütt.

3. Kallakates kihtides ilma laadimisseadeldiseta töötades ja asetades masina järele plekkplaadid, võib saada tunduvalt suuremat toodangut kui soonimismasinaga ja lõhkamistöödega 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°, tõusis üldine toodang 168% võrra ja toodang töölise kohta vahetuses 86% võrra. Samuti töötamisel kihis, mille kallakus oli 28—30° 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_2-11 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 tööskeemid, 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 söe 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 töölerakendamist, et juhtida sütt laadimispunkti. Mõlemad tööskeemid on lihtsad ja arusaadavad.

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

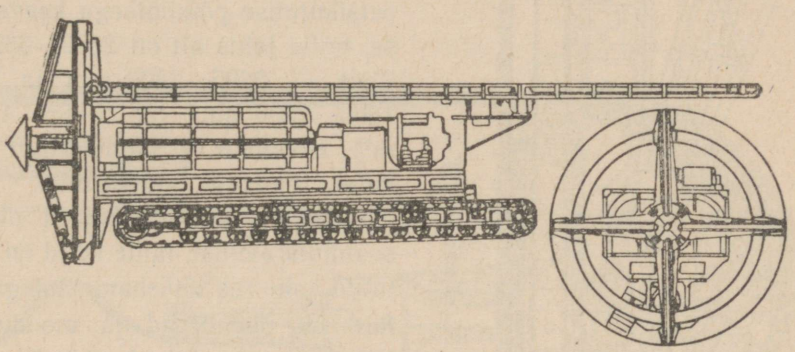
3. Ettevalmistuskombainid.

Kombain Ч-3 (joon. 83) (autor Tšihhatsev) on määratud kaeveõõnsuste rajamiseks ühtlase kõvadusega aherkivimites ja söekihis 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 ee suunas 1,5 m ulatuses. Edasinihkumise kiirust saab reguleerida vastavalt kivimi



Joon. 83. Kombaini Ч-3 skeem.

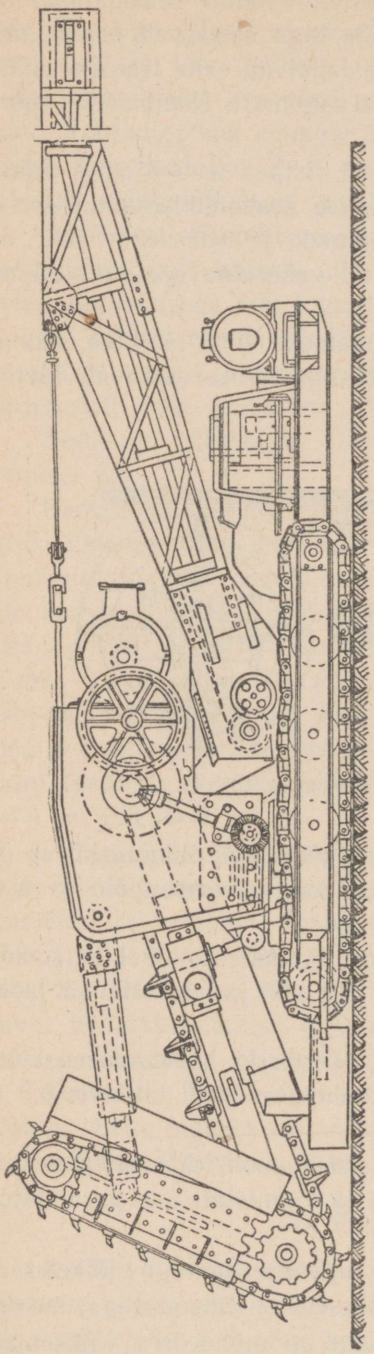
kõvadusele 0,375—0,75—1,25 ja 1,5 m tunnis. Kombaini liikumiskiirus on 0,3 m sekundis. Kombaini järel tasandatakse kaeveõõnsuse põhi ja asetatakse rööbastee.

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-Druževski 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, tolmukaitse-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 kaeveõõnsuse 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 kaeveõõnsuste rajamiseks kivisöekihtides, mille paksus on vähemalt rajatava kaeveõõnsuse kõrgune. Kombain rajab trapetsikujulise põikilõikega kaeveõõnsuse, mille laius alt on 2650—3320 mm, ülalt — 2205—2800 mm ja kõrgus 1860—2550 mm (põikilõige 4,5—7,8 m^2). 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.

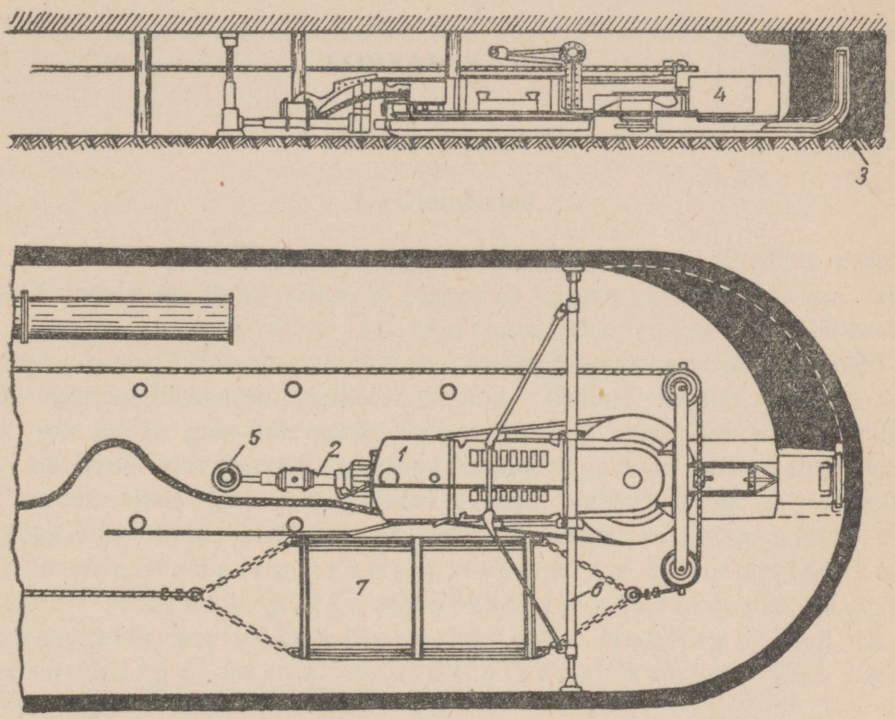
Katsetamisel Moskva-lähises basseinis rajati selle kombainiga 6—7 m strekki vahetuses.

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 ГКН-1: *1* — soonimismasin, *2* — ettenihutusseade, *3* — soonimisraam, *4* — labidas, *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 ГКН-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*. Söe ja soonimispuru äravedu toimub skreeperiga *7*. Töö kestel toetub kombain toega *6* kaeveõõnsuse seintele. See kombain huvitab meid praegu ainult konstruktiivse külje poolest.

III OSA.

LÕHKAMISTÖÖD.

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 kuumi gaase, mis on võimelised tegema mehhaanilist tööd järsu kõrge surve avaldamisega kohas, kus nad tekivad.

Lõhkamistöödeks 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 käsitsemine, pidurdas lõhkamistööde 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 kahurväeohvitser V. F. Petruševski.

Uute käsitsuskindlamate lõhkeainete leiutamisega 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 lõhkamistööde 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. Tegelikult 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 vähemat 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 löögiga. Kõik kaasaegsed tööstuses kasutatavad lõhkeained on brisantsed (ammoniidid, dünamiidid jt.).

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

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

Lõhkeaine tihendamine tõstab detonatsioonikiirust teatava optimaalse piirini, kuid ületanud selle piiri, hakkab detonatsioonikiirus järsku alanema. 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, dünamiidid), teised aga põlevad rahulikult ja aeglaselt (trotüül); kolmandad ei sütti üldse (ammooniumsalpeeter-lõhkeained).

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

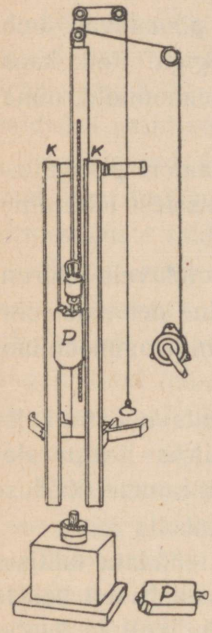
Suure lõhkeainekoguse põlemine võib lahtiseski ruumis plahvatuseks muutuda, sest põlemisel tekkivad gaasid ja suur soojushulk ei jõua küllalt kiiresti laiali valguda, ning põleva lõhkeaine ümber tekkiv surve ja soojus põhjustavad plahvatuse.

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

1) kuumutamine lahtise tulega või kuuma kehaga;
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 kasutatakse detonaatorites teistele lõhkeainetele algimpulsi andmiseks.



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

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. Võrdlemisi 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.

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-kilogrammine 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. Löök 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	Lõögitundlikkus[1] cm	Hapnikubilanss %
1.	Nitroglütseriin . .	717	1470	4110	8000	210	4	+ 3,5
2.	Nitroglükool . . .	738	1690	4230	8300	215	7	0,0
3.	Kolloodiumpuuvill	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.	Ksülüül	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-trinitroresortsinaat	448	415	2800	5200	270	11	— 56
16.	62%-line dünamiit	634	1200	4040	6600	205	17	+ 3,4
17.	Ammoniit nr. 6 .	860	938	2600	4020	320	60	+ 0,37
18.	Ammoniit 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 ammoniit nr. 8	742	636	1812	2800	340	—	+ 2,3
21.	Antigrisuutne ammoniit III/3 .	563	463	1760	2400	340	—	0,0
22.	Antigrisuutne ammoniit 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 HC .	960	798	1940	2300	320	70—85	0,0
28.	Dünammoon K . .	939	722	2220	2200	300	70—85	+ 2,0

[1] 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	Plahvatustemperatuur °C	Detonatsioonikiirus m/sek.	Süttimistemperatuur °C	Lõögitundlikkus cm	Hapnikubilanss %
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 lööki teda ümbritsevale lõhkeainele. Selle löögi energia absorbeerivad lähemad lõhkeaine osakesed ja see muutub soojuseks, mis kiiresti tõstab nende osakeste temperatuuri plahvatuse 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 nendele 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 läbima 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 vahekorda 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 (CO_2), vingugaas (CO), lämmastikhapendid (NO_2 ja N_2O_4), väävelvesinik (H_2S), väävlisgaas (SO_2), veeaur (H_2O) jne. Nendest mõjuvad mürgina vingugaas, lämmastikhapendid, väävelvesinik ja väävlisgaas (vääveldioksüüd). 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 lõhkamistöid ee õhus olla lämmastikhapendeid üle 0,002%, kusjuures ventilatsioon peab olema tugev. Normaalselt ei tohi see kontsentratsioon kaevanduse õhus ületada 0,00025%.

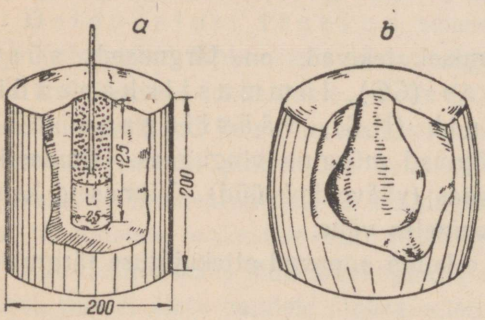
Arvestades mürkgaaside ohtlikkust on keelatud allmaatöödel kasutada lõhkeaineid, mille 1 kg annab lõhkemisel rohkem kui 50 liitrit vingugaasi.

Kui lõhkeaine plahvatusgaasides esineb üheaegselt CO ja NO_2, siis ei tohi nende hulk kogusummas ületada 50 liitrit 1 kilogrammi lõhkeaine kohta, arvutatult CO peale. Seejuures kasutatakse NO_2 ja N_2O_4 ümberarvutamiseks koefitsienti 6,5. Näiteks kui 1 kg lõhkeainet andis lõhkemisel 4 liitrit NO_2 ja 20 liitrit CO, siis saame ümberarvutatult CO peale $(4 \times 6{,}5) + 20 = 26 + 20 = 46$ liitrit mürkgaase.

V ä ä v e l v e s i n i k u ja v ä ä v l i s g a a s i 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 peaasjalikult lämmastikhapendite arvel.

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

3) Kõige enam mõjustavad mitmesugused kivimid mürkgaaside rohkust hapnikuküllaste lõhkeainete tarvitamisel (ammoniit 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.).

L õ h k e a i n e m õ j u ja v õ i m s u s olenevad lõhkegaaside maksimaalsest survest plahvatuse momendil.

See surve oleneb:

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

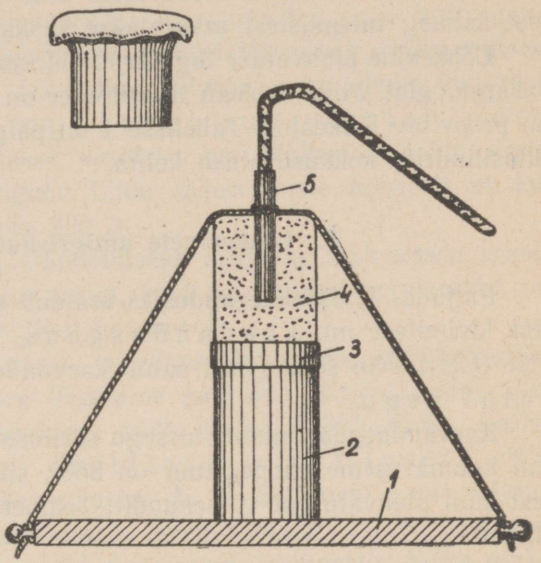
2) Soojuse hulgast, mis tekib ühe lõhkeaineühiku plahvatamisel (mida enam eraldub soojust ja mida kõrgem on plahvatustemperatuur, seda enam paisuvad tekkinud gaasid ja avaldavad suuremat survet).

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

Need iseloomustavad andmed mäetööstuses tarvitatavate 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 elektrisütikut. Topiseks tarvitatakse kuiva liiva. Liiv puistatakse katselaengu peale ja auk täidetakse kuni ääreni. Katselaengu lõhkemisel seatinaplokk deformeerub, augu alumine osa laieneb ja ta saab pirnikujulise 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.



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

Lõhkeaine brisantsust määratakse Hessi proovi kohaselt järgmiselt.

Puhtast rafineeritud 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*,

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-tetrüüldetonaatorit nr. 8 (*5*) paberist kestas, mis paigutatakse 15 mm sügavuselt lõhkeainesse padruni keskele padruni telje suunas. Kohalepaigutatud üksikosad seotakse nööriga 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 antigrisuutsuse [1] mõisted.

Paljudes kivisöekaevandustes eraldub söekihtidest ja neid ümbritsevatest kivimitest nn. k a e v a n d u s g a a s, mis koosneb peamiselt metaanist (CH_4). Kui seda gaasi satub kaevanduse õhku 5—16%, tekib p l a h v a t a v s e g u.

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 p e e n e k i v i s ö e t o l m u j a õ h u s e g u, 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 kivisöetolmu süttimiseks vajalikust temperatuurist. Viimaste plahvatust ei järgne sel juhul, kui kokkupuuteaeg kuumade esemetega on võrdlemisi lühike. S e e p ä r a s t v õ i b g a a s i - j a t o l m u o h t l i k e s k a e v a n d u s t e s k a s u t a d a a i n u l t n e i d l õ h k e a i n e i d, m i l l e d e p l a h v a t u s e a e g o n v ä g a l ü h i k e j a l e e k l ü h i a j a l i n e. Ü h t l a s i o n n õ u t a v, e t n e n d e l õ h k e a i n e t e p l a h v a t u s t e m p e r a t u u r o l e k s k ü l l a l t m a d a l,

[1] 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 katsestollides. 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 lõhkamistööde1 kasutada ainult selleks lubatud antigrisuutseid lõhkeaineid.

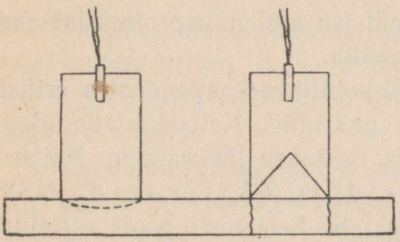
Uurimistööde tulemusena, mida tehakse NSV Liidu uurimisasutistes järjekindlalt, on selgunud, et lõhkeained, mida varem peeti antigrisuutseiks, tegelikult võivad kaevandustes esinevaid plahvatavaid segusid detoneerida, s. o. plahvatama panna. Samal ajal töötatakse uute lõhkeainekoostiste leiutamise alal,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

tööde tulemusena on endised NSV Liidus kasutatud antigrisuutsed lõhkeained — 12%-line ja 29%-line grisutiin — tarvituselt kõrvaldatud ja neid enam ei toodeta. Nende asemel kasutatakse nüüd uusi, rangetele nõuetele vastavaid antigrisuutseid lõhkeaineid, nagu: antigrisuutsed 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 laengut 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 lööb plaadist augu läbi, sellest hoolimata et temas oli kaalult vähem lõhkeainet selle osa võrra, mille arvel tehti süvend. Seda kumulatiivset toimet võib seletada järgmiselt. Detonatsioonilained, liikudes laengutpidi 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.



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

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 lõhkamistöödel. 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 60^0.

Otsingud kumulatiivse toime tööstuslikuks rakendamiseks olid suunatud:

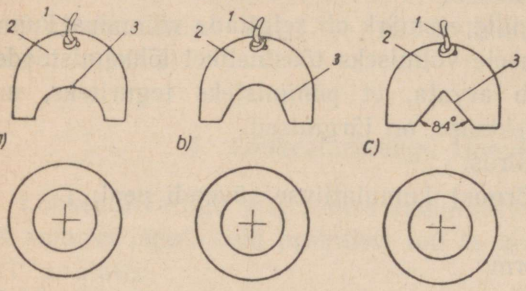
a) lõhkeaukude tegemisele kumulatiivsete laengute abil,
b) suurte kivide purustamisele pealepandava kumulatiivse laenguga ja
c) laengute toime suurendamisele lõhkeaukudes, kasutades kumulatiivse süvendiga padruneid.

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 allmaatöödel kui ka lahtistes kaevandustes. Kivi mahuga 7—8 m^3 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^3 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 nöör, *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 komponentidena veel teised lõhkeained või põlevad ained.

Neid ammooniumsalpeetrit sisaldavaid lõhkeainesorte, mille koostisse kuuluvad komponentidena veel teised lõhkeained, nimetatakse ammoniitideks. 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 ülemmäär g	Minimaalne detonatsiooni edasiandmise vahemaa padrunite vahel cm
				vabrikust väljalaskmisel	tarvitamisel		
1	2	3	4	5	6	7	8
	I a. Gaasi- ja tolmuohutud lõhkeained kasutamiseks aherkivimites						
1.	Antigrisuutne ammoniit AП-1	Trotüüli — 14; männikoorejahu — 1,5; keedusoola — 19,5; ammooniumsalpeetrit — 65	1,0—1,15	0,3	0,5	800	4**
2.	Antigrisuutne ammoniit AП-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
	I b. Gaasi- ja tolmuohutud lõhkeained kasutamiseks söes ja aherkivimites						
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 diameeter 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/1Ж	Trotüüli — 9; puuvillaseemnekoogi-jahu — 3; keedusoola — 28; ammooniumsalpeetrit — 60	1,0—1,15	0,3	0,5	800	2
6.	Antigrisuutne ammoniit nr. 8	Trotüüli — 10; männikoorejahu või puuvillaseemnekoogi-jahu — 2; keedusoola — 20; ammooniumsalpeetrit — 68	1,0—1,15	0,3	0,5	800	3**
7.	Pobediit nr. 1	Nitroglütseriini — 8; ammooniumsalpeetrit — 62; trotüüli — 2; puidujahu — 3; keedusoola — 25	1,1	0,3	0,5	800	4
8.	Pobediit nr. 3	Nitroglütseriini — 7; ammooniumsalpeetrit — 67,5; trotüüli — 7; puidujahu — 3; keedusoola — 15,5	1,1	0,3	0,5	800	4
9.	Pobediit nr. 4	Nitroglütseriini — 5; ammooniumsalpeetrit — 55; trotüüli — 5; puidujahu — 5; keedusoola — 30	1,1	0,3	0,5	800	4
10.	Pobediit nr. 5	Nitroglütseriini — 4; ammooniumsalpeetrit — 63; dinitrotoluooli — 7; puidujahu — 4; keedusoola — 22	1,1	0,3	0,5	800	4
11.	Antigrisuutne sfagniit nr. 5	Nitroglütseriini — 6; ammooniumsalpeetrit — 69; turbasammalt (*sphagnum*) — 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 töödeks 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; kloorkaaliumi — 40; naatriumsalpeetrit — 12; puidujahu — 3	1,05	Ei normeerita		—	40
	II. Allmaa-tööde lõhkeained (ei ole lubatud gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes)						
13.	62 %-line dünamiit	Nitroglütseriini — 62; kolloodiumpuuvilla — 3; naatriumsalpeetrit — 27; puidujahu — 8	1,4	„		Ei piirata	8—10
14.	62%-line külmakindel dünamiit	Nitroglütseriini — 37; nitrodiglükooli — 25; kolloodiumpuuvilla — 3,5; naatrium- või kaaliumsalpeetrit — 32; puidujahu — 2,5	1,4	„		„	5
15.	35%-line külmakindel dünamiit	Nitroglütseriini — 20; nitrodiglükooli — 15; kolloodiumpuuvilla — 2,5; naatrium- või kaaliumsalpeetrit — 47; trotüüli — 12,5; puidujahu — 3	1,4	„		„	4
16.	Savoniit nr. 1	Nitroglütseriini — 26; kolloodiumpuuvilla — 1; trotüüli — 6; dinitrotoluooli — 5; ammooniumsalpeetrit — 62	1,4	„		„	6
17.	15 %-line akrüüldünamiit	Nitroglütseriini — 15; polümetüül-metakrülaati — 0,5; dinitrotoluooli — 9; ammooniumsalpeetrit — 73,5; puidujahu — 2	1,1	0,3	0,5	„	10

(T ab. 4 järg.)

9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ei normeerita				—	Nagu ülal, kuid vähemal määral kui eelmised lõhkeained	Külmub +10°-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° ja muutub käsitsemisel ohtlikuks	180	Allmaatöödel, välja arvatud gaasi- ja tolmuohtlikud kaevandused
400	1,43	15	1,5	0,7	„	Külmub temperatuuril —20°	180	„
340	1,20	13	1,3	0,82	„	„	180	„
400	1,43	16	1,6	0,7	„	Külmub temperatuuril +10°	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.	Sfagniit nr. 1	Nitroglütseriini — 6; turbasammalt (*sphagnum*) — 9,5; ammooniumsalpeetrit — 83	0,65	0,5	0,75	Ei piirata	3
19.	Ammoniit nr. 6, kuumalt segatud	Trotüüli — 21; ammooniumsalpeetrit — 79	0,95	0,3	0,5	„	4
20.	Ammoniit 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.	Ammoniit nr. 6	Trotüüli — 21; ammooniumsalpeetrit — 79	1,0 —1,15	0,3	0,5	„	6
24.	Ammoniit nr. 7	Trotüüli — 14; männikoorejahu — 5; ammooniumsalpeetrit — 81	0,95—1,15	0,3	0,5	„	4
25.	Ammoniit nr. 7Ж	Trotüüli — 14; puuvillaseemnekoogi-jahu — — 4; ammooniumsalpeetrit — 82	0,95—1,15	0,3	0,5	„	4
26.	Ammoniit nr. 7П	Trotüüli — 14; puuvillaseemnekoogi-jahu — 2,5; parafiini — 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 võrrutatakse ammooniumsalpeeter-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 $+32^0$ 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 tundi veesviibides 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.	Ammoniit nr. 2***	Trotüüli või ksülüüli — 12; ammooniumsalpeetrit — 88	0,9—1,0	0,2	0,5	Ei piirata	2
	III. Lõhkeained, mida võib kasutada ainult pealmaa-töödel						
28.	Dünammoon K	Männikoorejahu — 10; ammooniumsalpeetrit — 90	0,95—1,05	1,0	1,5	„	2
29.	Dünammoon Ж	Puuvillaseemnekoogijahu — 11; ammooniumsalpeetrit — 89	0,95—1,05	0,5	0,7	„	2
30.	Ammoniit nr. 9	Trotüüli — 5; puuvillaseemnekoogi-jahu — 8; ammooniumsalpeetrit — 87	1,0	0,4	1,0	„	2
31.	Ammoniit nr. 9Д	Trotüüli — 5; puidujahu — 9; ammooniumsalpeetrit — 86	0,9	0,4	1,0	„	2
32.	Ammoniit nr. 9T	Trotüüli — 5; turbajahu — 8,5; ammooniumsalpeetrit — 86,5	0,85	0,4	1,0	„	2
33.	Ammoniit nr. 9A	Trotüüli — 5; asfaltiiti — 3; puidujahu — 4; ammooniumsalpeetrit — 88	0,95	0,4	1,0	„	2
34.	Ammoniit nr. 10	Trotüüli — 8; puuvillaseemnekoogi-jahu — 7; ammooniumsalpeetrit — 85	1,0	0,4	1,0	„	2
35.	Ammoniit nr. 10A	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.	Ammoniit nr. 3 (võetakse kasutamiselt ära)	Trotüüli või ksülüüli 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^3 ja brisantsus Hessi järgi 10 mm.

** Need arvud on sunduslikud lõhkeaine vabrikust väljalaskmisel; peale 3-kuist laoshoidmist väheneb see arv ammoniidil AП-1 mitte alla 3 cm ja ammoniidil nr. 8 mitte a a 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 lõhkamistöödel 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 hoidmisē eeskirjad on vähem nõudlikud;

4) ei oma dünamiitidele omaseid olulisi puudusi (külmumine, vananemine, eksudeerimine jne.).

Ammooniumsalpeeter (NH_4NO_3) on kristalne valge pulber, väga hügroskoopne (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) hariliku 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^3 Trauzli järgi ja brisantsuse 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.

Ammoniidilaengu hea lõhkemise saavutamiseks kehtivad järgmised nõuded:

1) ammoniidi niiskus ei tohi ületada 0,5%;

2) ammoniit peab olema pulbris, mitte tükkides. 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 ± 1 mm, kaalult 100, 150, 200 ja 300 g.

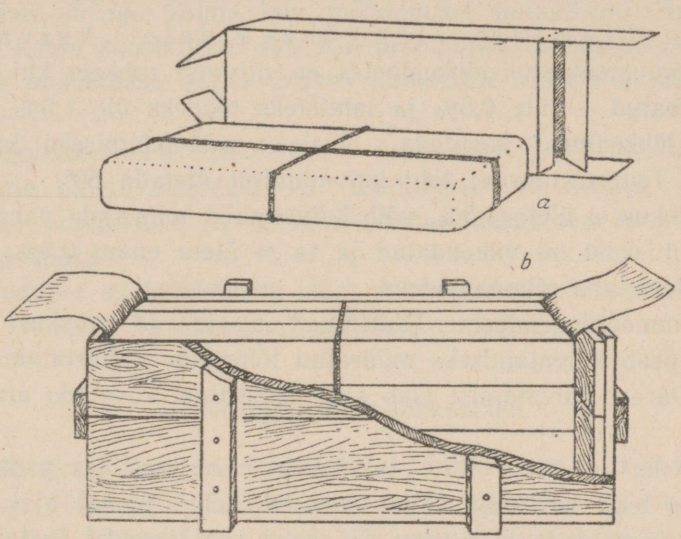
Padrunite kestadele märgitakse selgesti ammoniidi nimetus, koostis, padruni kaal, valmistamise aasta ja vabriku märk.

Padrunid peavad olema kaetud õhukese parafiinikorraga, 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 ristnööriga kinni. Pakid kaetakse veekindla kihiga ja asetatakse kastidesse. Kastid

netokaaluga 30 kg lüüakse kokku naeltega ja kindlustatakse põõnadega. Kastide kandmise hõlbustamiseks naelutatakse nende otstesse liistud (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 ammooniumsalpeetri 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, päevalilleseemnete 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 salpeetri kristalle ja tekitab vee pindpinevuse arvel kaitsekihi.

Põlevast ainest 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.

Ammoniitide 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 ammoniitidega.

Ammooniumsalpeeter-lõhkeainete kuivatamine. 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. Niisketel 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 padrundamata lõhkeainest oma tarbeks ainult lahtiste tööde jaoks Riikliku Mäetehnilise Inspektsiooni loal. Padrunite kaal pole piiratud, kuid diameeter ei tohi olla alla 30 mm. Padrunite valmistamisel tuleb rangelt kinni pidada määrustest ja eeskirjadest. Eriloal ja eriliste eeskirjade täitmisel võib lõhketöid korraldavais ettevõtetes ka allmaatööde 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 dünamiitideks. Nitroglütseriin on dünamiidi tähtsaim osa, andes viimasele ka oma peamised omadused. Peale nitroglütseriini on dünamiitide koostusosadeks peamiselt kolloodiumpuuvill, salpeeter (naatrium-, kaalium- või ammooniumsalpeeter) ja puidujahu.

Väga väikese nitroglütseriinisisaldusega (4—8%) lõhkeained (pobediidid) ei oma nitroglütseriini omadusi ja seepärast on nad kõik ohtlikkuselt 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 dünamiitide 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 süütenööri 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 käsitsemisel ei kasutata teda lõhkamistöödeks kunagi puhtal kujul. Segatult teiste ainetega saadakse mitmesuguse võimsusega lõhkeaineid (dünamiite), millede võimsus kasvab nitroglütseriinisisalduse 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 detonatsiooni suhtes. Arvestades neid olulisi puudusi, mis teevad lõhkeželatiinide kasutamise töötajatele ohtlikuks, ei valmistata ega kasutata neid lõhkeaineid Nõukogude Liidus.

Nõukogude Liidus valmistatakse 62%-lise nitroglütseriinisisaldusega želatiindünamiite. 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 (eksudeerumine) 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 dünamiitpadrun muutub kõvaks. Niisuguses olekus dünamiitpadrunid on väga ohtlikud, kuid veel ohtlikumaks muutuvad nad poolsulas olekus. Külmunud ja poolsulas olekus on dünamiit 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 dünamiidi 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 annavad halvasti edasi detonatsiooni. Seda tarvitamiskõlbmatuks muutumist nimetatakse dünamiidi v a n a n e m i s e k s. 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 nimetada: 1) nende mitteniiskumist, 2) võimalust 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 (löök, hõõrumine jne.), 3) vananemist ja 4) eksudeerumist (nitroglütseriini eraldumine dünamiidist).

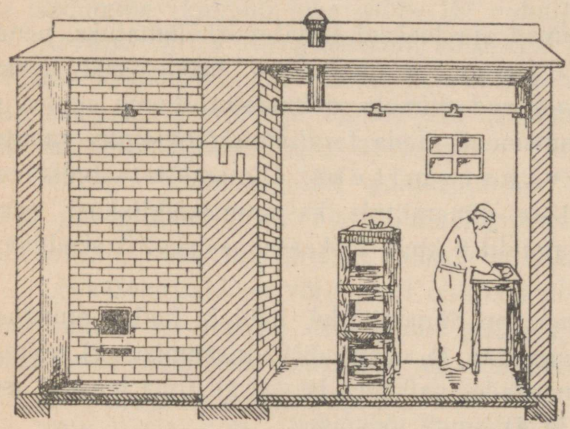
Dünamiidi tardumistemperatuuri alandamiseks asendatakse üks osa nitroglütseriini dinitroglütseriiniga $C_3H_5(ONO_2)_2OH$ või nitroglükooliga $C_2H_4(ONO_2)_2$. Meil, Nõukogude Liidus, valmistatakse 62%-lisi nitroglükooli sisaldavaid dünamiite.

N i t r o g l ü k o o l 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 dünamiiti meie harilike lõhkamistööde oludes praktiliselt mittekülmuvaks.

Kõik dünamiidid saadetakse tarvitajatele silindrilistes padrunites, mille raskus on 100—150 ja 200 g ning diameeter 30—32 mm.

Dünamiitide käsitsemine külmal ajal. Kui välise õhu või lõhkeainelao temperatuur on alla +10°, 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 lõhkamistöödel. Kõik nitroglütseriini sisaldavad lõhkeained peab enne lõhkamistöödeks väljaandmist üles sulatama.



Joon. 92. Dünamiitide sulatushoone.

Külmunud nitroglütseriini sisaldavad lõhkeained sulatatakse harilikult kaste (vabriku pakendit) lahti võtmata, köetavates tarvitusladudes, kus ruumi temperatuur on +15—20°.

Kui puuduvad soojad (köetavad) laod, võib külmunud dünamiite sulatada erilistes selleks ehitatud ruumides või termosnõudes.

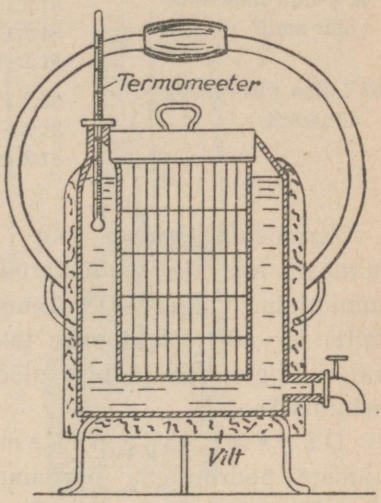
Dünamiitide ülessulatamine. Kui ööpäevane lõhkeainetarvitus on üle 50 kg, siis peab ülessulatamist toimetama erilises sulatusruumis 22—25°-lisel temperatuuril. Üheaegselt ei lubata hoida sulatusruumis üle 150 kg lõhkeainet. Sulatushoone ehitatakse neist materjalidest, millest on lubatud ehitada nitroglütseriini sisaldavate lõhkeainete hoiuruume.

Sulatushoonet võib kütta ahjudega, elektriga ja veega. Ahju ja elekterkütte 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[1], §§ 104 ja 105). Ruumis peab olema küllaldaselt valgust pealkirjade lugemiseks. Aknaklaasid peavad olema matid või kaetud valge värviga. Valgustuseks võivad olla kas kantavad elektriakumulaatorlambid või statsionaarne elektervalgustus läbi akna väljastpoolt. Elektrilambid ja juhtmed peavad olema väljaspool ruumi.



Joon. 93. Termosnõu dünamiidi ülessulatamiseks ja kandmiseks külmal ajal.

Sulatusruumis ei tohi viibida ühtaegu rohkem kui 2 töölist. Keelatud on suitsetamine, tuletikkude ja lahtise tulega ilmumine sulatusruumi. Mingisugust 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 erilises hoones 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.

---

[1] 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	
	31±1	130	150± 7,5	1,45
	31±1	175	200±10	
62%-line naatriumdünamiit	31±1	87	100± 5	
	31±1	130	150± 7,5	1,45
	31±1	175	200±10	
62%-line nitroglükooldünamiit	31±1	87	100± 5	
	31±1	130	150± 7,5	1,45
	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 ГОСТ number. Kiri peab olema selgesti loetav.

Padrunid pakitakse pappkarpidesse. Lõhkeaine kaal karbis ühes pakendiga võib olla 2,5 ± 0,025 kg või 3 ± 0,03 kg. Padrunid karbis peavad olema laotud tihedalt. Karp pakitakse paberisse ja seotakse ristnööriga (joon. 94).

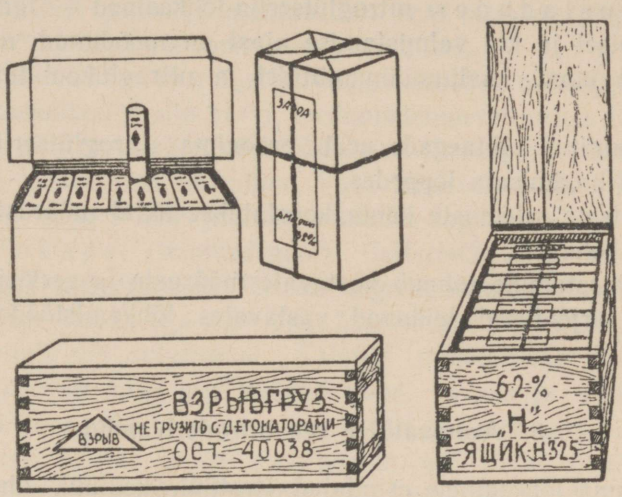
Karbile liimitakse sedel, millel on samad andmed, mis padrunilgi. Sedel pakkija nimega asetatakse karpi.

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 käsitsemise 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, dünamiidi liik ja kolmnurk, millesse on kirjutatud „Взрыв" („Lõhkev").



Joon. 94. Dünamiitpadrunite pakkimine karpidesse ja karpide paigutamine kastidesse.

Dünamiidid peavad vastama järgmistele tehnilistele nõuetele:

1) 62%-line dünamiit ei tohi sisaldada üle 0,5% niiskust;

2) kõik nitroglütseriini sisaldavad lõhkeained peavad vastama enne vabrikust väljaandmist: a) püsivusproovile (Abeli proov) 75°-lises sooju ses mitte vähem kui 10 minuti vältel ja b) eksudatsiooniproovile 30—33°-li sel 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.

Baasiladudes:

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.

Tarvitusladudes: 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 lõhkamistööde 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).

Trotüül (trinitrotoluool) $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$ saadakse toluooli nitreerimisel. Harilike ammoniitide valmistamisel lubatakse kasutada trotüüli, mille tardumistemperatuur ei ole alla 75°, ja antigrisuutsete ammoniitide valmistamisel — mitte alla 80°. 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° 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.

Ksülüül (trinitroksülool) $C_6H(NO_2)_3(CH_3)_2$ saadakse ksülooli nitreerimisel, ta on veidi kollakas pulber tardumistemperatuuriga 163°. Ksülüüli omadused sarnanevad trotüüli omadustega. Lõhkamisel tekitab 1 kg ksülüüli 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°. Puhtal 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. Lõhkamistöödel kasutatakse pikriinhapet pressitult või sulatisena. 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 pikraadid 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 pikriinhappest 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 dünamiitide omaga; tundlikkus löökide ja hõõrumise suhtes on dünamiitide omast väiksem, kui kasutatakse tselluloosist immutusaineid.

Vedelhapnik-lõhkeainete plahvatuse tekitamiseks kasutatakse detonaatoreid, millede koostisse ei kuulu paukelavhõbe. Viimane külmub vedela hapniku madala temperatuuri mõjul ja kaotab detoneerimisvõime.

Vedelhapnik-lõhkeainete kasutamine allmaatöödel on keelatud. Lahtistel töödel võib neid kasutada erilise instruktsiooni 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 püssirohu-sarnastest ja lõpetades kõrgelt brisantsetega.

Keskmised 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/cm², detonatsoonikiirus 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. Seepärast tuleb immutatud padruneid 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 süütenööri ots või elektrisütik 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 $Hg(CNO)_2$ on alla +50°-lises temperatuuris püsiv aine. Üle 50°-lises soojuses algab tema lagunemine ja ta plahvatab 160—165° 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 tulesädemed 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 välistele mõjustustele ja muutuvad seega käsitsemisel väga ohtlikeks.

1 kg paukelavhõbedat annab plahvatusel 304 liitrit gaase. Tema plahvatustemperatuur on 4810° ja detonatsioonikiirus 5400 m/sek. 2-kg-ne raskus, kukkudes 2 cm kõrguselt, paneb paukelavhõbeda plahvatama (Kast'i proov).

Pliiaziid $Pb(N_3)_2$ on roosa kristalne peeneteraline pulber. Soojuse toime suhtes on ta vähem tundlik kui paukelavhõbe. Alla 100°-lises kuumuses ei lagune. Süttimistemperatuur on 327°. 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 pliiaziid-detonaatorite valmistamisel mainitud metallidest kesti.

Pliiaziid on suure detoneerimisvõimega lõhkeaine (võimsam kui paukelavhõbe). 1 kg annab plahvatusel 308 liitrit gaase. Plahvatustemperatuur on 4030° ja detonatsioonikiirus 5300 m/sek., plahvatab 2-kg-se raskuse kukkumisest 3—4 cm kõrguselt.

Plii-trinitroresortsinaat $C_6H(NO_2)_3O_2Pb \cdot H_2O$ on kristalne aine, mis ei lahustu vees. Löögi, hõõrumise, tuleleegi ja süütenööri sädemete mõjul plahvatab. Süttimistemperatuur on 270°. Üks kg annab plahvatamisel 448 liitrit gaase. Plahvatustemperatuur on 2800° 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 $C_6H_2(NO_2)_3NCH_3NO_2$ on kollakasroheline lõhnata pulber, mis lahustub vees väga vähe. Tulest süttib põlema ja põleb kiiresti. Lagunemine algab temperatuuril 145°, plahvatab 195° 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 allmaatöödel on keelatud.

Must püssirohi on käsitsemisel ohtlik. Plahvatab tulega ja sädemetega kokku puutudes. Kui ükski osake löögi või hõõrumise tagajärjel kuumeneb 250—310°-ni, siis plahvatab terve kogus. Lõhkeb kivide ja terase vastastikustest löökidest tekkinud sädemeist.

Must püssirohi sisaldab kolme ainet: kaaliumsalpeetrit 63—77%, väävlit 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 salpeetrilaigud terade pinnal.

Tarvituskõlblikus mustas püssirohus ei tohi niiskust olla üle 1%.

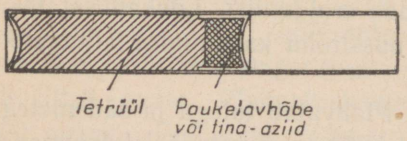
Püssirohu süütamiseks kasutatakse süütenööri (ilma detonaatorita), elektrisütikuid ja detoneerivat nööri. Detoneeriva nööri asetamine püssirohulaengusse suurendab detonatsiooni kiirust ja laengu võimsust.

12. Plahvatuse tekitamise viisid ja vahendid.

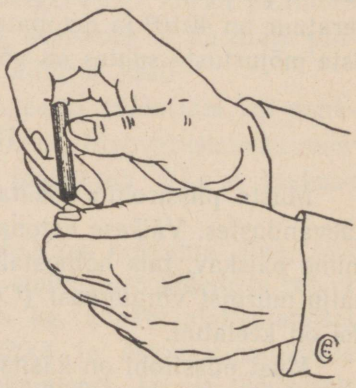
Lõhkamistöödel esineb kaks plahvatuse tekitamise viisi: a) tulega süütamine ja b) elektrivooluga süütamine.

a) Tulega süütamine.

Selleks et tekitada lõhkeainelaengu plahvatust, kasutatakse tulega süütamisel kapsel-detonaatoreid, süütenööri ja hõõgtahti või erilisi süüteküünlaid. Hõõgtahi või süüteküünla abil süüdatakse põlema süüte-



Joon. 95. Kapseldetonaatori lõige.



Joon. 96. Õige purukõrvaldamine detonaatorist.

nööri 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 kumulatiivsüvendiks. See suurendab detonaatori detonatsiooni toimet (vt. „Lõhkeaine kumulatiivne toime"). Umbes $^2/_3$ 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 elektrisütiku 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.

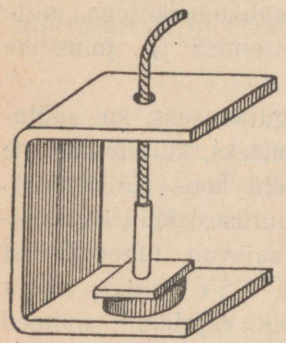
Detonaatorite käsitsemisel peab olema eriti ettevaatlik ja talitama määruste kohaselt. Kunagi ei tohi kapslisse sattunud puru välja urgitseda ega välja puhuda. Urgitsemisel võib detonaator plahvatada, kuna puhudes satub niiskus paukelavhõbedale ja tagajärjeks on tõrge, mis pidurdab tööd ja valmistab 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.

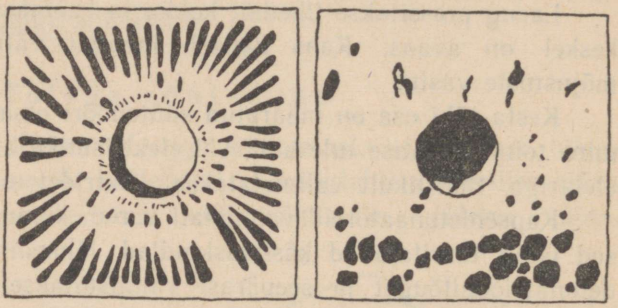
Pakkimisel asetatakse kapseldetonaatorid, arvult 100 tk., püsti metall- või pappkarpi, mis kaetakse kaanega. Karp vooderdatakse seest lainelise paberiga. Detonaatorid ei tohi karbis loksuda. Et kergem oleks detonaatoreid karbist välja võtta, asetatakse ladumisel viimase detonaatori alla paberist lint, mille otsad pikemalt välja ulatuvad. Tõmmates lindist saame ühe detonaatori välja, mille järel kergeneb ka teiste detonaatorite väljavõtmine.

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 brisantsuskatsete 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 mõradega. Paberist kestades ei tohi olla lahtisi kordi, mis võivad takistada süütenööri sisseasetamist.



Joon. 97. Kapseldetonaatori proovimine pliiplaadi läbilöömises.



a b

Joon. 98. Korraliku detonaatori plahvatusel läbilöödud (*a*) ja kõlbmatu detonaatori lõhkemisel vigastatud plaat (*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 kõlbmatuks, korratakse proovi veel 30 detonaatoriga. Kui aga proovimise kordamisel leidub kas või üks kõlbmatu 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 pliiaziid-tetrüül-detonaatorite proovimisel 6 mm.

Plaadi keskele paigutatakse püsti proovitav detonaator ja süüdatakse süütenööriga 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			
						I osa			II osa
	välimine	sisemine				paukelavhõbe	pliiaziid	pliitrinitroresortsinaat	tetrüül
Paukelavhõbe-tetrüüldetonaatorid . . .	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

Süütenöör koosneb kergelt pressitud mustast püssirohust südamikust, mille keskel on juhtniit, ja seda ümbritsevast mitmekordsest niitpõimikust, mis kaetakse vastavalt ülesannetele niiskus- või veekindla kattega. Süütenööri ülesanne on juhtida tuld teatava kindla ajavahemiku vältel detonaatorisse või lõhkeainelaengusse (kui lõhkeaine plahvatab sädemest). Süütenööre valmistatakse kahesuguse põlemiskiirusega: a) normaalselt põlev ja b) aeglaselt põlev.

Normaalselt põleva süütenööri 600 mm pikkune lõik peab ära põlema 60—69 sek. vältel ja niisama pikk aeglaselt põleva süütenööri lõik 108—126 sek. vältel. Suuremaid kõikumisi ei tohi esineda. Süütenöör peab põlema ühtlase kiirusega. Liiga kiire või liiga aeglane põlemine võib muutuda ohtlikuks lõhkamistööde teostajatele. Süütenööri diameeter on 5—6 mm piirides. Praegu valmistatakse järgmisi süütenööride sorte:

a) gutapertš-kattega, normaalselt põlev, kasutamiseks vees ja märgades paikades;

b) polükloorvinüül-kattega, normaalselt põlev, kasutamiseks vees ja märgades paikades;

Tabel 8.

Süütenööri sordid	Niitkatte ja isolatsiooni iseloomustus	
	sisemine	välimine
Gutapertš-kattega, normaalselt põlev	1. kord — linane või puuvillane 2. kord — linane või puuvillane, kaetud tõrvakorraga 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 polükloorvinüülmassiga
Kahekordselt asfalteeritud, normaalselt põlev	1. kord linane või puuvillane 2. kord linane või puuvillane, kaetud tõrvakorraga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva, naftabituumeni ja tõrva seguga 3. kord — linane või puuvillane, kaetud asfaltmastiksiga	Puuvillane, kaetud tõrvakorraga või kivisõetõrva ja tõrva seguga või kivisõetõrva ja naftabituumeni seguga, parafiinikorraga ja talgipuudriga
Asfalteeritud, normaalselt põlev	1. kord — linane või puuvillane 2. kord — linane või puuvillane, kaetud tõrvakorraga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva, naftabituumeni ja asfaltmastiksi seguga	Linane või puuvillane, kaetud tõrvakorraga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva ja naftabituumeni seguga ja parafiinikorraga ning üle puuderdatud talgiga
Asfalteeritud, aeglaselt põlev	1. kord — linane või puuvillane 2. kord — linane või puuvillane, kaetud tõrvakorraga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva ja naftabituumeni seguga ja asfaltmastiksiga	Linane või puuvillane, kaetud tõrvakorraga või tõrva ja kivisõetõrva seguga või kivisõetõrva ja naftabituumeni seguga, kollase värvikorraga 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 süütenöör on pealt kollaseks värvitud, et teda oleks kergem teistest eraldada. Andmed süütenööride katekihtide ja isolatsioonimaterjali kohta on paigutatud tabelisse 8.

Süütenöör lõigatakse 10 m pikkusteks tükkideks ja keeratakse rõngaskeradesse. Rõngaskerad asetatakse 25 kaupa üksteise peale, mässitakse paber ümber ja köidetakse kinni. Sääraseid kokkuköidetud kimpe asetatakse 12 tükki puukasti, mille kaas kinnitatakse naeltega. Kasti ümber seotakse pehme traat, mille otsad plombeeritakse.

Kogu lõhkamistöödeks saadud süütenöör vaadatakse üle ja proovitakse. Vaatlusel ei tohi nööril 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% saadetisest. Kõik süütenöörid, 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 nöör murtakse 2—3 kohast 45° all kõveraks. Veest välja võttes lõigatakse 5 cm pikkused tükid otsast ära. Vees viibimine ei tohi mõjuda süütenööri põlemise kiirusele.

Põlemiskiiruse prooviks võetakse kümme 60 cm pikkust süütenööri lõiku, millede põlemise kiirust jälgitakse stopriga; kiirus ei tohi olla alla 60 sek. ega üle 69 sek. Sama pikkusega aeglaselt põlevad süütenööri lõigud peavad põlema 108—126 sek. vältel. Kui esineb ühelgi juhul kiiremat või aeglasemat põlemist, siis korratakse katset kahekordse arvu süütenööri 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 süütenööri lõigud. Nöör tõmmatakse sirgeks ja jälgitakse, kas põlemine toimub ühtlase kiirusega. Kõik nöörid peavad ära põlema, ilma et esineks kustumist, ei tohi esineda tule kiiret edasihüpet ega pidurdusi. Kui kas või ükski nöör vahepeal kustub, korratakse katset kahekordse arvu nööridega. Ka ühe kustumise esinemisel teistkordsel katsel nöörisaadetist töösse ei lasta.

Süütenööri süütamise vahenditena kasutatakse a) hõõgtahti, b) erilisi süüteküünlaid ja c) süütepadruneid.

Hõõgtaht (süütetaht) valmistatakse kaaliumsalpeetriga immutatud kanepist või puuvill-lõngadest, mille ümber on keritud puuvillniidid.

Süütetaht 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 mittepõlev 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 süütenööri üheaegseks süütamiseks. Padruni kest on paberist; selle põhjas on süüteainest sõõr. Süüteaine koosneb 5% kampolist, 10—12% parafiinist ja 83—85% peenest püssirohust. Süütenööride otsad seotakse kimpu, lõigatakse tasaseks ja kaetakse süütepadruniga. Põlev aine padruni põhjas süüdatakse lühikese süütenöörilõiguga, mille tagajärjel süttivad kõik süütenöörid. Süütepadruneid valmistatakse mitmesuguse jämedusega, 3 kuni 30 süütenööri 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 süütenööri põlemisel;

3) võimaldab gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes teha lõhkamistöid;

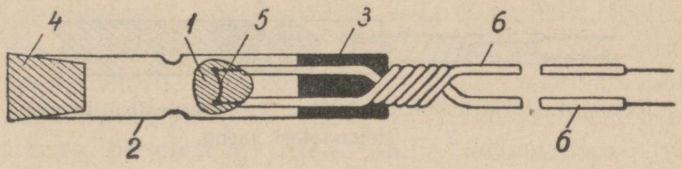
4) on vähem ohtlik kui tulega süütamine; süütamine toimub vajalikust kaugusest, ohutus kohas;

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.

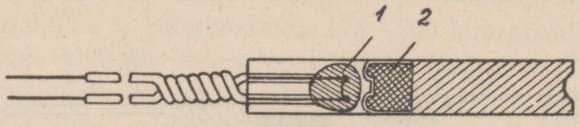
Elektridetonaatorid (joon. 100). Kui ühendame elektrisütiku kapseldetonaatoriga, saame elektridetonaatori. Elektridetonaatoreid valmistatakse tehastes ja saadetakse proovitult tarvitajatele.

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 kellatraadist juhtmetega, märgades paikades kasutamiseks — kummikattega

isoleeritud traatidega. Elektridetonaatorite kestad valmistatakse samadest materjalidest, millest valmistatakse eespoolkirjeldatud kapseldetonaatorite kestad.

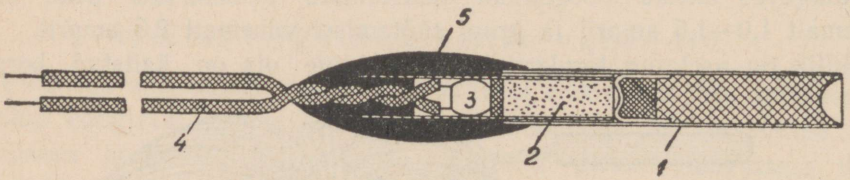
Sagedasti on väga oluline, et üksikud laengud või laengute rühmad ei plahvataks korraga, vaid teatavas järjekorras. Näiteks peavad kaeveõõnsuste rajamisel murdelaengud plahvatama esimestena. Suurtes etes on



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 süütetraadid keeratakse kimpu (joon. 100) ja pakitakse pappkarpidesse, kusjuures iga rea vahele asetatakse laineline paber.

Elektridetonaatorite käsitsemisel peab täitma samu ettevaatusreegleid, mis kehtivad harilikkude detonaatorite käsitsemisel.

Elektridetonaatorite proovimiseks teostatakse: 1) välist vaatlust, 2) hõõgsilla korrasoleku kontrolli, 3) takistusvõrdsuse kontrolli, 4) brisantsuskatset (seatinaplaadi proov), mis sarnaneb hariliku detonaatori

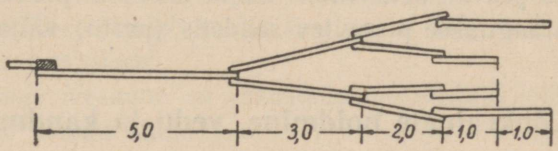
prooviga, 5) veekindluse proovi (ainult kummikattega isoleeritutel), 6) viivituse proovi (ainult viitsüütedetonaatoritel).

Proovide teostamise kirjeldused ja tingimused leiduvad erikursustes ja lõhkamistööde määrustikes.

c) Detoneeriv nöör.

Detoneeriv nöör koosneb kõrge brisantsusega lõhkeainet sisaldavast südamikust ja niitkattest, mis ümbritseb seda südamikku. Südamikku läbib kaks niiti, mis soodustab lõhkeaine ühtlast paigutust kogu nööri pikkuses. Lõhkeainet on südamikus 1 m kohta 8—12 g. Detoneerivaid nööre on mitmesuguste südamikkudega. 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 nööri proovimise skeem.

Detoneeriv nöör peab olema painduv ja tema diameeter peab olema ligikaudu 5,5 mm. Et detoneerivat nööri eraldada süütenöörist, millega tal on palju sarnasust, värvitakse tema pealmine katekiht punaseks. Detoneeriv nöör plahvatab hariliku detonaatori toimel kas tule või elektriga süütamisel.

Detoneeriva nööri peamine ülesanne on 1) edasi anda detonatsiooni suurtele vahemaadele; 2) detoneerida laengut kogu selle pikkuses (detoneeriv nöör 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 nööriga. Detoneeriv nöör kindlustab paremaid tulemusi kui detonaator. Suurte laengute korral on detoneeriva nööri kasutamine kohustuslik.

Detoneerivat nööri võib lõigata terava noaga, asetades nööri puust alusele; ta talub ka tugevaid lööke. Sellele vaatamata on löömine ja ras-

kete asjade kukutamine nööri pihta keelatud. Lõikamise ajal asetatakse nöörikera lõikamise kohalt 10 m kaugusele. Tulest süttib detoneeriv nöör põlema, põleb 5—10 cm ulatuses ja kustub siis. Pika nööri süütamine on keelatud, sest mõnikord võib tema põlemine muutuda detonatsiooniks.

Detoneerivat nööri ei tohi hoida päikesepaistel ega liiga kuumas kohas. Detoneeriva nööri katekiht on veekindel 12 tunni vältel. Pikemat aega niiskes kohas hoidmise tagajärjel detoneeriv nöör rikneb. Detoneeriva nööri läheduses ei tohi suitsetada ega teha lahtist tuld. Hoiukoht peab olema kuiv. Vabrikud valmistavad detoneerivat nööri 50 m pikkustes lõikudes, mis keritult rõngas-keradesse ja paberisse keeratult pakitakse puukastidesse (600 m kastis).

Detoneerivat nööri ei tohi hoida ega vedada ühes lõhkeainetega ja detonaatoritega. Ainult erijuhtudel võib olla 600 m detoneerivat nööri (1 kast) ja 10 000 tk. detonaatoreid ühes ruumis.

Proovimiseks võetakse vähemalt 50 m detoneerivat nööri vähemalt viiest kerast ja eri kastidest. Prooviks võetud nöör lõigatakse katki ja neist lõikudest sõlmitakse kokku kaks 25 m pikkusest nöörist 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 saadetis (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, elektrisütikud, detoneeriv nöör, süütenöör, süütetaht, süüteküünlad, süütepadrunid

Nendes on keelatud kastide avamine ja mineerijatele lõhkeainete väljaandmine. Proovide võtmisel tuleb kastid laoruumist välja viia vähemalt 25 m kaugusel asuvasse eriruumi.

Tarvitusladude ülesanne on varustada mineerijaid lõhkematerjalidega.

Tarvituslaod võivad olla:

1) alatised, kasutamisajaga üle 2 aasta;
2) ajutised, „ kuni 2 aastat;
3) lühiajalised, „ kuni 3 kuud.

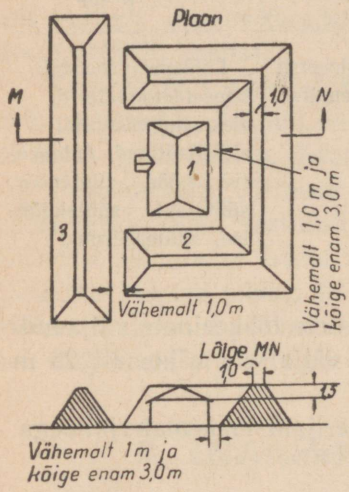
Kõik laoruumid peavad olema ehitatud kinnitatud projektide kohaselt miilitsaorganite ja tuletõrje-järelevalve nõusolekul.

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. Lõhkamistööde 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 ehitatama 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 okastraat 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.



Joon. 104. Vallidega ümbritsetud lõhkeainelaoruum: *1* — laoruum, *2* ja *3* — vallid.

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.

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 tarvitama vasest või muust ainest 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, küllaldasel 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 räbubetoonist ja koosneb 4 ruumist.

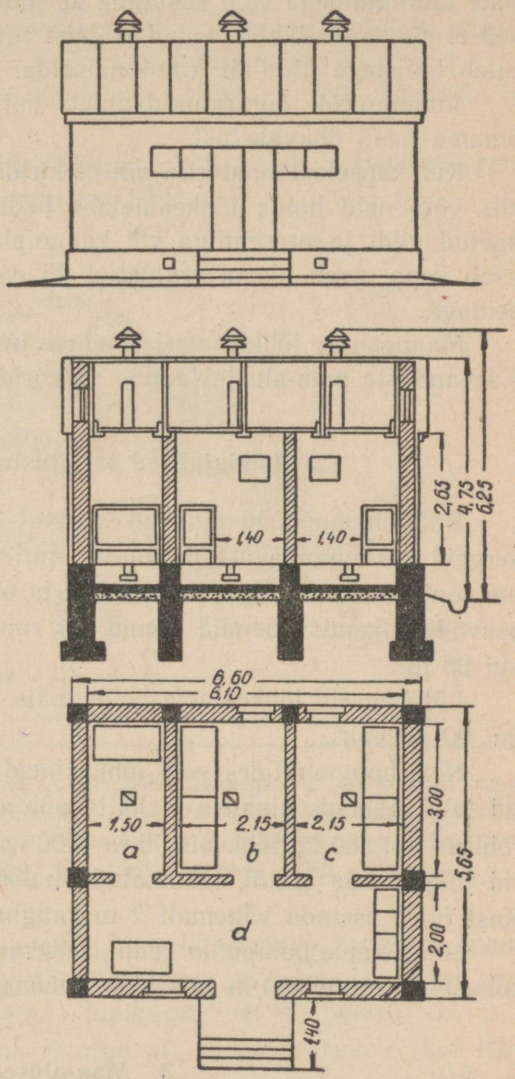
1) Ruum *a* on määratud lõhkamisvahendite hoidmiseks. Ruum on varustatud kahekordse riiuliga ja tõmbetoruga, mis ülalt on kaetud võrguga. Aknaid ei ole, valgus pääseb ruumi läbi lahtise ukse.

2) Ruum *b* on määratud ammoniitide 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 räbubetoonseintega, 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 niiskusvabad 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 nööri. 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 lõhkamistöödest 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 süütenööri otsa kinnitamiseks ja elektridetonaatorite kontrollimiseks.

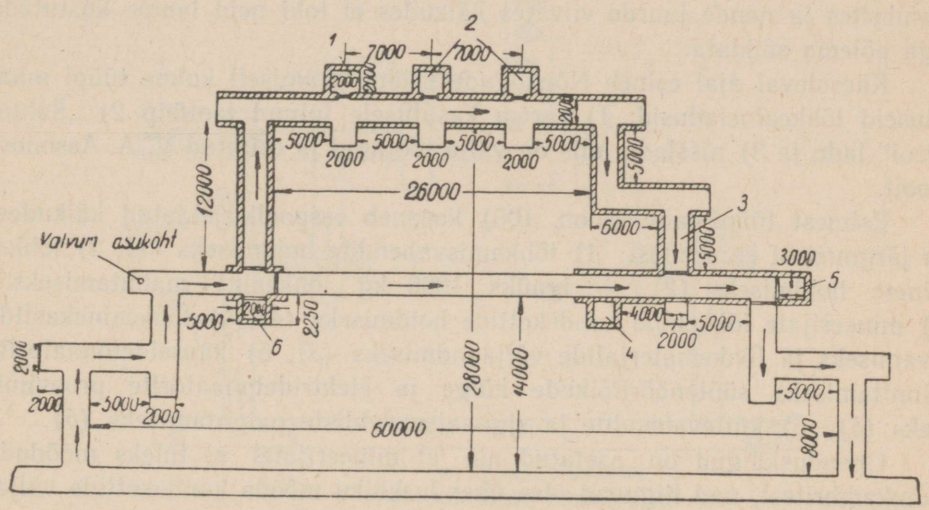
Maa-alune lõhkeaineladu peab asuma:

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 värske 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 süütenööri 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 m² 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 maaaluseid lõhkeaineladusid: 1) varem kasutusele tulnud laotüüp 2) „Šahtostroi" ladu ja 3) nišši̇ladu, 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 [1], 3) mineerijate lõhkeaine kandekottide hoidmiseks (*4*), 4) lõhkeainekastide avamiseks ja lõhkematerjalide väljaandmiseks (*3*), 5) kapseldetonaatorite kinnitamiseks süütenööri̇lõikude 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 samasugune kui maapealsetes ladudes.

Iga hoiukambri vastas on kambrilaiune ja -kõrgune ning 2 m sügavune nišš, mille ülesanne on sama, mis käänakute tupikutel — pidurdada õhusurvet lõhkematerjalide hoiukambris plahvatamise puhul.

Lõhkematerjali kastide lahtivõtmise ja väljaandmise ruum on asetatud käigu teise käänaku lõppu, ühenduskäigu juurde, ja on eraldatud ühenduskäigust vaheseinaga, millesse on tehtud uks ja väljaandmise ava. Ava lähedal on 2 lauda — üks kastide avamiseks ja teine (ava ees) —

---

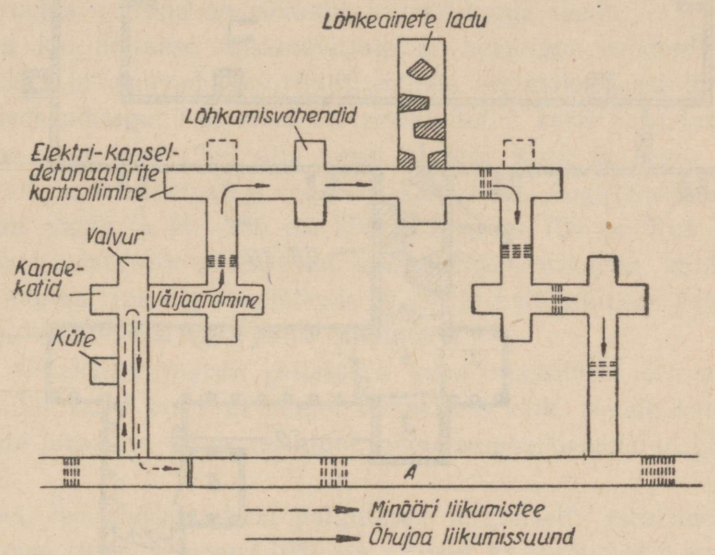
[1] Musta metalli maagikaevandustes on lubatud hoida igas kambris 2000 kg lõhkeainet. Kui seda tüüpi ladude mahutavus hakkab takistama lõhkamistööde laienemist kivisöekaevandustes, siis arvatavasti suurendatakse neid piire vastavalt nõuetele.

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



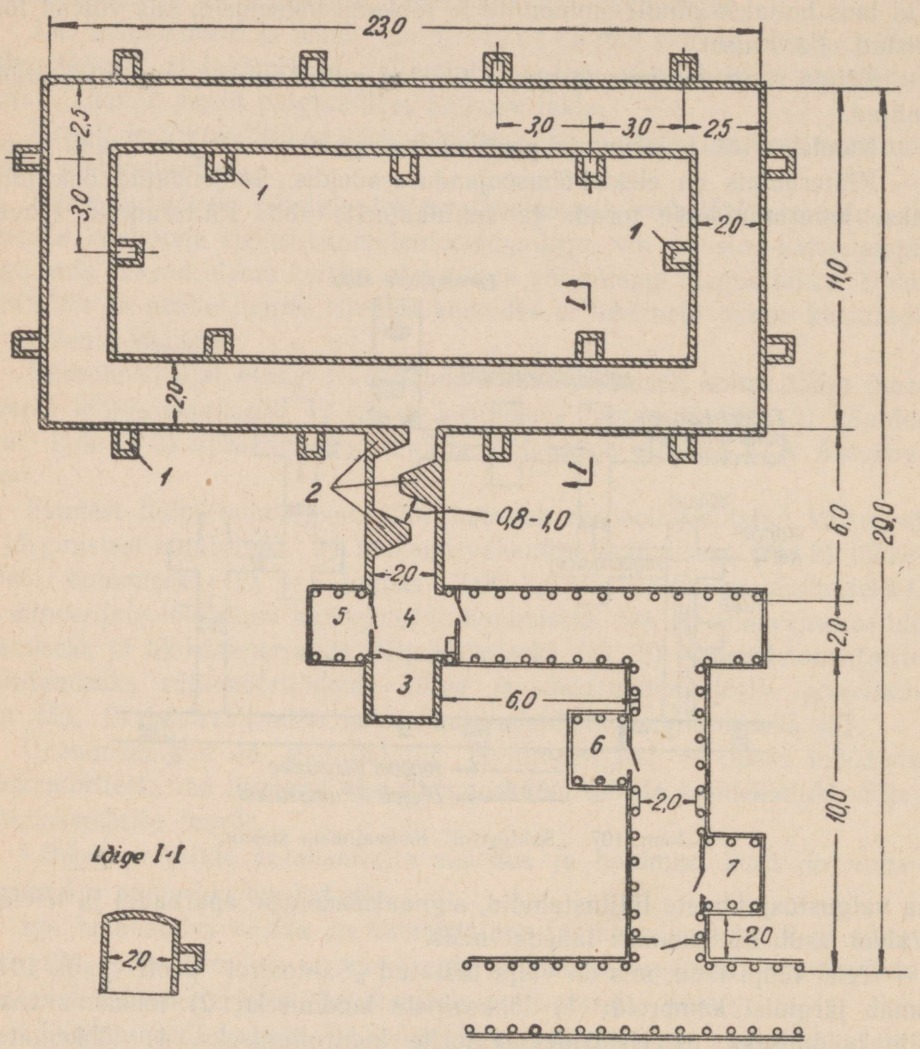
Joon. 107. „Šahtostroi" lõhkeainelao skeem.

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 kaugele käikudesse.



Joon. 108. Nišš lao skeem: *1* — nišid lõhkeaine hoidmiseks, *2* — kaitsemüürid (betoonist), *3* — süütenööri hoiuruum, *4* — lõhkeaine väljaandmise paik, *5* — detonaatorite süütenööri külge kinnitamise ruum, *6* — lõhkeaine kandekottide hoiuruum, *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.

Nišši ladu, 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 riiulit, millele asetatakse kast lõhkeaine või lõhkamisvahenditega. Kui nišid on arvestatud 2 kasti paigutamiseks, siis asetatakse teine kast riiuli 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 „Šahtostroi" lao puhul.

Teised, lao abiruumid on paigutatud järgmiselt: elektridetonaatorite kontrollimise ruum *5* (joon. 108) on erilises kambris 2 × 2 m lao sissekäigu lähedal, süütenööri hoiuruum *3* asub lao sissekäigu vastas tupikus.

Lõhkematerjalide väljaandmiseks kasutatakse esimese ja teise käigu ühinemiskohta *4* süütenööri hoiuruumi ja elektridetonaatorite kontrollimisruumi 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 nöörraamatusse.

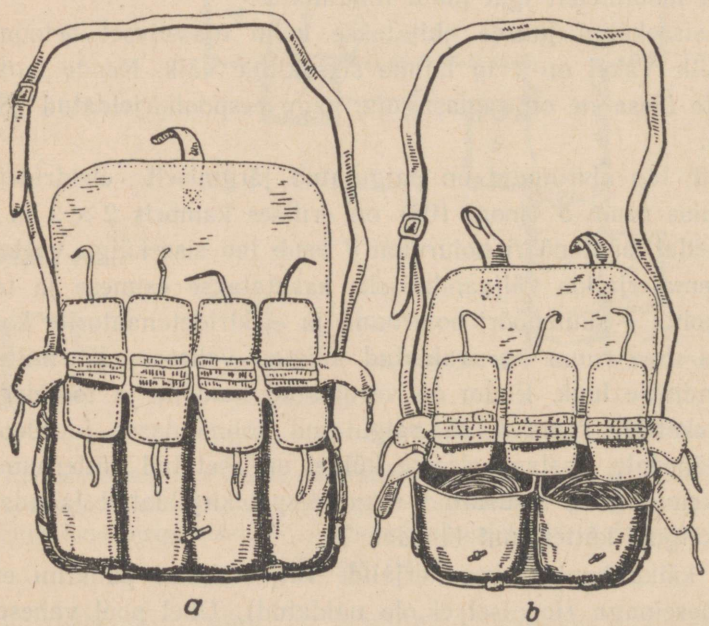
Mineerijad märgivad üles laengute arvu, kulutatud lõhkeaine ja muu materjali hulga.

Lõhkematerjali võib anda ainult mineerijatele ja nende abidele, kes on lõpetanud vastavad kursused ja omavad sellekohast tunnistust.

Lõhkematerjale annab välja laoülem või tema abi (laohoidja). Esmajärjekorras 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 $+10^0$ 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 lõhkamistööde korral on lubatud meestel kanda ammooniumsalpeeter-lõhkeaineid korraga üks kast vabriku pakendis.

Padrundamata pulbrilisi ammooniumsalpeeter-lõhkeaineid on lubatud kanda tsingitud 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 korrana, erandina on lubatud ammooniumsalpeeter-lõhkeainete kaste asetada ülekuti 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-kaeveõõnsustes asetatakse lõhkematerjalide kastid erilistesse puust vagonettidesse, mis seest on vooderdatud vildiga; seejuures on keelatud asetada kaste ülekuti. 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 süütenööri 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 ee jaoks, siis esimeste ete laadimisel hoitakse üleliigne lõhkeaine kandekottides eest eemal ohutus kohas, kogenud töölise 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 tunnistatud kõlbmatuks ja ohtlikuks, tuleb hävitada.

Lõhkamistööde 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 lõhkamistööde 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 lõhkamistööde määrustikus.

8. Laengute paigutamise viisid lõhkamistöödel 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 pealepandavate lõhkeainelaengute kasutamine (vt. „Lõhkeainelaengu kumulatiivne toime"). Väliseid laenguid kasutatakse suurte kivide ja rahnude purustamiseks pealmaatöödel ja suurte kaevisetükkide purustamiseks allmaatöödel.

Laengute kivimi sisse asetamiseks kasutatakse selleks otstarbeks puuritud auke ja erilisi kaeveõõnsusi (miinikambrid).

Kivimisse puuritavad augud lõhkamistööde tegemiseks jagunevad tööviisidelt, töövahendite järgi ja otstarbelt kahte ossa: 1) kergete puurimisvahenditega puuritavateks lõhkeaukudeks ja 2) raskete puurimisvahenditega puuritavateks sügavlõhkeaukudeks ehk miinipuuraukudeks.

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 lõhkamistööde tegemiseks peaaegu eranditult kivisõe puhul ja tootmistöödel 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 miinipuuraukudeks 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 korraga suuri koguseid kõvu maake.

Mõnikord moodustatakse lõhkeaine abil sügavlõhkeaukude põhja katlaid suurte laengute paigutamiseks.

Miinikambrid. 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 miinikambrid 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 töökäiku: 1) aukude puurimine või tegemine, 2) nende laadimine lõhkeainelaengutega 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.

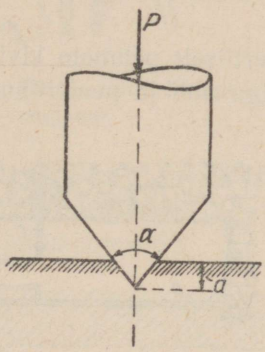
C. Lõhkeaukude puurimine.

1. Sissejuhatus.

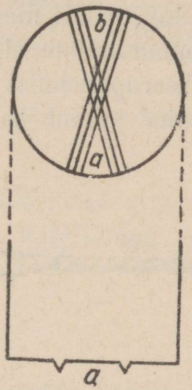
Lõhkeauke lõhkamistööde tegemiseks võib puurida käsitsi ja masinatega igas nõutavas suunas. Tööviisilt jaguneb puurimine löök- ja keerdpuurimiseks.

Keerdpuurimisel tarvitatavad puurid on varustatud teradega, mis keereldes lõikavad augu põhjast kivimilaastukesi või -tükikesi ja toovad need oma keermete abil august välja.

Löökpuurimisel tarvitatavad puurid on valmistatud terasvarbadest, mille üks ots teritatakse peitlikujuliselt ja teine ots jäetakse tömbiks.



Joon. 110. Puuritera tungimine kivimisse: α — puuri teritusnurk, a — täkke (kraavikese) sügavus, P — löögijõud.



Joon. 111. Puuri pööramisel 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, tömpi otsa puuripäraks. Puuritera terituskülgi nimetatakse põskedeks ja terituskülgede-vahelist nurka teritusnurgaks.

Löökpuurimise põhimõtte selgitamiseks vaatleme lihtsa peitlikujulise teraga puuri tööd (joon. 110).

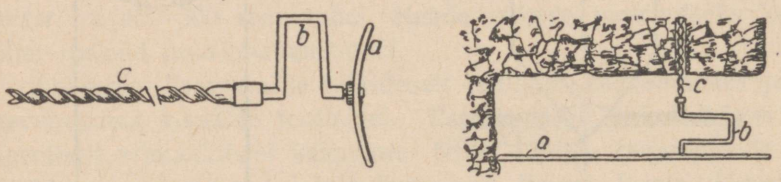
Kui asetame säärase puuri tera vastu kivimit ja lööme vasaraga tömbile otsale, siis tungib puuritera kivimisse, tekitades kraavikese. Olenevalt löögijõust ja kivimi kõvadusest on see kraavikene suurem või väiksem. Kui pöörata nüüd puuri mõnevõrra ümber tema pikitelje ja anda järgmine löök, siis tungib 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 pööramist 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* — vänt, *c* — puur.

või kätega. See puurimine sarnaneb kõigiti aukude puurimisega puusse (joon. 112 ja 113).

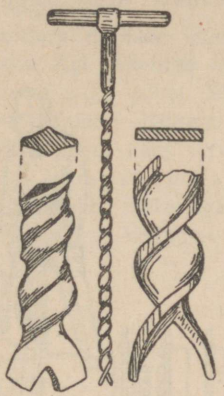
Käsitsi löökpuurimisel võib üht auku puurida üksi (joon. 114), kahekesi (joon. 115) ja kolmekesi.

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.

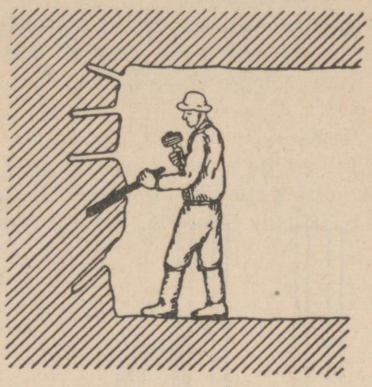
Käsitsi puurimisel ei ületa augu sügavus üksinda puurimisel 1,5 m ja kahekesi või kolmekesi puurimisel 2,5 m.

Paemurdudes puuritakse allapoole suunatud lõhkeauke mõnikord p u u r k a n g i (puurvarda) abil, mis kujutab enesest pikka 2—4 m pikkust mõlemast otsast teritatud puuri (joon. 116). Puurija 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.

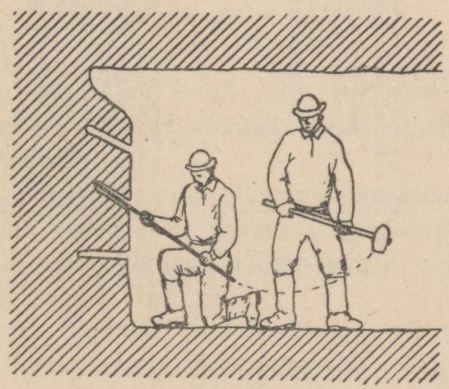


Joon. 113. Pulga abil pööratav maapuur.

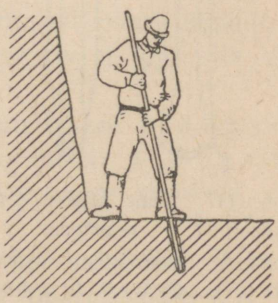


Joon. 114. Üksinda puurimine.

Käsitsi puurimisel tarvitatakse järgmisi tööriistu: puuri, vasarat, puhastuslusikat ja erilisi tange katkiläinud puuri tükkide august väljatõmbamiseks.



Joon. 115. Kahekesi puurimine.

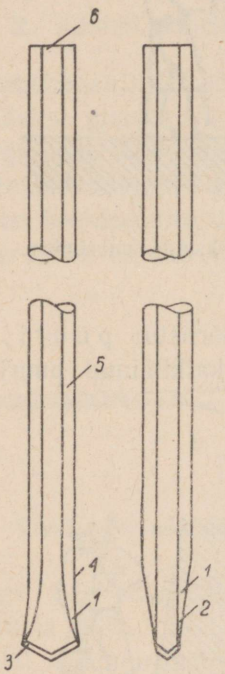


Joon. 116. Puurvardaga puurimine.

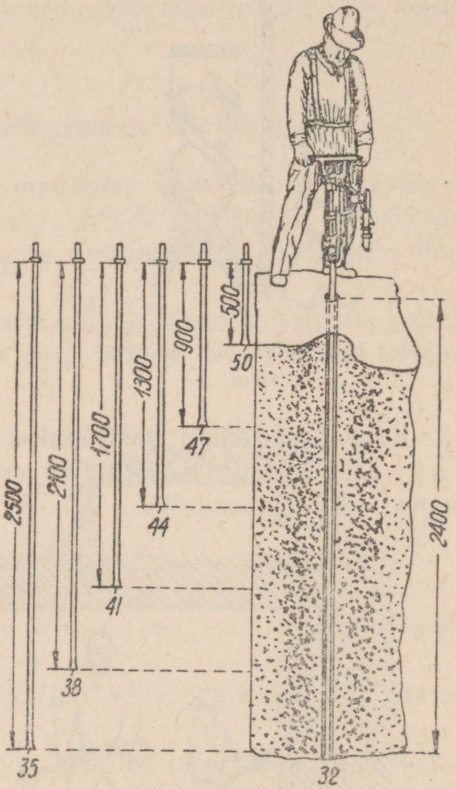
Puur valmistatakse ümmargusest, kuue- või kaheksakandilisest ja 18—25 mm jämedusest terasvarvast. Joonisel 117 kujutatud puuri osad on: pea (otsak) (*1*), põsed (*2*), tera (*3*), varb (*5*), pära (saba) (*6*).

Puuripea võib olla mitmesugune. Käsitsi puurimisel tarvitatakse enamasti 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°.



Joon. 117. Puur käsitsi puurimiseks: *1* — puuripea, *2* — põsed, *3* — lõiketera, *4* — puurikael, *5* — puurivars, *6* — puuripära (tömp ots).



Joon. 118. Puuride komplekt.

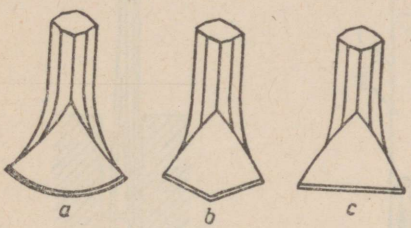
Puuritera laius peab olema varre diameetrist vähemalt 7 mm laiem. Väiksema laiuse puhul muutub hõõrumine puuri ja augu seinte vahel liiga suureks. Harilikult on puuritera laius 1,3—2,5 korda suurem puurivarre diameetrist. Mida kõvem on puuritav kivim, seda väiksem on puurivarre diameetri ja tera laiuse vahe.

Töötamisel kuluvad puuriterad ning muutuvad nüriks. Puure tuleb vahetada seda sagedamini, mida kõvem on puuritav kivim.

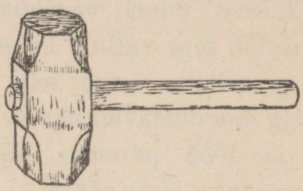
Alustada puurimist pika puuriga, mille pikkus võrdub puuritava augu sügavusega, on väga raske ja mõnikord täiesti võimatu. Seepärast tarvitatakse puurimise alguses lühikest puuri. Augu süvenedes puuritakse kord-korralt pikemate puuridega kuni vajaliku sügavuseni.

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 lõikeääre kujud: *a* — kaarjooneline, *b* — nurkjooneline, *c* — sirgjooneline.



Joon. 120. Vasar käsitsi puurimiseks.

Vasarat (joon. 120) tarvitatakse puurimisel puuri tömbile 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 (löögipinnad) 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.

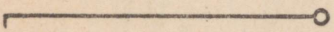
Sügavate allapoole suunatud lõhkeaukude puhastamiseks tarvitatakse erilist riista, mida nimetatakse „pumbaks" (joon. 122). See on valmistatud 0,5 m pikkusest metalltorust, mis on lõhkeaugust peenem. Toru alumine ots on suletud koonusekujulise põhjaga ja ülemise lahtise otsa

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.

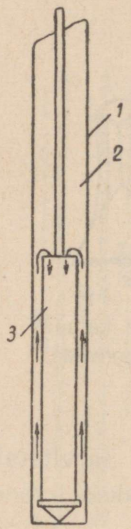
Kõvade kivimite puurimisel esineb sagedasti puuri murdumisi. Lõhkeauku jäänud puuritükkide väljatoomiseks tarvitatakse erilisi tange (joon. 123).

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 puuripärale.

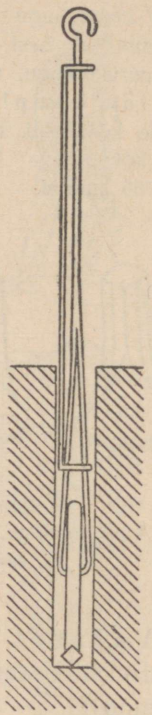
Seni, kui puur ei ole veel 2—3 cm võrra kivimisse tunginud, lüüakse tasemini; pärast puuritakse normaalselt. Augu



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.

Kahekesi ja kolmekesi puurimine erineb eespoolkirjeldatust niipalju, et puuri hoiab ja pöörab üks tööline, kuna teised kahekäevasaratega jagavad hoope puuripärale (joon. 115).

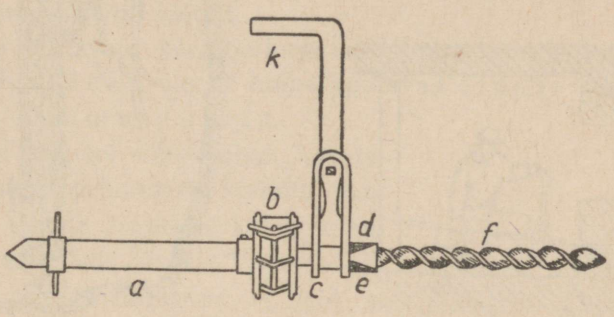
Käsitsi puurimine nõuab suurt jõukulu ja on madala tööviljakusega, mispärast sellest tuleb loobuda igal pool, kus see on võimalik, ja asendada puurimisega masinate abil mehhaanilisel jõul.

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.

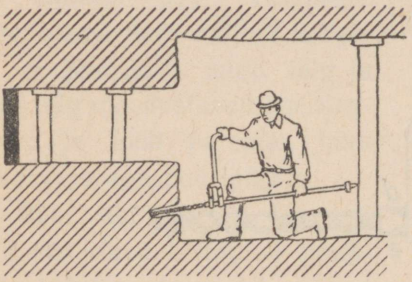


Joon. 124. Racett'i perforaator: *a* — toru, *b* — mutter, *c* — kruvi, *d* — kärisratas, *e* — puuripära, *f* — puur, *k* — käepide.

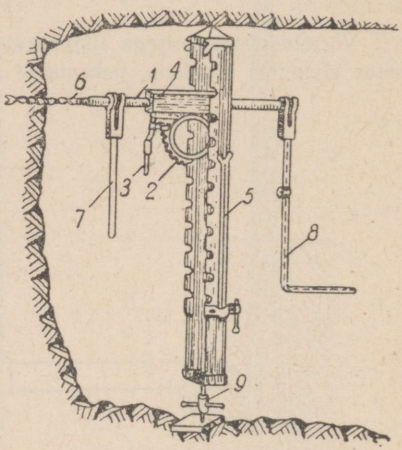
Inimjõul töötavatest perforaatoritest olid varemalt levinenud Racett'i ja Elliot'i perforaatorid. Toome nende kirjelduse, et lugeja saaks selgema ettekujutuse puurimistehnika arenemisest.

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 kärisrattaga *d*. Kärisratas võimaldab kruvi *c* ja ühtlasi ka puuri *f* ühepoolset pööramist. 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 lõdvemale lasta vindi ja pideme *3* abil (joon. 126). Puurvarda vindid on ühenduses kirjeldatud tigurattaga, mille hõõrumise reguleerimisega võib suruda puuritera 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* — keeramisvänt, *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 löökpuurimiseks.

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 löökpuurimist.

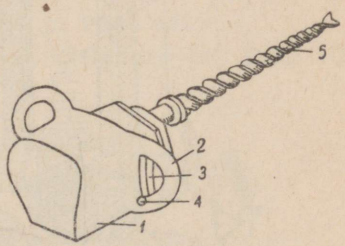
Elektri jõul töötavad perforaatorid on kujunenud energia iseloomu edukama kasutamise tõttu keerdpuurivateks ja suruõhu-perforaatorid löökpuurivateks. Suruõhu-perforaatoreid valmistatakse ka keerdpuurivaid, mis töötavad kindlalt, kuid nende kasutamine läheb kallimaks, sest suruõhuenergia on tunduvalt kallim elektrienergiast ja seepärast kasutatakse neid eritingimustes.

5. Elektriperforaatorid (elektripuurid).

Elektri-löökperforaatorid 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.

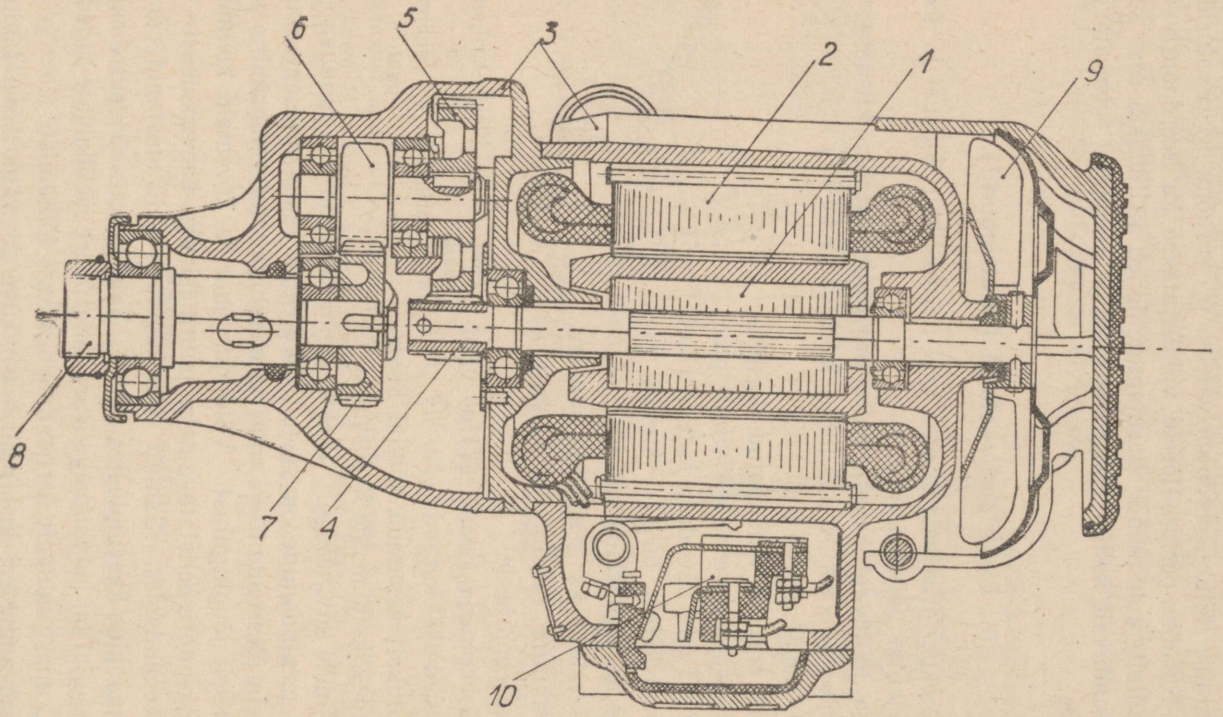


Joon. 127. Elektri-käsipuuri üldvaade: *1* — kere, *2* — käepide, *3* — voolulüliti, *4* — juhtmete ava, *5* — puur.

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 raskemad, 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. 128. Elektri-käsipuuri ЭР-5 läbilõige: *1* — rootor, *2* — staator, *3* — kere, *4*, *5*, *6* ja *7* — hammasrattad, *8* — spindel, *9* — ventilaator, *10* — voolulülitusseade.

Tabel 10.

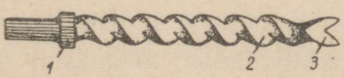
Elektri-käsipuure iseloomustavad andmed.

Nimetused	Mõõdu-ühikud	Tüüp					
		ЭР-4	ЭРПР-4	ЭР-5	ЭРП-5	ЭБР-6	ЭБР-6Д
Pikkus	mm	327	364	380	408	381	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

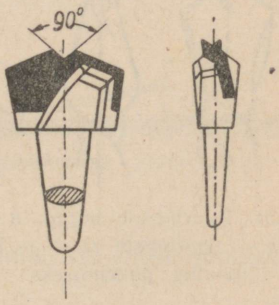
Andmed elektri-käsipuuride kohta on antud tabelis 10.

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, varustatud kõvadest sulamitest teradega.

Kõikidel elektri-käsipuuridel on mootor asünkroonne, lühiühendusega ja töötab kolmefaasise vahelduvvooluga. Võimsustes on erinevusi (vt. tabel 10).

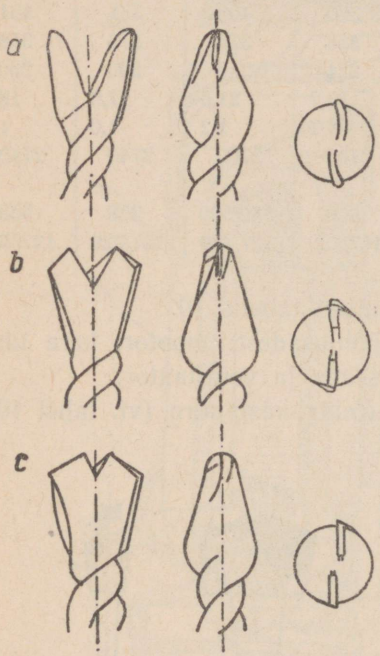
Tiirlemise ülekanne rootori võllilt puuri spindlile toimub kas ühe (ЭР-4) või kahe hammasrattapaari abil (ЭРПР-4, ЭР-5, ЭБР-6 ja teised).

Kere on välisküljelt ribiline, valatud alumiiniumisulamist ühes kahe käepidemega puuri tööasendis hoidmiseks.

Ventilaator on asetatud kere taha selleks pikendatud rootori võllī 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.



Joon. 131. Puuripeade kujud: *a* — pehmete, *b* — keskmiste ja *c* — kõvade kivimite puurimiseks.

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 У-5, У-7 ja У-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.

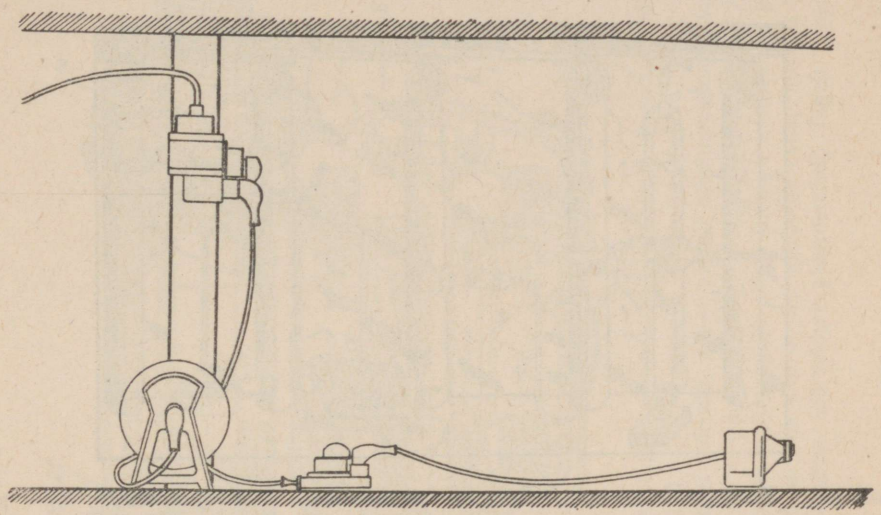
Puuripea varustatakse lõiketeradega. Olenevalt puuritava kivimi kõvadusest valmistatakse mitmesuguse kujuga puuripäid. Pehmete kivisüte puurimisel kasutatakse teravate otstega ja pikkade harudega puuripäid (kuju *a*, joon. 131), mis valmistatakse harilikust puuriterasest. Kõvemate süte ja kivimite puurimisel kasutatakse lühikeste harudega puuripäid (kujud *b* ja *c*, joon. 131), mille terade armeerimiseks [1] kasutatakse mitut liiki kõvu sulameid.

Olenevalt puuritava kivimi kõvadusest ja abrasiivsusest kuluvad puuride lõiketerad kas üsna kiiresti või pikema puurimisaja vältel. Kui puuri-

[1] 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, ühendus- ja lülitusseadmetega töökohal.

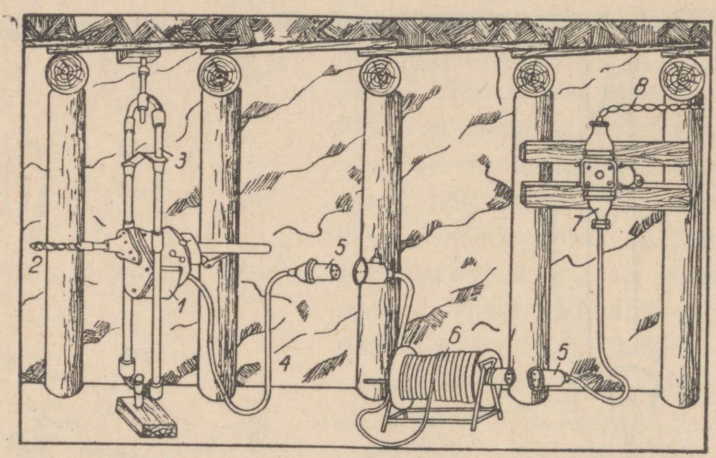
Elektripuuride voolujuhtmed ja lülitusseadmed on näha joonistel 132 ja 133.

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 surveseadisega elektripuure ЭРП-5 ja ЭРПР-4. Käsipuuri kere küljes on väike trummel, mis tiirleb mootori töötamisel. Ee juurde asetatakse kerge tugi. Trumlile 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 hõõrdsidur ettenihutusseadise välja ja puur töötab paigal, vältides seega masina ülekoormust ja rikkeid (joon. 134).

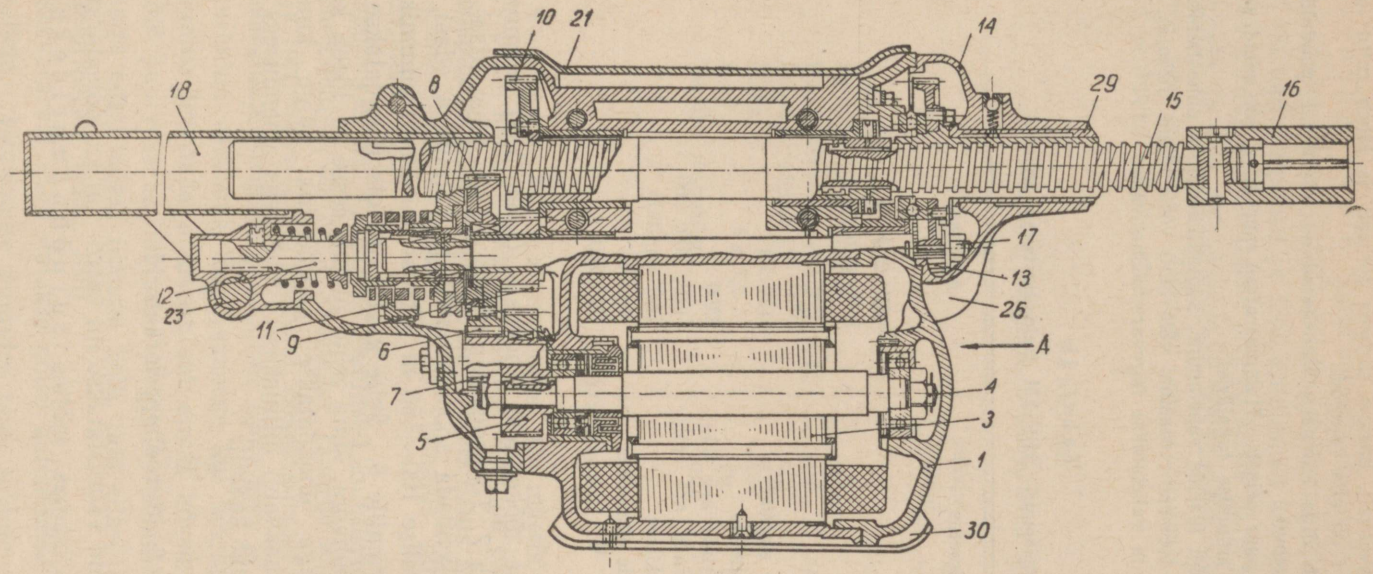
Sammaspuuride iseloomustuseks on allpool esitatud tehnilised andmed NSV Liidus laiemat kasutamist leidnud elektri-sammaspuuri ЭБК-2М kohta (tabel 11).

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, *3* — rootor, *4* — rootori võll, *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, *21* — pealmine kate, *23* — nihutuslüliti võll, *29* — nihutusseadme mutter, mille paneb tiirlema kattesse *14* paigutatud hammasratas. Mainitud 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 töökohal. 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 tarvitatakse lühikest painduvat kaablit.

6. Suruõhuperforaatorid.

Suruõhuperforaatoreid valmistatakse nii keerd- kui ka löökpuurimiseks. Esimesi nimetatakse kitsamas mõttes s u r u õ h u p u u r i d e k s, teisi p u u r v a s a r a t e k s.

S u r u õ h u p u u r i d. 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: СГ-1 söes puurimiseks ja СМ-32Г igasuguse kõvadusega söes ja pehmemates aherkivimites puurimiseks. Mõlemad on käsipuurid. Neid iseloomustavad andmed leiduvad tabelis 12.

T a b e l 12.

Suruõhu käsipuure iseloomustavad andmed.

Nimetused	Mõõdu-ühikud	СГ-1	СМ-32Г
Suruõhu surve	at	4	5
Suruõhu kulu minutis	m^3	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.

P u u r v a s a r a t e g a puurimine on mäetööstuses laialdaselt tarvitusel 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).

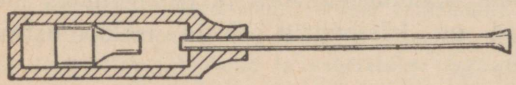
Pehmemate kivimite puurimisel (põlevkivi ja kivisõe kõvaduseni) on löökpuurimine väiksema tööviljakusega kui keerdpuurimine, seepärast on ratsionaalne tarvitada puurvasaraid ainult kõvemate kivimite puurimisel.

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. Esimesel juhul on meil tegemist *kuivpuurimisega*, teisel — *märgpuurimisega*.



Joon. 135. Puurvasara tööskeem.

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 sügavus m	Lõhkeaugu keskmine diameeter mm	Tööliste arv	Tööviis
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 „ — sammas-puurvasarad	65—120 ja rohkem	4,5—10	50—70	1—2	Toelt ja kolmjalalt

Et uhtevee kohaletoimetamine paakidega on raskendatud, varustatakse viimasel ajal kaevandused, kus esinevad kõvad kivimid, veetorustikuga.

Puurvasarad jagatakse tööviiside ja nende raskuse järgi nelja gruppi (tabel 13).

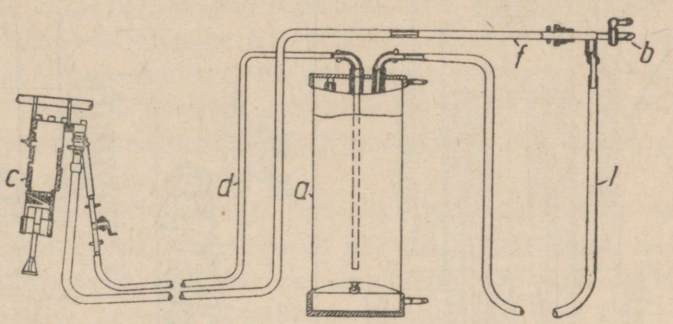
Esimese grupi puurvasaraid tarvitatakse peamiselt horisontaalsete või kallakate kaeveõõnsuste rajamisel ja koristustöödel.

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 pööramisseadises 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.

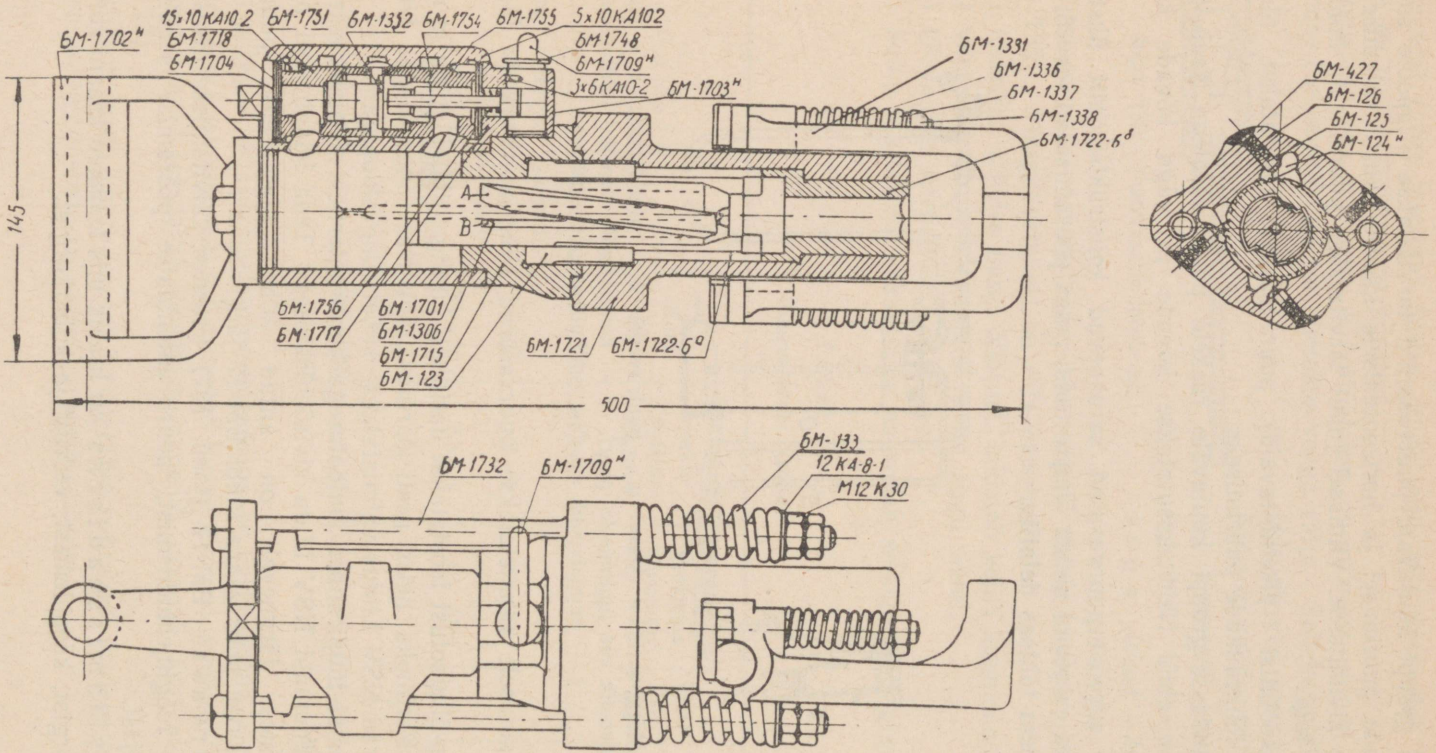
Õhujaotuselt valmistatakse puurvasarad siiberjaotusega ja klappjaotusega.

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 БМ-17 üks levinenumaid NSV Liidu kivisöetööstuses. Teda leidub veel paljudes kaevandustes. Järgnevalt on antud siiber-õhujaotusega puurvasara konstruktsioon puurvasara tüübi БМ-17 järgi.

Puurvasar БМ-17 (joon. 137) koosneb käivitamisseadisest, õhujaotajast, löögimehhanismist, puuri automaatse pööramise seadisest ja puurihoidjast.

Käivitamisseadiseks on kraan, mis koosneb kraani korpusest, kraani korgist, käepidemest, vedrust ja kübarkorgist.



Joon. 137. Puurvasara БМ-17 üldvaade ja läbilõige. (Numbrite seletus tekstis.)

Õhujaotaja (joon. 137) on kinnitatud silindri külge ja koosneb diferentsiaal-käiguventiilist (jaotussiibrist) БМ-1352, ülemisest hülsist БМ-1751, alumisest hülsist БМ-1754, ülemisest kaanest БМ-1704 ja alumisest kaanest БМ-1703^{H}.

Õhujaotuse mehhanism on varustatud lõhkeaugu otsese läbipuhumise seadisega, mis koosneb varvast БМ-1755, vedrust БМ-1756 ja ekstsentrikust БМ-1709^{H}.

Löögimehhanism koosneb kolvist ühes löögivarrega БМ-1306, mis liigub suruõhu mõjul silindris БМ-1701 ja jagab hoope puuripärale. Silinder on suletud ühelt poolt käepidemega БМ-1702^{H} ja teiselt poolt suunamispuksiga БМ-1715, mis seob silindrit kestaga БМ-1721.

Pööramisseadis koosneb kärispuksist БМ-123, mis on paigutatud kestasse БМ-1721, ja pöördepuksist, mis koosneb kahest osast: ülemine БМ-1722-6^{а} ja alumine БМ-1722-6^{б}. Kärispuks pidurdatakse linkidega БМ-124^{H}, survepoldikestega БМ-125 ja vedrudega БМ-126.

Kolvi löögivarde lõigatud spiraalsoonte mõjul pöörab pööramisseadis kolvi iga tagasiliikumise ajal mõnevõrra pöördepuksi ja ühes sellega ka puuri allpool seletatud viisil.

Käepide БМ-1702^{H}, silinder БМ-1701 ja kest БМ-1721 on ühendatud sidepoltidega БМ-1732, mutritega М 12 К 30 ja vedrudega БМ-133.

Puurihoidja БМ-1331 on kinnitatud kere nukkide külge eriliste poltide БМ-1336, vedrude БМ-1337 ja mutrite БМ-1338 abil.

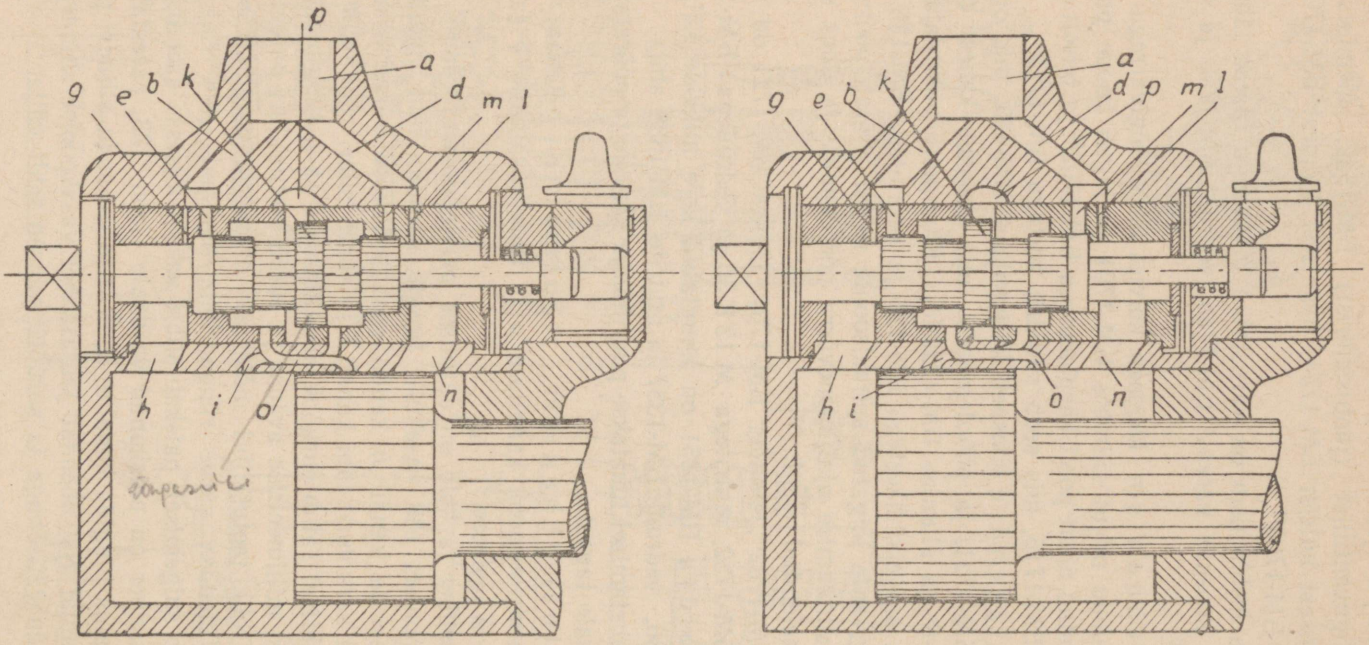
Puuride vahetamisel lükatakse puurihoidja kõrvale ja pööratakse pärast vahetamist kohale tagasi.

Õhujaotusmehhanismi töötamine. Kraani avamisel (joon. 138) satub suruõhk kanalisse *a* ja tungib kanalite *b* ja *d* kaudu edasi hülsside avaustesse.

Kui jaotussiiber ja kolb on äärmises parempoolses asendis (nii nagu on näidatud joonisel 138 vasakul), tungib suruõhk läbi aukude *e* ja *g* vasakusse hülssi ja kanali *h* kaudu vasakpoolsesse silindriossa. Samal ajal tungib osa suruõhust läbi kanali *i* ja surub siibri rõngasribile *k* paremalt poolt. Ühtlasi 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. Siiber-õhujaotusega puurvasara suruõhujaotuse mehhanism.

Suruõhu mõjul liigub kolb vasakule (tühikäik). Edasise liikumisega vasakule katab kolb kanali *i* 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 silindriossa ja ühendab parempoolse silindriosa 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.

P u u r i p ö ö r a m i s m e h h a n i s m i t ö ö t a m i n e. 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^{H} võimaldavad kärispuksil ainult ühepoolset pöörlemist. Kui kolb liigub puuripära poole (edasi), siis pööravad spiraalsed sooned kärispuksi ja lingid libisevad üle kärispuksi hammaste. Kolvi tagasiliikumisel ei võimalda lingid kärispuksi teisele poole pööramist ja tema spiraalsed ribid sunnivad kolbi pöörduma ühes pöördepuksi ja puuriga.

P u u r j a h u k õ r v a l d a m i n e. 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.

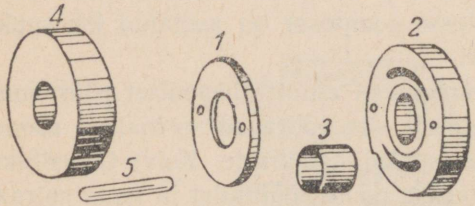
Kui on vaja teostada puru intensiivset väljapuhumist (otsest puhumist), siis pööratakse otsese puhumise ekstsentriku pidet, mis asetab jaotussiibri nii, et suruõhk suunatakse silindri alumisse ossa ja sealt edasi läbi kolvi varre spiraalsoonte ja puuri kanali lõhkeauku. Otsese puhumise ajal puurvasar ei tööta.

R õ n g a s k l a p p - õ h u j a o t u s. Õõtsuv klapp *1* (joon. 139) kujutab endast rõngasplaati, milles on kaks väikest sümmeetriliselt asetatud ava. Rõngasklapp asetatakse klapi karbi *2* tagumise (ülemise) külje

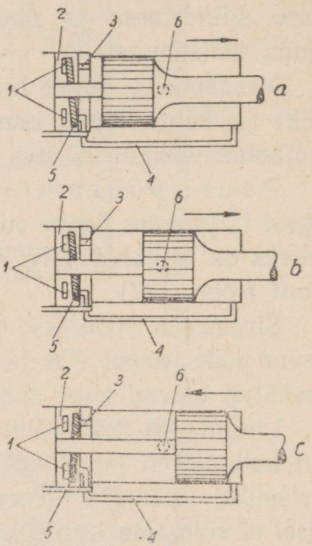
peale nii, et selles olevad tihvtiotsad satuvad mainitud avadesse. Klapp ühes karbiga asetatakse kere *4* sisse ja neid kõiki keskelt läbivasse auku paigutatakse puss (torukene) *3*. Kõik need osad kokkupandult moodustavad õhujaotusseadise, mille avast pannakse läbi pöördepolt (joon. 141, *4*) ja kinnitatakse siis ühes kärisrattaga 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 eesmisse 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 eesmises 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 klapile *5* altpoolt kanali *4* kaudu.



Joon. 139. Õhujaotusseadis õõtsuva rõngasklapiga: *1* — rõngasklapp, *2* — klapikarp, *3* — puss, *4* — kere, *5* — kiil.



Joon. 140. Õõtsuva rõngasklapiga õhujaotuse skeem. (Numbrite seletus tekstis.)

Kolvi liikumine paremale lõpeb kolvi varre löögiga puuripärale. Samal ajal vabastab kolb ava *6*, mille kaudu väljub suruõhk silindri tagumisest osast, mille tagajärjel selles surve järsku langeb. Et silindri eesmises osas 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 eesmisse ossa ja hakkab kolbi tagasi suruma.

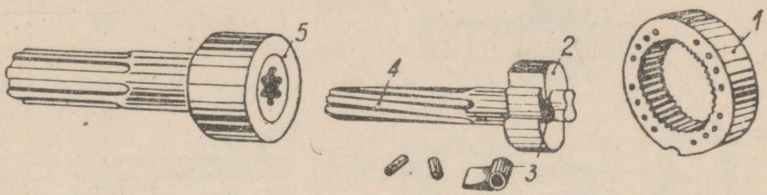
Rõngasklapp-õhujaotuse paremusteks on: 1) puurvasara konstruktsiooni lihtsustamine kanalite poltide ja mutrite vähenemisega; 2) võrreldes teiste, vananenud tüüpi klappjaotustega suureneb puurimiskiirus 20%

võrra; 3) põrkejõudude vähenemine, puurmasin rappub vähem, mis on väga oluline käsi-puurvasaratega töötamisel.

Puuri pööramisseadis uuemates puurvasarates erineb eespoolkirjeldatud puurvasara БМ-17 pööramisseadisest. Neis kasutatakse selleks erilist spiraalsoontega pöördepolti *4* (joon. 141), mis on valmistatud ühes kärispeaga *2*.

Puurvasara silindri tagumisse ossa, vahetult õhujaotusseadise peale, asetatakse sisemiste hammastega kärisratas *1*, millesse paigutatakse pöördepoldi kärispea *2* ühes linkidega *3*. Kärispea võib pöörduda kärisrattas ainult ühele poole — vasakult paremale. Teisele poole pöördumist takistavad lingid *3*, mis on haaratud kärisratta *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 kärispeaga *2* kärisratta *1* sees. Kolvi tagasi-



Joon. 141. Puuri pööramisseadis: *1* — kärisratas, *2* — kärispea, *3* — lingid, *4* — pöördepolt, *5* — spiraalribidega mutter.

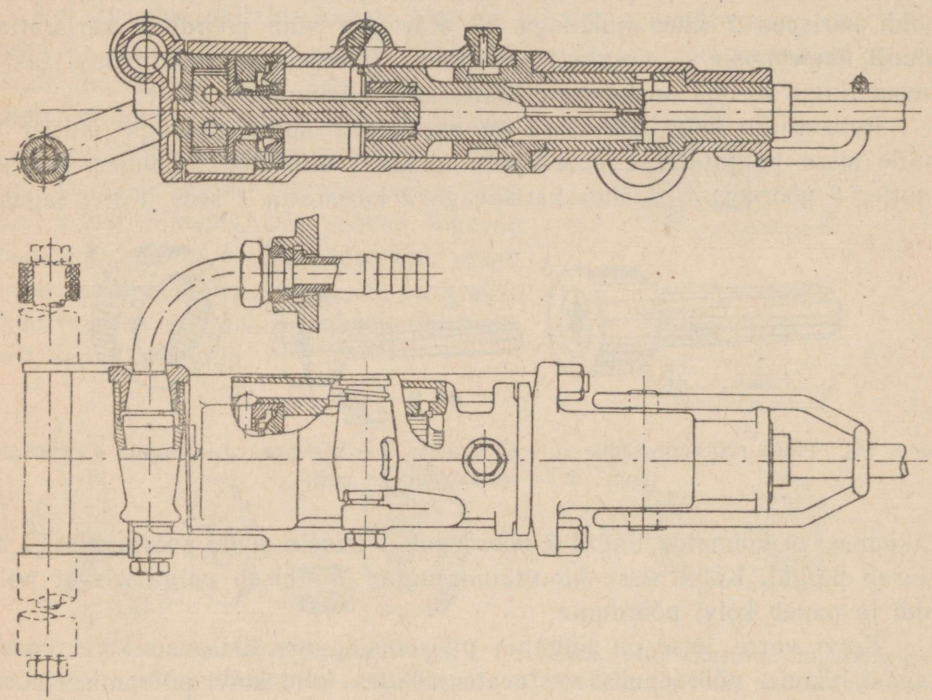
liikumisel ei võimalda lingid *3* pöördepoldil teisele poole pöördumist ja ta seisab paigal. Kolvi sisse kinnitatud mutter *5* libiseb paigalseisvat polti pidi ja paneb kolvi pöörduma.

Kolvi varre sisse on lõigatud pikisooned, mis libisevad kolvi edasitagasi liikudes pöördepuksi vastavates ribides, kuid kolvi pööramisel pöördub temaga koos pöördepuks 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 uhtevee 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 РП-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 РП-17 iseloomustavad tehnilised andmed on paigutatud tabelisse 14. Sellesse tabelisse on paigutatud tehnilised andmed ka teiste uuemate kergete puurvasarate kohta.



Joon. 142. Puurvasar РП-17.

Puurvasar РП-17 on valmistatud efektiivse omapärase siiber-rõngasklapp-õhujaotusega. Puuri pööramine toimub pööramisseadise 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 määritult, mis kaitseb kulumise eest ja väldib rikete esinemist. Puurvasar РП-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 valju 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^3/min.	Normaalne suruõhu surve at	Puurimiskiirus 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	—

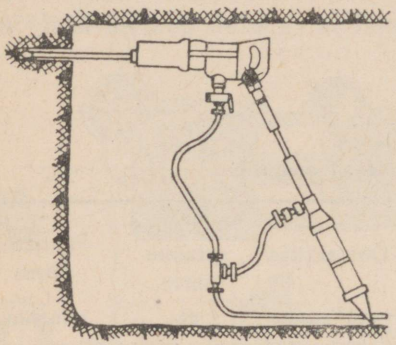
Puurija töö kergendamiseks valmistatakse kergeid hoidetugesid, millele puurvasarat toetades on hõlpus puurida lõhkeauke kõrgematesse kohtadesse. Iseäranis head on selleks kerged pneumaatilised toed, mis kinnitatakse puurvasara käepideme külge ja mis võivad automaatselt pikenedes aidata puurile peale 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.

Sammas-puurvasarateks 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.

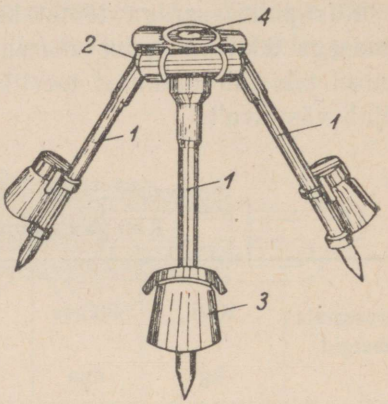
Sammas-puurvasara ПС (joon. 145) tähtsamad osad on: silinder, milles liigub kolb *1* ühes kolvi varrega *2*, suunamispuks *3*, puuripööraja *4*.

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.

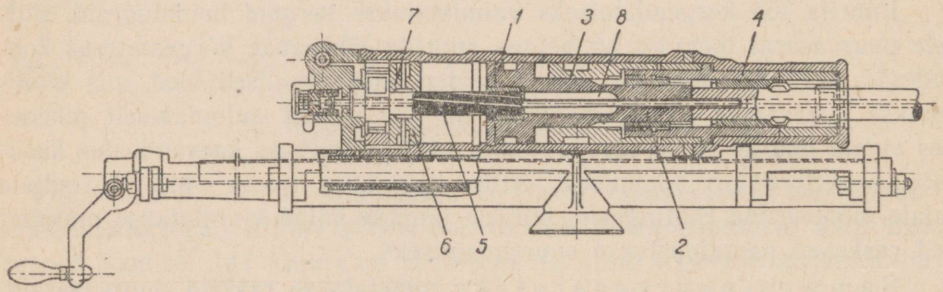


Joon. 143. Puurimine pneumaatilise hoidetoega.



Joon. 144. Kolmjalg puurvasara hoidmiseks: *1* — jalad, *2* — jalgade liikmed, *3* — massiivsed raskused, *4* — pea puurvasara kinnitamiseks.

Liikuvate osade määrimine toimub automaatselt. Õlikamber on ühendatud määret vajavate hõõrdekohtadega kanalikeste abil, mida mööda töötamise ajal imbub vajalikul määral õli.

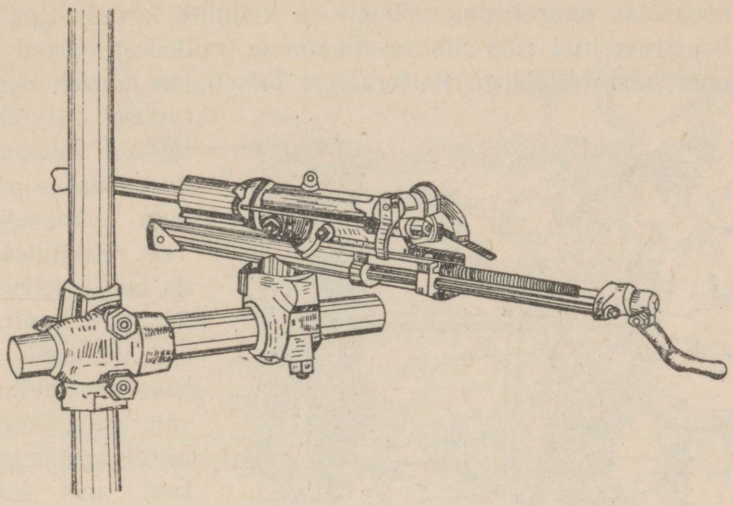


Joon. 145. Sammas-puurvasara ПС läbilõige. (Numbrite seletus tekstis.)

Puurvasar ПС on asetatud liugraamile. Puurvasara kere külge on kinnitatud mutter, mida läbib liugraami kruvivarras. Keerates kruvivarda otsa asetatud vänta 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 КЦМ-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 suruõhu-rotatsioonmootorit, millesse juhitakse suruõhk eri voolikuga.

Sammas-puurvasaraid iseloomustavad tehnilised andmed on esitatud tabelis 15.

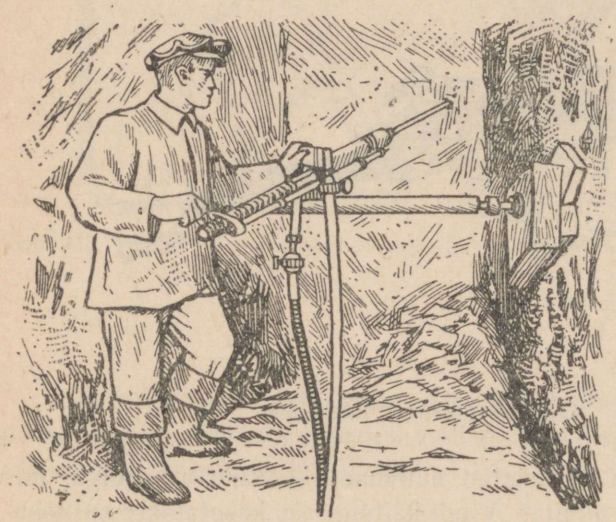
Tabel 15.

Sammas-puurvasaraid iseloomustavad andmed.

Nimetus	КЦМ-4	ПС	НК-2
Pikkus mm	1563	1387	1430
Kaal kg	73	85	84
Kolvi diameeter mm	—	100	102
Löökide arv min.	1750	1500	—
Õhutarvitus m^3/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 külgseinte 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.

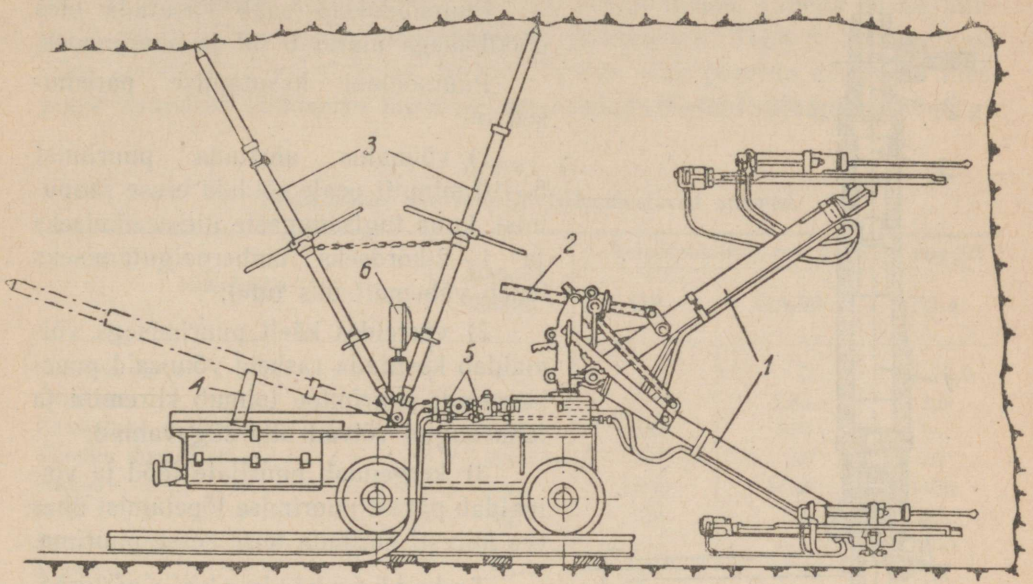
Viimasel ajal on hakatud tarvitama rõhtsate kaeveõõnsuste rajamisel erilisi puursõidukeid, mis kiirendavad tunduvalt puurimistöid.

NSV Liidus valmistatakse käesoleval ajal kahte tüüpi puursõidukeid — БК-2 ja БК-4. Esimene on kahe perforaatori ja teine nelja perforaatori üheaegseks töölerakendamiseks. Peale mainitud tehastes ehitatavate puursõidukite ehitatakse ratastel liikuvaid puurvasarate tugesid ka kaevanduste mehhaanikatöökodades.

Puursõiduk БК-2 (joon. 148) koosneb ratastel liikuvast platvormist, mille eesossa 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 uhtevee-torustiku lülitid *5*, mis ühendatakse ühelt poolt eesse tulevate suruõhu- ning veetorustikuga ja teiselt poolt perforaatorite vastavate voolikutega.



Joon. 148. Puursõiduki БК-2 skeem tööasendis. (Numbrite seletus tekstis.)

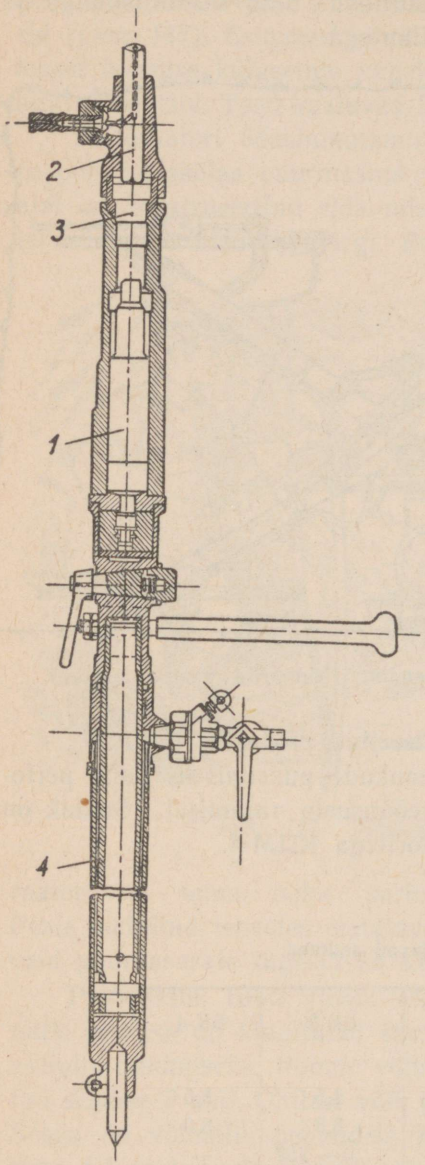
Ee valgustamiseks on sõidukile monteeritud prožektor *6*.

Puursõiduk БК-2 on määratud lõhkeaukude puurimiseks kahe perforaatoriga üheaegselt horisontaalsete kaeveõõnsuste rajamisel. Sõiduk on kohandatud töötamiseks raskete perforaatoritega КЦМ-4.

Tabel 16.

Puursõidukeid iseloomustavad andmed.

Nimetus	БК-2	БК-4
Maksimaalne puurimislaius m	4,5	5,5
Puurimiskõrgus m	3,3	3,0
Poomide pööramine horisontaaltasapinnas°	0— 25° ja 0—190°	—
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 БК-2 ja БК-4 iseloomustavad tehnilised andmed on tabelis 16.

Puursõidukeid saab kasutada etes põikilõikega alates 6 m² 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 kaeveõõnsusi. 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 ТЦМ-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	Mõõdu-ühikud	Teleskoobiliste puurvasarate margid		
		ПР	ПА-20	ТП-4
Suruõhu surve	at	5	5	4,5—5,5
Õhukulu	m^3/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 rauamaagikaevandustes (Krivoi Rog) levis vajadus puurida sammas-puurvasaratega sügavaid miinipuurauke, mis võimaldavad korraga 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) määrida puurvasarat õli valamisega vooliku külgekinnitamise avausse ja siis ühendada voolik puurvasaraga;

d) kontrollida, kas pöördepuksi avaus on puhas, ja pühkida puuripära lapiga puhtaks enne selle avausse asetamist;

e) kontrollida õhusurvet ja torustiku korralikkust;

f) proovida puurvasara töötamise korralikkust algul kraani pooleldi 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 lõhkeauku kinni jäänud, siis kõrvaldatakse puurvasar ja puur tõmmatakse välja, kasutades sellekohast võtit ja kangi;

h) lühikestel töövaheaegadel asetada puurvasar nii, et ta ei saaks prahiseks; pikemaks 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 puurvasar 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 suunatud aukude puurimiseks, kui puurjahu oma raskuse mõjul variseb välja. Kui puur on varustatud keermetega ja puurvasar keerab puuri intensiivselt, 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

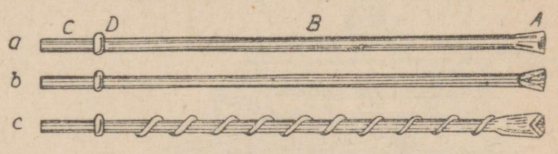
Neist tarvitatakse laiemalt:

1) käsipuurvasarate jaoks — kuuekandilisi õõnsaid, d = 22 mm;

2) teleskoobiliste puurvasarate jaoks — ümmargusi õõnsaid või täislatte, d = 25 mm;

3) raskete sammas-puurvasarate jaoks — ümmargusi õõnsaid, d = 32 mm.

Eespool on tähendatud, et tööprotsessis kulub puuripea (-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 järelikult 44 mm.



Joon. 150. Suruõhu-puurvasarate puurid: *a* ja *b* — harilikud puurid, *c* — keermega puur; *A* — puuripea, *B* — puurivars, *C* — puuripära, *D* — õlg.

Korralik puuripea 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.

Puuripea 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 puuripea tööviljakus märksa suurem kui ristikujulisel, ja ristikujulisel suurem kui tähekujulisel. Seepärast soovitatakse igal pool, kus kivimid lubavad, kasutada peitlikujulist puuripead. Ka on peitlikujuliste puuripeade valmistamine odavam. Praolistes kivimites tuleb kasutada ristikujulist või kaksikpeitlikujulist puuripead.

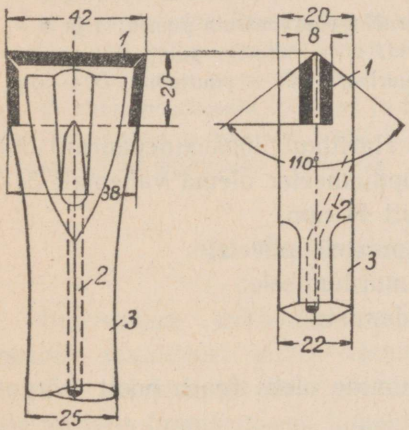
NSV Liidus võeti esimesena kasutamisele puuripeade armeerimine kõvade sulamitega. Nüüd on see viis levinud igale maale.

Eksperimentaalsete uurimistööde tulemusena leiti, et mitmesuguste kõvade sulamite kulumine eri kivimites on erinev. Vastavalt nende uurimiste tulemustele valmistatakse meil, NSV Liidus, puuriterade jaoks plaadikesi:

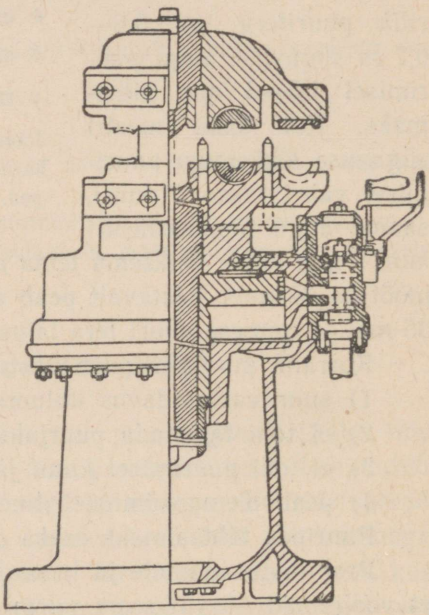
1) ühtlaste keskmise kõvadusega kivimite puurimiseks marki BK-8;

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.

Keskmiste ja kõvade kivimite puurimisel kiirendab kõvade sulamite tarvitamine puurimistöid ja on tunduvalt odavam.

Kõvade kivimite puurimisel tuleb tihti vahetada puure. Puurijal tuleb

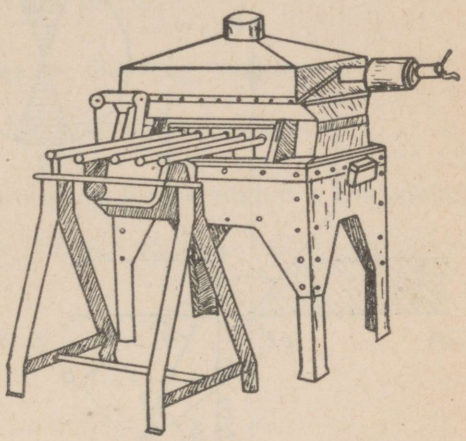
enesega kaasas kanda kitsastes allmaatingimustes rasket puuride komplekti, mis on väga tülikas. Ka on suure hulga nüride puuride sepikotta toimetamine niisama tülikas.

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 kasulikum: 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.

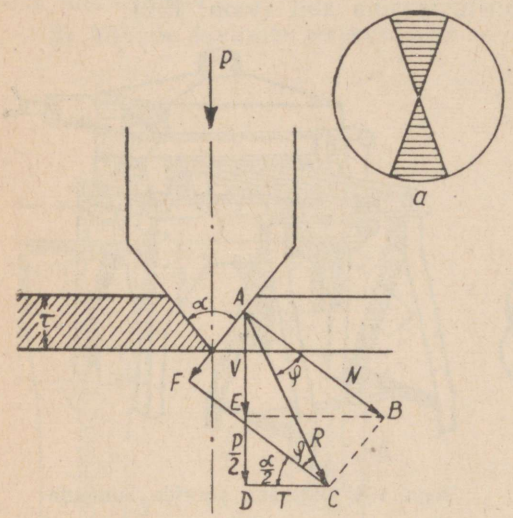
Teritatud puuride pead karastatakse. Karastamise protsess seisneb selles, et puuride otsad kuumutatakse 750—800° (olenevalt terase sordist) ja jahutatakse kiiresti külmas vees või õlis 10—15 mm pikkuselt. Silma järgi kuumutamine ei ole küllalt täpne: puuride terad võivad jääda liiga pehmeks või muutuda rabedaks (ülekuumutuse puhul). Mõlemal juhtumil kahaneb puuri väärtus. Vastava temperatuuri määramiseks tarvitatakse mitmesuguseid püromeetreid.

Suurema hulga puuride kuumutamiseks tarvitatakse naftaga köetavaid ääse (joon. 154).

Kõva sulamiga armeeritud puuriotsi teritatakse karborundkäiadel.

9. Löökpuurimise teooria [1].

Puuripärale antud löögi mõjul tungib puuritera kivimisse. Märgime löögi 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. Löökpuurimisel esinevad jõud.

Jõu P mõjul puruneb kivim survepingete ja murdub nihkepingete tõttu. Märgime esimesi tekitavat jõudu tähega V ja teisi tähega T.

Selgitame need jõud.

Kolmnurgast ADC leiame resulteeruva jõu R.

$$R = \frac{P}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)}, \qquad (1)$$

kus φ — hõõrumisnurk,

α — puuri teritusnurk.

Kolmnurgast ABC leiame jõu N.

$$N = R \cos \varphi = \frac{P \cos \varphi}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)}. \qquad (2)$$

Kolmnurgast ABE leiame purustava ehk survejõu V.

$$V = N \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{P \cos \varphi \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)}. \qquad (3)$$

---

[1] 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.

$$T = \frac{P}{2} \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right). \tag{4}$$

Nüüd leiame puuri kivimisse tungimise sügavuse τ ühe löögi mõjul. Puuritera kivimisse tungimisel avaldab viimane survejõule vastupanu. See vastupanu võrdub:

$$dk\tau \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \tag{5}$$

kus d — puuraugu diameeter või puuritera pikkus,
k — 1 cm² kivimi survetugevus,
τ — 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 cm² kivimi survetugevusega k. Seepärast peab see korrutis võrduma purustava survejõu suurusega:

$$V = dk\tau \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \tag{6}$$

Järelikult

$$dk\tau \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{P \cos \varphi \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)}. \tag{7}$$

Viimasest võrrandist leiame τ:

$$\tau = \frac{P \cos \varphi \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) dk \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{P \cos \varphi \cos \frac{\alpha}{2}}{2\, dk \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)}. \tag{8}$$

Valemist (8) näeme, et kivimisse tungimine suureneb löögijõu P suurenemisega ja väheneb teritusnurga α, 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:

$$T = \frac{\pi d^2}{4n} c, \tag{9}$$

kus d — puuraugu diameeter,

n — löökide arv,

c — 1 cm² kivimi vastupanu nihkele.

Võrrandid (4) ja (9) on võrdsed.

$$\frac{\pi d^2}{4n} c = \frac{P}{2} \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right), \quad n = \frac{\pi d^2 c}{2P \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)}. \tag{10}$$

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 teritusnurga suurust α.

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 teritusnurga 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 pöördenurk liiga suur, siis ei murra puuritera segmente ühetasaselt välja ja augu põhi muutub astmeliseks, mis kahandab tööviljakust. Vastupidi, kui pöördenurk 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 pöördenurgale.

Puurvasara võimsuse N ja löögi (põrke) kasuteguri η 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, Leninimel. kaev.; rauda sisaldav kvartsiit	Alumiiniumkloriid, 0,10 — 0,15%	Raske perforaator ПС; teraspuurid	33	44	36
6.	Uural, „Kotškarzoloto“, 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 vastupanu 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 kivimid	Ülitihe kvarts ilma sulfiididideta. Tihe jaspis ja mikrokvartsiit. Oliviinsed 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 sulfiididideta kvarts.	15	40	67	25
III	„	Ülitihedad kvartsiidid, porfüürid, magnetiidid, rauda sisaldavad sarvkivid, andesiidid, basaldid ja diabaasid, kiltse ehituse tunnuseid sisaldavad murenemata mikrograniidid, süeniidid. Kulda, tina, molübdeeni, volframit sisaldav tihe soonkvarts. Ülitihedad polümineraalsed, ilma maagita skarnid.	20	50	50	20
IV	Väga raskesti puuritavad kivimid	Väga tihedad ja sitked kvartsiidid, rauda sisaldavad sarvkivid, andesiidid, basaldid ja diabaasid. **Peeneteraline graniit.** Väga tihedad peeneteralised dioriidid, tihedad granaat-pürokseensed, mineraliseeritud (volframi, molübdeeni ja teistega) skarnid.	25	60	40	17

1	2	3	4	5	6	7
V	Väga raskesti puuritavad kivimid	Kvartsporfüür. Ülitihe peeneteraline magnetiit, porfüriit. Tihedad andesiidid, basaldid ja diabaasid. Graniitgneisid. Tihe sulfiididega soonkvarts. **Ülitihedad peeneteralised kvartsistunud liivakivid.** **Tihedad gneisid ja trahhüüdid. Keskmise terapeenusega graniidid ja süeniidid.** Plaatinat sisaldavad muutmatud duniidid. Granaat-pürokseensed kaltsiiti ja teisi mineraale sisaldavad skarnid.	30	75	33	13
VI	„	Ülitihe magnetiidi-hematiidi-rauamaak. Tihedad vähepragunenud kvartsiidid. **Väga tihe kvartsliivakivi, kvartsistunud lubjakivid.** Väga tihe ühtlaseteraline kromiit. Kulda sisaldav kvartsistunud beresiit. Kvartsistunud limoniit. **Nõrgalt murenenud kivimid: trahhüüdid, süeniidid,** andesiidid, **basaldid,** porfüriidid, diabaasid, proterobaasid, **jämedateralised gneisid,** granodioriidid, dioriidid, peridotiidid, kvarts-turmaliinkivimid, kvartsporfüürid, keratofüürid, gabro, püroksseniidid. Vilgused tina sisaldavad pegmatiidid. **Räniokssüüdiga tsementeerunud tardkivimite konglomeraat.** Väga tihedad kvartsistunud kiltkivid; kloriit-, seritsiit-, vilk- ja teised kiltkivid. Tihedad peeneteralised plii-, tsingi- ja räänisisaldusega antimonimaagid. Püriit. Murenenud skarnid. Tihedad vase-niklimaagid.	40	90	25	11
VII	Raskesti puuritavad kivimid	**Väga tihedad lubjakivid.** Tihe jämedateraline graniit ja graniitkivimid. Väga tihe jämedateraline magnetiidi-hematiidi-rauamaak. **Tihedad kvartsliivakivid. Jämedateraline süeniit. Väga tihe kvartsistunud dolomiit.** Väga tihe limoniit. Pentlantiitsed ja pürrotiinsed vase-niklimaagid. Kloriitkiltkivid, vääristunud püriidi, kalkopüriidi ja teiste sulfiididega. Tihedad serpentiinid (serpentiniidid). Vaskporfüürsed maagid. Sulfiidsed plii-tsingimaagid. **Dolomiidistunud ja kergelt skarnistunud lubjakivid.** Niklit sisaldavad serpentiinid. **Kruusa sisaldav tardkivimitest konglomeraat lubitsemendil.**	50	110	20	9

1	2	3	4	5	6	7
VIII	Raskesti puuritavad kivimid	**Marmor. Tihedad lubjakivid, liivakivid, dolomiidid,** kalkopüriidid, hematiidi-martiidi-rauamaak, sitked beresiidid. Tihe, ühtlaselt sõmer kromiit serpentiniitides. **Kergelt murenenud dioriidid, graniidid, gabro, süeniidid,** diabaasid, proterobaasid, andesiidid, lipariidid, kvartsporfüürid. **Vilk-, kloriit- ja seritsiitkildad tunduva ränisisaldusega.** Kalkopüriit ja arsenopüriit. Arkoossed vaske sisaldavad liivakivid, elavhõbedamaagid.	65	130	15	8
IX	Üle keskmise raskusega puuritavad kivimid	**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.	85	160	12	6
X	„	Kergelt murenenud beresiidid. Apatiidi-nefeliinimaagid. Tihedad boksiidid. **Kvartsita kloriit-talk-, talk-seritsiit-, kloriit-seritsiit-, seritsiit- ja teised kiltkivid.** Liivased kiltkivid.	110	200	9	5
XI	Keskmise raskusega puuritavad kivimid	**Liivakivi lubitsemendil, lubjakivi.** Murenenud mineraliseerunud väga praolised kvartsiidid. Murenenud püriitsed maagid. Boksiidid. **Liivakiltkivid.** Jämedateralised sulfiidsed plii-tsingimaagid. Murenenud duniidid, peridotiidid, serpentiniidid. Murenenud beresiidid. Poorne limoniit. **Setekivimite konglomeraadid kruusasisaldusega silikaat-tsemendil. Tihe savikiltkivi.**	150	250	7	4
XII	„	**Tugevasti murenenud aluspõhjakivimid: dioriidid, graniidid, süeniidid, porfüürid, gabro, beresiidid.** Tugevasti murenenud sulfiitsed kvartsisooned. **Murenenud vilk-, kloriit- ja seritsiitkiltkivid.** Raudkaap. Plingid püriiti sisaldavad antratsiidid. **Tihe mergel.**	200	300	5	3,3

Järg

1	2	3	4	5	6	7
XIII	Võrdlemisi kergesti puuritavad kivimid	**Tugevasti murenenud mineraliseerunud kvartsiidid. Kriit, harilik mergel, täiesti murenenud liivakivi, kruus ja killustik lubitsemendil, kivine pinnas. Täiesti murenenud (kaoliniseerunud) aluspõhjakivimid: graniidid, dioriidid, süeniidid, porfüriidid jt. Savisegused jämedateralised liivakivid. Murenenud poorsed lubjakivid. Külmunud tihedad savid. Ühtlased (plingid) antratsiidid. Tihedad ühtlased püriiti sisaldavad kivisöed. Bituumenised ja sütt sisaldavad kiltkivid. Savikiltkivi. Kivisool.**	250	350	4	2,9
XIV	„	**Klibune pinnas (maapind). Täiesti murenenud, sütt sisaldavad talk-kloriit- ja vilk-kiltkivid.** Tserussiidimaagid. Kaoliniseerunud murenemisproduktid. Suhkrutaoline apatiidimaak. Uhtepüriit. Püriidi lagunemisproduktid („sõputška"). **Plingid kivisöed. Antratsiidid. Konglomeraadid. Setekivimid, kruus lubi-savitsemendil. Sitke, tihe, kuiv savi (kõvastunud).**	325	400	3,1	2,5
XV	Kergesti puuritavad kivimid	**Kips. Konglomeraadid pehmetest setekivimitest savitsemendil. Külmunud jämedateraline liiv, tihe, vähese veega muda. Kivisöed selge klivaažiga (ristpraokestega). Ilma pragudeta pruunsöed. Liivasegune savi.**	425	500	2,4	2,0
XVI	„	**Pimsskivi, triipel, tuff ja pehmed kriitkivimid. Rauamaak „sinjka". Täiesti murenenud klibukivimid. Murenenud pruunsöed. Pehme liivasegune savi. Löss.**	550	600	1,8	1,7

Märkus: Klassi iseloomustavamad kivimid on trükitud rasvase kirjaga.

Tabel 20.

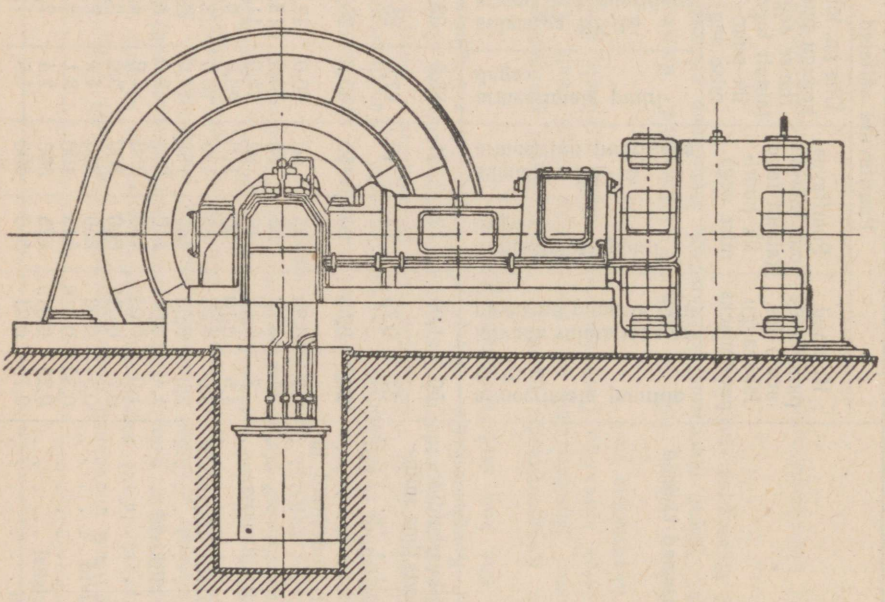
Kivimite kõvaduse näitajad mitmesuguste väliste mõjude suhtes.

Kivimite klassid	Klassi tüüpilisemad kivimid	Puuritavuse näitajad								Lõhatavuse näitajad			Võrdlev kõvaduse koefitsient *f*	Kõvadus Moos'i 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^3 augu sisse-puurimiseks kgm		Ammoniidi nr. 2 kulu 1 m^3 kivimi lõhkamiseks massiivis kg	Lõhkeaugu pikkus meetrites 1 m^3 kivimi kohta massiivis	Kobestuskoefitsient		
		armeerimata puuride teritusi	kõvade sulamitega armeeritud puuride teritusi	armeerimata puuridega	sulamiga BK-15 armeeritud puuridega	armeerimata puuridega	sulamiga BK-15 armeeritud puuridega	armeerimata puuridega	sulamiga BK-15 armeeritud puuridega					
I	Tihedad mikrokvartsiidid . .	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 kvartsiidid 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 kvartsliivakivi . .	7	0,15	40	90	25,0	11,0	175	70	3,0	4,5	2,00	12	6,5
VII	Tihe graniit	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 füüsikalis-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 kütteainetööstuses.

11. Suruõhk.

Masinaid, mis on määratud puurvasarate ja teiste pneumaatiliste mehhanismide tööks vajaliku suruõhu tootmiseks, nimetatakse *kompressoriteks*. Kompressoreid valmistatakse kolme erinevat tüüpi: kolbkomp-

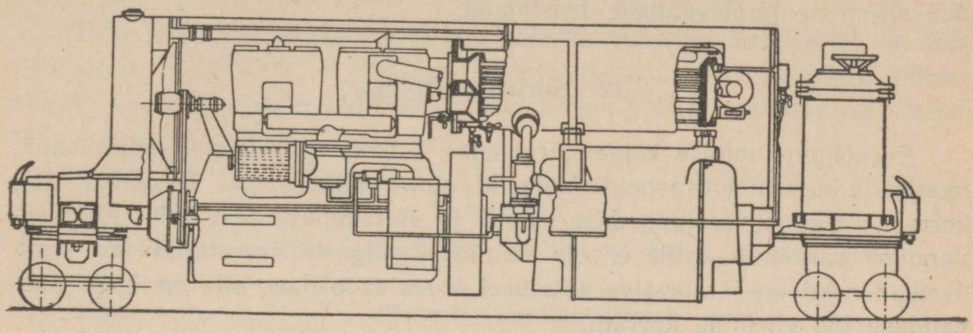


Joon. 156. Statsionaarne kompressor.

ressorid, rotatsioonkompressorid 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 rööbasteedel töökohtadele.



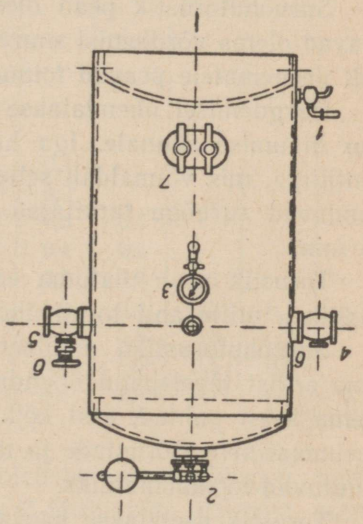
Joon. 157. Ratastel liikuva kompressori skeem.

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 metallreservuaar, 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 juhtumeil; kraaniga, mille kaudu võib sadestunud vett ja õlisid välja lasta, ja manomeetriga sisemise surve kindlakstegemiseks. Õhukogujas peab olema suletav avaus, mis võimaldab sisemiste järelevaatuste 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 kummivoolikud, 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 külgseina 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

vähenemisega; 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^3/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 suruõhumasinate töölerakendamist 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 läbijuhitava suruõhu hulk on 33 m^3 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
Siiber	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 teisele	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 ($d = 100$ mm, õhu hulk 33 m^3/min. = 1980 m^3 tunnis). Antud õhuhulga arv ei lange täpselt ühte tabeli arvuga; võtame lähema suurema arvu — 2000 m^3 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 $d = 125$ mm.

Tabelist 22 leiame, et selle jämedusega nurkventiilile vastab 20 m ja käänakule 1,4 m sirget toru.

Torustiku arvutuspikkus 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 arvutuspikkuse 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. Puurimistööde organiseerimisest.

Kui kaevanduse tootmis- ja kaeveõõnsuste rajamise tööd tuginevad lõhkamistöödele, nii nagu see on Eesti NSV põlevkivikaevandustes, siis peab nende tööde korraldamisele pühendama peamise tähelepanu.

Puurimistöö on tähtsaim osa lõhkamistööde kompleksis. Kiire ja korralik puurimine tõstab kaevanduse toodangut ja võimaldab kiiresti rajada kaeveõõnsusi.

Puurimistööde organiseerimise tähtsaimaks ülesandeks on saavutada kõrget tööviljakust.

Tööviljakus oleneb esiteks töölisest enesest ja teiseks töötingimustest.

Nõukogude töölised on rakendunud massiliselt sotsialistlikku võistlusse kõrgete töötulemuste saavutamiseks. Insener-tehnilise personali tähtsaim ülesanne on luua töölistele kõik võimalused stahhaanovlikuks töötamiseks ja organiseerida sotsialistlikku võistlust.

Üheks peamiseks teguriks kõrge tootlikkuse saavutamisel on tööprotsessi õige organiseerimine. Õige tööprotsessi aluseks on: 1) töötsükli organiseerimine, 2) tööjõu õige paigutamine, 3) tööpäeva täielik ärakasutamine, 4) töökoha ettevalmistamine, 5) töö normeerimine, 6) töötasu korraldamine, 7) töökaitse.

Kõikjal mäetööstuses toimub töö tsüklitena. Tsükkel koosneb ühest komplektist korduvaist tööoperatsioonidest, mille tulemuseks on teatava hulga kaevise tootmine või kaeveõõnsuse edasinihutamine teatava pikkuse võrra.

Kaeveõõnsuste rajamisel koosneb tsükkel järgmistest põhimistest töödest: puurimine, laadimine ja lõhkamine, tuulutamine, kaevise koristamine

ja kaeveõõnsuse toestamine. 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 koristusetes.

Tsüklit 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.

Tsüklilise 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 toestatud, 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 elektrijuhtmeid 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 säärastele töödele, mida peaksid tegema väiksema oskusega abitöötajad.

D. Lõhkeaukude paigutus kaeveõõnsuste rajamisel.

1. Üldandmed.

Kivimite vastupanu lõhkeainete tegevusele on väga mitmesugune. Eelkõige olenevad lõhkamistööde tulemused kivimite kõvadusest, monoliitsusest, kihisusest, sitkusest ja pragunevusest.

Lõhkamistööd 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 mäemeestele 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).

Säärased varapaigad ja neid ümbritsevad kivimid on oma koosseisult kihilised, mis osaliselt kergendab tükkide lahtimurdmist kihituspindupidi. 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 lõhkamistööde tingimused ning seda sügavamad võivad olla lõhkeaugud kveršlagide etes, ja vastupidi — kihtide kallakuse vähenemisega halvenevad lõhkamistööde 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 purustusi 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, kuhupoole 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.

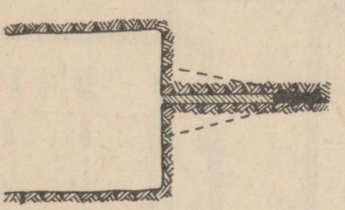
Kivimite üldmassist eraldamisel allmaa-tingimustes ei ole võimalik saada nii soodsaid tingimusi kui lahtistel töödel ja harilikult lepitakse sellega, kui ees on kaks vaba pinda. Kõvades kivimites aga tuleb leppida

ühe vaba pinnaga. Seejuures asetatakse aga osa lõhkeainelaenguid nii, et teine osa laenguid võiks töötada kahe vaba pinna tingimustes.

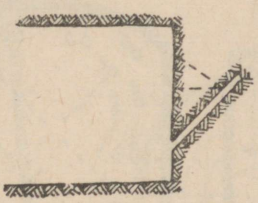
Pehmetes kivimites saadakse teine vaba pind soonimismasina töö tulemusena. Kõvades kivimites aga moodustatakse teine vaba pind eriliselt asetatud lõhkeaukude abil, mida nimetatakse *algmurde-lõhkeaukudeks*.

2. Algmurded.

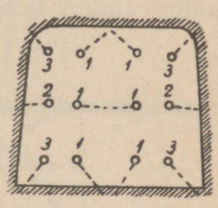
Kui puurida auk perpendikulaarselt ee pinnaga ja asetada sellesse lõhkeainelaeng, siis näeme, et vähima vastupanu joon langeb ühte augu teljega ja lõhkegaaside tegevuse jõud suundub peamiselt selles suunas. Säärane laeng paiskab eelkõige välja topise ja purustab augu ümb-



Joon. 159. Ee rinnaga risti suunatud lõhkeauk.



Joon. 160. Ee rinnaga kaldu paigutatud lõhkeauk.



Joon. 161. Lõhkeaukude paigutus vertikaalse kiil-algmurde puhul: *1* — kiil-algmurde 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 lõhkamistööde 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,

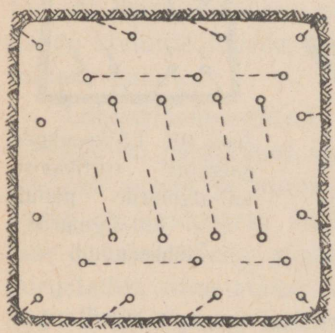
plahvatades kindlas järjekorras, purustavad ülejäänud ee rinna, kusjuures äärmised nendest annavad rajatavale kaeveõõnsusele tema põikilõike vormi.

Kui osa algmurde laengutest tõrgestub (mõni laeng ei lõhke või purustab madalalt), siis ebaõnnestuvad ka kõik teised, mille tegevust mainitud laengud pidid soodustama.

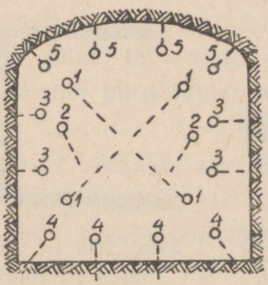
Algmurrete kujud.

Horisontaalsete kaeveõõnsuste rajamisel kasutatakse sageli kiil-algmurret, püramidaal-algmurret ning alumist ja ülemist algmurret. Igaüks neist võib teatavatel tingimustel osutuda kohaseks ja anda häid tulemusi. Seepärast omab kohase algmurde valik suurt tähtsust lõhkamistööde edukaks kordaminekuks.

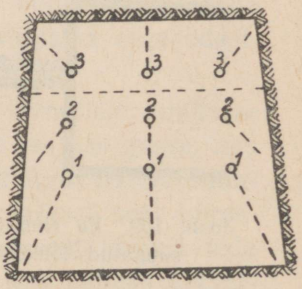
Kiil-algmurre võib olla vertikaalne (joon. 161) või horisontaalne (joon. 164). Lõhkeaugud asetatakse paarikaupa vastastikku kaldu



Joon. 162. Lõhkeaukude paigutus horisontaalse kiil-algmurde puhul.



Joon. 163. Lõhkeaukude paigutus püramidaal-algmurde puhul: *1* — algmurde-lõhkeaugud, teised nr-d tähendavad lõhkamise järjekorda.



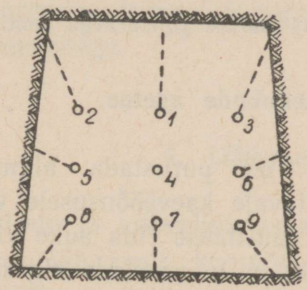
Joon. 164. Lõhkeaukude paigutus alumise algmurde puhul: *1* — algmurde-lõhkeaugud.

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-algmurret võib tarvitada võrdlemisi laias ees. Kui esi on kõrge, võib kasutada horisontaalset kiil-algmurret. Algmurde-lõhkeaukude arv oleneb kivimi kõvadusest ja ee mõõtmetest. Kõvemates kivimites peab laengud asetama tihedamalt, suuremas ees aga rohkemal hulgal. Kiil-algmurret kasutatakse kõvades kivimites.

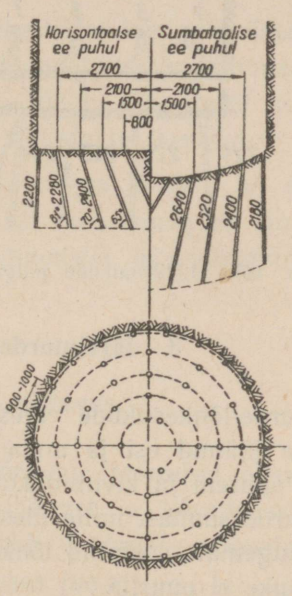
Püramidaal-algmurre. Kui algmurde-lõhkeaugud asetatakse keset ee rinda nii, et nad moodustavad tömp-püramiidi, mille tipp on suu-

natud ettepoole, siis kujundatakse nendega püramidaal-algmurre. Algmurde moodustamiseks võib puurida kolm või rohkem lõhkeauku, mille põhjad on üksteisele üsna lähedal (joon. 163). Püramidaal-algmurre tehakse kõvades kivimites tihti kahekordne. Sel juhul moodustavad sisemise püramiidi lühemad lõhkeaugud. Seda algmurret kasutatakse kitsamate horisontaalsete kaeveõõnsuste rajamisel.

A l u m i n e a l g m u r r e kujundatakse rea lõhkeaukudega, mis puuritakse ee rinna alumisse ossa, suunates nad üsna järsult ee põhja



Joon. 165. Lõhkeaukude paigutus ülemise algmurde puhul: *1*, *2*, *3* — algmurde-lõhkeaugud.

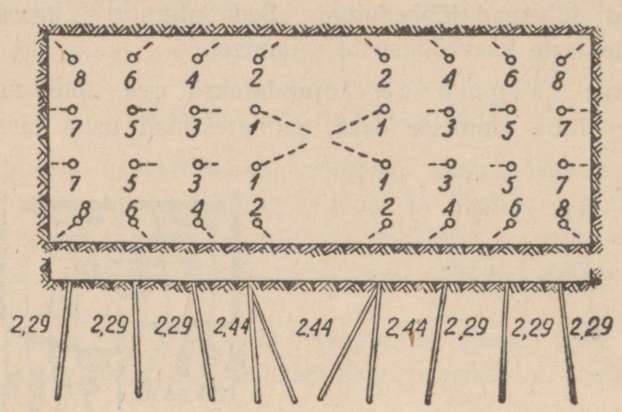


Joon. 166. Lõhkeaugud ringasendis ringikujulise põiki-lõikega šahti ees.

poole. Seda algmurret kasutatakse edukalt kitsaste kaeveõõnsuste rajamisel, mille suund on risti kihtide rõhtsuunaga, kui kihilised, keskmise kõvadusega kivimid on kallakuga ee poole (joon. 164). Alumise algmurde puhul on soovitav, et algmurde-lõhkeaugud oleksid suunatud kihtidele 90°-se nurga all.

Ü l e m i s t a l g m u r r e t kasutatakse samades tingimustes kui alumistki, ainult selle vahega, et sel juhul langevad kivimikihid ee poolt. Ülemine algmurre 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-algmurdeid (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 kontuurlõhkeaukudeks.

Tehnilistel põhjustel ei ole võimalik teha kontuurlõhkeauke kaeveõõnsuse külgede pindadesse.

Olenevalt perforaatorite gabariitidest asetsevad kontuurlõhkeaukude suudmed 10—15 cm seespool nõutavat kontuuri. Et kaeveõõnsuse läbimõõt ei väheneks, suunatakse kontuurlõhkeaugud väikese kallakuga väljapoole nii, et nende põhjad ulatuvad kõvade kivimite puhul pisut väljapoole 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 kontsentriliste 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 lõhkamistööde 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.

Kverščagide 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:

$l = \frac{3}{\sqrt{f}}$ — käsitsi puurimisel;

$l = \frac{3{,}5}{\sqrt{f}}$ — keskmise raskusega perforaatoritega puurimisel;

$l = \frac{4}{\sqrt{f}}$ — raskete perforaatoritega puurimisel.

Need valemid on koostatud, tuginedes peamiselt Donbassi revolutsioonieelse 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,
α — algmurdeaukude kaldenurk ee rinna suhtes, mille prof. A. F. Suhhanov soovitab võtta:

kõvade kivimite jaoks — 60°,
keskmiste „ „ — 50°,
pehmete „ „ — 40°.

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 rajamistööde 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			
	Ee laius 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 lõhkamistööde praktikast saadud andmeid, koostas nendele tuginedes järgmise empiirilise valemi lõhkeaukude arvu kohta 1 m² ee pinna jaoks:

$$n = 2{,}7\sqrt{\frac{f}{S}},$$

kus n — lõhkeaukude arv 1 m² 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 kaasaegse nõukogude tehnika saavutusi. N. M. Pokrovski väidab, et M. M. Protodjakonovi valem annab, võrreldes kaasaegse praktika andmetega, 1,2—1,25 korda vajalikust suurema aukude arvu.

Prof. A. F. Suhhanov esitab lõhkeaukude arvu määramiseks 1 m² 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 m³ lõhatava kivimi kohta massiivis. Õigem on võtta need arvud tabelist 32, kus nad on antud olenevalt kaeveõõnsuse põikilõikest. Tabeli 20 kasutamisel leitakse esiteks lõhatava kivimi maht m³, mis korrutatakse lõhatavale kivimile vastava augu pikkusega ühe m³ kohta ja jagatakse lõhkeaugu keskmise pikkusega.

Kui märgime, et ee pind on ruutmeetrites — S, lõhkeaukude arv kogu ee kohta — N ja 1 m² kohta n, lõhkeaukude keskmine sügavus — l ja kasulik sügavus — l_1 ning lõhkeaugu pikkus 1 m³ kivimi kohta l_2, siis lõhkeaukudega lõhatava kivimi maht on:

$$V = Sl_1.$$

Hariliku 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:

$$N = \frac{V \cdot l_2}{l} = \frac{S \cdot l_1 l_2}{l} = \frac{0{,}9\,Sll_2}{l} = 0{,}9\,Sl_2$$

ja 1 m² kohta:

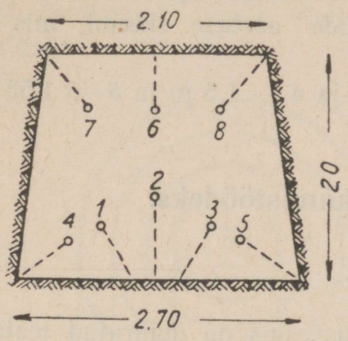
$$n = \frac{Vl_2}{Sl} = \frac{0{,}9\,Sll_2}{Sl} = 0{,}9\,l_2\,.$$

Sageli kasutatakse lõhkeaukude arvu määramiseks tööpraktika andmetel koostatud tabeleid.

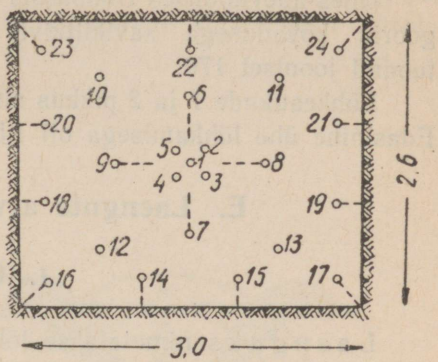
Mõlemal viisil saadud lõhkeaukude arv on ikkagi enam-vähem ligikaudne. Neid tuleb aluseks võtta esialgsete arvutuste tegemisel selleks, et

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 kivisões.



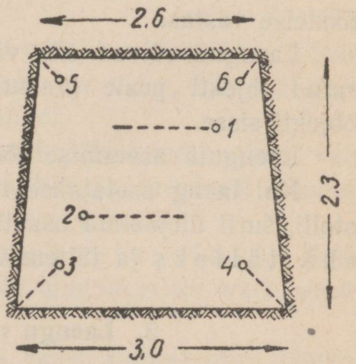
Joon. 169. Lõhkeaukude paigutuse skeem, mida kasutati streki rajamisel Kirovskis.

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 kivisõekihis 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 rööbiti suunatud ja 4 püramidaalselt suunatud lühema lõhkeauguga. Ühe lõhkamisega saadi 2,4 m pikkune edasinihe. Rööbiti 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 lõhkamistöödeks.

1. Üldandmed.

L a e n g u k s 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 k o o n d a t u d l a e n g u k s. 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 p i k l i k u k s l a e n g u k s.

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 l a a d i m i s e k s.

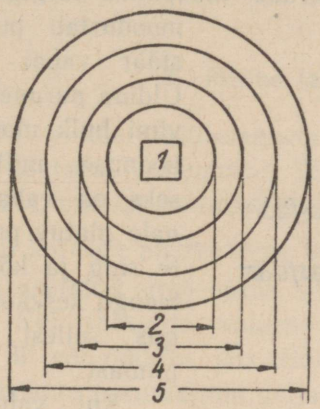
Kui laeng asetatakse lõhkamiseks määratud objekti sisse, siis augu, stolli, šurfi ülejäänud osa täidetakse. Seda täidet nimetatakse t o p i s e k s ehk t ä i t e k s ja täitematerjali topis- ehk täitematerjaliks.

2. Laengu mõjusfäärid ja laengute liigitus.

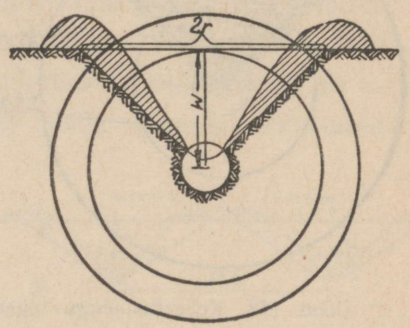
Kui asetada koondatud laeng ühtlasse piiramatusse keskkonda (kivimisse), siis mõjub tema plahvatuse toime igas suunas ühesuguselt, moodustades kerataolise sfääri.

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* — pihustussfäär, *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 lõhkamistöödel 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.

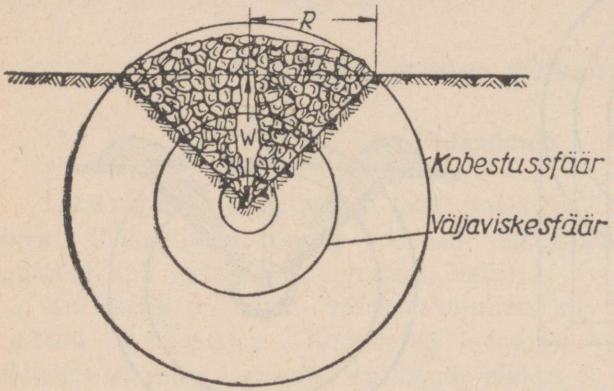
4) Edasi märgitakse võnkumis- ehk raputussfääri. Selle sfääri piirkonnas ei allu kivimid mingisugustele muudatustele, vaid ainult võnguvad.

Praktiliselt ei ole nende üksikute sfääride vahel kindlat piiri. Harilikult ühendatakse lõhkamistööde 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 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.



Joon. 173. Kobestuslaengu tegevus.

Kui vaba pind läbib väljaviskesfääri, siis visatakse laengu toimel purunenud 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 väljaviskelehtriks. Seda võib tarvitada praktiliselt kuni $n = 3$, siis väljaviske efekt enam ei suurene.

3. Mitme laengu ühisest tegevusest.

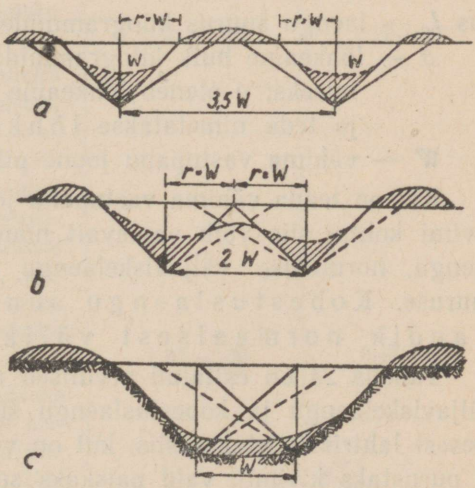
Tihti ei ole tööülesannete täitmisel võimalik üksikute laengutega saada nõutavaid tulemusi. Tekib nõue kasutada korraga mitme laengu lõhkamist, mis on asetatud teatava vahemaa tagant üksteise järele.

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 väljaviskelehtreid, 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 $^2/_3$ W (joon. 174, *b*).

3) Kui laengute vahemaad vähendada 1 W-ni, siis kaob lehtrite vahe täielikult (joon. 174, *c*).



Joon. 174. Kahe laengu ühine tegevus.

4) Edasine laengute lähendamine annab suurendatud väljaviskelaengu tulemused (lehter laieneb ja näiline sügavus suureneb).

Selliste laengute tegevusel heidetakse purustatud kivim kaugele ja suurem osa temast kukub augu äärtele. Sellele on rajatud suurte kraavide

ning lahtiste õõnsuste tekitamine ehitustöödel ja avamistöödel 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 m³ 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 kategooria	Kivimi nimetus	q arvuline tähendus kg	
		normaalse väljaviskelaengu 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, moreensavi 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 metallurgiarãbu, pehme mergel ja ränikas savi, rähk, moreen, mis sisaldab rändkive raskusega kuni 50 kg ja mahult mitte rohkem kui 30%, pruunsüsi, pehme kivisüsi, pehmed kriitkivimid, kõva karbonisavi, kergelt tsementeerunud konglomeraat, mitmesugused pehmed kiltkivid, 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, liivakaslubjased kiltkivid, magnesiit	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, gabrodiabaas, eriliselt 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, õigemini öeldult lõhkeaine kohta, mis Trauzli pommis annab mahu suurenduse 280 cm². 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:

$$q = \frac{q_1h_1 + q_2h_2 + q_3h_3}{h_1 + h_2 + h_3} = \frac{q_1h_1 + q_2h_2 + q_3h_3}{W},$$

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 valemeid, 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 m³ kivimi kohta; kolmandaks, lõhkeaine erikulu oleneb purustatava kivimi ja laengu surutusseisukorrast.

Tähendatud puuduste vältimiseks kasutatakse järgmist valemit:

$$L = f(n)\,qW^3,$$

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:

$$f(n) = \frac{\left(W+1-k\sqrt{\frac{W+1}{W}}\right)^3}{2\sqrt{2W^3}},$$

kus k — laengu toime raadiuse ja vähima vastupanu joone suuruse vahe.

Filippovitši valem:

$$f(n) = \left(\frac{W+1}{2W}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Tabel 26.

Kivimid	Normaalne q_1 kg
1. Ülikõvad, sitked ja tihedad kvartsiidid	1,3—1,5
2. Ülikõvad 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 tihe 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 töödel 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 töödel mitme vaba pinna puhul		
Kaks vaba pinda (kaks löögi suunda 90° nurga all)	0,5	0,6
Kolm vaba pinda (kolm löögi suunda 90° nurga all)	0,3	0,4
Neli vaba pinda (neli löögi suunda)	0,2	0,24
Allmaatöödel		
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 dünamiitide 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, arvutatud Melnikovi ja Filippovitši valemiga.

Ühe m³ 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 m³ 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;

Δ — koefitsient, mis iseloomustab laadimistihedust, võetakse tabelist 29;

d — topise mõju (täiendus-) koefitsient, võetakse tabelist 30.

Tabel 30.

Jrk. nr.	Topise suurus, võrreldes lõhkeaugu pikkusega	Täienduskoefitsiendi 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 lõhkamistöödel 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) m³,
W — vähima vastupanu joon m,
l — laengu pikkus m.

Lõhkeainetarviduse leiame valemist

$$L = qV,$$

kus q — lõhkeaine hulk kg, mis on vajalik 1 m³ 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^3 lõhatava kivimi jaoks allmaatöödel ühe vaba pinnaga ees.

Kui on teada lõhkeainetarvidus 1 m^3 kivimi kohta, lõhkeaukude arv ja keskmine sügavus, leitakse kivimi maht, mis purustatakse ühe lõhkeaukude komplektiga:

$$V = Sb,$$

kus S — ee pind m^2,

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 dünamiidil 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 Protodjakonovi järgi
Kategooriad Protodjakonovi järgi	„Mintopstroi" puuritavuse klassid		
I	3—4	Väga kõvad kvartsliivakivid. Kvartsliivakivid, eriliselt kõvad liivakivid ja lubjakivid. Väga kõvad ja sitked kvartsiidid ja basaldid. Tihedad kvartsiidid, porfüürid, magnesiidid, andesiidid, basaldid ja diabaasid kihisuse tunnustega. Peeneteraline graniit . .	25—20
II	5—6	Tihedad kvartsliivakivid. Peeneteralised monoliitsed kõige kõvemad liivakivid ja lubjakivid. Tihedad peeneteralised kvartsistunud liivakivid. Keskmiseteralised graniidid ja süeniidid. Väga tihedad kvartsliivakivid ja kvartsistunud lubjakivid. Jämedateralised gneisid. Kergelt murenenud süeniidid, andesiidid, basaldid. Kvartsporfüür. Väga kõva graniit ja kvartsistunud kiltkivi. Kõva marmor ja dolomiit	15—12
III	7—8	Tihedad liivakivid ja lubjakivid nähtava kihisusega. Kõva konglomeraat. Väga kõvad rauamaagid. Kõvad lubjakivid, liivakivid. Mittekõva graniit. Püriit. Tardkivimite konglomeraat lubitsemendil. Kalkopüriit. Vähemurenenud graniit	10—8
IV	9—10	Harilik liivakivi ja lubjakivi. Liivased kiltkivid ja lubjakivid, kiltsed liivakivid, sütt sisaldavad liivakivid, kõvad kiltkivid. Murenenud graniidid, dolomiidid ja süeniidid. Tihedad boksiidid	6—5
V	11—13	Kõvad ja keskmise kõvadusega süttsisaldavad ja savikiltkivid. Pehme liivakivi ja lubjakivi. Pehme konglomeraat. Antratsiit. Pehmed liivakiltkivid ja kivisüsi. Kruusa sisaldavad setekivimitest konglomeraadid lubi- ja ränitsemendil	4—3

1 m³ lõhatava kivimi kohta massiivis kaeveõõnsustes.

Lõhkeainete nimetus	Kaeveõõnsuste rajamispõikilõiked m²							
	4—6	7—9	10—12	13—15	16—20	21—25	26—30	31—40
	Lõhkeaine kulu kg							
62%-line dünamiit	4,2	4,0	3,8	3,6	3,3	2,9	2,5	2,1
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 6 ja nr. 7	5,0	4,8	4,6	4,3	4,0	3,5	3,0	2,5
Antigrisuutne ammoniit АП-1 .	6,3	6,0	5,7	5,4	5,0	4,4	3,8	3,15
62%-line dünamiit	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,1	1,75
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 7 ja nr. 6	4,2	3,95	3,72	3,4	3,25	2,88	2,5	2,1
Antigrisuutne ammoniit АП-1 .	5,25	4,95	4,65	4,35	4,0	3,6	3,15	2,6
62%-line dünamiit	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0	1,8	1,55	1,25
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 6 ja 7	3,0	2,9	2,75	2,6	2,4	2,2	1,95	1,5
Antigrisuutne ammoniit АП-1 .	3,75	3,6	3,45	3,3	3,0	2,7	2,3	2,1
62%-line dünamiit	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,75
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 7 ja nr. 6	1,8	1,65	1,55	1,45	1,3	1,2	1,1	0,9
Antigrisuutne ammoniit АП-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 dünamiit	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7	0,6	0,5
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 7 ja nr. 6	1,2	1,15	1,1	1,0	0,95	0,85	0,7	0,6
Antigrisuutne ammoniit АП-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 Protodjakonovi järgi
Kategooriad Protodjakonovi järgi	„Mintopstroi" puuritavuse klassid		
I	3—4	Väga kõvad kvartsliivakivid. Kvartsliivakivid, eriliselt kõvad liivakivid ja lubjakivid. Väga kõvad ja sitked kvartsiidid ja basaldid. Tihedad kvartsiidid, porfüürid, magnesiidid, andesiidid, basaldid ja diabaasid kihisuse tunnustega. Peeneteraline graniit . .	25—20
II	5—6	Tihedad kvartsliivakivid. Peeneteralised monoliitsed kõige kõvemad liiva- ja lubjakivid. Tihedad peeneteralised kvartsistunud liivakivid. Keskmiseteralised graniidid ja süeniidid. Väga tihedad kvartsliivakivid ja kvartsistunud lubjakivid. Jämedateralised gneisid. Kergelt murenenud süeniidid, andesiidid, basaldid. Kvartsporfüür. Väga kõva graniit ja kvartsistunud kiltkivi. Kõva marmor ja dolomiit	15—12
III	7—8	Tihedad liivakivid ja lubjakivid nähtava kihisusega. Kõva konglomeraat. Väga kõvad rauamaagid. Kõvad lubjakivid, liivakivid. Mittekõva graniit. Püriit. Tardkivimite konglomeraat lubitsemendil. Kalkopüriit. Vähemurenenud graniit	10—8
IV	9—10	Harilik liivakivi ja lubjakivi. Liivased kiltkivid ja lubjakivid, kiltsed liivakivid, sütt sisaldavad liivakivid, kõvad kiltkivid. Murenenud graniidid, dolomiidid ja süeniidid. Tihedad boksiidid	6—5
V	11—13	Kõvad ja keskmise kõvadusega süttsisaldavad 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 m³ lõhatava kivimi jaoks pinnaga kaeveõõnsustes.

Lõhkeainete nimetus	Kaeveõõnsuste rajamispõikilõiked m²							
	4—6	7—9	10—12	13—15	16—20	21—25	26—30	31—40
	Lõhkeaukude kogupikkus 1 m³ kivimi kohta							
62%-line dünamiit	6,0	5,7	5,4	5,1	4,7	4,1	3,5	3,0
Pressitud ammoniit nr. 6 . . .	7,5	7,3	7,0	6,5	6,0	5,3	4,55	3,8
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 6 ja nr. 7	9,62	9,1	8,7	8,14	7,6	6,63	5,68	4,74
Antigrisuutne ammoniit AП-1 .	13,8	13,31	12,3	11,84	11,0	9,65	8,33	6,8
62%-line dünamiit	5,0	4,7	4,4	4,1	3,8	3,4	3,0	2,5
Pressitud ammoniit nr. 6 . . .	6,0	5,6	5,3	5,0	4,6	4,1	3,6	3,0
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 6 ja nr. 7	8,0	7,5	7,0	6,6	6,1	5,45	4,8	4,0
Antigrisuutne ammoniit AП-1 .	11,5	10,8	10,2	9,5	8,75	7,88	6,9	5,45
62%-line dünamiit	3,6	3,4	3,25	3,1	2,85	2,55	2,2	1,8
Pressitud ammoniit nr. 6 . . .	4,3	4,1	3,9	3,75	3,4	3,1	2,8	2,1
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 6 ja nr. 7	5,7	5,45	5,2	5,0	4,55	3,9	3,7	2,8
Antigrisuutne ammoniit AП-1 .	8,2	7,9	7,55	7,3	6,6	5,9	5,0	4,6
62%-line dünamiit	2,2	2,0	1,85	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1
Pressitud ammoniit nr. 6 . . .	2,7	2,55	2,35	2,2	2,0	1,8	1,65	1,35
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 6 ja nr. 7	3,4	3,2	2,95	2,25	2,5	2,3	2,05	1,7
Antigrisuutne ammoniit AП-1 .	4,9	4,6	4,25	3,95	3,6	3,3	2,95	2,45
Antigrisuutne ammoniit nr. 8 .	5,6	5,2	2,8	4,4	4,1	3,7	3,35	2,8
62%-line dünamiit	1,45	1,35	1,28	1,2	1,15	1,0	0,85	0,7
Pressitud ammoniit nr. 6 . . .	1,8	1,37	1,65	1,55	1,45	1,3	1,1	0,9
Teraline dinaftaliit nr. 1, ammoniidid nr. 6 ja nr. 7	2,3	2,15	2,05	1,95	1,9	1,6	1,35	1,15
Antigrisuutne ammoniit AП-1 .	3,3	3,15	2,59	2,8	2,65	2,3	1,95	1,65
Antigrisuutne ammoniit 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 soovitav, 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 abilisega, väheneb see aeg kahekordselt.

F. Lõhkamistööde teostamine.

1. Üldandmed.

Lõhkamistöödel 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 töödel ja allmaakaevandustes, milles ei ole gaasi- ega tolmuohtu.

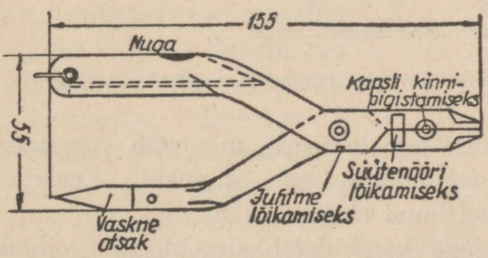
Tulega süütamine on keelatud gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes ning vertikaalsete ja kallakate kaeveõõnsuste rajamisel, kui kallakus on üle 30°.

Ettevalmistus tulega süütamiseks algab sellega, et kontrollitakse hoolikalt süütenööri kõlblikkust ja kõik tema kahtlased kohad lõigatakse välja. Nöörivihi (-rõnga) otstest, kus südamik võib olla murenenud, lõigatakse ära 5 cm pikkused tükid. Ülejäänud nöör lõigatakse vajaliku pikkusega lõikudeks. Lõikamisel peab tarvitama teravat nuga.

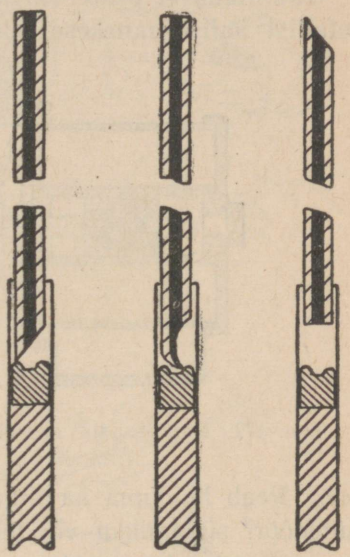
Lõikude pikkus oleneb lõhkeaukude sügavusest. On nõutav, et hõlp-

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 Ministeeriumi ohutusjuhendis on keelatud alla 1 m pikkuste süütenööri-lõikude kasutamine (Raua ja Värviliste Metallide Tööstuse Ministeeriumi ohutusjuhendites on see arv 1,5 meetrit).

Kui ees süüdatakse üheaegselt mitu laengut, siis nõutakse süütamise aja kontrolliks kontrollnööri tarvitamist. Kontrollnöör 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. Kontrollnöör asetatakse nii, et ta oleks laengute süütamise ajal vähemalt 5 m kaugusel mineerijast. Laengute süütamisel süüdatakse kõige enne kontrollnöör. Kontrollnööri detonaatori plahvatusel peab mineerija lõpetama süütamise ja eemalduma ohutusse paika.

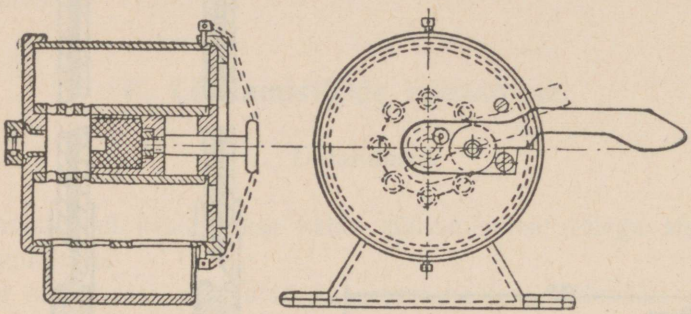
Süütenööri lõikude otsad, mis suunatakse kapseldetonaatorisse, lõigatakse risti nööri teljega ja vastaspoolsed otsad, mis on määratud süütamiseks, lõigatakse viltu, et hõlpsam oleks süüdata.

Enne süütenööriga ühendamist kontrollitakse kapseldetonaatorit vaatluse teel ja koputatakse lahtist otsa allapoole hoides kergelt sõrmeküünele,

et kõrvaldada juhuslikku prügi, mis võis temasse sattuda. Süütenööri ots lükatakse kergelt kapseldetonaatorisse kuni laenguni, kusjuures nööri 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.

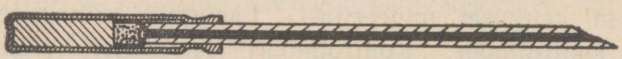
Kinnitamisel peab valvama, et pigistuskoht ei tuleks lõhkeaine ega metallist kaitsekaanekese lähedale: eksimine selles võib tekitada plahva-



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 sisemise läbimõõdu suurus, ja lükatakse see ots siis kesta sisse, laengut hoidva kaanekese vastu. Et kapseldetonaator süütenööri otsast ära ei libiseks, mähitakse ühenduskoha ümber tükike kleepuvat isoleerpaela.



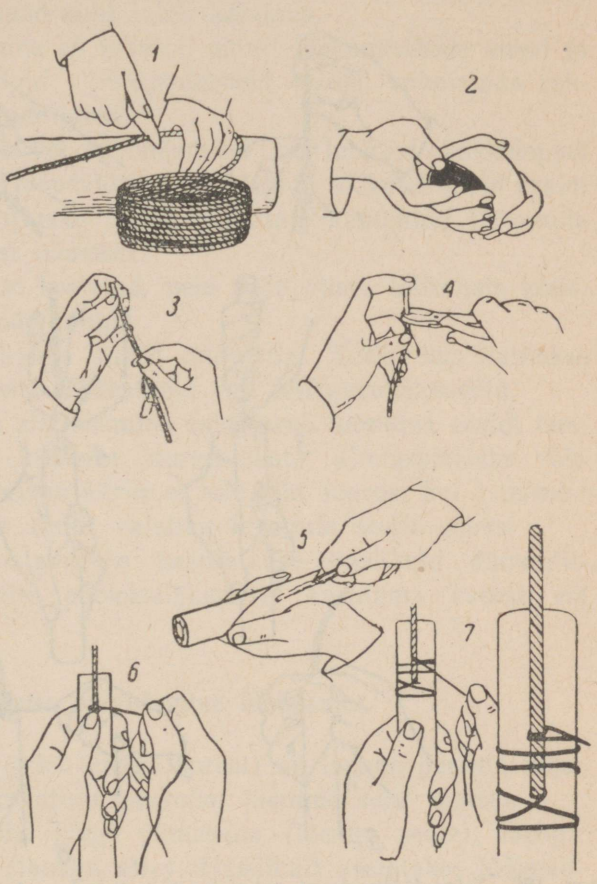
Joon. 178. Süütenööri õige paigutus kapseldetonaatorisse.

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.



Joon. 179. Süütenööri kinnitamine kapseldetonaatori külge ja üks lõökpadruni valmistamise viisidest: *1* — süütenööri lõikudeks lõikamine, *2* — kapseldetonaatori karbist väljavõtmine, *3* — kapseldetonaatori asetamine süütenööri otsa, *4* — kapsli kinnipigistamine, *5* — augu tegemine lõhkeainepadruni küljele terava puupulga abil, *6* — kapseldetonaator on paigutatud auku (sidumise algus), *7* — sidumise lõpp.

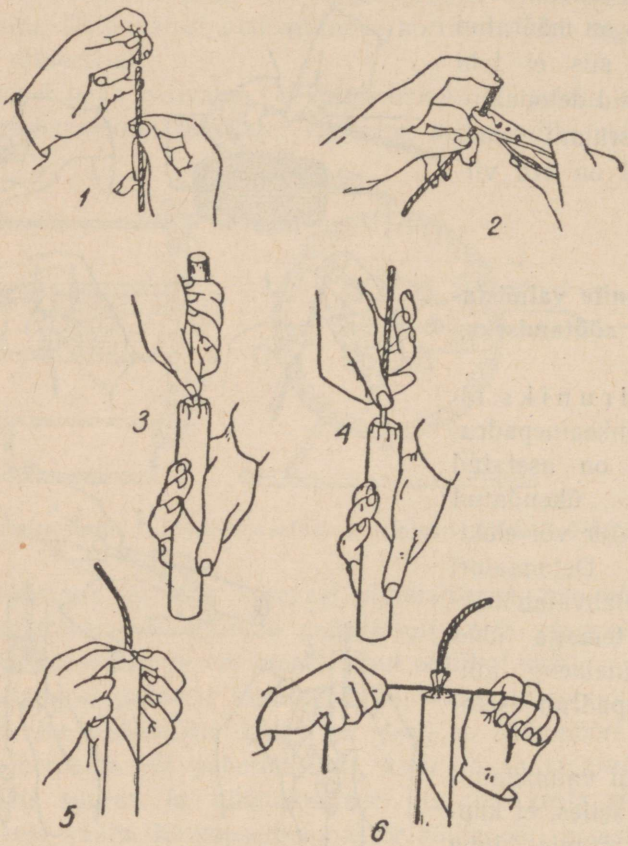
3. Lõökpadrunite valmistamine tulega süütamiseks.

Lõökpadruniks nimetatakse lõhkeainepadrunit, millesse on asetatud süütenööriga ühendatud kapseldetonaator või elektridetonaator. Detonaatori lõhkemisest plahvatab lõökpadrun ja temaga ühes kogu lõhkeainelaeng, millesse on lõökpadrun asetatud.

Lõökpadruni valmistamine seisnebki selles, et kapseldetonaator, mis juba varem on ühendatud süütenööriga, kinnitatakse lõhkeainepadrunisse. Selleks tehakse lõhkeainepadrunisse puupulgakesega auk, asetatakse sellesse auku detonaator ja pannakse kindlalt kinni. Lõökpadruneid valmistatakse mitmel

viisil; joonistel 179 ja 180 on esitatud kaks levinumat valmistusviisi. Viimane neist on NSV Liidus laialt kasutatav lõõkpadrunite valmistusviis.

Kui lõõkpadruni valmistamiseks kasutatakse kergesti põlemasüttivaid lõhkeaineid (dünamiit), siis ei tohi detonaatorit asetada sügavamale lõhkeainesse kui $\frac{2}{3}$ kapsli pikkusest. Vastasel korral võib lõhkeaine süüte-



Joon. 180. Teine lõõkpadruni valmistamise viis: *1* — kapseldetonaatori asetamine süütenööri otsa, *2* — kapsli kinnipigistamine, *3* — augu tegemine lõhkeainepadruni lahtivõetud otsa terava puupulga abil, *4* — detonaatori paigutamine auku, *5* — lahtivõetud padruni paberkesta asetamine süütenööri ümber, *6* — paberi kinnisidumine süütenööri ümber.

nööri põlemisest hakata põlema enne detonaatori plahvatust. Ammoniidi puhul pole see ettevaatusabinõu nõutav.

Pulbriliste lõhkeainete puhul, nagu ammoniidid, ei ole igakord võimalik detonaatori jaoks pulgaga süvendit teha, sest kuiv pulbriline lõhkeaine

vajub pärast pulga väljatõmbamist kokku. Säärasel juhul puistatakse padrunist osa lõhkeainet välja, asetatakse detonaator ühes süütenööriga kohale ja puistatakse lõhkeaine padrunisse tagasi.

Märgade töökohtade jaoks valmistatud löökpadrunid peavad olema kaetud niiskuskindla isolatsiooniga.

Kasutamata jäänud löökpadrunid tuleb hävitada.

Löökpadrunite valmistamine on lubatud ainult lõhkamistööde 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) Löökpadrunite 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.

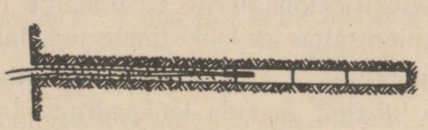
3) Löökpadrunite kottide allalaskmine šahti peab toimuma eraldi teistest lõhkematerjalidest, ilma inimeste juuresolekuta; allalaskmiseks võib kasutada tõsteseadeldisi, kusjuures kiirus ei tohi olla suurem kui 1 m/sek.; löökpadruneid võib alla lasta ainult vajaliku laengute seeria jaoks.

Kui löökpadrunite valmistamiseks kasutatakse poolikuid dünamiitpadruneid, siis peab padrunite poolekslõikamisel kasutama vasest või luust nuga.

4. Löökpadrunite paigutamine lõhkeauku.

Pikemates lõhkeaukudes (pika laengu korral) on laengu parema detoneerimise saavutamiseks löökpadruni asukohal laengus suur tähtsus.

Löökpadrunit võib asetada: kõige viimasena (laengu peale), laengu keskele või lõhkeaugu põhja (laengu alla). Harilikult asetatakse löökpadrun kõige viimasena, s. o. laengu peale või laengu keskele.

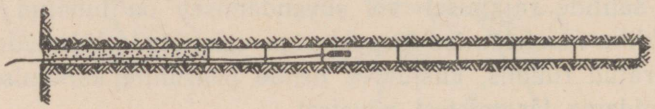


Joon. 181. Löökpadruni õige paigutus.

Kui asetada löökpadrun 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).

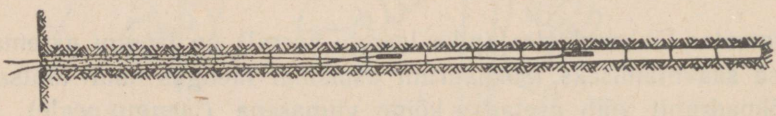
Kui löökpadrun on asetatud laengu peale, siis gaaside surve suurenemine on suunatud lõhkeaugu põhja poole. See asetusviis tagab lõhkeaine paremat kasutamist (joon. 181). Pika laengu puhul ei ole aga detonatsioonilaine küllaldane kõikide padrunite detoneerimiseks ja lõhkeaugu põhja võib jääda lõhkemata padruneid.



Joon. 182. Löökpadruni paigutus pikendatud laengu puhul.

Kui laengud on suuremad, siis asetatakse löökpadrun laengu keskele. Teoreetiliselt peaks see asetus andma parima tulemuse seepärast, et detoneerimine algab laengu keskelt korraga 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 süütenööri kasutamise



Joon. 183. Kahe löökpadruni 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 löökpadrunit laengu keskele.

Löökpadruni laengu keskele asetamisel on soovitav, et löökpadrun 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 löökpadrunit, asetades need nii, nagu on näidatud joonisel 183.

Pika laengu parimaks detoneerimiseks on soovitav kasutada laengu keskel kumulatiivtoimega padruneid, mis suurendavad detonatsiooni kiirust ja garanteerivad kõikide padrunite plahvatuse.

5. Lõhkeaukude laadimine.

Lõhkeaukude laadimisel kasutatakse peale lõhkeaine ja löökpadrunite veel topismaterjali, millega täidetakse laengust vabaksjäänud augu osa. Tööriistaks laadimisel on laadimisvarras. Padrundamata ammoniitide laadimisel kasutatakse peale tähendatu veel lehtrit 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 kulgevat soont. See ots on tugevdatud vasest otsavõruga. Laadimise ajal pööratakse soon süütenööri 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 toestik ees 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 löökpadruni koht laengus määratakse varem kindlaks. Kui lõhkeaugu laadimine lõhkeainega on lõpetatud, täidetakse ülejäänud lõhkeaugu osa topisega.

Plastiliste dünamiitide 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 (lahtise) 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 lehtrit.

Sügavatesse allapoole suunatud lõhkeaukudesse ei tohi dünamiitpadruneid 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, määritakse padrunite küljed saviga, seejuures peab toimima nii, et savi ei satuks padrunite vahele. Padrunite vahele sattunud savi, puurimispuru, kivimitükikesed jne. takistavad plahvatuslainet ja osa laengut võib jääda plahvatamata, mis põhjustab kogu lõhkeaukude komplekti nurjumise.

Eespool on tähendatud, et lõhkeaine parema kasutamise seisukohalt täidetakse laengust ülejäänud lõhkeaugu osa täitematerjaliga — topisega.

Topise ülesanne on ära hoida lõhkegaaside väljumist lõhkeaugust. Topis väldib ka ülemääraste mürkgaaside tekkimist. Gaasi- ja tolmuohtlikes 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. Säärased topised valmistatakse maa peal ja tuuakse kaevandusse tarvitamiseks.

Topise materjal surutakse laadimisvardaga kergelt laengu peale osade kaupa (nagu padrunid) ja viimase 30 cm ulatuses võib topist laadimisvarda löökidega tihendada.

6. Lõhkamise kord.

Lõhkamistööde juhendi kohaselt on keelatud laadimis- ja lõhkamistööde 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.). Helisignaale antakse neli [1].

Esimene (hoiatav) signaal antakse enne laadimistöö algust. Kõik kõrvalised isikud peavad minema ohutusse paika. Valvepostid ja signaallipud või -tuled pannakse välja. Mineerijad alustavad laadimist.

Teine (etteteatav) signaal antakse siis, kui lõhkamistööde läheduses enam inimesi ei ole. Mineerijad valmistuvad süütenööride 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 elektridetonaatorisse.

Neljas, 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 [süütenööri minimaalse pikkuse ja kontrollnööri (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.

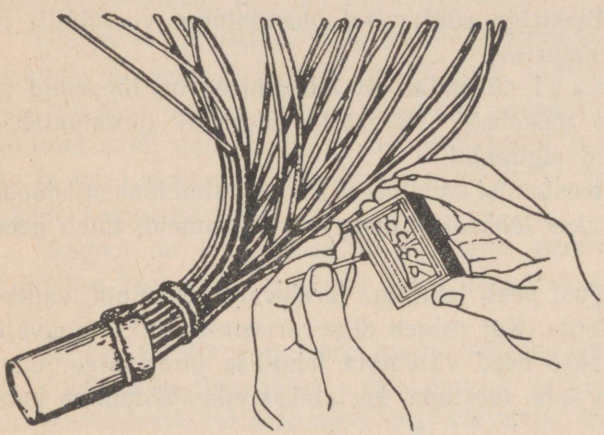
---

[1] Ruumi säästmiseks on seletused toodud lühendatult. Täielikud juhendid leiduvad raamatus „Правила безопасности при ведение взрывных работ". Утв. НКТП СССР от 23 IX 1939 г. § 242.

Süütenööri süütamine on lubatud hõõguva tahiga, süütenööriga 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 süütenööride otsad jäetakse nii pikaks, et neid on võimalik ühte kimpu koguda. Laengud, mis järjekorras enne peavad lõhkema (algmurde-lõhkeaugud), varustatakse lühemate süütenööridega ja järgmised kordkorralt pikematega. Kimbu ots lõigatakse tasaseks ja kaetakse erilise padruniga (joon. 185), mille põhjas on intensiivselt põlev aine (85% püssirohtu, 10% naftaliini ja 5% kampolit), mis süüdatakse erilise 15—20 cm pikkuse süütenöörilõiguga põlema. Padrunist süttivad kõik süütenöörid ja laengud lõhkevad süütenööride pikkuse järjekorras. Kimpe võib olla ees rohkem kui üks (2—4). Siis kogutakse ühte kimpu kõik ühepikkused nöörid. Näiteks algmurde-lõhkeaugud varustatakse lühemate süütenööridega ja need kõik kogutakse ühte kimpu, teise kimpu kogutakse järelmurde-aukude süütenöörid, mis pikkuselt on järgmised ja järgmisena peavad lõhkema, jne. Kimpude süütamine toimub ka nööride pikkuse järjekorras. Nii võib ohutult süüdata piiramata arvu laenguid ühes ees.



Joon. 185. Süütamine kimpu kogutud süütenööridega.

Kui juurdepääs lõhkamiskohale on raskendatud ja nõuab eriliste seadiste kasutamist, nagu redelid, trepid, nöörid 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 korraga süüdata (üks või kaks mineerijat) mitte rohkem kui 16 süütenööri. Pikkades tootmisetes kaevandustes, kus pole tolmu- ja gaasiohtu, ei ole süütamiste 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 lõhkamistööde 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 korraga 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 korraga.

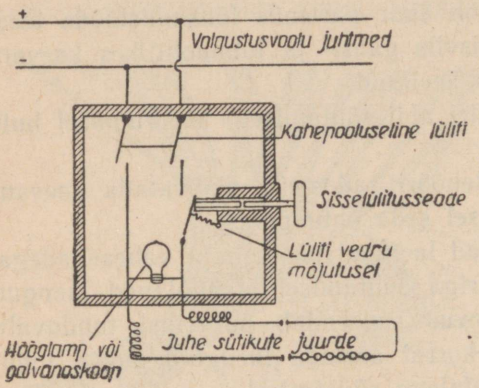
8. Elektrivoolu allikad ja mõõtevahendid.

Lõhkamistöödel 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.

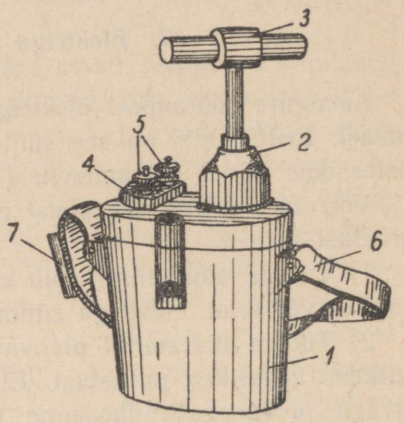
Valgustusvoolu ei tohi kasutada gaasi- ja tolmuohtlikes kaevandustes,

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 elektridetonaatorite süütamiseks.



Joon. 187. Süütemasina ПМ-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.

Šahtide süvendamisel ja töödel, kus lõhkamistööde koht pole kiiresti edasiliikuv, on soovitav kasutada valgustusvoolu.

Edasiliikuvatel ja laialipaisatud töökohtadel on mõnusam ja käepärasem süütemasinate kasutamine, mis on seetõttu ka laialt levinud.

Süütemasinad 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.

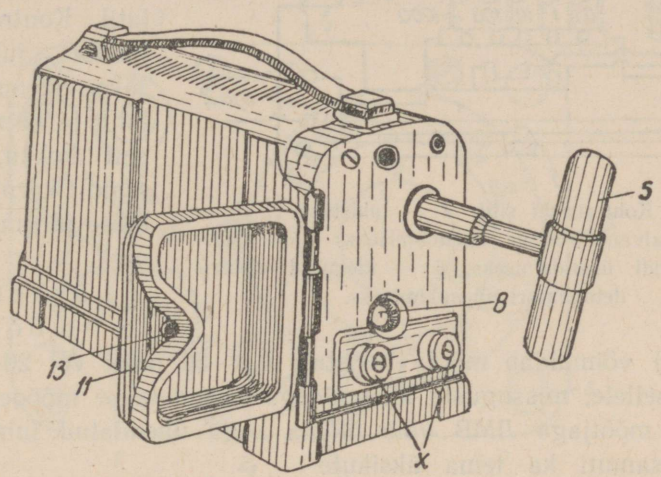
Nõukogude vabrikud valmistavad kahte tüüpi dünamo-elektrisüütemasinaid: ПМ-2 (joon. 187) 25 järjestikku ühendatud laengu jaoks ja ПМ-1 (joon. 188) kuni 100 järjestikku ühendatud laengu jaoks.

Gaasi- ja tolmuohtlike kaevanduste jaoks valmistatakse süütemasinaid ПМ-3Г, mis erinevad ПМ-2-st põhimiselt sellega, et nad on sädemeohutud.

Elektriga süütamisel on vaja kontrollida elektridetonaatorite 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 ЛМВ, millega saab mõõta takistusi 0,2 oomist kuni 5000 oomini, oommeetrit ja teisi.

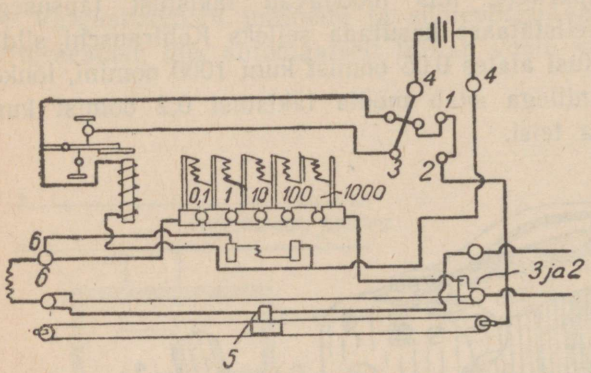


Joon. 188. Süütemasin ПМ-1: *5* — võti, *8* — ava vedru üleskeeramiseks, *11* — uks, *13* — ukse sulgemise vint, *x* — klemmid juhtmete kinnitamiseks.

Kohlrauschi sild (joon. 189) koosneb reast takistustest ja reostaadist, mis on monteeritud ühisele plaadile. Kohlrauschi sillaga võib mõõta vedelate ja kõvade kehade takistusi. Lõhkamistöödel on vaja mõõta kõvade kehade (elektridetonaatorid, traadid) takistusi. Selleks ühendatakse Kohlrauschi sillaga veel galvanomeeter. Aparaadi 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 proovitav 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 lükatakse reostaadi nihkurit *5* paremale või vasakule seni, kuni galvanomeetri osuti näitab nulli. Kui galvanomeetri osuti näitab nulli, siis näitab nihkuri osuti elektridetonaatori takistuse suurust mõõtelatil. Kontrollitud detonaatori juhtmed võetakse klemmide küljest lahti ja keeratakse endiselt kokku, asetatakse eraldi karpi ja alustatakse järgmise kontrollimist.

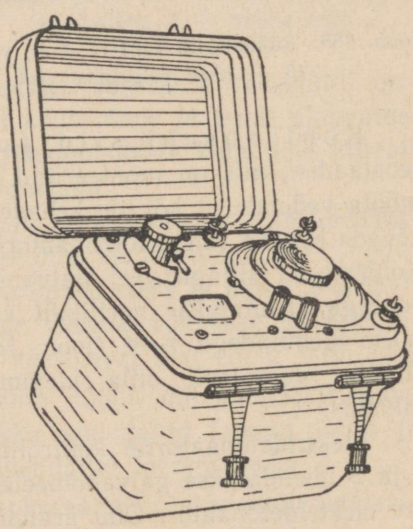


Joon. 189. Kohlrauschi sild: *1* — takistus, *2*, *3* — klemmid galvanomeetriga ühendamiseks, *4* — klemmid elemendi ühendamiseks, *6* — klemmid elektridetonaatori ühendamiseks.

Lõhketakistuste mõõtja ЛМВ (joon. 190) võimaldab mõõta takistusi 0,2—50 oomi või 20—5000 oomi vastavalt sellele, missuguste klemmidega ühendatakse mõõdetav takistus. Takistuste mõõtjaga ЛМВ võib mõõta kogu ühendatud juhtmete võrgu takistust, samuti ka tema üksikute lülide ning üksikute elektridetonaatorite takistust.

Suuri takistusi mõõdetakse ühendamisega klemmide 1_2 ja 1_3 külge (joon. 191) ja väikesi takistusi — ühendamisega klemmide 1_1 ja 1_3 külge. Vooluallikaks on aparaadis kuivelement pingega 1,5 V.

Mõõtjat ЛМВ kasutatakse järgmiselt: algul vabastatakse galvanomeetri osuti pidurist, lükates piduri äärmisesse vasakusse asendisse. Seejärel ühendatakse klemmid 1_1 ja 1_3 metallesemega (joon. 191) ja surutakse nupule 2_1. Samal ajal vaadatakse galvanomeetri osutile. Kui osuti kaldub täielikult kõrvale oma esialg-

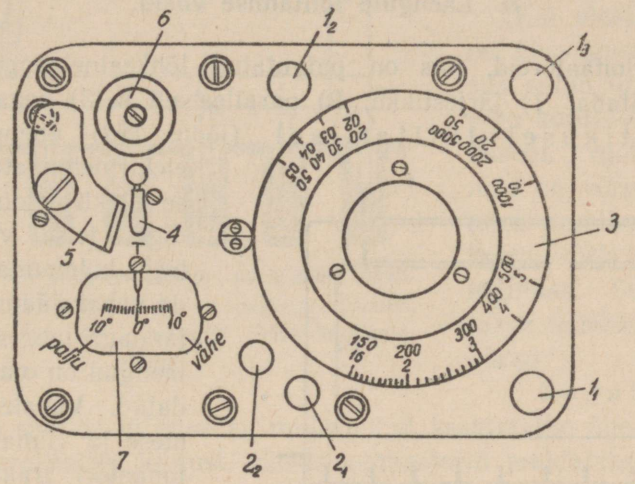


Joon. 190. Lõhketakistuste mõõtja ЛМВ üldvaade.

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 aparaadi 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 1_1 ja 1_3, rõhutakse nupule 2_1 ja pööratakse suurt ketast seni, kuni



Joon. 191. Lõhketakistuste mõõtja JIMB pealtvaate skeem. (Numbrite 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 1_2 ning 1_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 mõõteosuti vastas on ketta jaotus üle 50 oomi, siis tähendab see, et voolu ühendus on katkenud.

Mõõtjat JIMB võib kasutada kui oommeetrit ka juhtmete isolatsiooni vigastuste ja nende katkenud kohtade leidmiseks.

Lõhketakistuste mõõtjat JIMB peetakse senini parimaks kontroll- ja mõõtevahendiks lõhkamistöödel elektridetonaatoritega.

Kaevanduses, kus kasutatakse elektriga süütamist, peab olema üks

ülaltähendatud mõõtevahendeist, suur oommeeter või mõni teine aparaat, mis võib täita vastavaid ülesandeid.

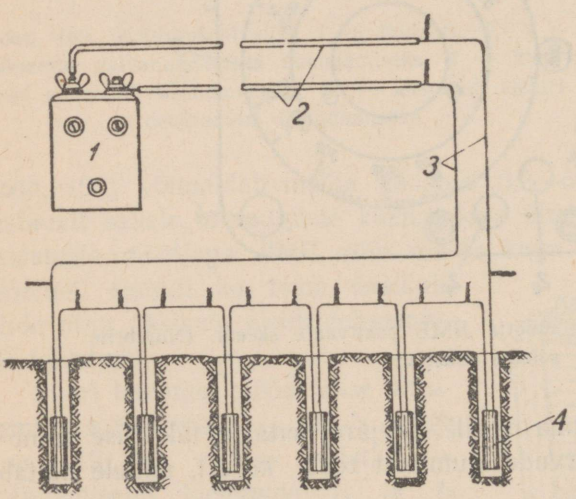
Kasutades neid vahendeid, võib alati vältida tõrkeid elektriga süütamisel. Lõhkamistöödele minnes peavad mineerijal kaasas olema korralikult proovitud elektridetonaatorid, kontrollitud, korraliku isolatsiooniga juhtmed ja korrasolevad mõõte- ning süütamisvahendid.

Kõik mõõteriistad tuleb hoida kuivas ja soojas kohas.

9. Laengute lülitamise viisid.

Elektridetonaatoreid, mis on paigutatud lõhkeainelaengutesse, võib omavahel lülitada: 1) järjestikku, 2) paralleelselt ja 3) segalülituslikult.

Järjestikusel lülitamisel (joon. 192) ühendatakse üks elektridetonaatori traat teise elektridetonaatori traadiga, teise vabaksjäänud traat kolmandaga, kolmanda vabaksjäänud traat neljandaga jne., seni kui kõik laengud on omavahel ühendatud. Vabaksjäänud esimese ja viimase elektridetonaatori 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 detonaatorite sütikud ühesuguse tugevusega ja seepärast ei või ühte võrku lülitada elektridetonaatoreid, millede takistus erineb rohkem kui 0,3 oomi.

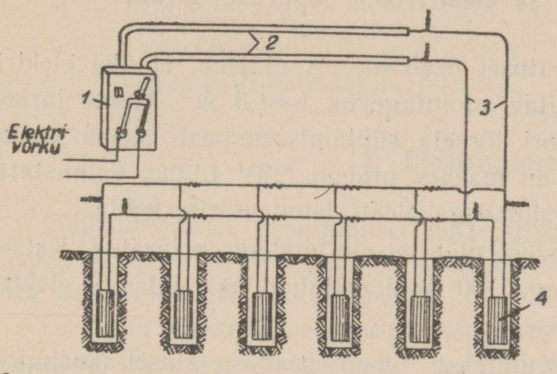


Joon. 192. Elektridetonaatorite järjestikune lülitamine: *1* — süütemasin, *2* — magistraaltraadid, *3* — otsatraadid, *4* — laengud elektridetonaatoritega.

Paralleelse lülitamise korral (joon. 193) võetakse kaks traati, asetatakse nad rööbiti ja ühendatakse nendega elektridetonaatorite

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.

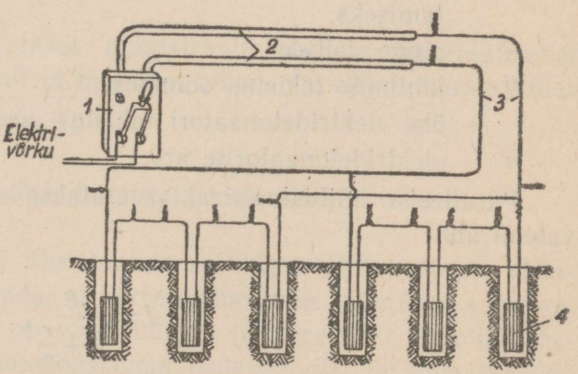
Elektrivool, juhituna vooluallikast säärasesse ühendusvõrku, hargneb igasse elektridetonaatorisse eraldi ja, läbinud need, ühineb jälle ühte juhtmesse.



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 tarvitatakse 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.

Elektrisüütemasinate

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 meeles 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 — elektridetonaatorite arv grupis,
r — ühe elektridetonaatori takistus.

11. Elektrijuhtmed.

Lõhkamistöödel kasutatakse peaasjalikult kummiga isoleeritud juhtmeid, mis on niiskuskindlad ja väldivad seega võimalikke lühiühendusi ning kaitsevad hulkurvoolude eest.

Üksikute elektridetonaatorite vaheliseks ühenduseks, nende juhtmete jätkamiseks ja otsatraatideks on soovitav kasutada traati ПВМ, mis on isoleeritud kummiga ja kaetud pealt puuvillkoega.

Märgades töökohtades kasutatakse traati ПР, 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 elektridetonaatorite asukohta vooluallikaga, kasutatakse veekindla isolatsiooniga traati, mille läbilõige ei tohi olla alla 1,5 mm².

Kuivades töökohtades võib kasutada detonaatorite ühendamiseks kellatraati ЗП (diameeter 0,5—0,8 mm), mis on isoleeritud kahekordse parafineeritud niitkoega.

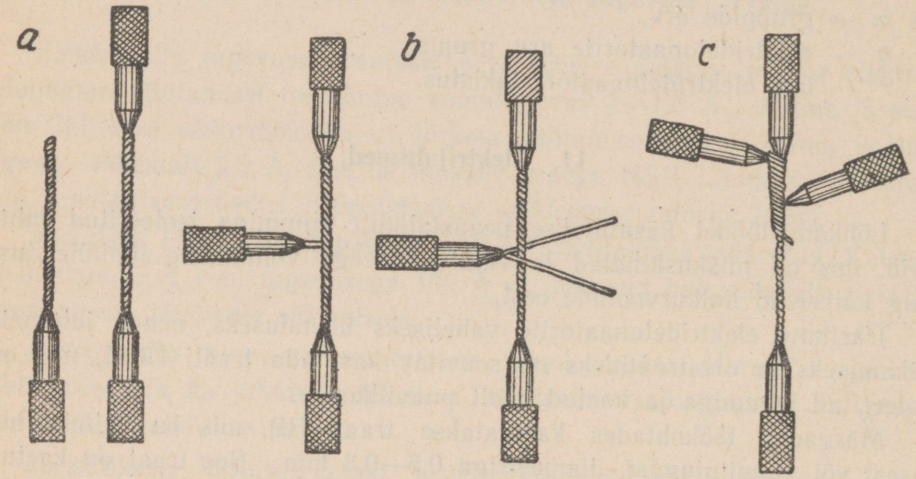
Šahtide rajamisel kasutatakse magistraaljuhtmeteks kahejuhtmelist kaablit, mis on hästi isoleeritud ja mida on hõlpus trumlitele kerida (üles tõstes ja alla lastes).

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 hõõruma. Seda tehakse seepärast, et metallide pealispinnal on hapnikuga ühinenud kord, mis suurendab takistust ja võib põhjustada tõrget.

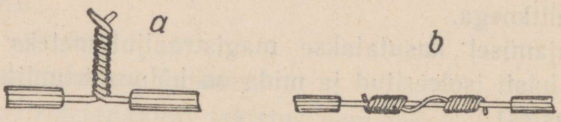
Juhtmete otsad vabastatakse isolatsioonist 5 cm pikkuselt, puhastatakse kuni läikimiseni ja keeratakse kokku nii, nagu on näidatud joonisel 195.

Alalised ühendused, mis tehakse magistraaltraatide juures, tuleb kokku joota.



Joon. 195. Voolujuhtmete ühendamise viisid: *a* — harilik jätkamine, *b* — haru ühendamine, *c* — mitme haru ühendamine.

Ühenduskohtade isoleerimiseks kasutatakse kummilinti, kummiliimi ja kleepuvat isoleerpaela. Alguses kaetakse ühenduskoht pinguletõmmatud



Joon. 196. Ajutised (lihtsustatud) ühendused: *a* — otste kokkukeeramisega, *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.

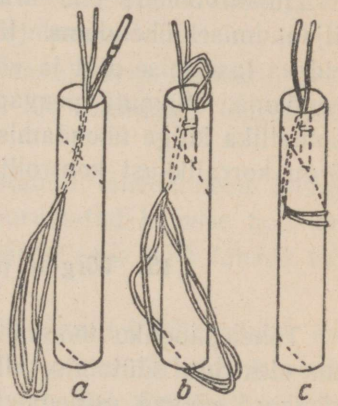
13. Elektridetonaatoritega lõõkpadrunite valmistamine.

Lõõkpadruneid valmistatakse ainult töökohal. Mineerijal peavad kaasas olema proovitud, ühesuuruse takistusega elektridetonaatorid.

Lõõkpadruneid võib valmistada kahel viisil. Esimene nendest ei erine eespoolkirjeldatud, tulega süüdatavate lõõkpadrunite 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.



Joon. 198. Lõõkpadrunite valmistamine elektridetonaatorite kasutamisel: *a*, *b*, *c* — valmistamise järjekord.

Topise lõhkeauku paigutamisel peab hoidma vasaku käega juhtmetraatidest kinni, et traate mitte ühes topisega lõhkeauku lükata.

Kui traadid on ühendatud, peab enne süütamist kontrollima võrgu ühenduste korralikkust. Kontrollimise ajal peavad kõik inimesed olema eemaldunud ohutusse paika.

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 minöör 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 ilmneda 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 omavahelisel 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. Märgades kohtades peab kasutama ainult kummi-isolatsiooniga traate. Elektridetonaatorite juhtmed peavad olema kummi-isolatsiooniga, vastasel korral on tõrked möödapääsmatud. Kellatraadist juhtmetega detonaatoreid 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 elektridetonaatoriga, 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 kaevise hoolikalt läbi vaatama ja lõhkeaine ära korjama; alles pärast seda võib lubada töölistel 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 tööees mingisuguseid teisi töid.

17. Leegita lõhkamise viisid.

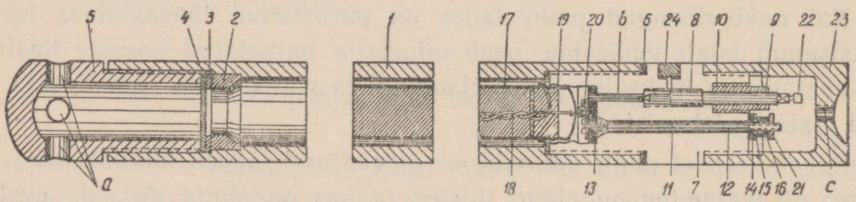
Kõik kaasaegsed lõhkeained põhinevad keemilisel reaktsioonil, millega kaasub hulgalise soojuse eraldumine ja leegi tekkimine. Leegita lõhkamise viis põhineb seevastu puhtfüüsikalisel nähtusel — aine vedelast olekust gaasilisse olekusse üleminekul. Selle ülemineku juures ei teki soojust ega leeki ja seepärast nimetataksegi seda lõhkamise viisi *leegita lõhkamiseks*. Protsessi algatamiseks kasutatakse ka siin kuumutamist.

Leegita lõhkamisel kasutatakse veeldatud süsihappegaasi (CO_2), mis kuumutamisel üle 31° 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° muutub mistahes surve all gaasiks.

Kardoks- ja hüdrokspadrunid valmistatakse heast terasest, millest gaasid pääsevad lõhkeauku rauast tihendussõõri purustamisel.



Joon. 199. Kardokspadrun. (Numbrite 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 kuumutuselement *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 elektrisütikut, 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 seintele, 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 ventiilklappide 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 antigrisuutsed lõhkeained pole lubatud, nagu äkilise gaasieraldumisega kaevandustes. Leegita lõhkamine on täiesti ohutu. Tema puuduste hulka kuuluvad:

1) padrunite suuremõõdulisus ja raskus,
2) padrunite laadimisjaama sisustuse keerukus,
3) padruni enda suhteline keerukus,
4) jämedate lõhkeaukude puurimise vajadus.

IV OSA.

RÕHTSATE JA KALLAKATE KAEVEÕÕNSUSTE RAJAMINE.

A. Rõhtsate kaeveõõnsuste rajamine.

1. Üldised märkused.

Kaeveõõnsusi tuleb rajada mitmesuguste omadustega kivimites, mis sageli lasuvad erinevates tingimustes.

Vastavalt kivimite omadustele ja mäetööde teostamise tingimustele jagatakse kaeveõõnsuste rajamise tööd järgmiselt:

1) horisontaalsete kaeveõõnsuste rajamine, mille hulka kuuluvad: a) rajamine ühtlastes kõvades kivimites, b) rajamine ühtlastes pehmetes ja pudedates kivimites, c) rajamine erineva kõvadusega kivimites,
2) kallakate kaeveõõnsuste rajamine,
3) vertikaalsete kaeveõõnsuste rajamine.

Kaeveõõnsuste rajamisel esineb kaks tööde rühma: 1) põhitööd ehk kaevuritööd, mis tehakse otseselt ees (kivimite eraldamine üldmassist, nende koristamine ja kaeveõõnsuste toestamine); 2) abitööd (transport, vee kõrvaldamine jne.), mis tagavad põhitöödele normaalsed töötingimused. Põhitöid ilma alatise toestamiseta nimetatakse kaeveõõnsuse läbindamiseks.

Rajamistööd korduvad kindlas järjekorras ja moodustavad rajamistööde tsükli. Kaeveõõnsuse ee edasiminekut tsüklis nimetatakse ee edasinihkesammuks (-järguks) ehk edasinihkeks.

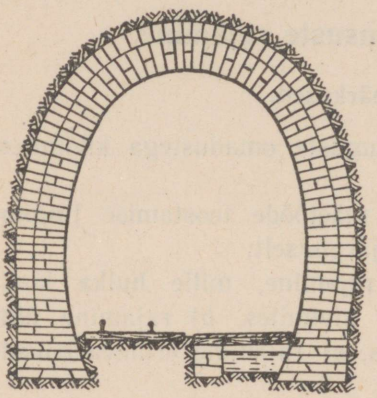
Rajamistööde tsükli kestus on tihedalt seotud abitööde organiseerimisega, mis peab looma põhitööde teostamiseks normaalsed tingimused. Abitöid tehakse rööbiti põhitöödega.

Tööde tsükli õigest organiseerimisest ja teostamisest oleneb tööplaani täitmine ja ületamine. Seepärast peab tsükli korraldamisele ning organiseerimisele osutama pidevat ja küllaldast tähelepanu.

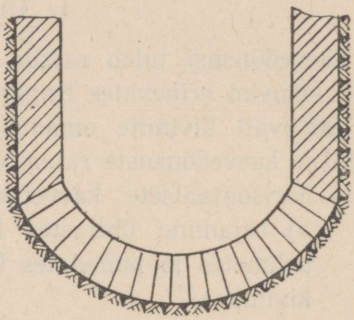
Rõhtsate kaeveõõnsuste põikilõike kuju oleneb läbitavate kivimite püsivusest, toestusmaterjalist ja kaeveõõnsuste kasutamise ajast.

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 kverščlagid) 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 veovahendite gabariitidest, transpordiseadeldistest (konveierid, transportöörid), rööbasteede arvust, tööliste liiklemise viisist ja õhu hulgast, mida peab läbi laskma kaeveõõnsus.

Kaeveõõnsuse põikilõike mõõtmete määramisel peab eelkõige 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.

Kivisöekaevanduste 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^3	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-ТР-2	П-ТР-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 pinge	V	250	250	250	250	250

B. Akumulaator-elektrivedurid.

	Mõõdu-ühik	П-АР-1	П-АР-2	1-АЛТ-1	1-АР-113	3-АР-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
Tunnikiirus	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 rohkemateeline, ei tohi olla väiksem kui 200 mm.

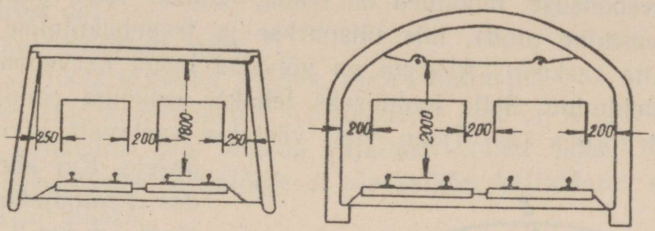
Rõhtsates kaeveõõnsustes, kus toimub vedu vagonettidega, on lubatud käimine ainult siis, kui selleks on jäetud kõnnitee vastavalt normidele, mis on antud tabelis 36.

Tabel 36.

Transpordi liiklemiskiirus m/sek.	Kõnnitee laius ühel pool ääres
A. Ühe rööbasteega kaeveõõnsused kõigil kiirustel	Mitte vähem 0,7 m
B. Kahe rööbasteega kaeveõõnsused:	
Kuni 1,5	Kõnnitee ei ole sunduslik
Üle 1,5	Mitte vähem 0,7 m
C. Köisveo korral kõigil kiirustel	Mitte vähem 0,7 m

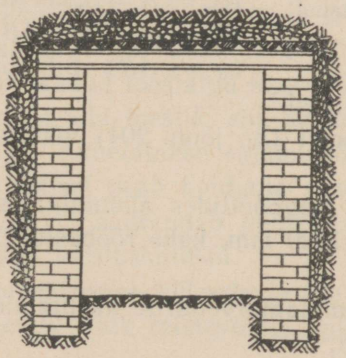
Kohtadel, kus vagonette kokku ja lahti haagitakse, peab olema ühe rööbastee korral vähemalt 0,7 m laiune vaba läbikäiguruum ühel pool kaeveõõnsuse ääres.

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.

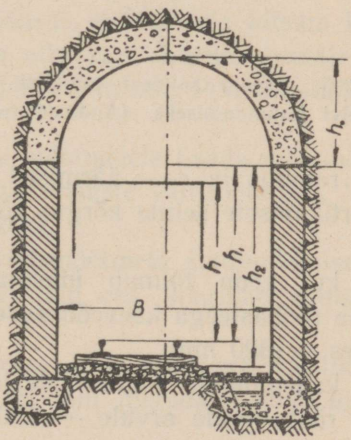


Joon. 202. Minimaalsed vahed ja mõõtmed veoki ja toestiku vahel.

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.



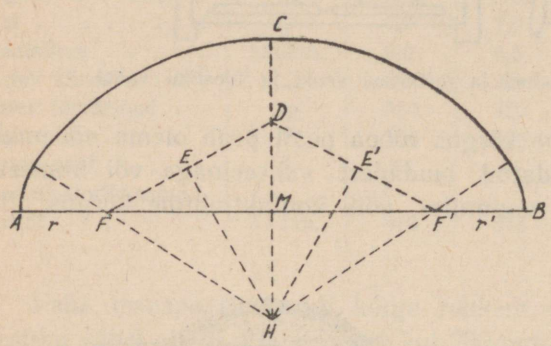
Joon. 204. Kaeveõõnsuse põhimõõtmed.

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 täidise 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 võlvitud laega kaeveõõnsuse põikilõike pinna leidmine. Selle leidmiseks tehakse eelkõige põikilõike täpne joonis. Võlvi kõrgus (h_0) (joon. 204) võetakse vastavalt kivimite kõvadusele. 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). „Šahtstroi" 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.



Joon. 205. Skeem kolmest punktist joonestatud võlvi kujundamiseks. (Andmed tekstis.)

Vertikaalsete seinte kõrgus rööpa pealt (h_1, joon. 204) võetakse järgmiselt:

1) kui vedu toimub ühetonnistes vagonettides akumulaatorvedurite abil ühe rööbasteega kaeveõõnsuses — 1420 mm, kahe rööbasteega kaeveõõnsuses —1320 mm;

2) kahetonniste vagonettide ja akumulaatorvedurite kasutamisel, vaatamata rööbasteede arvule — 1300 mm;

3) kui vedu toimub trolliveduritega ja ühetonniste vagonettidega: ühe rööbastee korral — 1620 mm ja kahe rööbastee korral — 1520 mm;

4) kahetonniste vagonettide ja trollivedurite kasutamisel, vaatamata rööbasteede 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 m² puittoestiku korral ja 4,0 m² betoon- ning kivitoestiku puhul.

Inimkäikude ja tootmisvälja tuulutus-kaeveõõnsuste põikilõiked ei tohi olla väiksemad kui 3,5 m².

Kohalike tuulutuslõõride minimaalne põikilõige ei tohi olla alla 1,5 m². Kui kaeveõõnsus on ainult söekihis ja kiht on alla 0,6 m paks, siis ei ole viimane nõue maksev, kuid see kaeveõõnsus ei tohi olla kitsam kui 2 m.

Õhuvoolu maksimaalne kiirus võib olla kapitaalsetes kveršlagides ja peastrekkides kuni 8 m/sek. ja teistes kuni 6 m/sek. Piki ett liikuva õhuvoolu kiirus ei tohi ületada 4 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 põhjendamatult töid ees, koormab transporti ja suurendab toestuskulusid.

Kaeveõõnsuse külgede ja lae konaruse arvel suureneb harilikult saadud kaevise hulk mõnevõrra, kuid see ei tohi ületada 3—5% üldarvust.

2. Rõhtsate kaeveõõnsuste rajamine kõvades ühtlastes kivimites.

Kaeveõõnsused maagikaevandustes ja kveršlagid ning välisstrekid kivisöekaevandustes 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.

Kaeveõõnsuse rajamise kiirus on peamiseks näitajaks, kuivõrd on õnnestunud üksikute tööde teostamine ja tööde üldine korraldus.

Rõhtsate kaeveõõnsuste kiire rajamine omab suurt tähtsust, sest peamiselt nende rajamisest oleneb kaevanduste käikulaskmine.

Kaeveõõnsuste rajamise keskmine kiirus kõvades kivimites on mehhaniseerimata laadimise puhul 25—30 m kuus. Seda tuleb pidada mittekülldaldaseks. 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 rajamistöödele 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 sammaspuurvasarate kasutuselevõtmisega ja nende arvu suurendamisega ees, mis on võimalik puursõidukite kasutamisel. Teha sügavad algmurded eriliste, kivimi omadustele vastavate viisidega.

2) Lõhkamistööde 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 komplektselt 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.

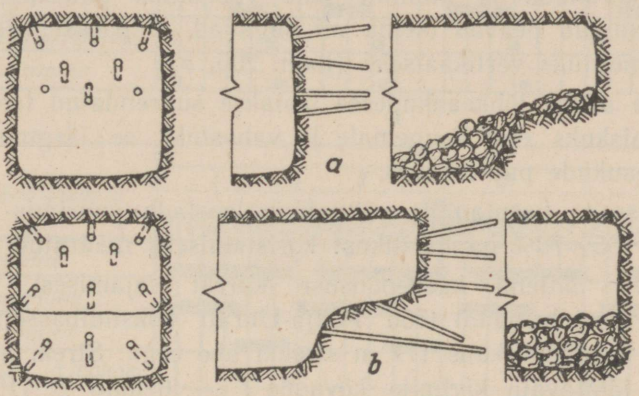
9) Tööde tsükli head korraldamist ja selle ranget täitmist.

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 skreeperiga 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 rööbiti, 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 m² ja läbitavate kivimite kõvadus *f* — 6 kuni 8 (Protodjakonovi järgi). Kivim oli suuremalt osalt kõva paas. Nõrga lae tõttu toestati strekk vahedeta lengtoestikuga.

Puurimine toimus käsipuurvasaratega CP-32 ja „Pobeda". Ühteaegu puuriti 2—3 puurvasaraga. Kaevise koristamiseks kasutati МПЛ tüüpi laadimismasinat, mille kopa maht on 0,17 m³.

Lõhkeaukude keskmine sügavus oli 1,67 m ja nende kasutamise koefitsient 0,76. Lõhkeaineks oli ammoniit 2T, lõhkeaukude arv ees 20—21.

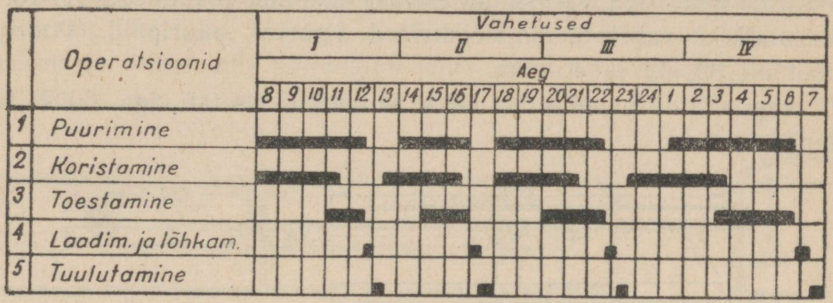
Keskmine rajamiskiirus ööpäevas oli 5,55 m ja maksimaalne — 7 m. Töögraafik ja lõhkeaukude asetus on esitatud joonisel 207.

Brigaad koosnes 20 töölisest, kes olid jaotatud 4 vahetusse, igas vahetuses 5 inimest, nendest 4 kaevurit ja 1 masinist. Brigaad teostas pidevalt 4 tsüklit ööpäevas töögraafiku kohaselt.

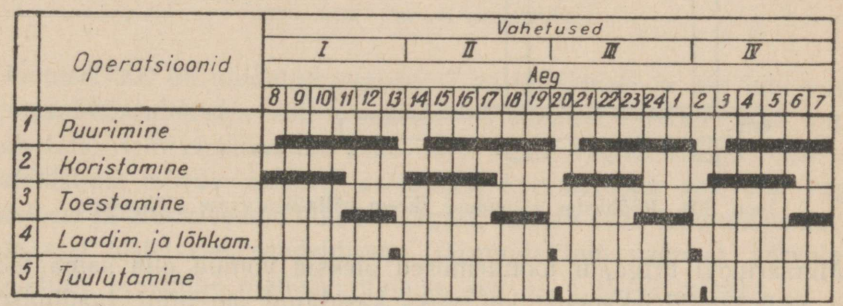
Töö algas kaevise koristamise ja puurimisega üheaegselt (vt. joon. 207). Ülemised lõhkeaugud puuriti alguses seistes kaevise peal. Kaevise vähenemisel puuriti keskmised ja lõpuks alumised lõhkeaugud. Koristamise lõppedes asusid 2 kaevurit ühes masinistiga toestama ja ülejäänud 2 kaevurit lõpetas alumiste lõhkeaukude puurimise.

Üksikute tööoperatsioonide teostamiseks kulus aega järgmiselt:

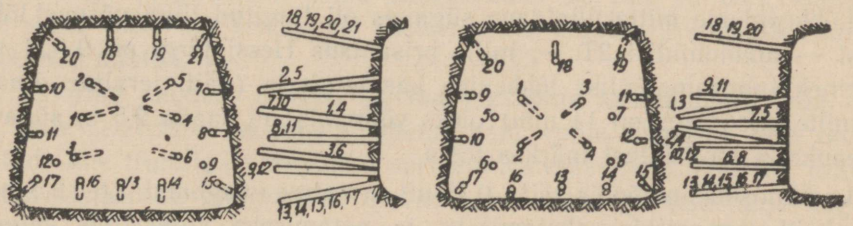
puurimine 293 min.;
lõhkeaukude laadimine ja lõhkamine 23 „ ;



a



b



Joon. 207. Minzaripovi brigaadi töögraafik ja lõhkeaukude paigutus ees: *a* — ööpäevane, *b* — kuu keskmine.

tuulutus 18 min.;
kaevise koristamine 211 „ ;
toestamine 133 „ .

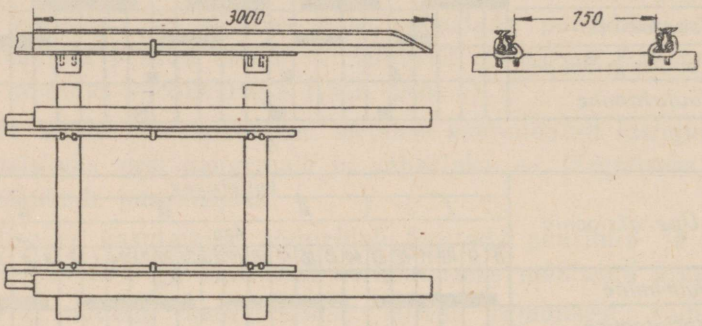
Tööde üheaegne teostamine võimaldas lõpetada kõik tähendatud tööd 6 tunniga.

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 PЭ-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.

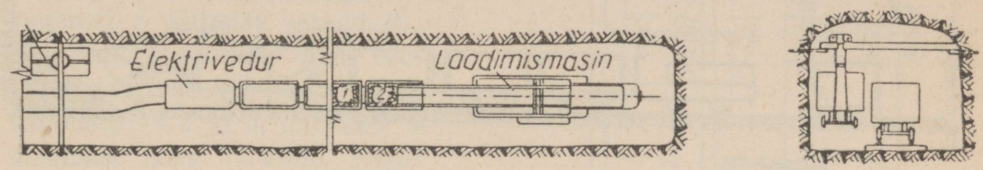
Minzaripovi brigaadi töötulemused oleksid võinud olla sama tööviisi juures veel tagajärjekamad, kui oleks kasutatud paremini laadimismasinat ja sügavamaid lõhkeauke.

Lõhkeaukude mitteküllaldane sügavus oli tingitud liiga nõrgast lõhkeainest — ammoniidist 2T —, mille brisantsus Hessi järgi on 9—11 mm. Üleminek tugevamajõulise 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^3-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^3 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 kaeveõõnsuses 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 kõrvalelükkamiseks 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. Portaal-kõrvaletõstja.

Joonisel 209 on näidatud vagonet *2* on laadimisel ja üks tühi vagonet on portaal-kõrvaletõstja abil riputatud rööbasteest kõrvale. Kui vagonet *2* saab täis, viib elektrivedur selle ühes teiste vagonettidega eest välja, kõrvaletõstjast mööda; seejärel asetatakse kõrvaletõstja 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.

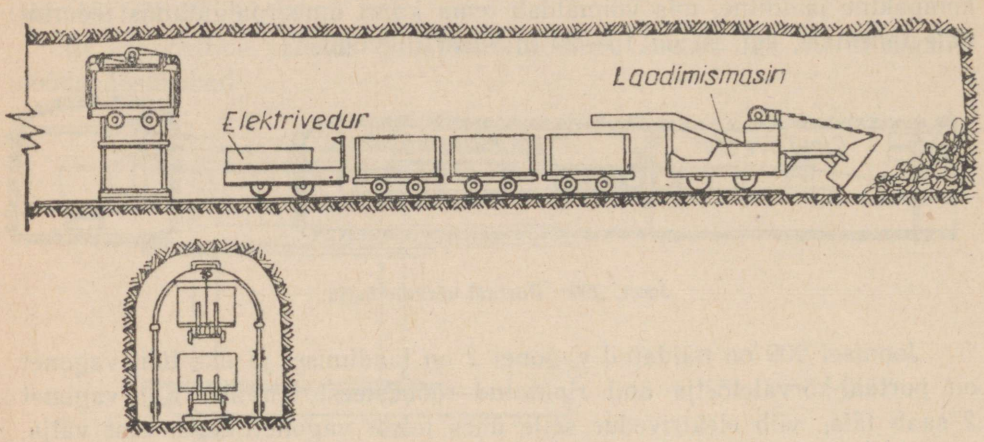
Selle seadeldise puuduseks on vajadus nihutada rööbasteed portaal-kõrvaletõstja paigutamise kohal keskasendist kõrvale ja teha kaeveõõnsuse seina nišš, kui strekk on üheteeline ja kõnniteed rööbastee kõrvale ei ole ette nähtud.

Mainitud puudust ei esine portaal-ülestõstja kasutamisel (joon. 210). Selle seadeldise moodustab metallraam, mille ülemisse ossa on kinnitatud kahe trumliga varustatud suruõhu-tõsteseadeldis. Trumlite peale on keritud tõsteköied, mille otstes olevad konksud haagitakse tühja vagoneti külge ja tõstetakse see nii üles, et rong ühes elektriveduriga mahub alt läbi. Täie vagonetiga lõpus liigub rong edasi ülestõstja alt läbi. Seal asetatakse ülestõstetud vagonet rongi lõppu ning lükatakse eesse laadimiseks. Edasi toimuvad manöövrid nii nagu portaal-kõrvaletõstja kasutamisel. Vagonettide keskmine manööverdamise aeg on seejuures 1,25—1,5 minutit.

Sageli kasutatakse vagonettide vahetamiseks ka rööbasteele pealepandavaid pööranguid ja pealepandavaid rulliksildu, mida komplektselt järkude kaupa edasi nihutatakse. Pealepandavate pööranguteg moodusta-

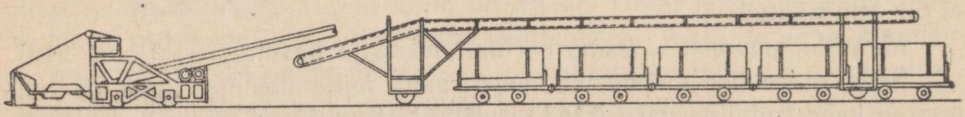
takse edasikantav möödumiskoht. Rulliksilla abil lükatakse vagonet rööbasteelt kõrvale analoogiliselt portaal-kõrvaletõstjale. Üle pealepandava pöörangu või rulliksilla lükatakse vagonetid elektriveduriga.

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,



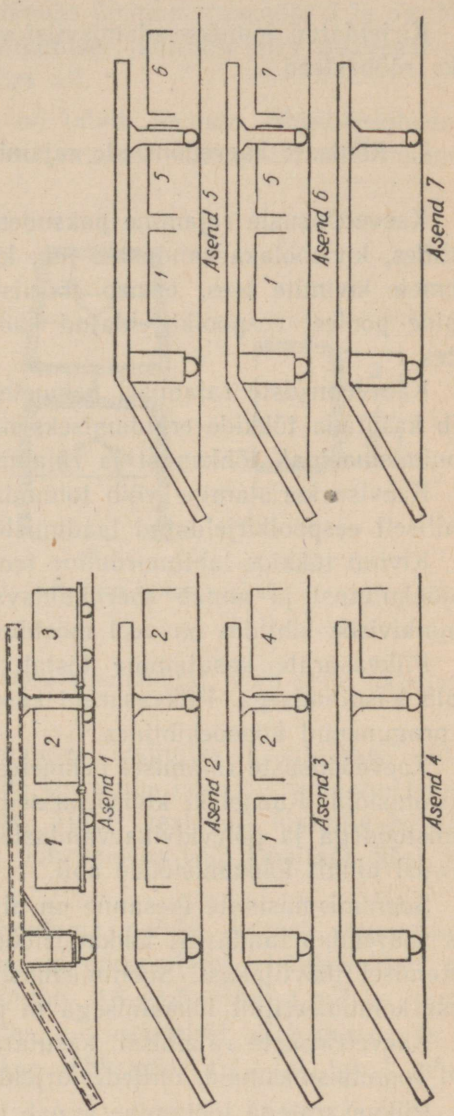
Joon. 211. Laadimisskeem vahepealse sildtransportööri kasutamisega.

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 vagonetid *2* ja *4* vahetuskohast mööda ja alustatakse vagoneti *1* täitmist (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*.



Joon. 212. Manööverdus-skeem sildtransportööriga laadimisel.

Seepeale 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.

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 kaeveõõnsuste rajamine ühtlastes pehmetes kivimites.

Kaeveõõnsuste rajamine paksudes ja keskmistes kivisõe- ja põlevkivikihtides, kivisoolakaevandustes jm., kus esi on täielikult ühtlaste, küllalt pehmete kivimite sees, erineb tööriistade, masinate ja tööde teostamise viiside poolest eespoolkirjeldatud kaeveõõnsuste rajamisest kõvades kivimites.

Kaeveõõnsuste rajamisel pehmetes ja kergesti murduvates kivimites võib kasutada tükkide eraldamiseks nende üldmassist kõblast, piikvasarat, soonimismasinat, lõhkamist ja rajamiskombaine.

Kaevise koristamine võib toimuda käsitsi või masinatega ja ei erine põhiliselt eespoolkirjeldatud laadimistöödest.

Kivimi tükkide lahtimurdmine tema üldmassist kõpla abil nõuab suurt tööjõukulutust ja annab ebarahuldavaid tulemusi, ainult väga pehmetes pruunkivisõe kihtides on veel mõeldav selle tööviisi rakendamine.

Piikvasarate kasutamine tõstab märksa tööliste jõudlust, võrreldes kõpla kasutamisega. Piikvasaraid kasutatakse käikude rajamisel pehmetes ja pragunenud kivisõekihtides.

Kaeveõõnsuste rajamisel pehmetes kivimites kasutatakse laialdaselt ka lõhkamistöid. Kuznetski kivisõebasseinis rajatakse 68% kaeveõõnsusi lõhkamistöödega ja põlevkivikaevandustes rajatakse käesoleval ajal kaeveõõnsusi ainult lõhkamistööde abil.

Soonimismasinate ülesanne on algmurde — soone — tegemine eesse, mis suurendab tunduvalt lõhkamistööde tulemusi ja tõstab piikvasaratega töötamisel tööviljakust. Soonimismasinaid kasutatakse ka siis, kui töötatakse kombineeritult lõhkamisega ja piikvasaratega.

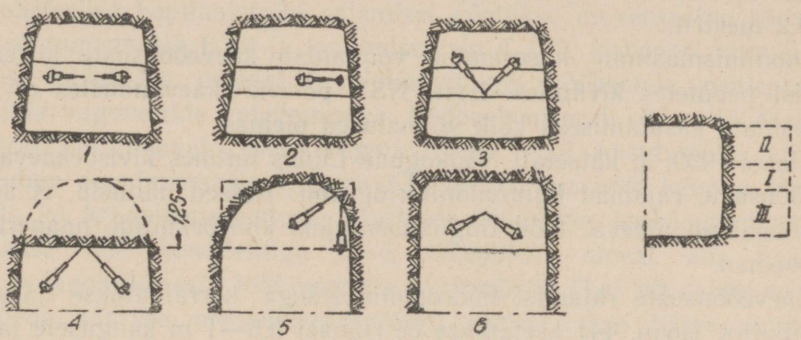
Kaeveõõnsuste rajamisel kasutatakse kergeid, raskeid ja universaalseid soonimismasinaid, millede kirjeldus on toodud eespool.

Piikvasaratega töötamine annab iseäranis häid tulemusi, kui kasutada stahhaanovlase Taruta paaristöötamise viisi. Selle tööviisi põhimõte seisneb selles, et kasutatakse kahe piikvasara ühist jõudu suurema kivisõetüki lahtimurdmiseks.

Asudes tööle teevad kaevurid kõigepealt ee keskossa 1—1,25 m süga-

vuse soone; seejuures suunatakse piikvasarate piigid kahelt poolt vastamisi umbes 45°-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*). Nurkade väljatöötamisel ja seinte tasandamisel juhitakse üks piikvasar seinaga rööbiti ja teine 45—60°-se nurga all.

Piikvasaratega paaristöötamine 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 sammas-elektripuure.

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 m² ee pinna kohta. Eesti NSV põlevkivikaevandustes, kus rajamisel tuleb purustada ka kõvemaid paekivi-vahekihte, puuritakse lõhkeauke 1,4—1,9 iga 1 m² 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 lõhkamistöödega rajada igas tsüklis 1,2—1,7 m kaeveõõnsust.

Kui soone tegemiseks kasutatakse soonimismasinat, siis väheneb lõhkeaukude arv tunduvalt ja kõigub 0,5—0,7 vahel 1 m^2 ee pinna kohta.

Lõhkeaugud asetatakse lae ja seintega rööbiti, et anda kaeveõõnsusele 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 määral ja seepärast on harilikult soone sügavus soonimisraami pikkusest 20 cm võrra väiksem.

Kaeveõõnsuste rajamisel kasutatakse soonimisraame pikkusega 1,6—3,2 meetrit.

Soonimismasinate kasutamine võimaldab kaeveõõnsuste kiirendatud rajamist pehmetes kivimites. Eesti NSV põlevkivikaevandustes on soonimismasinate kasutamiseks kõik võimalused olemas.

Alates 1939. a. katsetati Nõukogude Liidus mitmes kivisöekaevanduses kaeveõõnsuste rajamist hüdromonitoride abil. Katsed näitasid, et see tööviis võimaldab pidevat tööd tingimustes, kus kivisöekihtide naaberkivimid on kõvemad.

Kaeveõõnsuste rajamist hüdromonitoridega korraldatakse järgmiselt. Monitor (joon. 44) asetatakse ee rinnast 0,5—1 m kaugusele ja monitorist väljuv võimas veejuga, survega 20—60 at, juhitakse vastu ee rinda. Veejuga purustab kivisöekihi. Alguses tehakse 0,5—1 m sügavune soon ja seejärel laiendatakse seda kaeveõõnsuse põikimõõtmeteni. Seda operatsiooni korratakse, kuni ee rind on nihkunud 6—8 m võrra edasi, siis eraldatakse monitor veetorust, tõmmatakse eele lähemale, jätkatakse veetoru ja töötatakse edasi. Purustatud süsi segatult veega kandub eest kaugemale ja juhitakse torude või rennide kaudu laadimispaika.

Kuzbassis rajati hüdromonitoridega keskmiselt 12,2 m strekki ja 15 m ühenduslõõri ööpäevas.

Trusti „Projektgidromehhanisatsija" andmete kohaselt on Moskvalähedase söebasseini tingimustes kulutused strekkide rajamisel hüdromehhaniseerimisega järgmised: veekulu 1 m^3 kivisöe eraldamiseks — 15 m^3, ja selle transportimiseks — 5 m^3; seadeldise summaarne võimsus peab olema 400 kW ja 1 m^3 kivisöe eraldamiseks on vaja 15—18 kWh (kilovatt-tundi).

Need arvud näitavad, et hüdromehhaniseerimine nõuab suurt energiakulu ja teda võib kasutada kaeveõõnsuste rajamiseks ainult seal, kus on selleks eriliselt soodsad tingimused (odav energia, veeküllus jm.).

Kaevis koristatakse kaeveõõnsuste 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 kapitaalstreki rajamisel võetakse universaalne roomikutel liikuv soonimismasin ВТУ ja laadimismasin С-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-3МШ, siis võib kaevise transport toimuda ka kraapkonveieritega. Masinate täielikuks ärakasutamiseks teenindatakse 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 streki rajamisel ei mahu soonimismasin ВТУ 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 strekis.

Põlevkivi sisaldab suurel määral kõvemaid paekivi-vahekihte, mis murduvad suurte tükkidena, seepärast võib arvata, et nõrga konstruktsiooniga kivisõe-laadimismasinad ei tööta nendes tingimustes küllalt tagajärjekalt. Kuid tugevad käppadega söelaadimismasinad on osutunud kõlblikuks ka rauakaevandustes. Sellest võib teha järelduse, et võimsamad haardekäppadega söelaadimismasinad kõlbavad ka põlevkivi jaoks, rääkimata koppadega laadimismasinatest, mis säärase materjali jaoks on ehitatud.

Kaeveõõnsuste keskmine rajamiskiirus pehmetes ja kergesti murduvates ühtlastes kivimites on suurem kui kõvades kivimites. Viimase aja maksi-

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 laadimismasinate kasutuselevõt-

Tabel 37.

	Urvanovskaja	Tšeljabugol	Tovarkovugol	Brusnjanskaja
	Kaevandus nr. 26	Kaevandus nr. 201	Kaevandus nr. 64	Kaevandus nr. 4
Streki põikilõige m² .	6,53	5,3	6,5	6,75
Läbitav kivim	kivisüsi	kivisüsi	kivisüsi	kivisüsi ja savi
Töövahendid	piikvasar	piikvasar	piikvasar	piikvasar
Tööliste arv vahetuses	6	4	6	6
Brigadir	Taruta	Dubõssev	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. Keskmine rajamiskiirus — 20—35 m kuus — on liiga madal selleks, et efektiivselt kasutada kaevanduste ehitamiseks minevaid kapitaalmahutusi ja alandada omahinda. Kui aga rajamistöid ümber korraldada, võib rajamiskiirust tunduvalt suurendada ka praeguste vahenditega töötades.

Selleks tuleb eelkõige parandada ete tuulutust ja luua töölistele võimalused stahhaanovlikuks töötamiseks. Teiseks tuleb loobuda aegaviitvast käsitsi pae eraldamise tööst ees. Aheraine eraldamine põlevkivist tuleb korraldada maa peal erilistes sorteerimisseadmetes.

Ainult õige tuulutusviisi sisseseadmine võimaldab kahe tsükli kordamist ööpäevas, mis annaks kuus 60—65 m rajatud strekki. Kui loobuda pae eraldamisest ees, võib töötada kolmetsüklilise 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

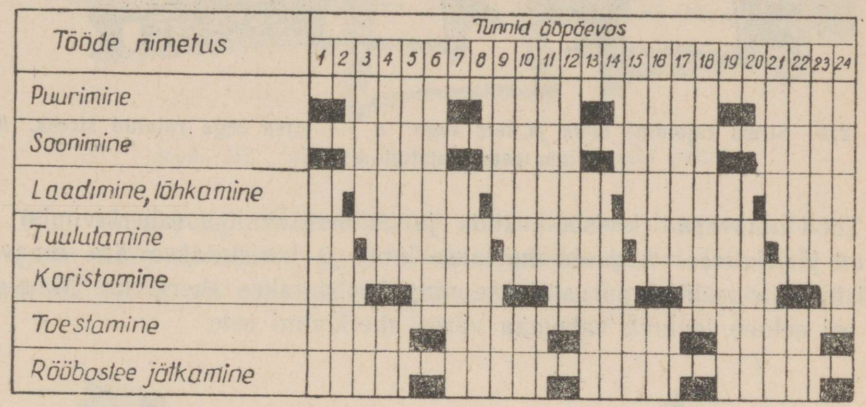
4,7 m ja kõrgus 2,9 m, soone sügavus 2 m. Lõhkeaukude arv on 8. Tsükli teostamiseks kulub 6 tundi. Ööpäevas tehakse 4 tsüklit. Selle graafiku kohaselt töötades võib rajada üle 200 m strekki kuus.

Tööde teostamine toimub järgmiselt:

Puurimine — elektri-käsipuuriga.

Soonimine — raske lühiesi-soonimismasinaga; soonimisraami pikkus 2,2 m.

Lõhkamine — harilik, kas elektrivooluga või süütenööriga.



Joon. 214. Streki mehhaniseeritud töö graafik.

Tuulutus — kohalik, ventilaatori ja torude abil.

Koristamine — laadimismasinaga УМП-1 (või mõni teine tüüp).

Kui kaevanduses kasutatakse kahetonniseid kivisõevagonette või kui laaditakse laadimismasinatega УМП-1 või С-153, tuleb vagonettide manööverdamiseks võtta kerge kääbus-elektrivedur.

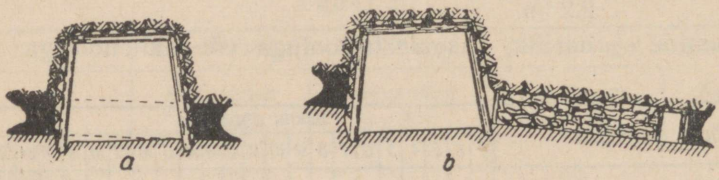
4. Rõhtsate kaeveõõnsuste rajamine erineva kõvadusega kivimites.

Kui kaeveõõnsuse rajamisel esi hõlmab kaht või enamat erineva kõvadusega kivimikihti, mis nõuavad eriliste tööviiside kasutamist, nimetatakse seda rajamiseks erineva kõvadusega kivimites.

Selle tööviisi kõige iseloomustavamaks näiteks on strekkide rajamine õhukestes kivisõekihtides. Kivisõe väärtus ja tema erinev kõvadus, võrreldes naaberkivimitega, põhjustavad kivisõe eraldi väljavõtmist, mille tagajärjel esi saab astmelise kuju.

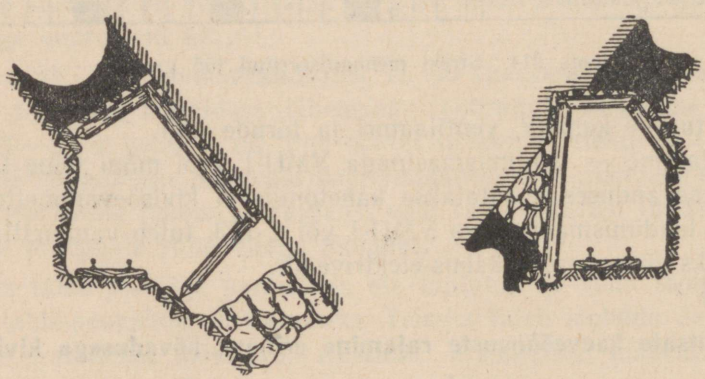
Neis tingimustes kasutatakse kahte rajamisviisi: kitsa eega ja laia eega.

Esimese rajamisviisi kasutamise korral võetakse maavarakiht 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- (kivisöe-) kihis ja naaberkivimites (aherkivimis) toimuvad järjekorras. Alguses murtakse lahti ja koristatakse ära maavara (kivisüsi) ja seejärel purustatakse ning koristatakse aherkivim. Maavarakihi esi eelneb teatava vahemaa võrra aherkivimi eele.

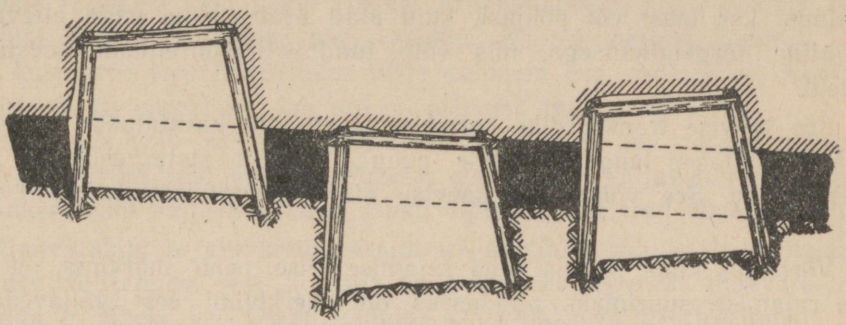


Joon. 216. Strekkide erikujulised põikilõiked.

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.

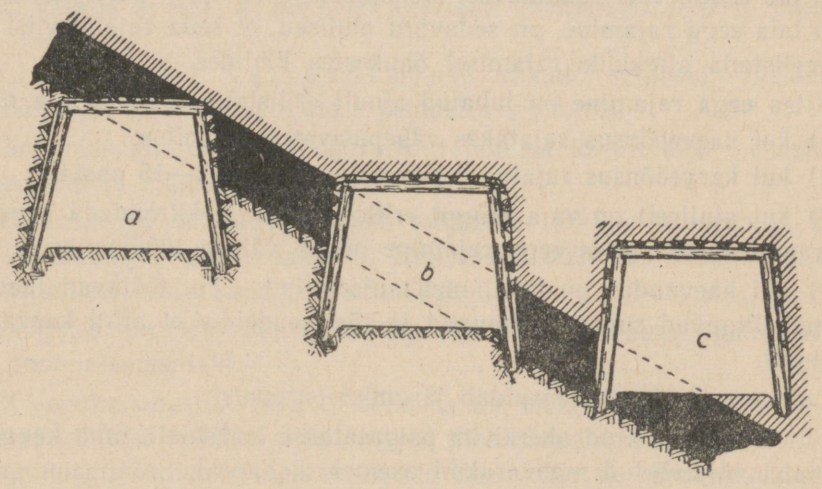
Enne rajamistööde algust tuleb selgitada ee asetus naaberkivimite suhtes ja kas süvendada lage, põhja või mõlemaid korraga. Aherkivimite kaevandamise tulemusena s ü v e n e b strekk osaliselt naaberkivimisse.

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—45°) 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—90°), 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 toestamise kulusid.

Kui kaevise transpordiks koristuseest strekini kasutatakse konveierit, mida tarvitatakse laugete kihtide puhul, siis on otstarbekohane põhja süvendamine. See võimaldab kaevise otsest 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 tõstetaks.

Laia eega rajamise puuduseks on kaeveõõnsuse raskendatud toestamine, suuremad toestuskulud 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 laadimismasinad, liiguvad suured vagonetid ja tõsteseadeldis 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, kivisõe 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: rajamistöödeks maavarakihis (kivisöekihis) ja rajamistöödeks aherkivimites. Ka esi jaguneb seetõttu kahte ossa, kusjuures esmalt võetakse välja pehmem osa, milleks on harilikult söekiht või ka aherkivim, kui see on pehmem maavarast.

Seejuures võib esi olla astmeline, kui söeesi on teatava vahemaa võrra aherkivimi eest ees, ja astmeta, kui söekihi 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 söe-ee eelnemise kaugus, lähtudes töötsükli paremast organiseerimisest ja rajamistööde kiirest teostamisest. Seejuures on põhimõtteks tsükli kordumine lühema aja vältel. Kui söeeest antakse kaevis välja eraldi konveieriga ja tuulutatakse rööplõõridega, 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.

Kivisöekihi 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 ЛВШ-2 tüüpi soonimismasinaid.

Et soonimismasina ЛВШ-2 võimsus on väike, siis kasutatakse kõvemates söekihtides mõnikord ka raskeid pikkesi-soonimismasinaid. Et pikkesi-soonimismasinate kasutamine ei ole tihti sobiv ja otstarbekohane, siis loobutakse sageli soonimisest ja kasutatakse edukalt lõhkamistöid.

Rajamistöödel järskudes kihtides arvestatakse ühe töölise kohta 2,5—5 m² kihipinna väljatöötamist vahetuses.

Masinatega soonimise korral kasutatakse järskudes ja kallakates kihtides kergeid (БШ tüüpi) sammas-soonimismasinaid. (Nende masinate iseloomustus on antud peatükis „Lühiesi-soonimismasinad".)

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 sõeesi rajatakse ettevalmistuslõõrina. Raskeid iseliikuvaid universaalseid soonimismasinaid (tüüp ВТУ-1) pole võimalik kasutada kitsastes etes ja õhukestes kihtides nende gabariitide tõttu.

Parimaiks soonimismasinaiks kitsastes etes on osutunud rööbastel 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 lõhkamistöid.

Puurimiseks kasutatakse nii elektri-käsipuure kui ka ratastel sõitva soonimismasina külge kinnitatud elektri-sammaspuure. Lõhkeaugud suunatakse harilikult rõhtsalt rööbiti 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 lõhkamistöödega kasutatakse harvem — siis, kui soonimine on raskendatud kas kõva kivisõe või kõvade sisaldiste pärast, või nõuetele vastavate soonimismasinate 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 lõhkamistööde 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.

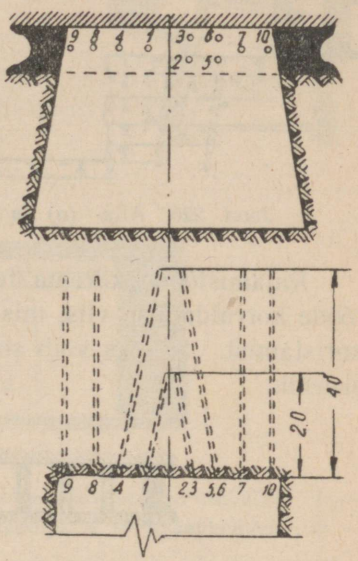
Lahtimurtud kivisüsi laaditakse antud juhul vagonettidesse käsitsi, mis on tingitud ühe tsükliga saadavast väikesest kivisõehulgast. On soovitav kasutada käsitsi ümberloopimise vältimiseks ümberlaadijaid П-7 ja П-4, millede konstruktsioon võimaldab neid kasutada ka aherkivimi laadimistöödel.

Tavalises korras liiguvad aherkivimi ees laugetel kihtidel tööd teatava vahemaa võrra maavarakihi ee 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 eeni.

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 lõhkamistööde osas. Arvutamise tulemusena saadud andmed võetakse aluseks ja kontrollitakse kontroll-lõhkamistöödega.



Joon. 219. Lõhkeaukude paigutuse skeem kitsas ees.

Lõhkeaukude sügavus aherkivimi ees võetakse kooskõlas maavarakihi ee edasiliikumisega, nii et mõlemad eed 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 rõhtsalt (rööbiti maavarakihiga) või üles või alla, olenevalt sellest, kas kivimit murtakse 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 allapoolesuunamine teostada puurimist üheaegselt aherkivimi koristamisega, mis kiirendab tunduvalt kaeveõõnsuse rajamist.

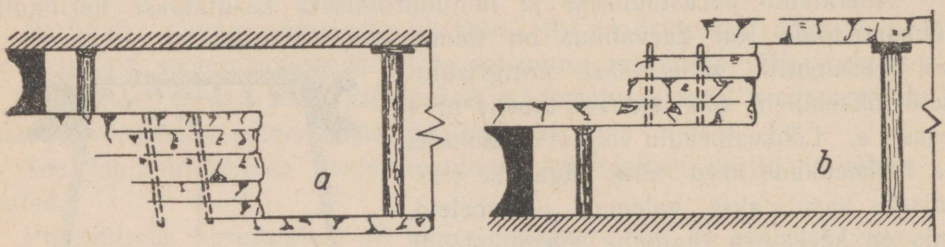
Osaliselt võib teostada üheaegset puurimist ja laadimist, kui kivisõekiht on õhuke, põhja süvendamise korral aherkivimi ee astmeliseks muutmisega (joon. 221). Nii võib teostada puurimist ühes astmes, samal ajal kui teisest koristatakse purustatud aherkivimit.

Puurimiseks kasutatakse elektri-käsipuure ja elektri-sammaspuure. Kui kivimid on kõvad, võetakse tarvitusele suruõhu-puurvasarad.

Purustatud aherkivimit võib koristada käsitsi ja laadimismasinatega.

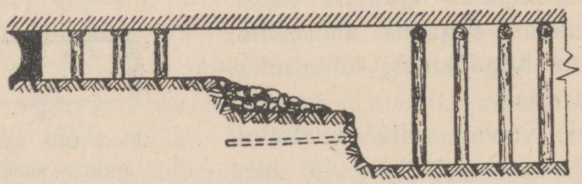
Laadimismasina valimisel tuleb silmas pidada, et valitud masin vastaks vajalikele lühiaegseile tippkoormustele, võimaldaks paremini tööd organiseerida ja erilistes oludes ka sütt laadida.

Pärast aherkivimi koristamist tasandatakse lõplikult seinad, püstitatakse alaline toestik ja jätkatakse rööbasteed.



Joon. 220. Alla- (*a*) ja ülessuunatud (*b*) lõhkeaugud aherkivimi ees.

Rajamistööde 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 poolsel 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 transporditakse kivimi eest mööda ja juhitakse lühikese kallakrenni abil rööbasteel asuvasse vagonetti.

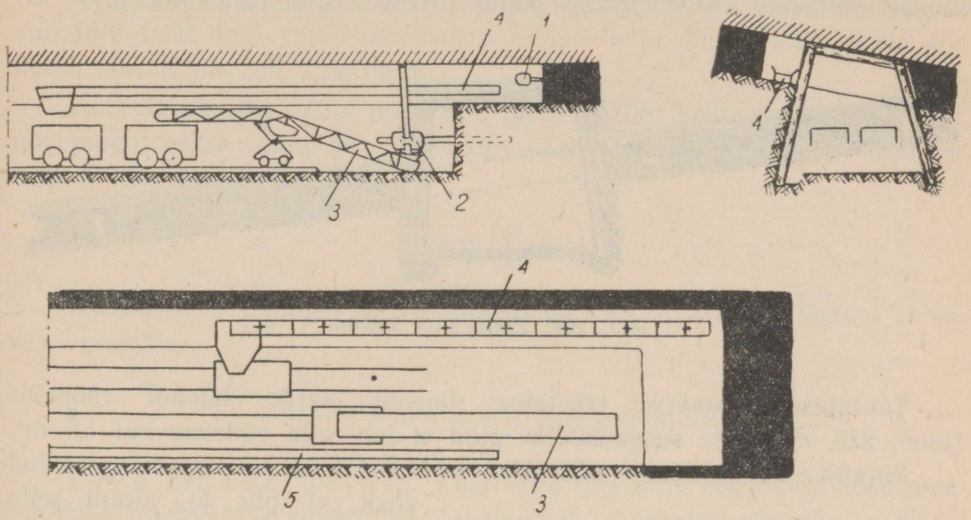
Samal ajal võib takistuseta koristada aherkivimit.

b) Kaeveõõnsuste rajamine laia eega.

Laia eega kaeveõõnsuste rajamist kasutatakse kõige rohkem õhukeste laugete kihtide puhul (Donbassis 65%). Selle rajamisviisi korral võetakse maavarakiht (kivisöekiht) välja palju laiemalt, kui on rajatava kaeveõõn-

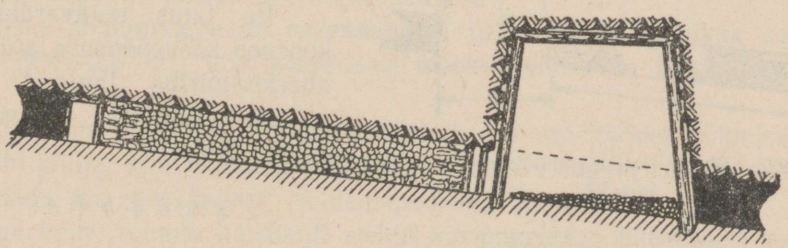
suse mõõtmed. Seda üleliigset osa maavarakihis, mis ei kuulu rajatava kaeveõõnsuse piiridesse, nimetatakse laiendiks.

Laiendisse paigutatakse kogu see aherkivim, mis saadakse kaeveõõnsuse rajamisel maavarakihi naaberkihtidest. Laiendi mõõtmed arvutatakse välja vastavalt saadava aherkivimi hulgale.



Joon. 222. Streki rajamine kitsa eega, kasutades poolmehhaniseeritud tööviisi: *1* — elektri-käsipuur, *2* — elektri-sammaspuur, *3* — ümberlaadija, *4* — kraapkonveier, *5* — tuulutustoru.

Laiendit võib asetada kaeveõõnsuse suhtes kihi kallakupoolsesse külge, tõusupoolsesse külge või mõlemale poole kaeveõõnsust. Esimest paigutust



Joon. 223. Ülemine laiend.

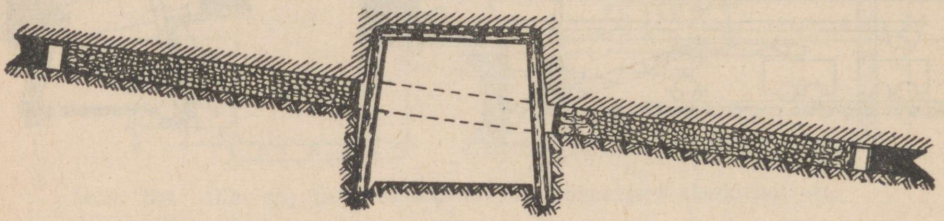
nimetatakse alumiseks laiendiks (joon. 215, *b*), teist — ülemiseks (joon. 223) ja kolmandat — kahepoolseks laiendiks (joon. 224).

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 otsest kaevise laadimist vagonetti.

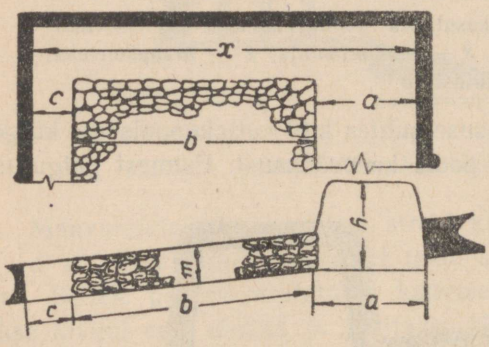
Kahepoolset laiendit kasutatakse siis, kui maavarakiht on väga õhuke ja ühepoolne laiend muutub liiga laiaks. Kahepoolset laiendit kasutatakse edukalt kallakate kaeveõõnsuste puhul (bremsbergid, tõstekallakud).



Joon. 224. Kahepoolne laiend.

Tuulutuse eesmärgil jäetakse laiendi äärde laiendi rööplõõr (joon. 225, *c*), mille sisepõikilõike pind ei tohi olla väiksem kui 1,5 m².

Rajatava kaeveõõnsuse põikilõike mõõtmed leitakse eespoolkirjeldatud viisil (vt. ptk. 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 maavarakihis x koosneb kaeveõõnsuse laiusest a, aherkivimiriba laiusest b ja laiendi rööplõõri laiusest c (joon. 225):

$$x = a + b + c.$$

Aherkivimiriba laius oleneb aherkivimi hulgast ja kaeveõõnsuse põikimõõtmeist. Rajatava kaeveõõnsuse ee pind s on ligikaudu tema laiuse 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 paigutatava kivimi mahu suurenemise koefitsiendiks k võetakse 2—2,45. See on suurem harilikust kobestamise koefitsiendist, sest et laiendisse jäävad tihti toed, lagi vajub mõnevõrra allapoole ja aherkivimit ei ole võimalik küllalt tihedalt paigutada.

Kobestatud aherkivimi maht ühe meetri käigu kohta $v_1 = ak(h - m)$, mis paigutatakse ruumi bm. Järelikult saame võrrandi $ak\ (h - m) = bm$, millest leiame

$$b = ak\left(\frac{h}{m} - 1\right).$$

Asendame b temaga võrdse suurusega, siis saame ee lõpliku laiuse maavarakihis:

$$x = a + b + c = a + ak\left(\frac{h}{m} - 1\right) + c.$$

T ö ö d m a a v a r a k i h i s. Laia eega rajamisel koosnevad tööd maavarakihis maavara eraldamisest, laadimisest transpordivahendile ja transportimisest kuni vagonetini. Need tööd sarnanevad kõigiti tootmistöödega pikas ees.

Maavara eraldamisel kihist kasutatakse harilikult soonimismasinat ja lõhkamistöid. Soonimiseks on kõige kohasem kasutada kerget või rasket lühiesi-soonimismasinat, samuti võib eelmiste puudumisel kasutada heade tagajärgedega ka pikkesi-soonimismasinaid.

Raske soonimismasina rakendamisel tuleb kasutada pikka soonimisraami (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 korraldada ka edasi-tagasi (mõlemapoolset) soonimist.

Puurimine toimub harilikult elektri-käsipuuridega üheaegselt soonimistöödega. Lõhkeaugud asetatakse lae lähedale ja suunatakse rööbiti kihi pinnaga, nende vahemaa on üksteisest 1—2 m.

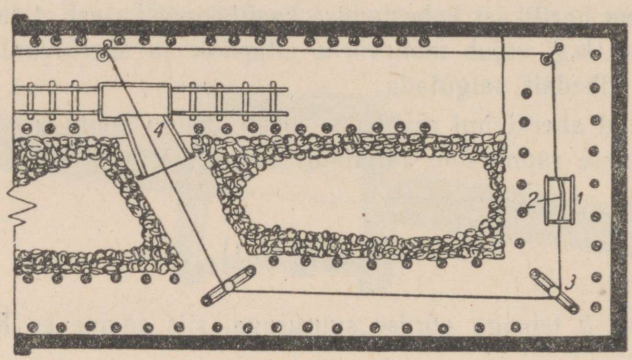
Lõhkeainekulu oleneb maavara kõvadusest ja määratakse kindlaks arvutuste ja katsete teel.

Olenevalt kihi paksusest, kõvadusest ja kallakusest kõigub ühe söeees töötava töölise jõudlus 5—12 t-ni vahetuses.

Transpordivahenditeks eest kuni strekis oleva vagonetini võib kasutada skreeperit, võnkkonveierit, lintkonveierit ja kraapkonveierit.

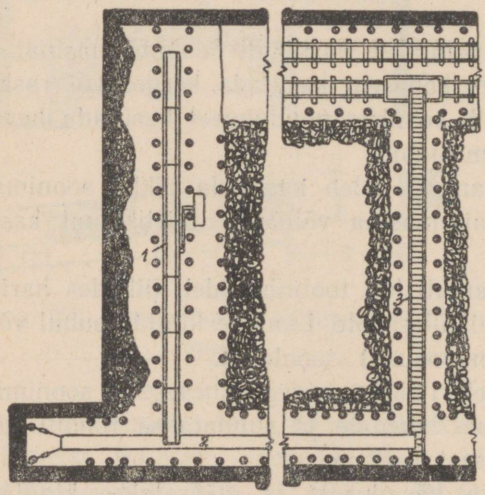
Skreeperseadeldise kasutamise skeem on toodud joonisel 226.

Skreeper *1* haarab ett mööda liikudes oma teelt kaevist ja viib selle alguses kihi kallaksuunas (allapoole). Alumises nurgas pöördub skreeper



Joon. 226. Kivisöe 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.



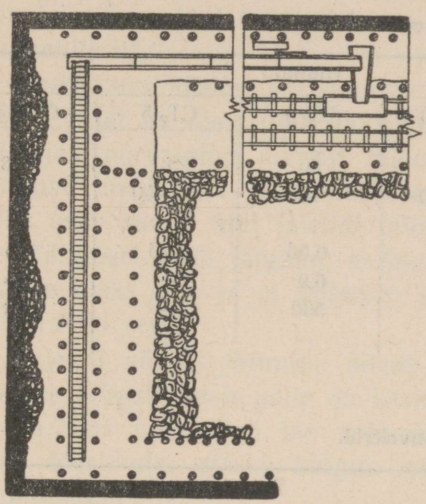
Joon. 227. Kivisöe transportimine konveieritega streki rajamisel laia eega: *1*, *2* ja *3* — konveierid.

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 joonilt näha, on see skreeperseadeldis keerukas ja seepärast tehniliselt raske rakendada.

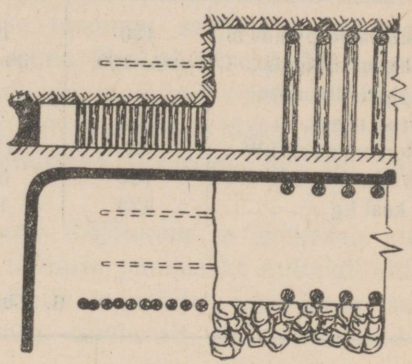
Paremaid tagajärgi annab kolmetrumlilise skreepervintsi kasutamine, mille puhul skreeperi kasti pööramine ei toimu ümber plokkide, vaid kolmanda trossi abil.

Skreeperiga laadimist kasutatakse harva; see on seletatav plokkide ja vintsi sagedase ümberpaigutamisega, mis nõuab suurt ajakulu, ja kogu seadeldise keerukusega.

Laia eega rajamisel kasutatakse kaevise väljatoomiseks sagedamini konveiereid (joon. 227). Rööbiti ee rinnaga on paigutatud konveier *1*, mille abil kaevis transporditakse lõõrini. Sealt satub kaevis rööplõõri paigutatud konveierile, mis viib ta laiendi ühenduslõõri asetatud kraapkonveierile *3*. Viimase ülemise otsa alla asetatakse laaditav vagonet.



Joon. 228. Kaevise transportimine laiast eest perve kasutamisega.



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 kaevise transportimise skeem annab rakendamisel häid tagajärgi, kuid nõuab kolme transpordivahendi kasutamist, mis ei ole soovitav.

Töö lihtsustamise ja transpordivahendite vähendamise eesmärgil on soovitav tarvitada järgmist laialt kasutatavat skeemi (joon. 228 ja 230).

Maavarakihi eesse asetatakse kraapkonveier, mille abil kaevis transporditakse ee ülemisse nurka ja juhitakse seal teisele konveierile, mis on asetatud kaeveõõnsuse külgseina jäetavale pervele. See konveier transpordib kaevise vagonetti. Selline transportimisviis nõuab 1—1,2 m laiuse perve jätmist kihi tõusu poolsesse streki külgseina.

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 üheteelisena ja tagapool maavara laadimiskohta 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				
	СТР-30	$СТ_2$-11	СТ-6	$СТ_2$-5	СТС-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			
	РТУ-30	ТЛШ-1	ТЛ-50	РТ-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 (0^0—15^0) 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 lõhkamistööde tagajärjel võib tekkida laiendis lae varisemine. Eraldatud aherkivimi toimetamine laiendisse ja laiendi täitmine sellega võib toimuda kas käsitsi või mehhaaniliselt.

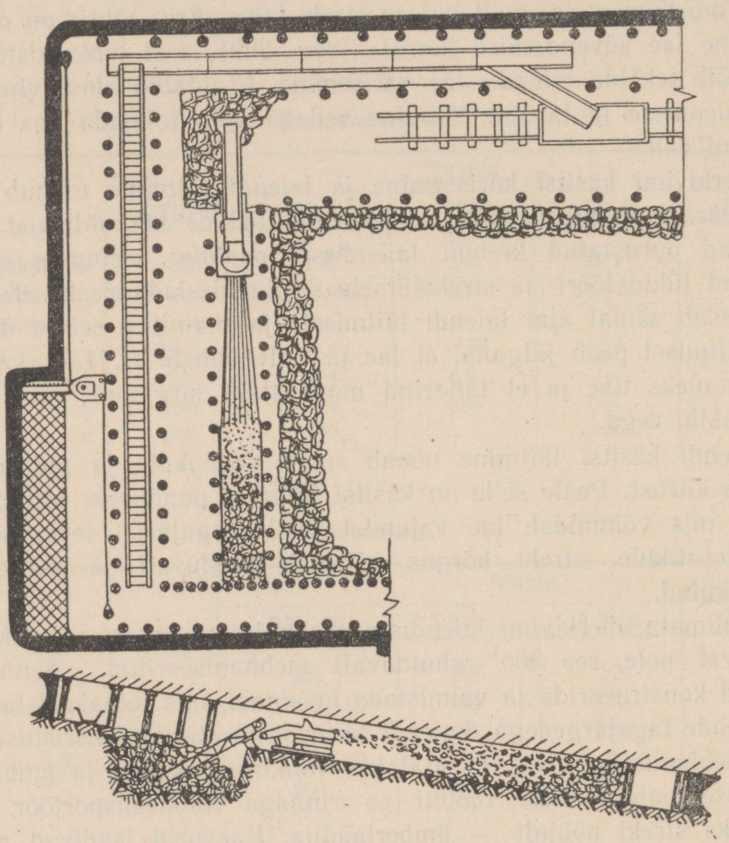
Aherkivimi käsitsi koristamine ja laiendi täitmine toimub järgmisel viisil. Pärast ee ülevaatust ja rippuvate tükkide kõrvaldamist hakkavad koristajad purustatud kivimit laiendisse loopima; seejuures eraldatakse suuremad tükid lõõri- ja strekiäärsete seinte ülesladumiseks. Teine grupp töölisi asub samal 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 rööbiti 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 rööbiti 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 skreeperit, kuid senised katsed ei ole andnud veel rahuldavaid tulemusi.

Üleliidulise Söetööstuse Teadusliku Uurimise Instituudi (ВУГИ) poolt on välja töötatud kaks laienditäitmismasina 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 rajamistöödel.

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 kaeveõõnsuste 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 kaeveõõnsuste rajamine.

1. Üldised märkused.

Tähtsamad kallakad kaeveõõnsused on bremsbergid, tõstekallakud, liud ja kallakšahtid. Nende kaeveõõnsuste rajamine sarnaneb põhimiste tööoperatsioonide ja tööde korraldamise poolest rõhtsate kaeveõõnsuste 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 kaeveõõnsustes on inimeste liiklemine keelatud, kui kaevise transport neis toimub vagonettidega. Inimeste liiklemiseks rajatakse rööbiti nende kaeveõõnsustega 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 kaeveõõnsuste 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.

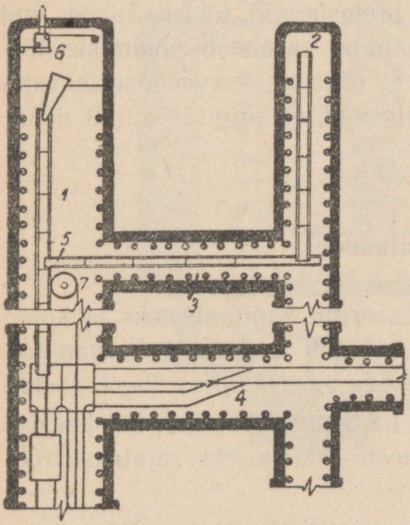
Inimkäigu kõrgus peab olema vähemalt 1,8 m ja laius 1,3—1,5 m.

Bremsbergid rajatakse harilikult alt ülespoole ja seepärast peab nende rajamisel kasutama intensiivset tuulutamist. Iseäranis intensiivne peab olema tuulutamine sel juhul, kui kaevanduses eraldub metaani, mis koguneb oma kerguse tõttu ülespoole suunatud eesse. Bremsberge rajatakse maavarakihti-pidi ja ka väljatöötatud ala piirides aherkivimites; esimene on tüüpiline lankidega kaevandamise viisi korral ja teine — umbkaevandamisviisi puhul.

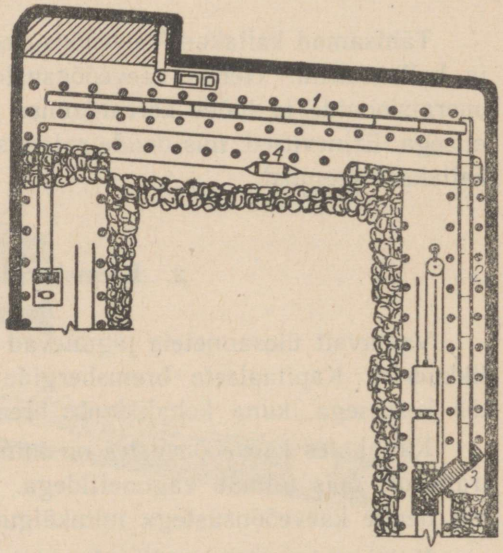
3. Bremsbergide rajamine maavarakihis.

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- (kivisõe-) kihi väljavõtmine toimub harilikult piikvasaratega. Raskete tuulutamisolude tõttu kasutatakse lõhkamistöid harvem.

Tööde mehhaniseerimiseks kasutatakse lühiesi-soonimismasinaid. Kallaka asendi tõttu on raskendatud ühe soonimismasina kasutamine mitmes ees.

Maavara transportimiseks eest vagonetini on soovitav 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 rajamistööde skeem on näidatud joonisel 231, kus: *1* — bremsberg, *2* — inimkäik, *3* — tuulutuslõõr, *4* — vahepealne strekk, *5* — transportöör, *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 võnktransportöör (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 lõhkamistöödega ja paigutatakse laiendisse kas käsitsi või skreeperi (*4*) abil. Skreeperit võib kasutada kahepoolse töötamisega.

Parema tuulutuse saavutamiseks on soovitav 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 brigaadi,

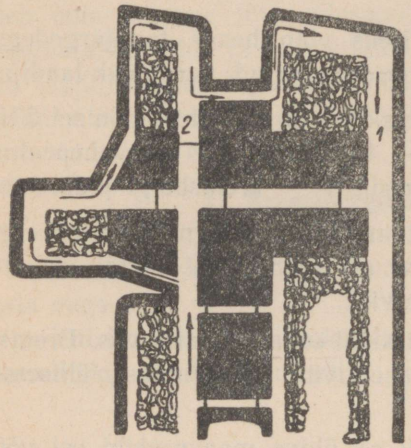
c) järelevalve on keerukas,

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 transportööridega või edasipaigutatavate bremsbergiseadiste 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.

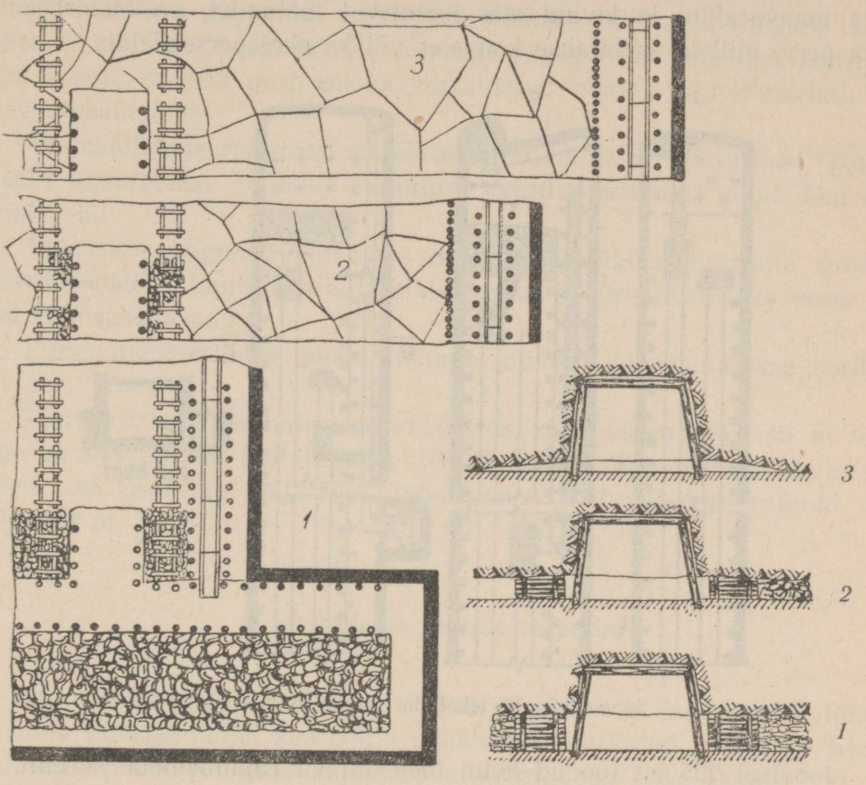
Umbkaevandamisviisi kasutamisel rajatakse bremsbergid väljatöötatud alasse.

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 lõhkamistööde abil purustatakse lae- või põhjakivimeid vajaliku sügavuseni ja saadud kivim paigutatakse kahele 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.

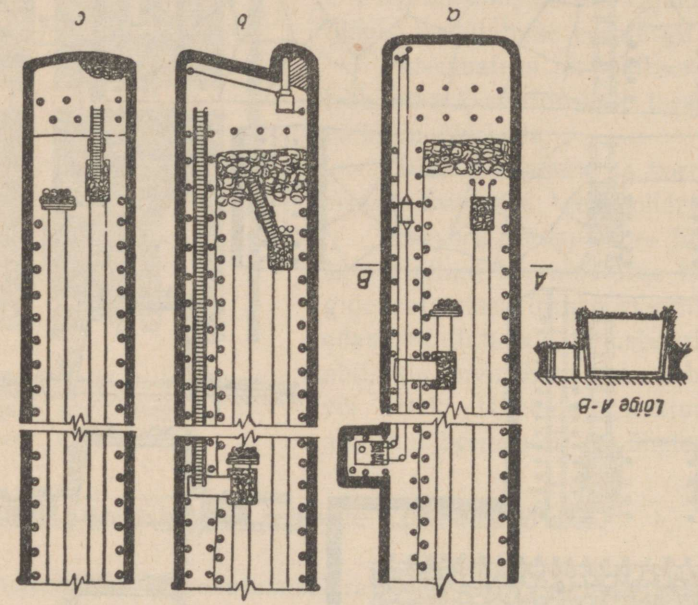
Tõstekallakutega rööbiti rajatakse ka inimkäik ja nende põikilõike vormid ei erine strekkide ja bremsbergide põikilõigetest.

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 soovitav kasutada skreeperit, laadimismasinat, ümberlaadijat ühes lühikese lint- või kraapkonveieriga, mille abil maavara transporditakse vagonetini.

Kivimi lahtimurdmiseks kasutatakse lõhkamistöid. Selleks et võimaldada maavarakihi ja kivimi etes iseseisvat töötamist, on otstarbekohane jätta perv, millele asetatakse konveier või ka skreeperseadeldis.



Joon. 235. Tõstekallaku rajamise skeemid.

Joonisel 235 on toodud kolm tõstekallaku rajamistööde skeemi. Esimese (*a*) skeemi kohaselt murtakse maavara ja aherkivim lahti lõhkamistöödega. Aherkivim koristatakse käsitsi vagonetti, kuna maavara samal ajal toimetatakse pervele asetatud skreeperi abil teisel rööbasteel asuvasse vagonetti.

Teise (*b*) skeemi kohaselt kasutatakse maavarakihi ees soonimismasinat ja maavara toimetatakse eest vagonetini konveieri abil, mis on asetatud pervele. Kivim murtakse lahti lõhkamistöödega ja laaditakse vagonetti, kasutades ümberlaadijat.

Kolmanda (*c*) skeemi kohaselt murtakse maavara ja aherkivim lahti lõhkamistöödega ja laaditakse nad järjekorras vagonetti, kasutades ümberlaadijat. Viimane ehitatakse pika konstruktsiooniga ja lauge tõusuga, eriti tõstekallakute rajamiseks.

Laugete kihtide puhul (kuni 10^0) tarvitatakse tänapäeval ka laadimis-

masinaid. Samuti kasutatakse kaevise tõstmiseks kraaptransportööre 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-korralt 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 kaevise 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 kaevise 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.

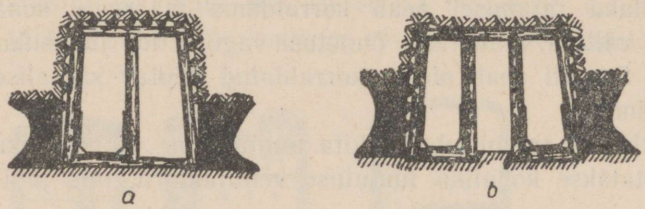
Väiksema kallakusega liugude põhi ja küljed vooderdatakse seest laudadega. Kui kallaknurk on alla 40°, siis kaetakse külgvooderduse alumine osa ja põhi tugeva raudplekiga, mis vähendab hõõrdumist.

Toestamiseks kasutatakse täis-lengtoestikku.

Liugude rajamine on lihtne. Maavarakiht murtakse lahti kas lõhkamise abil või piikvasaratega. Kõvemates kihtides kasutatakse enamasti lõhkamistõid. Lahtimurtud kaevis langeb oma raskuse mõjul eest välja

ja libiseb strekini, kus koguneb laudadest tehtud punkrisse, millest ta luugi kaudu vagonetti lastakse.

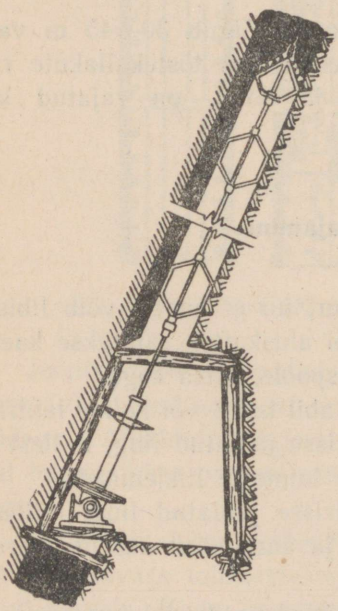
Aherkivimi lahtimurdmiseks kasutatakse piikvasaraid või lõhkamistöid.



Joon. 236. Liugude põikilõiked.

Enne aherkivimi lahtimurdmist lastakse punkrist kogu maavara välja. Keskmine 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, toestusmaterjali allalaskmine alumistesse kaeveõõnsustesse, elektrikaablite paigutamine jne.



Joon. 237. Masin ühenduslõõride puurimiseks.

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 rööbiti strekiga, siis kasutatakse kaevise transpordiks eest kuni strekini võnktransportööre, skreeperit või kraaptransportööre.

Vertikaalsete ja kallakate ühenduslõõride puurimiseks valmistatakse NSV Liidus leiutatud erilisi puurmasinaid (joon. 237).

Käesoleval ajal valmistatakse seeriaviisi ühenduslõõride puurmasinat СБМ-3У, 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 toestik. Toestik peab olema püstitatud õigeaegselt, olema küllalt vastupidav kivimite survele ja vastama kaeveõõnsuse põikilõikele.

Põhimiseks toestusmaterjaliks ettevalmistuskaeveõõnsustes on puit. Okaspuudest kasutatakse peamiselt mändi, 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 mändi, 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.

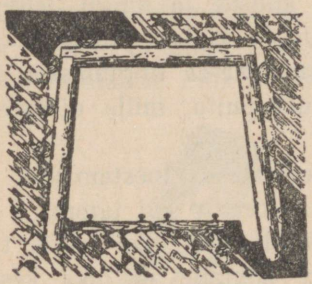
Kivimite surve toestikule ei tarvitse tekkida kohe. Kuid lühikese ajavahemiku järel tekkinud surve suureneb järjekindlalt ja saavutab mõne aja möödudes maksimaalse, nn. esialgse surve suuruse. See nähtus on seletatav aja jooksul koormatavate kivimite tugevuse vähenemisega ja nende elastsusega, mis esineb 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 *mäerõhuks*. 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

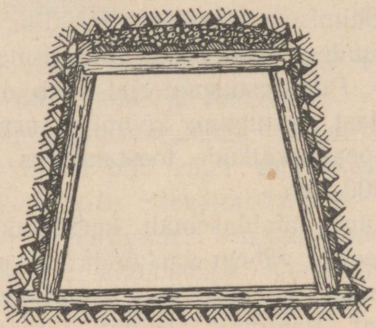
toestada kaeveõõnsust püsiva ja kindla toestikuga, mis võib ikkagi puruneda. Niisugusel korral on kasulikum püstitada algul lihtsam ajutine toestik ja vahetada see pärast esialgse surve möödumist alalise toestikuga. Selleks tuleb kaeveõõnsus rajada mõnevõrra suuremate mõõtmetega, et pärast uut toestamist 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. Täislengtoestik.

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.

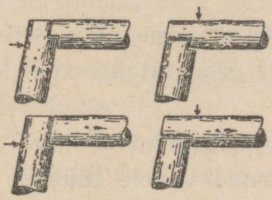
Kui surve kaeveõõnsuse lae poolt on suurem ja küljed on püsivad, siis toestatakse lagi taladega, mille otsad asetatakse seintesse tehtud pesadesse. Kui lagi on praoline või pole küllalt püsiv ja on karta kivimitükkide sissevarisemist talade vahelt, siis kaetakse talade vahe laudade või pindadega, mis tuginevad taladele.

Harilikult kasutatakse kaeveõõnsuste toestamiseks lengtoestikku, mis koosneb üksikutest lengidest. Viimased moodustatakse kahest toest ja talast (joon. 238). Toed asetatakse tala otste alla.

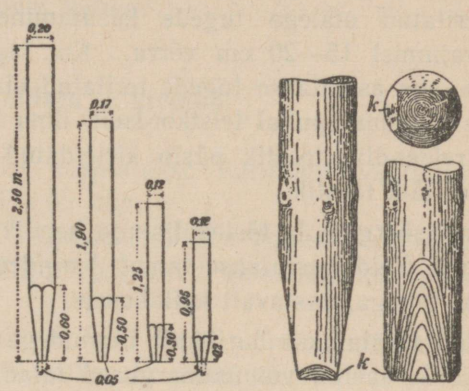
Kui surve lae poolt on suur, püütakse vähendada talade pikkust ja toed asetatakse 75—85°-lise nurga all ülalt koomale. Niisugusel juhul saab kaeveõõnsus trapetsikujulise põikilõike.

Põhja pundumise esinemisel tekib vajadus toestada 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 sisseraideid. 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 sisseraide kuju. 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 seina 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 külgede kivimeid.

Tugede alumised otsad asetatakse selleks tehtud aukudesse, et surve külgedelt ei suruks tugesid sissepoole. Aukude sügavus oleneb põhja kivimite kõvadusest. Kõvemates kivimites tehakse need augud 100 mm sügavused ja pehmemates sügavamad.

Kaugus üksikute lengide vahel oleneb surve suurusest ja kivimi pudedusest ning kõigub 0—2 m vahel. Toestikku, milles lengide vahele jäetakse vahed, nimetatakse sõrendatud toestikuks. Suurte survete ja pudedate 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. Erituse pikkus oleneb surve suurusest. 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 jäik 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 otstesse. Keskmiste tugede rida jagab liu kahte lahtrisse, milledest üks jäetakse inimkäiguks, teine kaevise allalaskmiseks, kusjuures tal vooderdatakse põhi, küljed ja lagi laudadega.

Lühikest aega püsivad ühendus- ja tuulutuslõõrid toestatakse tugedega (propsidega). Pikemat aega püsivad vähemtähtsad kaeveõõnsused toestatakse tugedega, mille alla (vastu lage) asetatakse tugevad pindlauad või lõhkisaetud talad — poolpalgid ehk pindplangud.

Aja jooksul kaeveõõnsuste toestik kas murdub kivimite survel 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 kloortsinki, vasevitrioli ja fluorisoolasid. Fenooliühenditest kasutatakse kreosooti, karboliineumi, fenolaati, põlevkiviõli jne.

Kõige parema immutamisviisi 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 × 120 × 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 toestusmaterjalina 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 kg/cm², II sort — 120 kg/cm² ja III sort — 90 kg/cm². Toestusmaterjalina on šahtides soovitav 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—0,85 m³ betoonkive ja 0,15—0,25 m³ mörti. Suuremate kivide puhul kulub mörti vähem.

Betoonkivid valmistatakse betoonist margiga $R_{28} = 110$ (mis tähendab, et selle betooni survetugevus 28 päeva järel pärast valmistamist on 110 kg 1 cm² 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 mitmesugused erilised tsemendid.

L u b i saadakse lubjakivi põletamisel, milles on vähesel 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 hulgast muutub kas pulbri- või taignasarnaseks.

Kustutamata lupja ei või hoida laos kauemat aega, sest ta võtab endasse õhust niiskust ja süsihappegaasi ning muutub tarvitamiskõlbmatuks. Kustutatud lupja võib hoida pikemat aega.

Kustutatud lubjast ja liivast valmistatakse vee lisamisel lubimört, mis kivistudes omab survetugevust kuni 30—40 kg/cm^2.

P o r t l a n d - t s e m e n t 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 taignasarnane 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^2 ja rohkem. Kivistumine kiireneb vee soojuse tõstmisega ja muutub aeglasemaks temperatuuri alanemisega. Temperatuuri alanemisel kuni —10^0 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.

B e t o o n 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 vahekorda segus.

Liiv peab olema puhas, ilma orgaaniliste ainete ja mulla ning savi

sisalduseta. Eelistada tuleb kvartsliiva. Killustik või kruus peavad olema kõvadest kivimitest, terasuurusega 5—50 mm.

Tsemendisisalduse poolest jagatakse betoonid rasvasteks ja lahjadeks. Betooni nimetatakse rasvaseks, kui tsemendi maht mördisegus ületab 15% võrra liivateradevahelise tühjuse mahu.

Kaeveõõnsuste 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 kaeveõõnsuste ohtlikke kohti, kui toestikus võivad esineda tõmbejõud.

Torkretbetooniks nimetatakse betoonkrohvi, mis heidetakse suruõhu jõul vastava pursketoru kaudu krohvitava toestiku või kaeveõõnsuse seinte peale. Peeneteraline vedel betoon, kattes tiheda kihina puittoestikku, muudab ta tule- ja mädanemiskindlaks. Torkretbetooniga kaetud kaeveõõnsuse 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 täidetakse 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.

Raudbetoontoestikku võib kasutada mitmesuguste kaeveõõnsuste toestamiseks.

Armatuuri jaoks kasutatakse 8—12-mm-se jämedusega raudvarbu, mis paigutatakse üksteisest 10—35 cm kaugusele betooni sisse, kohtadesse, kus on oodata tõmbepingeid.

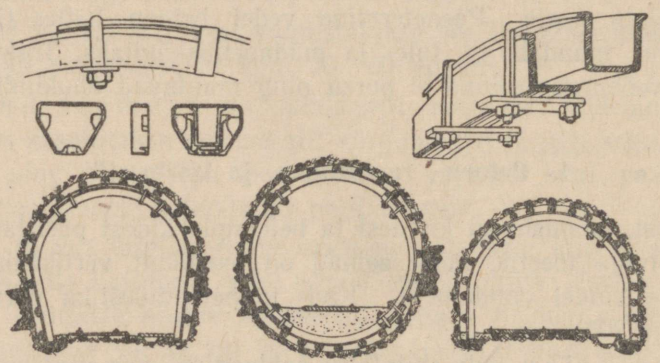
Viimasel ajal on Donbassis levinud eriline toestik, mis koosneb õõnsatest raudbetoontugedest ja -taladest. Toed ja talad sarnanevad puidust valmistatutega ja nad püstitatakse ka nii nagu puidust lengid.

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 ekspluatatsioonitingimuste paranemine ja remondikulude järsk alanemine 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.

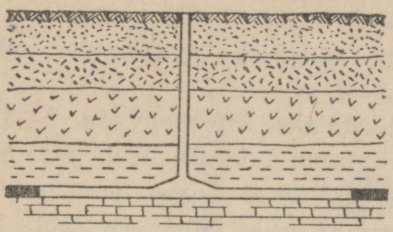
D. Šahti õue ja kambrite rajamine.

1. Üldmõisted.

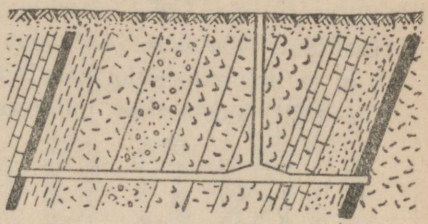
Kui šaht on rajatud vajaliku sügavuseni, alustatakse šahti õue rajamist. Sumba moodustamiseks süvendatakse šaht mõne meetri võrra allapoole šahti õue taset.

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 kverščlagiks (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, toestusmaterjal) 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;

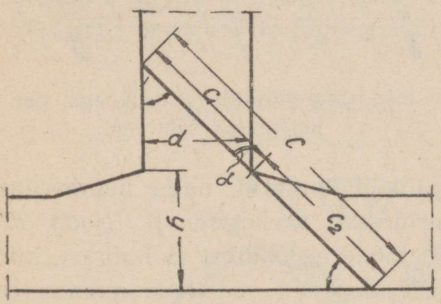
d — šahti diameeter või kitsas külg;

h — šahti õue suudme kõrgus.

Šahti õue suudme kõrgus peab võrduma pika eseme ja suudme serva ordinaadi lõikepunkti 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.



Joon. 245. Skeem šahti õue suudme kõrguse arvutamiseks.

Alguses tehakse võimalikult vähe lõhkamistöid ja kasutatakse selleks madalaid (0,5—0,7 m) lõhkeauke ning väikesi laenguid, mis on suutelised tekitama ainult pragusid.

Kui esi on jõudnud šahtist kaugemale, töötatakse 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 tulevasest 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 kaevise 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 kaevise transportimiseks transportööre.

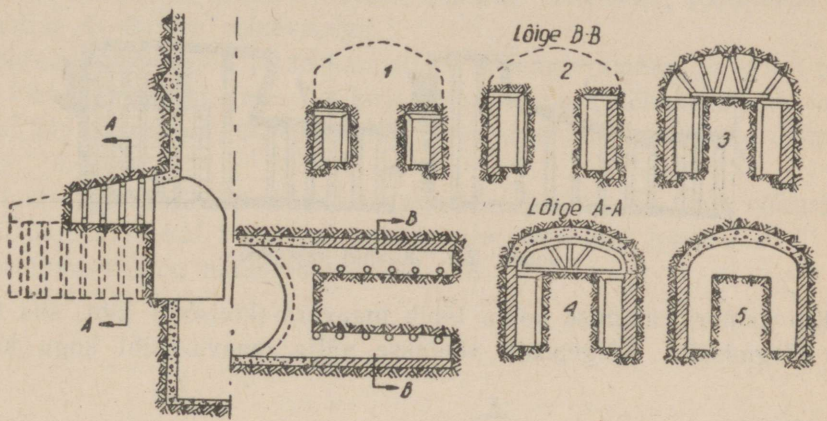
Lagi toestatakse ajutiselt poolpalgist tala alla asetatud tugedega.

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.

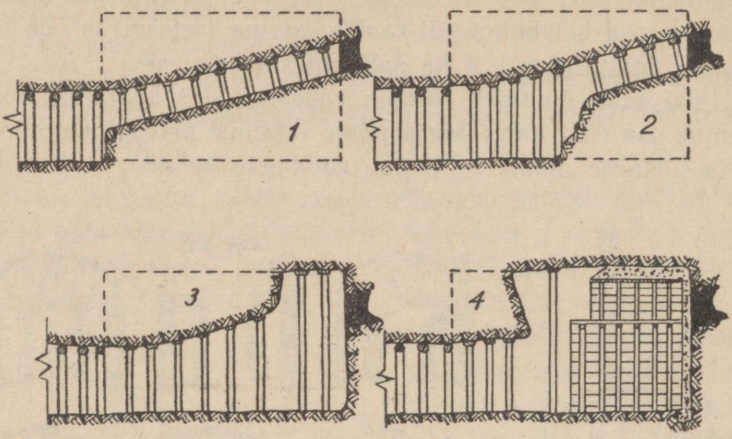
Šahti õue suudme rajamist alustatakse siis kahe iseseisva, 1,5—1,6 m laiuse ja 1,8—2 m kõrguse eega, millede vahele jäetakse tervik (joon. 246, *1*). Nende õõnsuste välimised küljed, mis moodustavad rajatava šahti õue suudme seinad, toestatakse betoonist, betoonkividest või tellistest müüridega ja sisemised küljed — ajutise toestikuga. Seejärel kõrgendatakse 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.

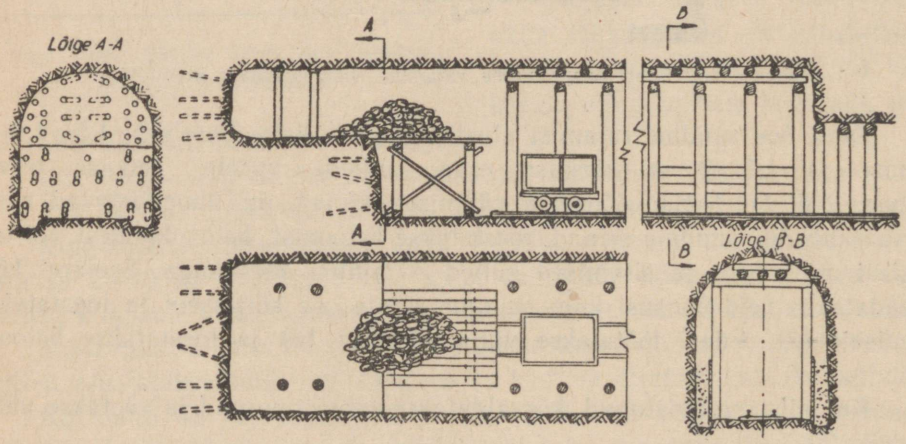
Suurem osa kambreid seadeldiste ja masinate paigutamiseks rajatakse põikimõõtmetega, mis ei ületa harilike kaeveõõnsuste põikimõõtmeid ja seepärast ei erine nende rajamine millegagi harilike kaeveõõnsuste rajamisest. Ainult mõned kambrid (pumbaruum, elektri-alajaam) omavad põikilõiget kuni 25 m² ja enam.

Nende kaeveõõnsuste rajamine, millede põikilõige ületab 12—16 m², on tunduvalt keerukam ja nõuab eriliste töömeetodite kasutamist.



Joon. 247. Kambri rajamine.

Kui kambri rajamise kohta läbib maavara-(kivisõe-) kiht, siis toimitakse järgmiselt. Kõigepealt võetakse välja maavarakiht kogu kambri



Joon. 248. Kambri rajamine ühtlastes püsivamates kivimites.

pinna ulatuses ja kaevandatud ala toestatakse harilikul viisil propsidest tugedega (joon. 247, *1*). Seejärel kaevandatakse põhjakivim ja kaeveõõnsus 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, toestades 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 lõhkamistöödest, mis on kirjeldatud eespool, lõhkamistööde osas. 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.

V OSA.

ŠAHTIDE RAJAMINE.

A. Üldmõisted.

Nagu eespool märgitud, toimub kasuliku kaevise leiukoha avamine harilikult kahe šahtiga: tõste- ja tuulutussahtiga.

Tõstešahti peamiseks ülesandeks on võimaldada kaevise maa peale tõstmist. Peale selle kasutatakse teda ka värske õhu kaevandusse juhtimiseks ja veekõrvaldamistorude ning elektrikaablite paigutamiseks.

Tuulutussahti kaudu toimub rikutud õhu väljajuhtimine kaevandusest, inimeste allalaskmine ja ülestõstmine, toestus- 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).

Šahtide põikilõike tüüpilisteks vormideks on täisnurkne nelinurk ja ring. Põikilõike vormi valik oleneb šahti ülesandest, ettenähtud kasutamisajast ja läbitavate kivimite füüsikalis-mehhaanilistest omadustest (kõvad, pudedad jt.).

Täisnurkse põikilõikega šahti toestusmaterjaliks kasutatakse harilikult puitu ja mõnikord ka metalli. Selle vormi kasutamine oleneb aga kivimite surve suurusest, 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 seinte kattena kasutatakse siis raudbetoonplaate.

Ringikujulise põikilõike korral võib šahte toestada püsiva materjaliga (kivid, metall, betoon), mille vastupidavus ei ole praktiliselt piiratud ka kõige raskemates tingimustes. Samuti ei vaja see toestus harilikult ka jooksvat remonti.

Teisi võimalikke põikilõike vorme kasutatakse harva, erijuhtudel ja nende toestuseks 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 väljatöötamine tunduvalt tülikam.

Pikemaealistele ja vähempüsivaid kivimeid läbivatele šahtidele antakse ringikujuline põikilõige. Lühemaealistele 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) tuulutusšahtides, 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 külg — 0,7 m. Redeli alumise otsa ja seina vahe 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 mõõtmed kontrollitakse ja kohandatakse õhu läbilaskmise tingimustega. Kui õhu kiirus ületab lubatud kiiruse, peab šahti põikilõiget suurendama.

Nõukogude Liidu söetööstuses on kasutusele võetud järgmiste mõõtmetega šahtitüübid.

Ringikujuliste põikilõigetega šahtid:

Tüübid	Sisediameeter 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	Sisemõõtmed m
I	2,95 × 2,0
II	4,0 × 5,0
III	4,0 × 5,0

Šahti põikilõike kindlaksmääramisega seadmete järgi saadakse šahti sisemõõtmed. Siis leitakse toestiku paksus vastavalt valitud toestusmaterjalile ja see lisatakse sisemõõtmeile juurde. Nii saadakse šahti välismõõtmed 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.

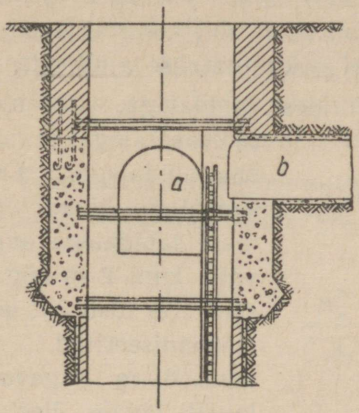
B. Šahtide rajamine harilikes oludes.

1. Üldandmed.

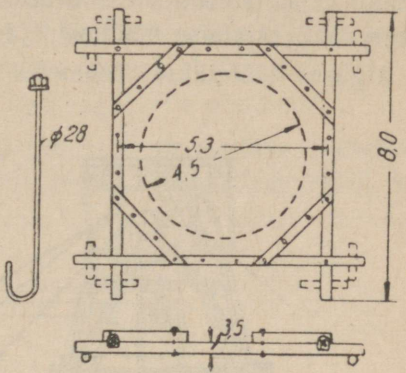
Enne šahti rajamistööde algust peab lõpetama kõik ettevalmistustööd, hankima vajalikud masinad ja materjalid. Samuti peab valmis olema juurdesõidutee, vesivarustus, energiavarustus, laohooned, laoplatsid ja elamispind töölistele. Ka peab selge olema, kuhu paigutada šahti rajamisel saadav aherkivim ja 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.

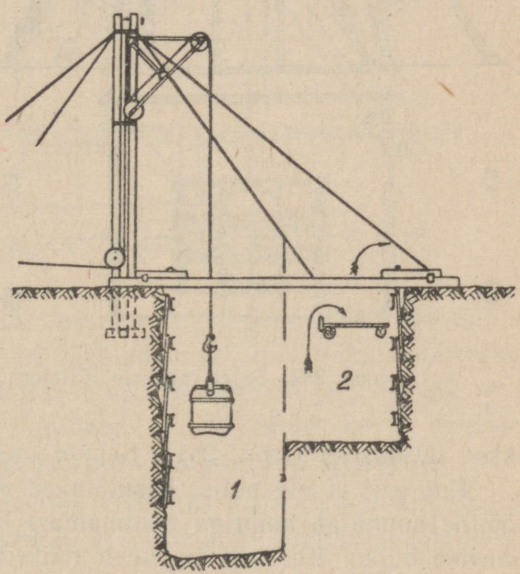


Joon. 250. Šabloonraam.

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 toestatud 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 värske õhu juhtimiseks kaevandusse.

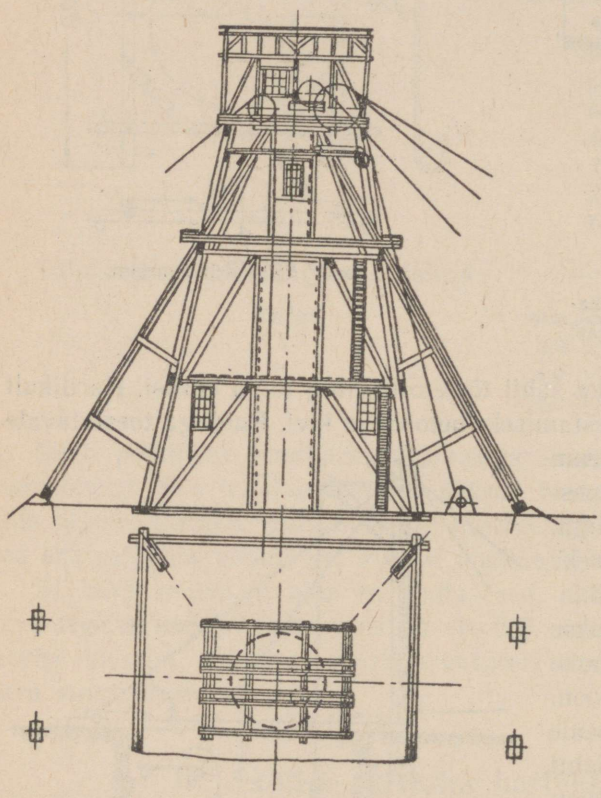
Et külmal aastaajal kaitsta šahti jäätumisest, ehitatakse šahti juurde õhusoojendusseadeldis — kalorifeer, kust soojendatud õhk juhitakse erilise kanali (*a*) kaudu šahti (joon. 249).



Joon. 251. Kivimi tõstmise skeem šahti suudme rajamisel: *1* — tõstmine toobriga, *2* — käsitsi väljaloopimine lava kasutamisega.

Tuulutussähti suudmest juhitakse tuulutuskanal ventilaatorihoonesse. Šahti suudme rajamiseks asetatakse alguses maa peale ja kinnitatakse kohale ajutine šabloonraam (joon. 250), mille sisemised mõõtmed on šahti rajamismõõtmete suuruseks. Šabloonraami abil kontrollitakse loodidega šahti rajamise mõõtmeid ja tema külge kinnitatakse ajutine toestik.

Alguses töötatakse pehmetes pinnakihtides labidatega, kõblastega, piikvasaratega ja surutõhu-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. Šahti rajamise tõstetorn.

Lavade kasutamisel on tööviljakus madal ja seepärast on otstarbekohasem kasutada mehhaanilisi 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 lastakse täitmiseks (joon. 251). Seinad toestatakse ajutise toestikuga.

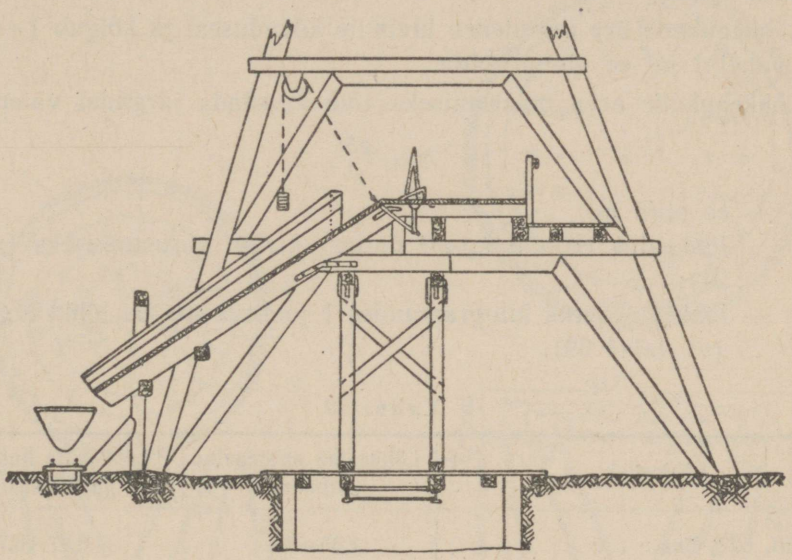
Kui vett ei ole palju, kasutatakse vee tõstmiseks tõstetoobreid. Üks tööline ammutab ämbriga madalamast kohast vett ja valab tõstetoobrisse kaevise hulka. Kui vett koguneb rohkemal hulgal, siis kasutatakse pumpasid.

Šahti 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 tõsteköite 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 ümberkallutamisega, variseb kaevis lava kallakat äärt mööda alla ja juhitakse renni otsa alla paigutatud vagonetti, millega ta määratud kohta veetakse (joon. 253). Kaevise 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 suruõhukäsipuurvasaraid 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 m² ee pinna kohta üks puurvasar. Näiteks kui šahti põikilõige on 35 m², 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 m² ee pinna kohta.

Lõhkeaukude arvu määramiseks võib kasutada järgmist valemit:

$$N = \frac{qS}{\gamma},$$

kus S — ee pind m²;

q — lõhkeaine erikulu kg/m³ antud kivimi purustamiseks (vt. tabel 24);

γ — lõhkeaine hulk kilogrammides 1 jooksva meetri lõhkeaugu kohta (vt. tabel 39).

Tabel 39.

Lõhkeaine	Lõhkeaine optimaalne tihedus	Lõhkeaine hulk (γ) kg ühe jm. lõhkeaugu kohta
Dünamiit, 62%-line	1,35—1,4	0,67—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.

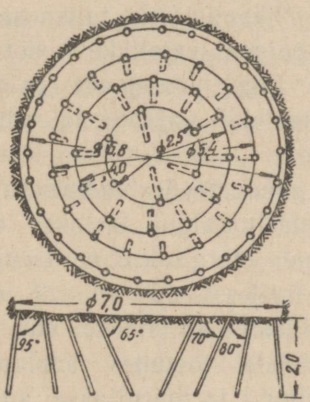
Arvutused näitavad, et kõige kasulikum lõhkeaukude sügavus kõigub 2,5—3,5 m vahel. Šahtide rajamise praktikas kasutatakse auke sügavusega 1,5—3,0 m. Kõige sagedam ja tüüpilisem aukude sügavus on praktikas 2—2,5 m.

Aukude puurimise aeg šahti rajamise tsüklis moodustab ligikaudu

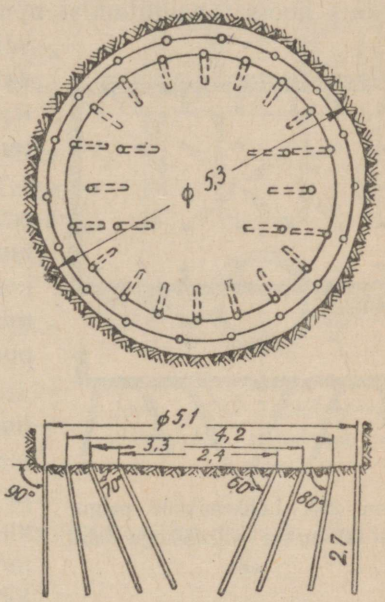
15% ajast, mis on vajalik tsükli teostamiseks. Kõige rohkem aega nõudev on purustatud kivimi käsitsi koristamine, milleks kulub 65—75% kogu ajast.

Lõhkeaukude paigutamisel tuleb arvestada neid juhiseid, mis on toodud selle raamatu lõhkamistööde osas.

Ringikujulise põikilõike ja laugete kihtide puhul asetatakse lõhkeaugud kontsentriliste ringidena (joon. 254). Keskelt esimesse ringi on tehtud algmurde-lõhkeaugud, millede ülesandeks on tekitada sissemurre ja moodustada teine vaba pind järelmurde-lõhkeaukude ringi töö kergen-



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°.

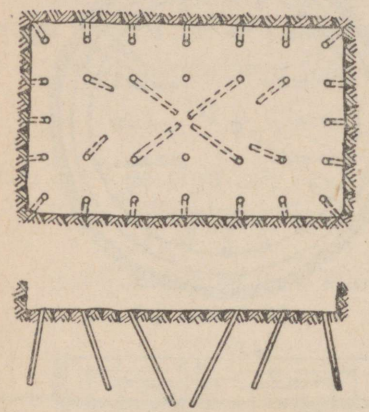
Viimase ringi moodustavad kontuuraugud, mille ülesanne on anda rajatavale šahtile tema rajamismõõtmed (välismõõtmed). Kontuuraugud suunatakse kas vertikaalselt või väikese kallakuga väljapoole, et ära hoida rajamismõõtmete vähenemist kõvades kivimites.

Kontuuraukude arv kõigub 18—30 vahel. Pehmete kivimite ja väiksema põikilõike korral asetatakse lõhkeaugud kolme ringi.

Analüüsides šahtide rajamise praktilisi andmeid selgub, et aukude arvud ringides suhtuvad, alates algmurde 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 põhjendamatult purustatud kivimi kogust ja sellega seoses olevate tööde hulka ning toestamismaterjali üleliigset kulu.



Joon. 256. Lõhkeaukude paigutus täisnurkse põikilõikega šahti ees.

Samuti tekib ebameeldivusi ja üleliigset tööd, kui lõhkamistööde 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 asetus 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 lõhkamistööde osas. Joonisel 256 on toodud üks sagedamini kasutatavaid aukude asetuse skeeme.

Kui puudub kohalik praktika, siis kasutatakse esialgseks laengute suuruse arvutamiseks lõhkamistööde 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.

Süütamiseks kasutatakse ainult elektrivoolu, mida võetakse harilikult valgustusvõrgust. Pärast lõhkamist kõrvaldatakse lõhkeainest tekkinud gaasid šahtist intensiivse tuulutamisega.

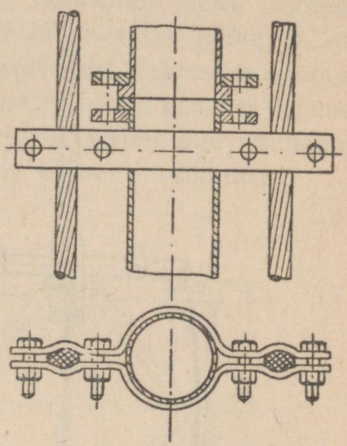
3. Tuulutamine.

Tuulutamiseks kasutatakse ventilaatoreid jõudlusega 400—600 m³ 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 köite 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 köie vahele (joon. 257).



Joon. 257. Tuulutustorustiku kinnitamine rippuvasse asendisse.

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.

4. Kivimi koristamine.

Purustatud kivimi eest kõrvaldamine nõuab kõige rohkem tööjõudu ja aega, võrreldes teiste šahti rajamisel esinevate töödega.

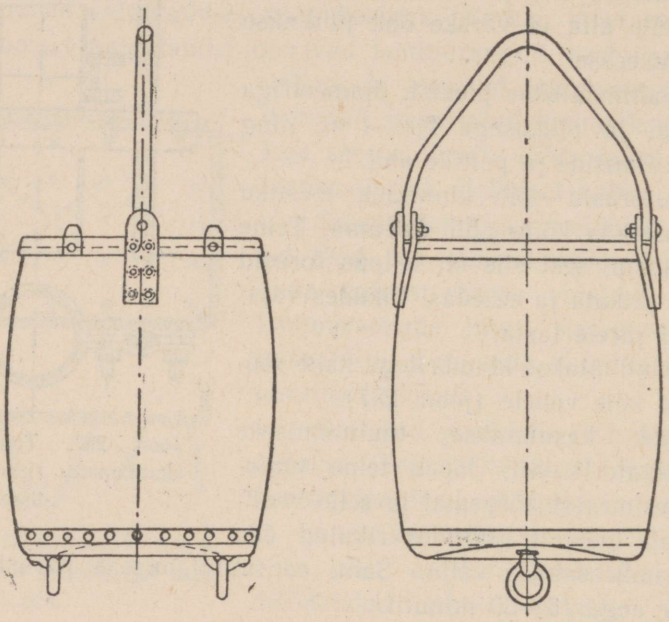
Pärast lõhkamistöid, enne tööliste laskmist šahti, peab hoolikalt kontrollima, kas ajutine toestik, šahti seinad ja rippuvad seadeldised on ohutus seisukorras ja kas seadeldistele või toestikule pole tekkinud rikkeid. Ühtlasi lastakse pumbad alla ja kõrvaldatakse eest vesi.

Kui šaht on seatud ohutusse korda, võib alustada kaevise 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. Kõvemate kivimite korral puuritakse suurtesse tükkidesse lisaaugud ja purus-

tatakse lõhkeainega. Kuid see nõuab koristustöö katkestamist ja seepärast tuleb lõhkamistööde korraldamisel asetada nõutaval määral lõhkeauke, et vältida suurte tükkide esinemist.

Labidaga võtmise kergendamiseks kasutatakse tihti plekkplaate suurusega 500 × 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 eesse paigutada üheaegselt rohkem töölisi, kuid ruumipuudusel takistab see tööd. Normaalseks võib pidada, kui iga töölise kohta on 2 m² ee pinda. Praktikas kõigub see arv 1—3 m² iga töölise kohta.

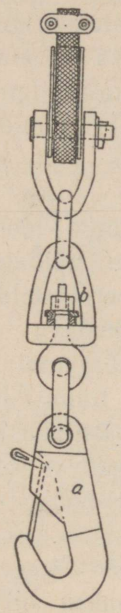
Nüüd kasutatakse kivimi koristamiseks sügavamates šahtides NSV Liidus esimesena konstrueeritud suruõhuga töötavaid erilisi greifereid.

Tõstetoobrid (joon. 258) valmistatakse metallist, mahuga 1—1,5 m³. Väiksemate šahtide rajamisel kasutatakse ka 0,5-m³-se mahuga toobreid.

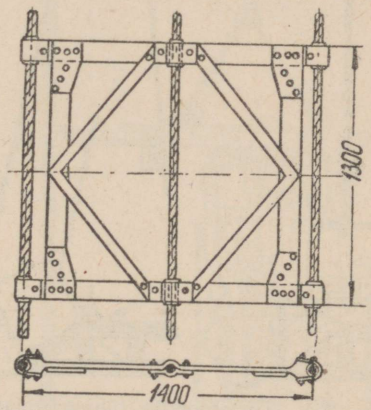
Kõrged tõstetoobrid ei ole soovitavad. Kõrgeletõstmine vähendab tunduvalt kaevuri tööviljakust. Normaalseks kõrguseks on 1—1,2 m. Tõstetoobrid peavad olema valmistatud ohutustehnika reeglite kohaselt.

Koristamise normiks on 2,7—3,5 m³ kivimit massiivis ühe töölise kohta, mida vähendatakse veerohketes šahtides 20% ja enam.

Toobrite tõstmiseks kasutatakse ümmargusi või lamedaid terastraadist köisi (trosse). Tõstetoobri kinnitamiseks köie 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 pöörel *b*, mis väldib tõstetoobri pöörlemist tõstmise ja allalaskmise ajal (pingutatud tõsteköis pöörleb ja paneb rippuva toobri pöörlema, pöörel aga võimaldab köie pöörlemist, ilma et toober pöörleks).



Joon. 259. Tõstetoobri haakeseadis: *a* — konks, *b* — pöörel.

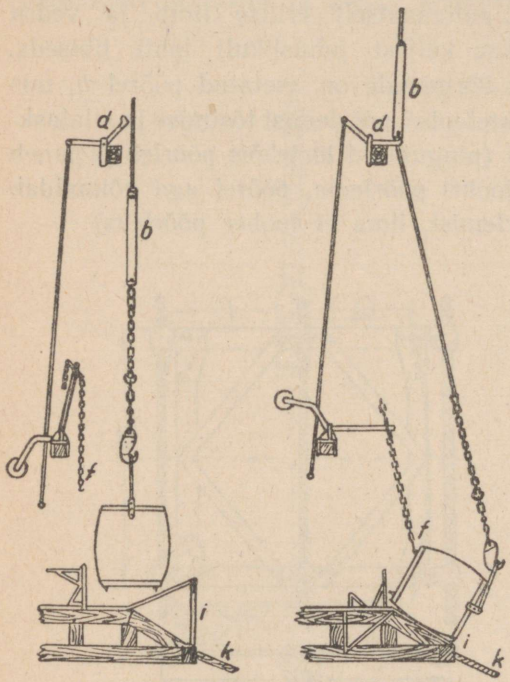


Joon. 260. Juhtraam.

Et hoida tõstetoobrit pendeldamast (kõikumast) tõstmise ja allalaskmise ajal, selleks asetatakse tõstetoobri haakeseadise peale vabalt juhtraam (joon. 260), mille keskelt läheb läbi tõsteköis; raam libiseb tõstmise ja allalaskmise ajal kahele poole rööbiti asetatud juhtköite vahel. Juhtköite alumised otsad kinnitatakse selleks ee lähedale asetatud talade külge, ülemised otsad ulatuvad üle tõstetorni asetatud juhtrataste käsivintside trumlitele, mis asuvad šahti lähedal väljaspool tõstetorni. Mainitud vintside abil hoitakse juhtköied pingul. Šahti süvenemisel paigutatakse köite pingutamise talasid kord-korralt eele järele.

Juhtraam on tõstetoobri tavalise liikumise ajal haakeseadise peal. Kui tõstetoober liigub allapoole, möödudes pingutustaladest, jääb juhtraam talade peale seisma ja toober laskub eesse ilma juhtraamita.

Tõstmist toimetatakse harilikult ühe köie ja kahe toobriga. Kui tühi toober on lastud eesse, võetakse see konksu küljest lahti ja haagitakse täidetud toober konksule ning antakse signaal tõstmiseks. Kahe köiega tõstmisel 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 köite otsas. Et toobrist midagi välja ei kukuks, ei tohi teda täita ääreni.



Joon. 261. Tõstetoobrite tühjendamine. (Tähtede seletus tekstis.)

Väljatõstetud toobrite tühjendamine on näidatud joonisel 261. Toober tõstetakse alguses tühjenduslava luukidest mõnevõrra kõrgemale ja suletakse luugid. Luuk *i* 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* 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.

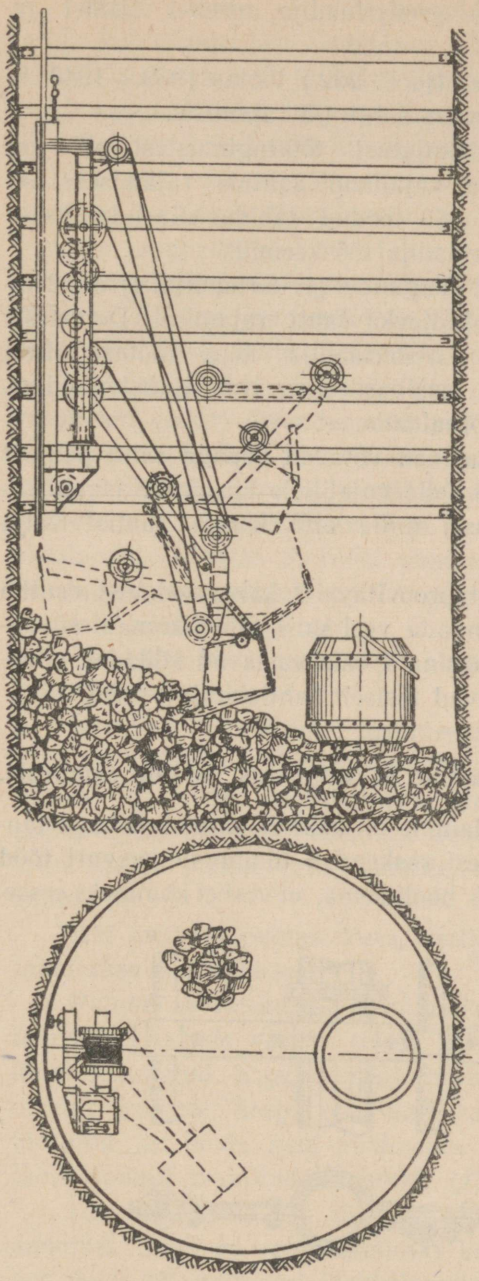
Väljakallutatud kaevis libiseb mööda renni *k* kallutatavasse vagonetti, millega ta toimetatakse puistekohta.

5. Kivimi koristamine laadimismasinatega.

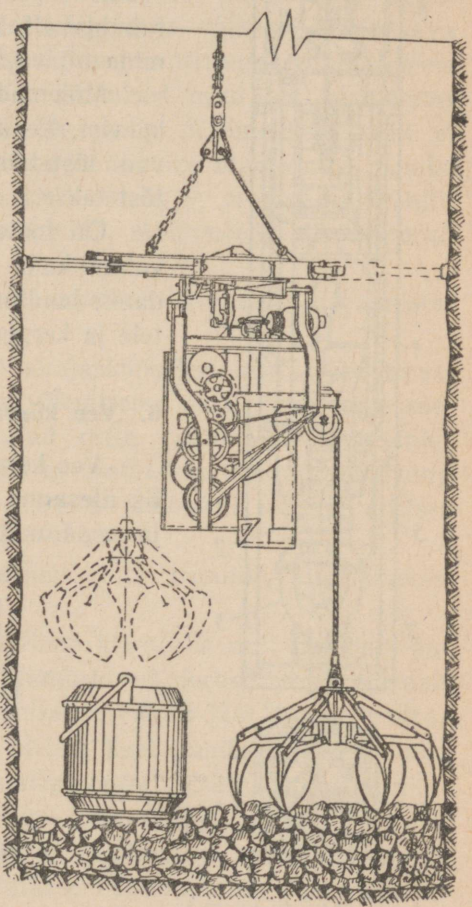
Kivimi koristamine nõuab palju aega ja tööjõudu. Selle töö mehhaniseerimiseks on Nõukogude Liidu konstruktorite poolt esitatud hulk projekte, mille järgi on ehitatud rida katsemasinaid.

Selle töö tulemusena leiti, et suruõhu-greifer БЧ-1 töötas kõige efektiivsemalt ja nüüd lastakse seda masinat välja seeriaviisi. Tema tootlikkus on 8 m³/tunnis, kopa maht — 0,1 m³ ja masin kaalub 510 kg. Teda kasutatakse heade tagajärgedega.

Tähelepanuväärseteks katsemasinateks osutusid: kopaga süvendus-

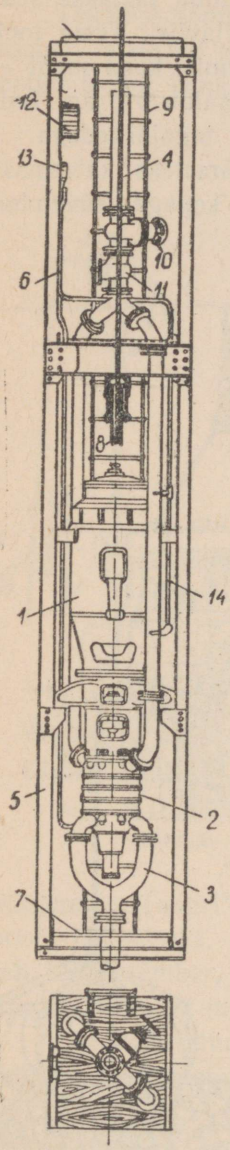


Joon. 262. Kopaga süvendusekskavaator ЭР-2.



Joon. 263. Tsugunovi greiferlaadija.

ekskavaator ЭР-2, insener Tsugunovi greiferlaadija, greifer ШМ-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.

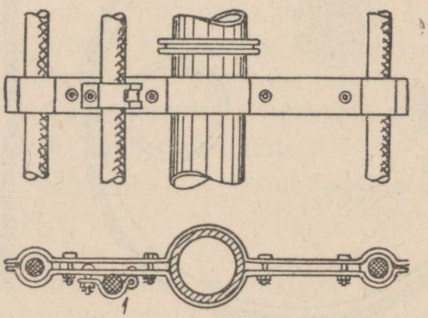
Insener A. F. Tsugunovi greiferlaadijat (joon. 263) prooviti Petrovo-Lidjevka šahti rajamisel Donbassis 1938.—1939. a. Greiferlaadija kopp töötas täiesti rahuldavalt, aga masinas esines rida olulisi puudusi, mida oli vaja kõrvaldada.

Mõlemad masinad võtavad kopaga šahti põhjast kaevist, tõstavad selle vajalikule kõrgusele ja puistavad tõstetoobrisse, mille abil kaevis 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. Veetorustiku kinnitamine: *1* — klamber elektrikaabli kinnitamiseks.

Kõige lihtsam on vett kõrvaldada kaevise 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^3 tunnis.

Kui vee juurdevool on suurem, kasutatakse vee kõrvaldamiseks rippuvaid elektri- või suruõhupumpasid, mõnikord ka hüdrolifte. 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 pumbatakse. 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. Ühe 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 platvorm *7*, pumba riputamisköie 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 terasköit, mille üks ots kinnitatakse tõstetorni ülemisesse ossa, kuna teine asetatakse üle pumba raami külge kinnitatud ratta (joon. 264, *8*) ja juhitakse tagasi tõstetorni ülemisse ossa, kus ta asetatakse üle juhtratta ning kinnitatakse pumbavintsi trumlile, mis asetseb tõstetorni lähedal erilises ruumis.

Kui on vaja pumpa tõsta, keritakse köit vintsi trumlile, allalaskmisel toimitakse vastupidiselt.

Pumba survetorustik kinnitatakse eriliste klambrite abil pumba riputamisköie harude vahele (joon. 265). Klambrid on torude peale tihedalt kinni tõmmatud. Riputamisköie harud juhitakse vabalt läbi klambrite otsas olevate avauste. Seepärast rõhub kogu torude kaal pumba raamile; köite 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.

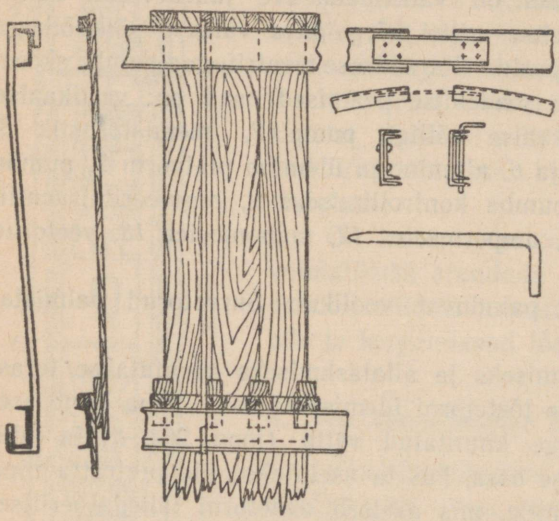
7. Ajutine toestik.

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 alalisse 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 vahetugi, 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.

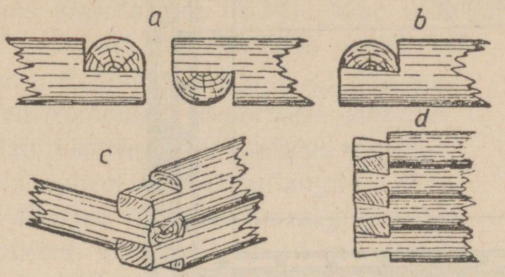
8. Alaline toestik.

Šahti alalist toestikku võib püstitada:

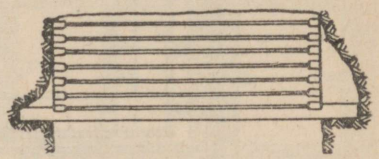
1) järkude kaupa. Kui šaht on süvendatud 30—50 m, siis lõpetatakse

süvendamistööd ja alustatakse toestamist alt ülespoole; pärast toestamist süvendatakse šahti jälle järgmise järgu võrra jne.;

2) üheaegselt süvendamistöödega eri järkudes; šahti süvendatakse alumises järgus ja samal ajal toestatakse eelmist järku ülespoole;

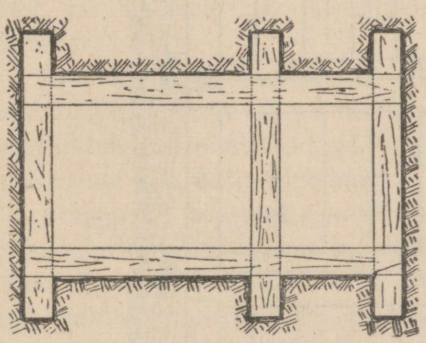


Joon. 267. Rakkepuude ühendusviisid: *a* — poolkäpp, *b* — seotud poolkäpp, *c* — veerandkäpp, *d* — kalasaba.

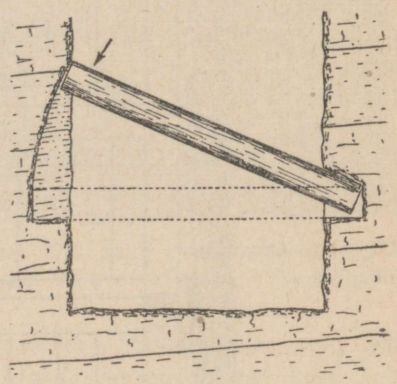


Joon. 268. Šahti vahedeta raketoestik.

3) ülalt allapoole; siis on toestamistööd vahetult ee lähedal; süvendamis- ja toestamistööd teostatakse üheaegselt või kordamööda samas järgus.



Joon. 269. Alusrake.



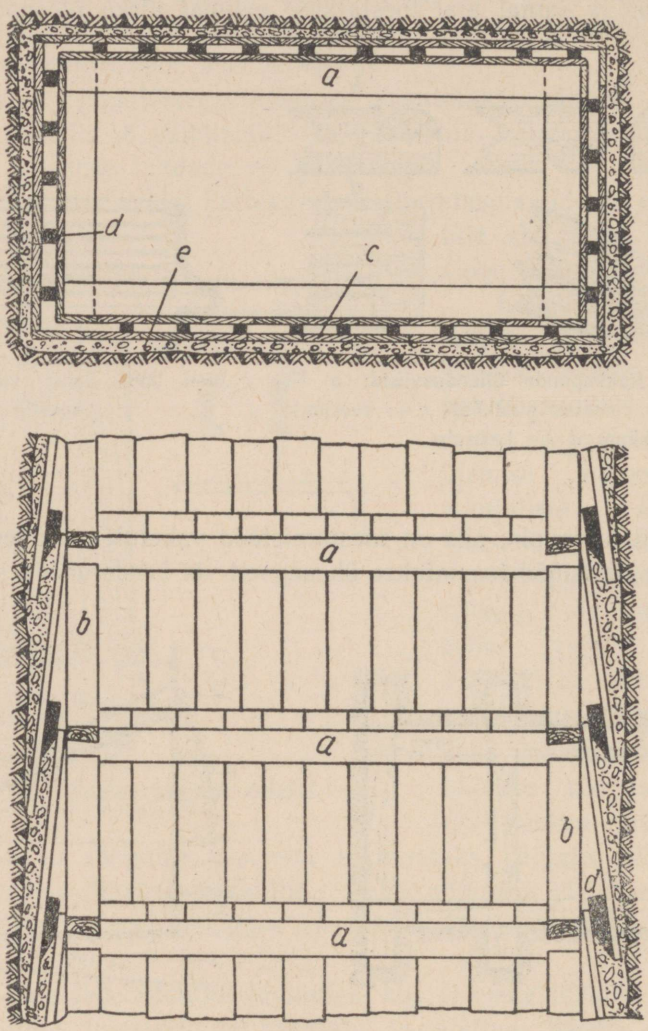
Joon. 270. Alusrakke paigutamine.

Esimene toestamisviis on lihtsam ja vajab vähem seadeldisi, kuid tööde järjestikuse teostamise tõttu toimub šahti rajamine aeglasemalt. See tööviis on laialt levinud oma lihtsuse tõttu.

Teine toestamisviis on otstarbekohane siis, kui šaht on sügav, külje-

kivimid on püsivad, vee juurdevool on väike ja šaht on ringikujulise põikilõikega, mille diameeter on vähemalt 5,5 m.

Kolmandat toestamisviisi kasutatakse täisnurkse põikilõikega šahti-



Joon. 271. Vahepakkudele asetatud rakked: *a* — rakked, *b* — vahepakud, *c* — lauad, *d* — kiilud, *e* — täidis.

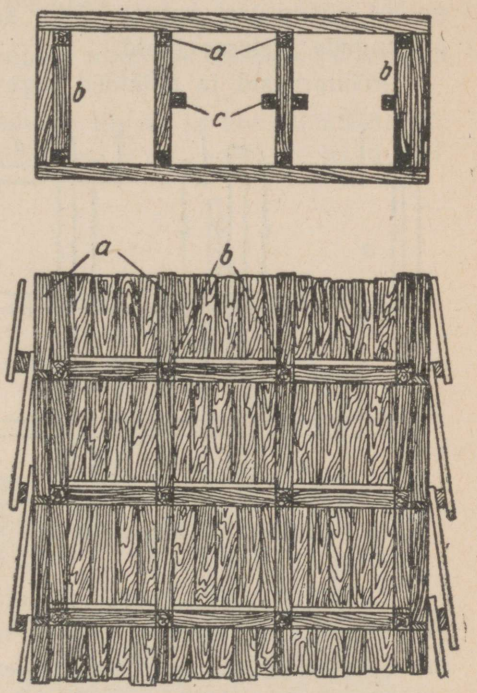
des, mida tavaliselt toestatakse rippuva puittoestikuga (vahel ka metalltoestikuga), ja ringikujulise põikilõikega šahtide rajamisel, kui kasutatakse ülalt allapoole jätkatavat metalltoestikku.

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 rõhumisest. Kohtades, kus võib esineda suurem rõhumine, toestatakse šaht tihedalt üksteise peale asetatud raketega, nn. vahedeta raketoestikuga (j. 268). Väiksema rõhumise korral asetatakse rakked üksteisest 0,5—1 m kaugusele ja nende nurkade vahele paigutatakse vahepakud, millede otstesse tehakse tapid paremaks kinnitamiseks.



Joon. 272. Šahti armeerimine: *a* — põõnprussid, *b* — põiktoed, *c* — juhtlatid.

Rakked valmistatakse maa peal ja laotakse kokkupassitult üksteise peale nii, nagu nad asetatakse šahtis paigale. Pärast hoolikat kokkupassimist nummerdatakse rakete osad ja lastakse parajal määral järjekorras šahti.

Kui šaht on süvendatud ühe toestiku järgu võrra (2—5 meetrit), katkestatakse rajamistööd ja alustatakse alt ülespoole toestamist.

Kõigepealt asetatakse alusrake, mille lühemad rakkepuud on pikendatud nii, et nad ulatuvad oma otstega 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 peavad olema laotud vertikaalselt, seda tuleb hoolega kontrollida nurkadesse paigutatud loodide abil. Samuti kontrollitakse ka rakete diagonaale, mis peavad olema võrdsed.

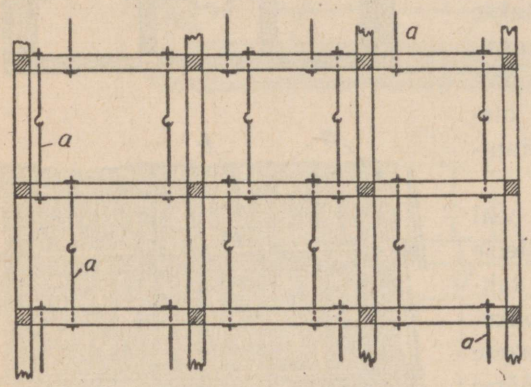
Kui rakked on eraldatud üksteisest vahepakkudega (joon. 271), kaetakse raketetagune enne seinte vahe täitmist tihedalt laudadega.

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 hammasseotisega 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 lahtris kasutatakse põiktugesid 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 rippuma. 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.

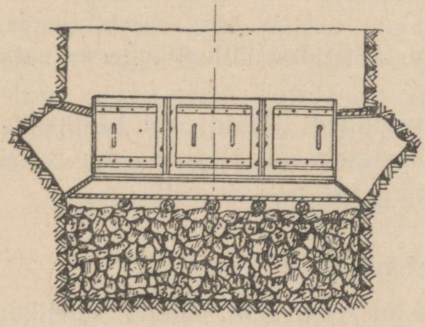
b) Betoontoestik.

Betooniga ja kividega toestamine toimub ainult alt ülespoole 30—50 m pikkuste järkudena.

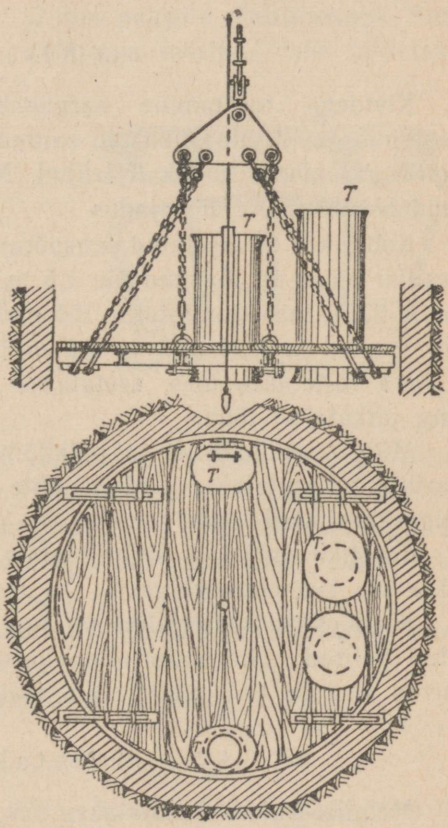
Betoon valmistatakse tsemendist, puhtast liivast ja kivikillustikust või kruusast. Segule lisatakse vajalikul määral vett ning segatakse hästi läbi.

Šahtide 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 kivimite peale laudadest põrand ja selle põranda peale šahti sisemis-



Joon. 274. Eeltööd betoontoestiku tugi- (alus-) rõnga 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); puitšabloonide 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 põikilõike 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.

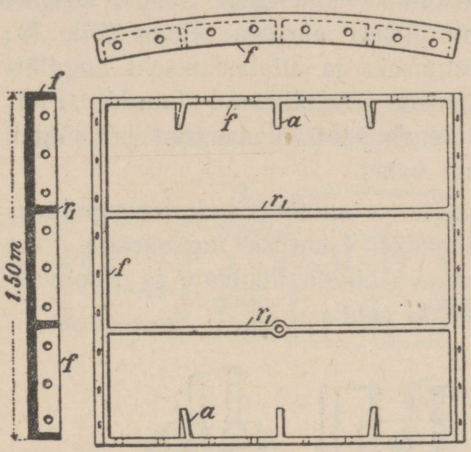
Metalltoestikku kasutatakse siis, kui on vaja šahti muuta täielikult veekindlaks.

Metalliga võib toestada alt ülespoole ja ülalt allapoole.

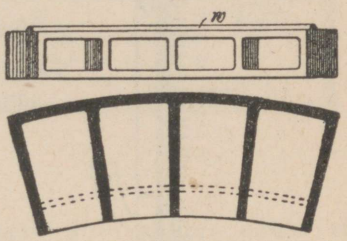
Metalltoestik koosneb terasest valatud segmentidest, mille kõrgus on kuni 1,5 m. Segmendid moodustavad võru. Segmentide ääred varustatakse sisemiste flanšidega, milles on augud kinnituspoltide jaoks. Peale flanšide suurendavad segmentide tugevust veel ribid r_1 ja flanšide konsoolid *a* (joon. 276).

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. Segmendid 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 — ribid.



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.

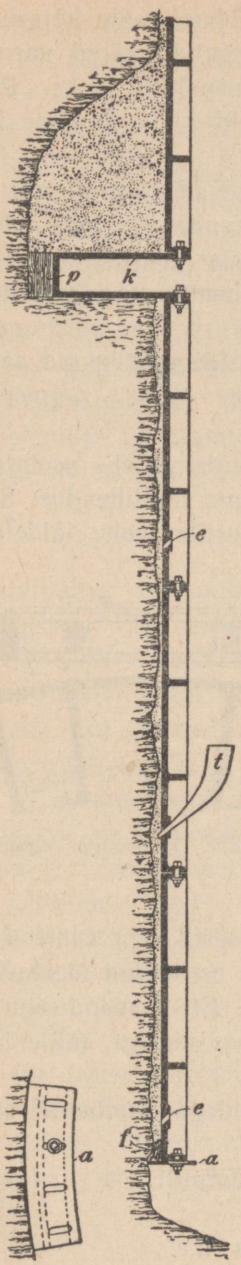
Rippuvad platvormid, mida kasutatakse šahtide toestiku püstitamiseks ja vahel ka muudeks ülesanneteks, valmistatakse kas puust või metallist (joon. 275).

Platvorm kinnitatakse kettide abil tugeva riputusköie (trossi) külge ekstsentriliselt, et mitte segada tsentraalse loodi allalaskmist.

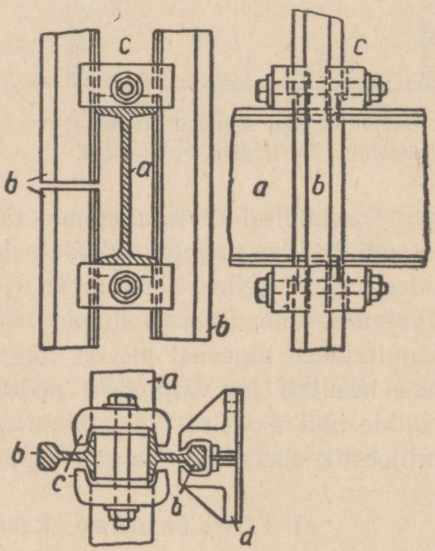
Riputusköis juhitakse üle tõstetornis kinnitatud ratta vastava vintsi trumlile, mille abil võib platvormi tõsta ja alla lasta.

Platvorm katab šahti põikilõike täielikult. Platvormis on avaused 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.

Riputusköite ja muude osade vastupidavus võetakse vähemalt 7-kordse tagavaraga. See nõue on maksev kõikide liikuvate ja rippuvate seadeldiste kohta šahtis.



Joon. 278. Ülalt allapoole jätkatava metalltoestiku ja šahti seinte vahe tsementeerimine: *a* — tihendusrõngas, *e* — tsementeerimise augud, *f* — küljekivimid, *k* — tugirõngas, *p* — puitkiilud, *t* — tsemenditoru.



Joon. 279. Klambrid rööbasjuhtmete kinnitamiseks metalltalade külge: *a* — tala, *b* — rööbas, *c* — klambrid, *d* — kongi käpp.

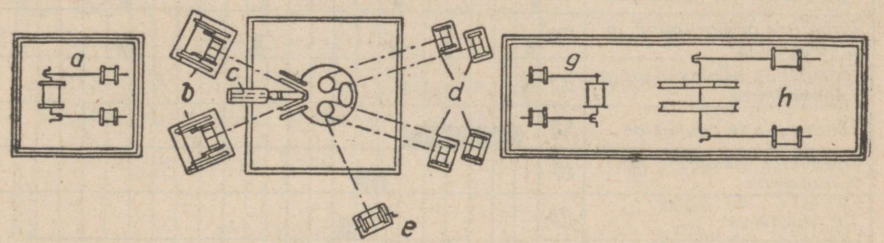
Kui rajamistööd toimuvad eri järkudes üheaegselt, siis peab esi allpool rippuvat platvormi olema kaetud kaitselavaga.

Šahti armeerimine või sisustamine. Armeerimistöid tehakse puittoestiku puhul osalt rööbiti toestamistöödega. Põõnprussid ja põiktoed on siis isegi suurel määral toestiku lahutamatud osad, mis muudavad toestuse vastupidavamaks.

Kivitoestik ei vaja täiendavat tugevdamist põõnprusside ja põiktugedega. Põiktugede ülesandeks jääb hoida kongide või skippide juhtmeid, redeleid, 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* — ventilaator, *d* — kõisjuhtmete vintsid, *e* — valgustuskaabli vints, *g* — rippuva platvormi vints, *h* — tõstemasin.

meteks kasutatakse raudteeröõpaid või puitprusse. Rööpad kinnitatakse vahetalade (põiktugede) 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.

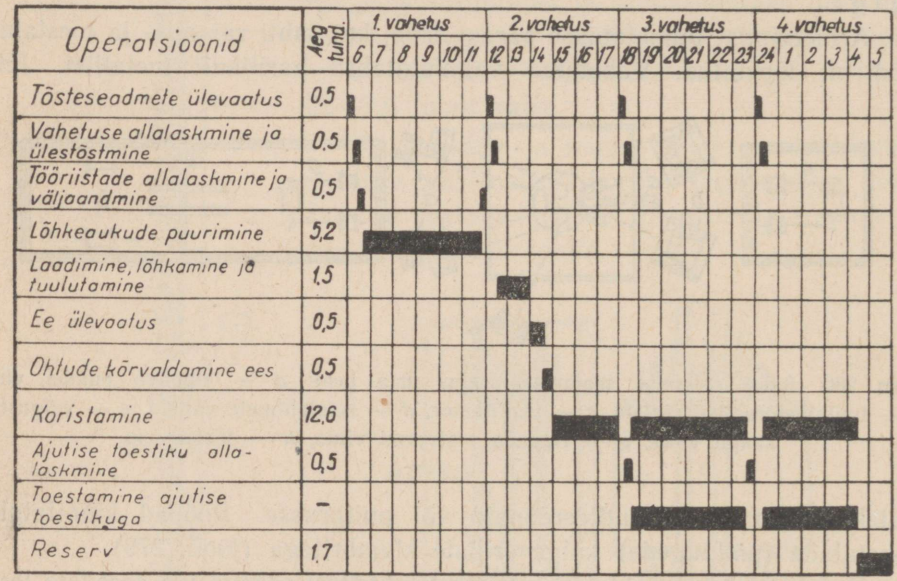
Vastavalt ülesandele valitakse vintsid mitmesuguse võimsusega. Tähtsamad neist võetakse mehhaanilised, kuna vähemtähtsad on käsivintsid (näit. juhtköite pingutusvintsid).

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 rajamistöid.

9. Šahtide rajamistööde korraldamisest.

Šahtide rajamistööd võivad kesta kõikidel aastaaegadel. On soovitav 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 tsüklit, siis nimetatakse seda poolteise-tsükliliseks jne.

Kui on teada tsüklite arv ööpäevas ja lõhkeaukude kasulik sügavus (s. o. ee edasinihkumine ühes tsüklis), 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^2 ee pinna kohta üks koristustööline.

Kui töölise kohta on vähem kui 2 m^2 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 maagikaevandustes, 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) kaitseteriviku jätmisega šahti sumba alla (joon. 282, *1*);

2) kaitsetõkke ehitamisega (joon. 282, *2*);

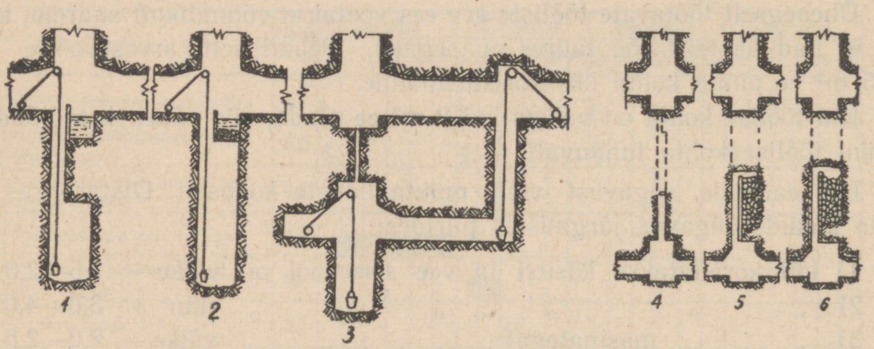
3) pimešahti ja kveršlagi kasutamisega (joon. 282, *3*).

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 püstitamisega (joon. 282, *5*);

3) täie põikilõikega ja alalise toestiku püstitamisega ee edasiliikumise 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 tõstelahtriks. Sinna asetatakse ka tuulutustorud jm.

Puurimiseks kasutatakse teleskoobilisi puurvasaraid.

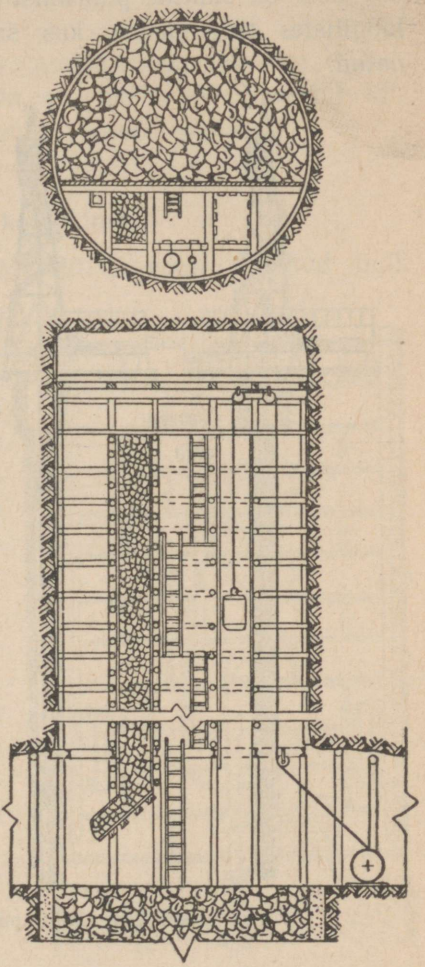
Tööolised töötavad, asudes magasineeritud kaevisel, mis hoitakse eest 2 m kaugusel.

Osa kaevist, mis jääb üle magasini täitmisest, lastakse allalaskelahtrisse, mille alumises osas oleva luugi kaudu ta kord-korralt välja lastakse ja toimetatakse šahti õue maa peale tõstmiseks.

Süvendamise lõppedes lastakse magasini ülemisest osast kaevis ühe toestusjärgu pikkuselt välja ja toestatakse ülemine järk alt ülespoole. Seejärel toestatakse ülalt teine järk jne., kuni kogu süvendatud šahtiosa on toestatud.

Kui püstitatakse alaline toestik kohe ee edasiliikumise järel, siis ajutist toestikku üldse ei kasutata. Seejuures muutub kirjeldatud töötamisviis ainult niipalju, et toestamistööd, vaheldudes süvendamistöödega, moodustavad ühise tööde tsükli.

Toestamismaterjaliks on soovitav kasutada telliseid või betoonplokke, mis ei vaja šabloonvormide püstitamist ega vigastu kergesti lõhkamistööde läheduses.



Joon. 283. Šahti süvendamine alt ülespoole täie põikilõikega.

11. Šahtide rajamine puurimise teel.

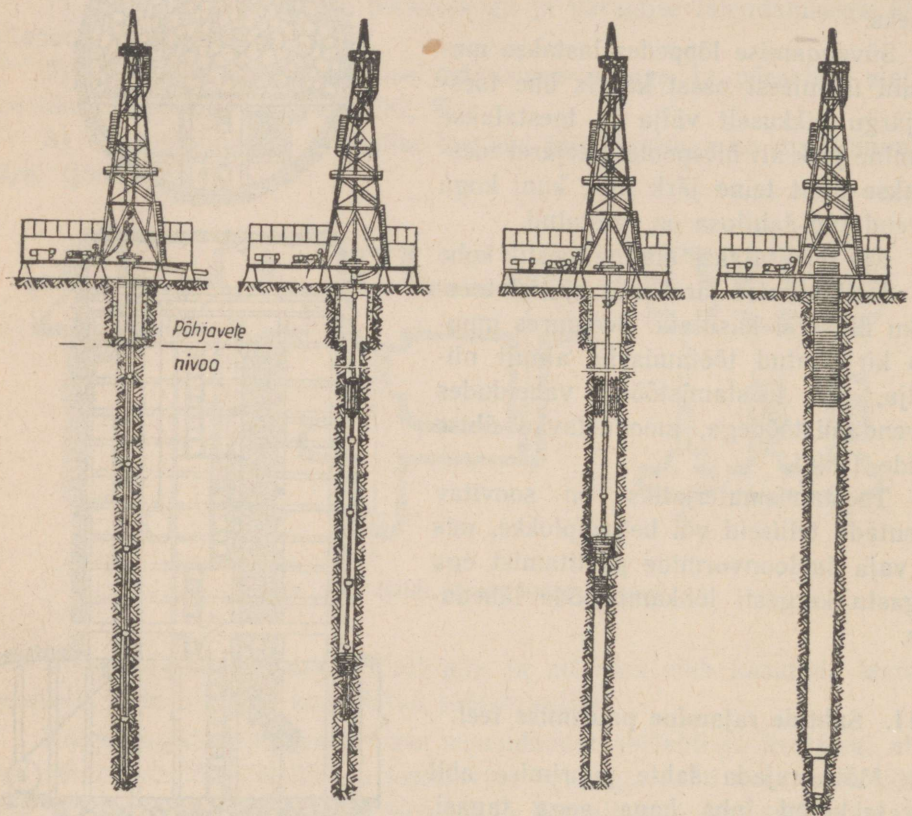
Mõte rajada šahte puurimise abil on tekkinud juba kaua aega tagasi, kuid tehniliste raskuste tõttu ei olnud selle teostamine kuni viimaste aastateni veel küllalt levinud. Nüüd on juba paljud šahtid, millede rajamistingimused olid eriti rasked, rajatud puurimise abil.

Šahtide puurimine toimub peaasjalikult kahel viisil: puursüdamiku väljavõtmisega ja kogu kivimi purustamisega.

Puursüdamikkude väljavõtmise teel puuritakse kõvades kivimites šahte läbimõõduga kuni 3 m. Kivimi täieliku purustamise teel puuritakse pehmetes kivimites šahte läbimõõduga kuni 6 m.

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 raskendatud.



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 samuti 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 toestustööd 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.

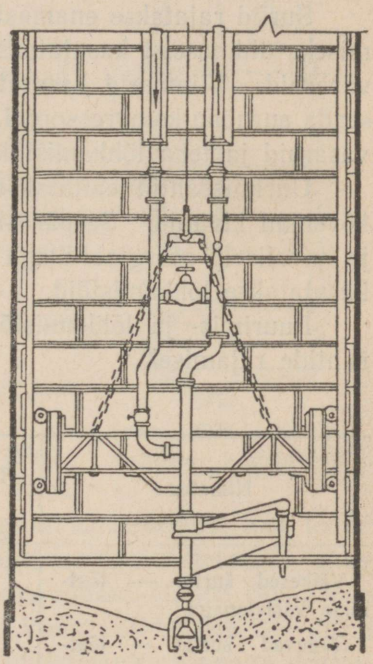
12. Šahtide rajamise kombainid.

Viimasel ajal on nõukogude projektimisasutiste poolt esitatud hulk šahtide rajamise kombainide projekte.

Kombaini ШС-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 võlli. Kombain kaalub 118 tonni ja on arvestatud 3 jm. šahti rajamiseks vahetuses. Löögipeitel purustas proovimisel 0,4 m^3 liivakivi tunnis, mille vastupanu oli 540—560 kg/cm^2.

Viimasel ajal arendatakse NSV Liidus šahtide rajamise tehnikat lõhkamistööde ja greiferitega kivimi koristamise põhimõttel.



Joon. 285. Võimsa veejoa abil töötav šahti rajamise kombain

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 veejoa surve on 25—30 at ja veekulu 50 l/sek. Monitor on asetatud eele 45° nurga all ja tiirleb spiraalselt ee pinna kohal,

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 rippuvas 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. Uurimissahtide ja šurfide rajamine.

Maavara leiukoha põhjalikuks uurimiseks on sageli vaja rajada šurfe ja uurimissahte.

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.

Uurimissahtid ehitatakse enamasti maagikaevandustes, kus esinevad kõvemad kivimid. Seepärast on uurimissahtide 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^3	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
Uurimissahtid 3 lahtriga — tõstmine kahehobusevinnaga	0,22	1,15 × 3,4	160
Uurimissahtid 2 lahtriga — mehhaanilise tõstmisega	0,45	1,25 × 2,16	160
Uurimissahtid 3 lahtriga — mehhaanilise tõstmisega	0,45	1,25 × 3,6	160

Kaevetöödega üheaegselt asetatakse ka puittoestik. Pudedates ja mittepüsivates kivimites asetatakse rakked vahetult üksteise vastu, kuna püsivamates 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.

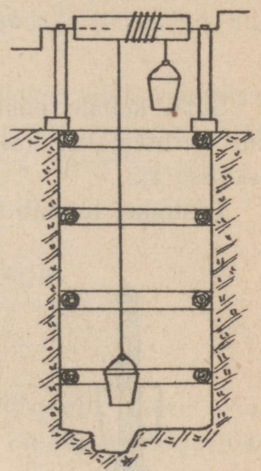
Madalate šurfide tuulutamiseks ei ole vaja mehhaanilisi abinõusid; õhuvahetus toimub neis loomulikul teel. Õhuvahetus suureneb, kui šurf on jagatud laudvaheseinaga pikuti kaheks osaks. Sügavamate šurfide tuulutamiseks kasutatakse laudadest tuulutustoru, mille ülemine lehtrikujuline ots pööratakse vastu 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 tõstetoobreid. 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.



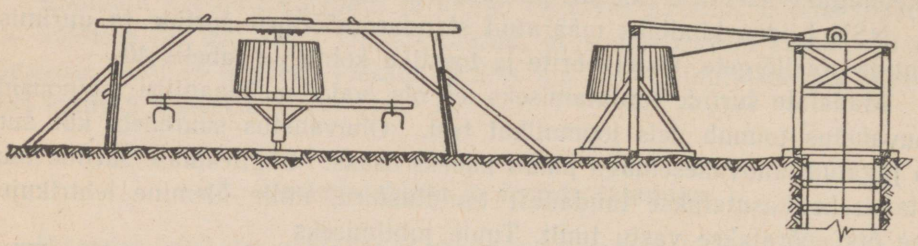
Joon. 286. Kaevise tõstmine käsivinnaga.

Käsitsi tõstmisel kasutatakse vinna (joon. 286). Käsivinna võib kasutada šurfide rajamisel 20—25 m sügavuseni. Vinn peab olema varustatud tugeva kärisrattaga, 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 võll tehakse 20—25 cm jämedusest puust ja otsad tugevdatakse 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 tõsteköis. Võlli otsad varustatakse raudtappidega, mis võimaldavad pöörlemist.

Võlli külge, veidi kõrgemale kui hobuse selg, kinnitatakse 3,5—4 m

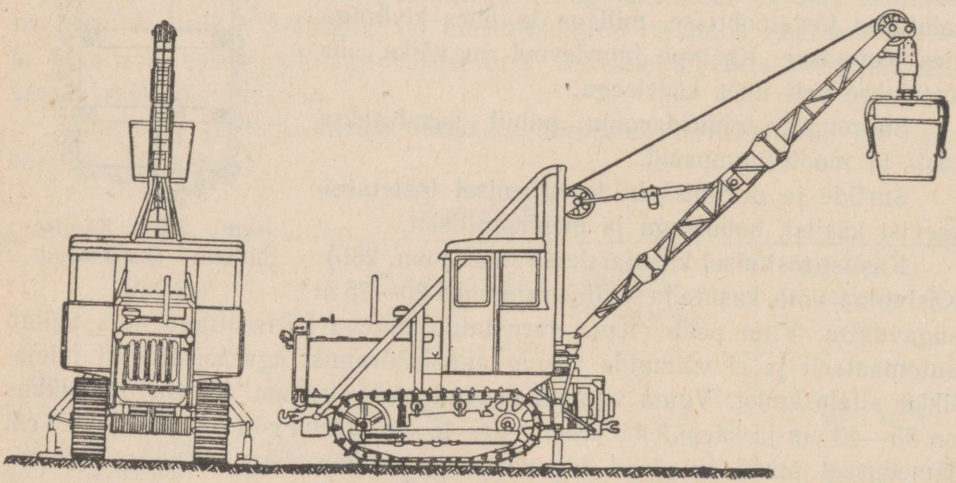
pikkused veotiislid. Viimaste otstes on erilised pöörlevad metallist veoloogad, mis ühendatakse hobuse rangidega. Veoloogad võimaldavad hobustel **vastassuunalist liikumist.**



Joon. 287. Hobuvinn kaevise tõstmiseks.

Šurfi kohale püstitatakse raampukk köierataste kinnitamiseks. Šurfi suue varustatakse kaitseluukidega, mis avatakse ainult tõstetoobrite läbilaskmise ajal.

Tõstmine toimub harilikult „kahe otsaga". Köis 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 köie külge haagitakse täidetud toober ja ülemise külge tühi toober.

Kui täit toobrit tõstetakse, kerib end teine köie 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 sisepõlemismootoriga töötavaid tõstevintse, mille tõstekiirus on 0,6—1,5 m/sek.

Šurfide rajamise mehhaniseerimiseks on esitatud iseliikuva rajamisagregaadi projekt (ППА-2), mis on eriti huvitav (joon. 288).

Agregaat koosneb kahest osast: 1) roomiktraktorile C-65 monteeritud tõsteseadeldisest ja 2) järelvagunist — elektrijaamast, 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 elektrijaamale.

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 (tampoonimist) ning kivimite eeldreneerimist läbi šahti

ümber puuritud puuraukude. Mõnikord võib viimast kasutada ka esimese grupi oludes.

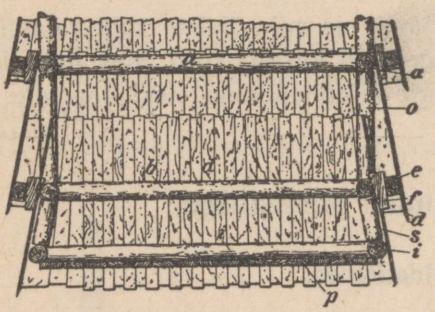
Šahtide rajamist kunstliku külmutamisega võib kasutada ka teise grupi oludes, kuid mitte liikuvate põhjavete puhul.

Kessooniga rajamist võib kasutada ka kõvades veerikastes kivimites.

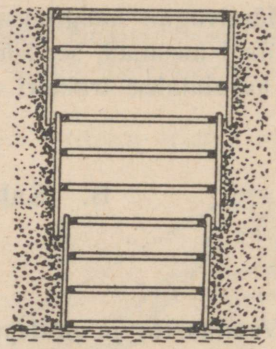
2. Šahtide rajamine punnvaitoestikuga.

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 rakked, *d* — punnvaiad, *e* — välimised rakked, *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 valmitatakse 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 sisselöömisega.

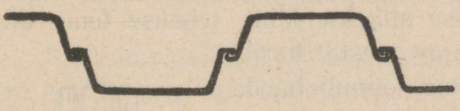
Viltuste vaiade korral šahti põikilõige ei muutu, kuid seevastu on nende sisselöömine tülikam ja tihedus jätab soovida.

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.

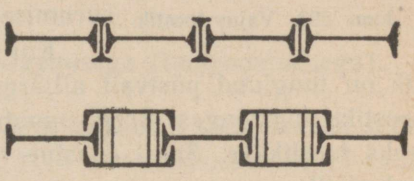
Puust punnvaitoestiku kasutamisel esinevad sageli avariid. Seepärast kasutatakse viimasel ajal seda rajamisviisi harva, ainult kergematel juhtudel, kui mittepüsivad kivimid on maapinna lähedal ega ole paksud.

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 kihtideni 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.

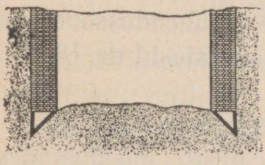
Vajuvat toestikku kasutatakse samades tingimustes kui punnvaitoestikkugi. Vajuv toestik moodustab silindri, mis oma raskuse mõjul vajub läbi mittepüsiva kihi. Et vajumist soodustada, varustatakse toestiku alumine osa massiivse lõikeringiga, mille alumine äär on terav.

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 silindrina tellis-, betoon- või raudbetoontoestik (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.

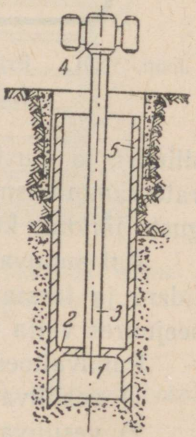
Kui mittepüsiv kivim on läbitud ja vajuv toestik on tunginud püsivalt alljärgnevasse sitkesse kihti, tehakse tema alla toestiku tugirõngas. Seega muutub vajuv toestik harilikuks toestikuks. Šahti edasine rajamine toimub harilikul viisil.

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.



Joon. 294. Šahti rajamise skeem vajuva kessooniga: *1* — töökamber, *2* — vahelagi, *3* — ühendustoru, *4* — sulgkambrid (lüüsikambrid) *5* — toestik.

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

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 ee 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 avariisid, mis sageli esinevad punnvaitoestiku kasutamisel ja šahti rajamisel vajuva toestikuga.

5. Šahtide rajamine vee juurdevoolu sulgemisega (tampoonimisega).

Šahtide rajamisel kõvades, kuid praolistes kivimites võib esineda suuri vee juurdevoole, mis takistavad töid. Mõnikord on vee juurdevool nii suur, et hariliku tööviisiga rajamine on võimatu.

Niisugusel juhul kasutatakse pragude sulgemist tsemendi, savi või bituumeniga. Ühtlasi kindlustab see ka kivimeid ja vähendab tükkide sissekukkumise ohtu.

T s e m e n t e e r i m i s t 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 tsementeerimispadi. 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 tsementeerimisaugud. Puurimiseks kasutatakse raskeid suruõhu-puurvasaraid.

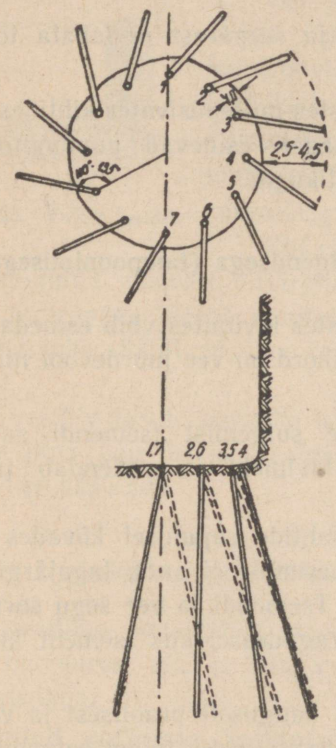
Tsementeerimisaukudele antakse ühtlasi radiaalne ja tangentsiaalne kallak (joon. 295), mis võimaldab rohkem vertikaalseid pragusid läbida.

Puuraukude arv oleneb pragude iseloomust. Kui praod on väikesed ja neid on palju, suurendatakse puuraukude arvu. Harilikult kõigub nende arv 16—30 piirides.

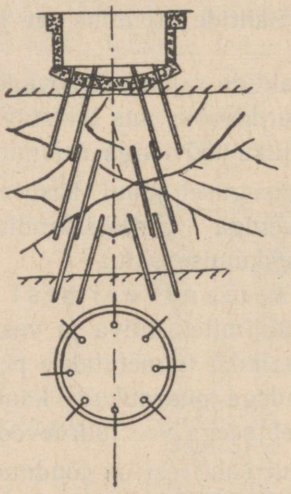
Tsemendisegu valmistatakse maa peal, kus asuvad ka pumbad, ja juhitakse eesse tugevate terastorude kaudu. Tsementeerimist alustatakse 5—10%-lise tsemendivedelikuga, mille tsemendisisaldust nõuete kohaselt suurendatakse ning lõpuks vähendatakse jällegi esialgseni. Suuri pragusid täidetakse vedeldatud 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 manteltorudega.

Mõnikord kasutatakse veerikka kihi pragude sulgemiseks tsemendi asemel savi.

Uuralis tuli kivisöerajoonis šahti rajamisel läbida suurte õõnsustega veerikas kiht, mille puhul tsemendikulu oli väga suur (kuni 100 tonni ühe

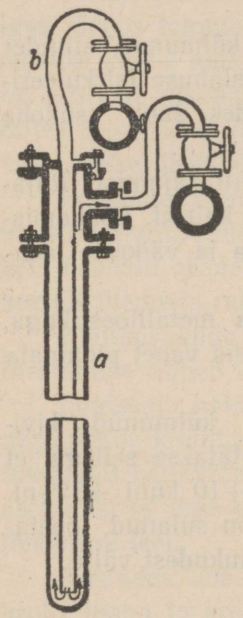
jooksva meetri šahti kohta). Et vähendada kulutusi, hakati kasutama tsemendi asemel savi ja saepuru segu, mis andis oodatud tagajärgi.

Savi kasutamine šahtide rajamisel veekäikude sulgemiseks on seadeldiste ja töövõtete poolest täiesti analoogiline tsemendi kasutamisega samaks otstarbeks.

Kui tampoonimiseks võetakse bituumen, siis tehakse see kuumutamisega vedelaks ja surutakse analoogiliselt tsemendivedelikule puuraukudesse, kus ta tardudes täidab kivimi praod.

6. Šahtide rajamine külmutamisega.

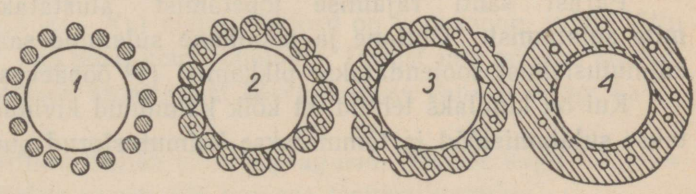
Kui raskete hüdro-geoloogiliste tingimuste tõttu (paksud või sügaval asuvad vesiliiva kihid) või mõnel muul kaaluval põhjusel ei ole võimalik kasutada eespoolkirjeldatud šahtide rajamise viise, siis tarvitatakse kunstlikku külmutamist.



Joon. 297. Külmutustorud: *a* — välimine toru, *b* — sisemine toru.

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 jälgima, 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. 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°.

Külmutusvedelikuks kasutatakse harilikult kaltsiumkloriidi ($CaCl_2$) või magneesiumkloriidi ($MgCl_2$) lahuseid. Esimene neist külmub temperatuuril —39,9° ja teine —35° juures, kui lahused on vastava kontsentratsiooniga.

Tagasiliikuv lahus juhitakse uuesti külmutusmasinatesse, kus tema temperatuuri alandatakse nõutava määrani 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°) ja järgmise 2—3 ööpäevaga alandatakse see kuni normaalseni (—20 kuni —25°).

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 seina.

Pärast külmunud seina moodustamist alatakse šahti rajamist. Rajamine toimub harilikul viisil, ümbritseva külmunud seina 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 sahti rajamise lõpetamist alustatakse külmunud kivimite sulatamist. Ühtlane ja pikaldane sulamine saavutatakse sellega, et külmutuslahust soojendatakse pikkamisi (1° ööpäevas) +10 kuni +12°-ni.

Kui on kindlaks tehtud, et kõik külmunud kivimid on sulanud, lõpetatakse sulatamistööd 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 vahepakk, siis võetakse välja rakke lühikülg ja asendatakse uuega. Rakke pikk külg 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 korraga 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 katkilõikamise teel.

Kohtades, kus toestikus esineb väikesi pragusid, lüüakse kogu lahtiolev krohv maha ja krohvitakse uuesti üle rasvase tsementkrohviga.

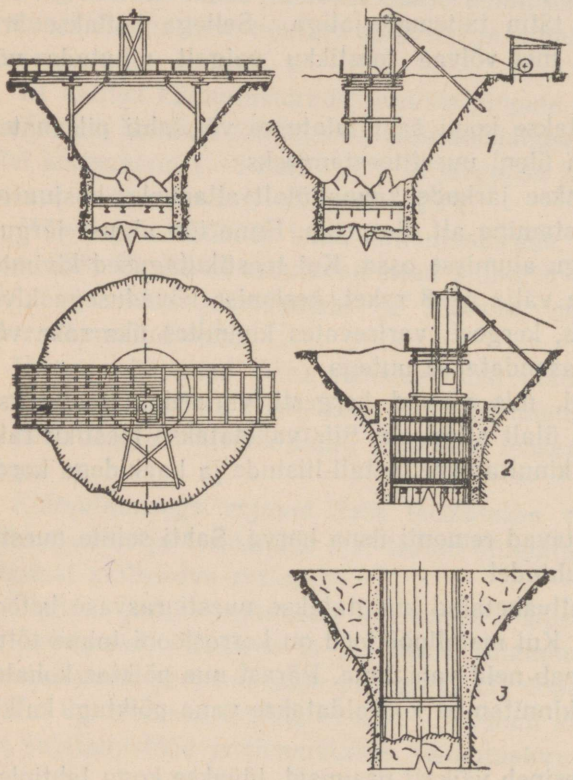
Kui toestikus esineb kohalikke rikkeid, siis kõrvaldatakse rikutud kohad ja asendatakse nad tellistest müüriga tsementmördil.

Remondi eel puuritakse rikutud 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 rikutud 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 rikkuda mitteküllaldaselt kivistunud uut toestikku.



Joon. 299. Šahti suudme taastamine.

Kui on karta, et ülalpool olev vana toestik võib hakata nihkuma allapoole, siis paigutatakse ringi tema alla kivimi seintesse metallvaiad.

Šahtide taastamistööde iseloom oleneb 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 toestiku purustuspiirkonda kõva katelaega. Taastamistööde teostamiseks ehitatakse üle lehtri puidust sild.

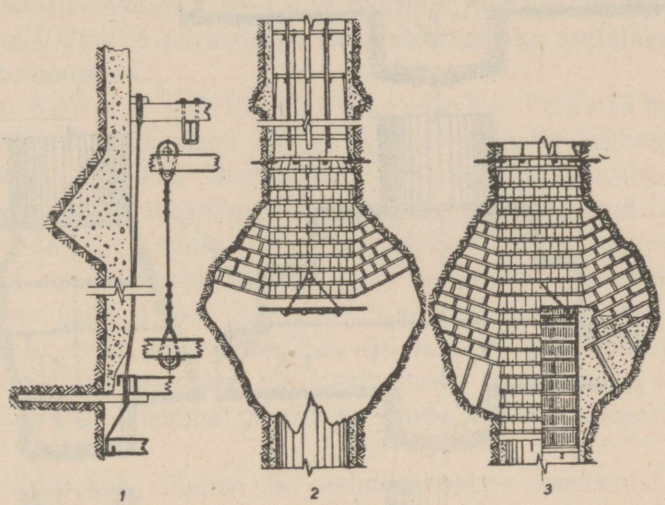
Šahti kohale sillale ehitatakse kerge konstruktsiooniga tõstepukk, millele kinnitatakse tõsteköie jaoks juhtratas (joon. 299, *1*). Tõsteseadeldis ehitatakse töökaitse ja tehniliste nõuete kohaselt ja ta meenutab väikese šahti rajamise tõsteseadeldist.

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 šablooni 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. Täitekivimitesse 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 püsimajäänud toestiku alumise osa põhjaliku vaatlemisega. Rikutud kohast kõrgemale tehakse toestikku piikvasaratega



Joon. 300. Šahti keskosa taastamine.

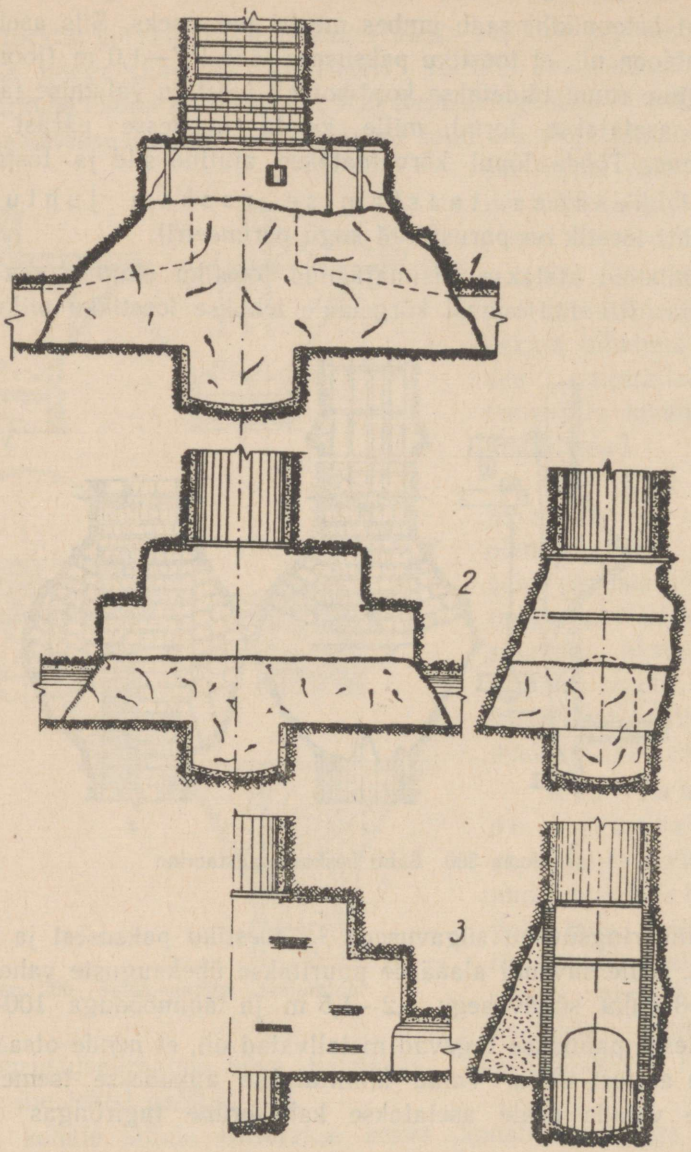
horisontaalne ringsüvend sügavusega $^2/_3$ toestiku paksusest ja kõrgusega 0,4—0,5 m. Selle süvendi alaäärde puuritakse ühekauguste vahedega radiaalselt 6—8 auku sügavusega 1,2—1,5 m ja läbimõõduga 100—120 mm.

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 püstitamisega 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*). Ühtaegu 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 tsemendisegu 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.

VARAPAIKADE 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 kaevise 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 toestatud, 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.

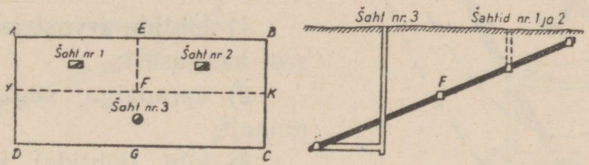
Kõikide varapaikade väljatöötamiseks, sealhulgas ka kihtvarapaikade kaevandamiseks, koostatakse uurimisandmete alusel kindel üksikasjaline

plaan, milles on ette nähtud kõik pealmaa-ehitised ja kaeveõõnsused. Kõik nad kokku moodustavad ühe mäetööstusettevõtte, mida nimetatakse kaevanduseks. Viimane võib koosneda mitmest tootmisüksusest — alakaevandusest (näit. all- ja pealmaakaevandusest).

Seda osa varapaigast, mida haarab plaanis ettenähtud kaeveõõnsuste võrk ja mis välja töötatakse ühe või mitme karjääri, šahti või stolli kaudu, nimetatakse kaevanduse väljaks (joon. 302, *ABCD*). Kaevandusel (samuti ka alakaevandusel) on oma majandus- ja administratiivjuhtkond.

Seda osa varapaigast, mida kaevandatakse šahti, stolli jne. kaudu, nimetatakse vastavalt šahti, stolli 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.

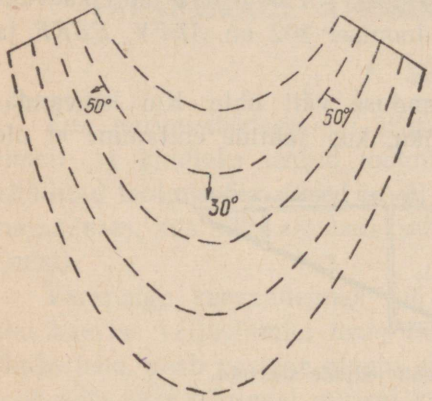
Ulatuslikes varapaikades on šahti väli harilikult täisnurkne ristkülik (joon. 302), mille ülemine ja alumine piir on rõhtsad ja küljepiirid on suunatud kihi kallaksuunas. Kui tõmmata rõhtjoon šahti välja pinnale läbi koha, kus tõstešaht avab teda, siis jaguneb šahti väli kahte ossa; seda osa, mis asub 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 kaevise transpordi ja kaeveõõnsuste säilitamise kulud ühe tonni toodetava kaevise 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 peastrekiga. Ka võib rõhtsat šahti välja jagada väiksematesse osadesse (rajoonidesse) diagonaalselt suunatud strekkidega, kusjuures kaob harilik tiibade mõiste.

Maavara leiukoha erilised geoloogilised tingimused ei võimalda igakord 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. Punktiiriga 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 kallaknurk on väiksem, ja lähenevad kallaknurga suurenemisel.



Joon. 303. Antikliinil asuva kaevanduse välja skeem.

Kihtvarapaikade avamise viis oleneb peamiselt:

1) kihtide arvust ja nendevahelisest kaugusest;
2) varapaiga sügavusest maapinnalt;
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) keskse šahti ning kveršlagi abil ja 3) keskse šahti ning gesengi abil. Soodsas olukorras võib kõigil tähendatud juhtudel vertikaalset šahti vahetada kallakšahtiga või stolliga ja gesenki võib asendada bremsbergi, tõstekallaku või kveršlagiga.

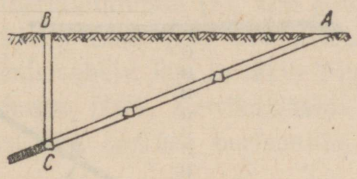
Kui on tegemist üksiku kihiga, siis võib seda avada kallakšahtiga *AC* või vertikaalse šahtiga *BC* (joon. 304). Kui maapinna reljeef võimaldab avamist stolliga *AB* (joon. 305), siis varud, mis asuvad stollist madalamal, avatakse tõstekallakuga *BD* või pimešahtiga *BC*.

Samade varude avamisel tuleb kallakšaht tunduvalt pikem kui vertikaalne šaht (joon. 304). Kallakšahti eeliseks on aga asjaolu, et ta rajatakse maavarakihis 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 tootmisvõimalustega ning naaberkihtide ja maavarakihi iseärasustega. Ühe jooksva meetri

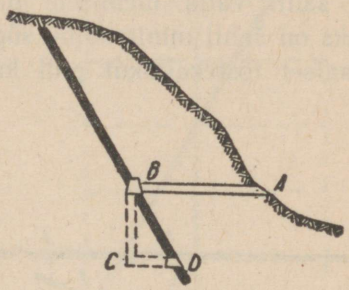
kallakšahti rajamine ja seadistamine on harilikult odavam kui vertikaalšahtidel.

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 toestamine 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 ekspluatatsioonikulud 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;

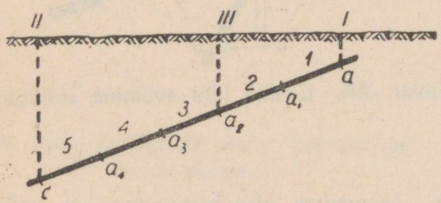
5) mäerõhu surve kallakšahtile on tunduvalt suurem kui vertikaalšahtile, mistõttu kallakšahti toestiku remondikulud on tunduvalt suuremad.

Arvesse võttes neid puudusi ei rajata 700—800 m-st pikemaid kallakšahte. Nad tehakse harilikult 8—35° piirides. Suurema kallakusega šahtid esinevad sagedamini maagikaevandustes. Tõstevahendina kasutatakse sel juhul skippe.

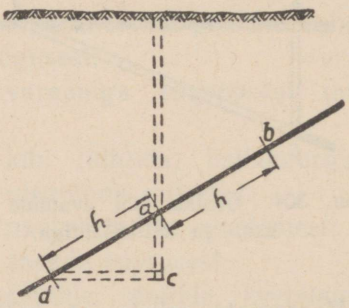
3. Avamine vertikaalse šahtiga.

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 väljas kihi kallaksuunal.



Joon. 307. Kihi avamine vertikaalse šahti ja kveršlagiga: *h* — korruse kaldkõrgus, *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.

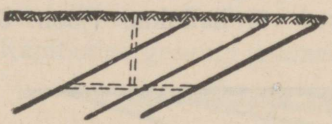
Arvesse võttes kirjeldatud puudusi asetatakse šaht harilikult nende äärmuste vahepeale (joon. 306, asend *III*), nii et šahti välja ülemine osa

kaevandatakse kapitaalse bremsbergi ja alumine osa kapitaalse tõstekallaku kasutamisel.

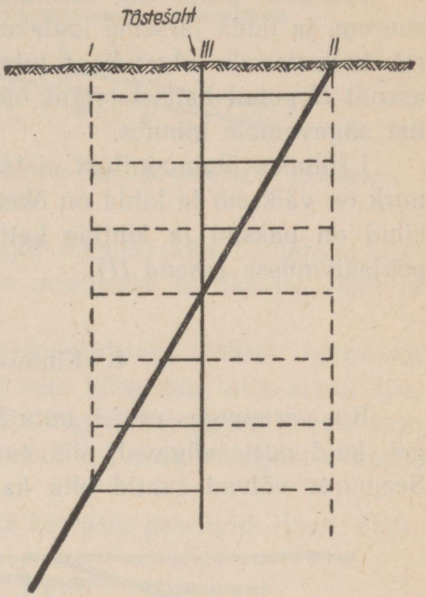
Niisugust avamisviisi nimetatakse avamiseks vertikaalse šahti, kapitaalse bremsbergi ja kapitaalse tõstekallakuga. Seda avamisviisi kasutatakse kihtvarapaikade avamisel, kui kihi kallaknurk ei ületa 35°.

Järsemate kihtide avamisel kasutatakse vertikaalset šahti ja kverŝlagi (joon. 307). Vertikaalse šahti ja kverŝlagiga 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 laenaaberkivimitesse (*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 kverŝlagiga.



Joon. 309. Šahti kolm võimalikku paigutust (*I*, *II*, *III*) järsu kihi avamisel šahti ja kverŝlagidega.

lagid. Nii avatakse iga korrus eraldi kverŝlagiga ja seda avamisviisi nimetatakse avamiseks vertikaalse šahti ja korruste kverŝlagidega.

Vaatame nüüd, missugune šahti asetus neist kolmest võimalusest oleks kõige kasulikum (joon. 309). Kolmanda asendi korral tulevad kverŝlagid 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 kverŝlagid pikad ja avamine ning ühes sellega ka kaevanduse käikulaskmine viibivad, mis pole soovitav.

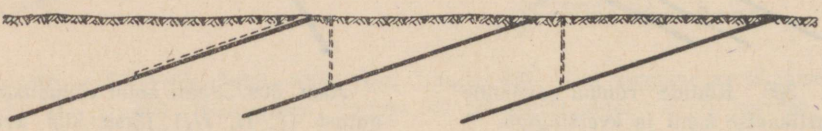
Enne kui teha otsus ühe või teise asendi kasuks, peab arvestama veel üht tähtsat tegurit — kaitsetervikute jätmist, mis on eriti oluline järskude kihtide avamisel. Nimelt ei tohi šahti ümbruse ja kaevanduse maapealsete ehitiste alt kihti välja kaevata. See osa maavarakihist, mida haarab kaitsetervik, 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.

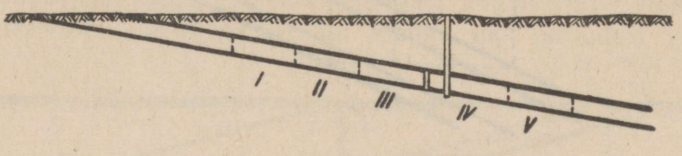
Juhul, kui maavarakihid asetsevad küllalt lähestikku, avatakse mitu kihti ühe šahtiga, õigemini ühe peašahtiga, sest tuulutussaht rajatakse abišahtina peašahti lähedale (harva kaugemale).

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 horisondi jaoks eraldi tõstuk, mis aga nõuab suurema läbilõikega šahti ja teise šahti õue ehitamist.

Kui kihtide tootlikkus ei ületa ühe tõsteseadeldise võimsust, siis transporditakse 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-

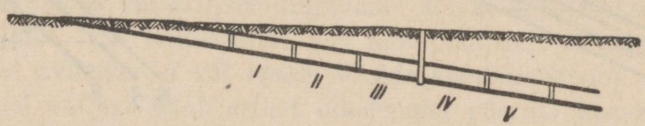


Joon. 311. Laugete kihtide rühma avamine vertikaalse šahti ja kapitaalse gesengiga. *I—V* — korrused.

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 (horisondist), 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. Lauge 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.

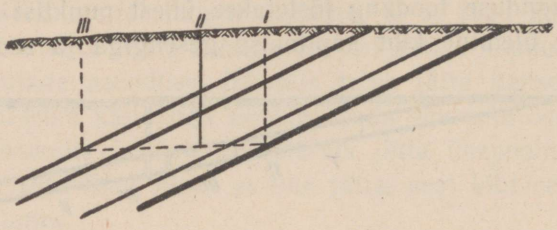
Mitme kihi gesenkidega avamine on keerukam ja muutub seda raskemaks, mida suurem on kihtide kallakus. Kallaknurga suurenemisega muutuvad gesengid pikemaks.

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.

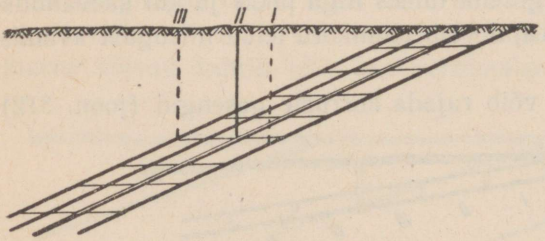
1. Iga kiht töötatakse välja iseseisvalt, kasutades selleks harilikult kapitaalset bremsbergi ja tõstekallakut. Kihid ühendatakse omavahel šahti õue horisondil kapitaalse veokveršlagi ja tuulutuskveršlagiga; neid kasu-



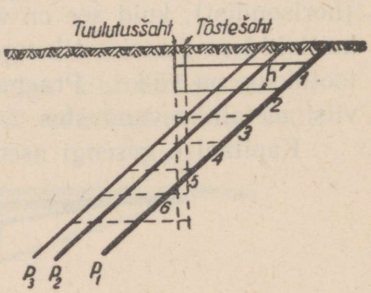
Joon. 313. Kihtide rühma avamine vertikaalse šahti ja kapitaalse kveršlagiga.

tatakse kaevise 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 juhitakse kõikidest kihtidest kapitaalsele tõstekallakule või bremsbergile ja sealt edasi tõstešahtini (joon. 314).

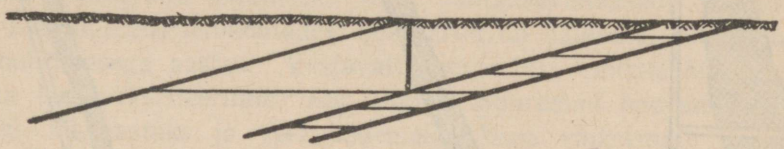
Esimest avamisviisi nimetatakse avamiseks vertikaalse šahti ja kapitaalse kveršlagi, bremsbergide ja tõstekallakutega ja teist — avamiseks vertikaalse šahti, kapitaalse bremsbergi ja tõstekallakuga ning korruste kveršlagidega.

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 lühemad 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, kapitaalse bremsbergiga ja tõstekallakuga ning korruste kveršlagidega avatakse kaks lähestikku 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 stolli või kallakšahti, mis aga põhiliselt ei muuda kihtide rühma vahelist avamisviisi või nende viiside kombinatsiooni.

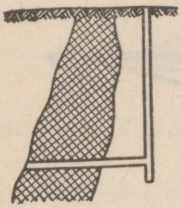
Avamisviisi valikul tuleb erilist tähelepanu pöörata kaevanduse normaalse tootmisvõimsuse saavutamiseks vajaliku ettevalmistusaja lühendamisele, mis oleneb suurel määral avamisviisist.

5. Soonvarapaikade ja ebakorrapäraste varapaikade avamine.

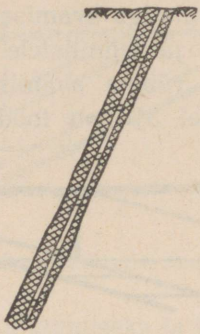
Soonvarapaigad esinevad peaaegu eranditult järskudes asendites, mistõttu nende avamine sarnaneb järskude kihtide avamisega vertikaalsete šahtide ja kveršlagide abil. Mineraalvarapaikade avamisel rajatakse šahtid enamasti lasu, soone või soonte rühma põhja-naaberkivimitesse, et säästa tervikute all kadumaminevat 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 röö-

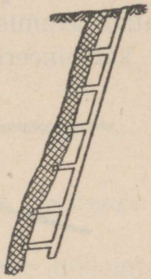
biti soonega (joon. 319). Põhjakivimisse rajatakse šaht siis, kui soon koosneb vähepüsivast maagist või kui soone kallakus on väga muutlik või kui see on vajalik hüdro-geoloogiliste tingimuste tõttu.



Joon. 317. Maagikeha avamine vertikaalse šahti ja kveršlagiga.

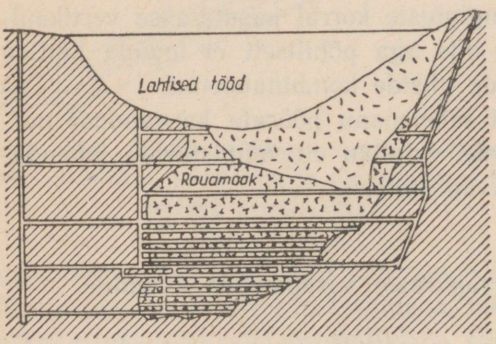


Joon. 318. Soone avamine soontpidi rajatud šahtiga.



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 ettevalmistuskaeveõõnsuste 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 söetööstuse 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.

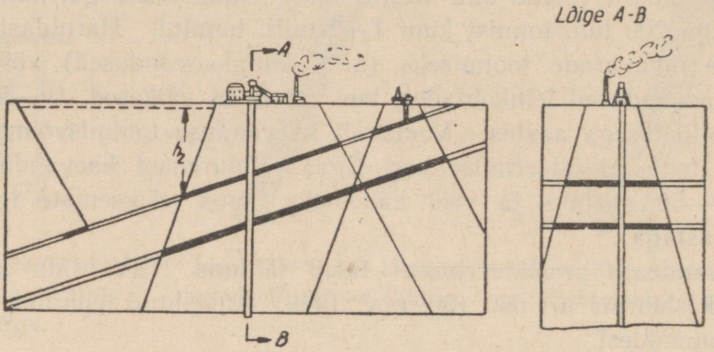
Kui on selgitatud kaevanduse tootmisvõime ja avamisviis, tuleb kindlaks määrata šahti rajamise koht kaevanduse väljas. Nagu eespool avamisviiside selgitamisel oli tähendatud, oleneb šahti paigutus mitmest tegurist. Tähtsamad neist on ühelt poolt kaevise allmaatranspordi ja kaeveõõnsuste remondi kulud 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 tuletõrje 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 puutumatult 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, veekogude 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. Tuulutusšahti asetus.

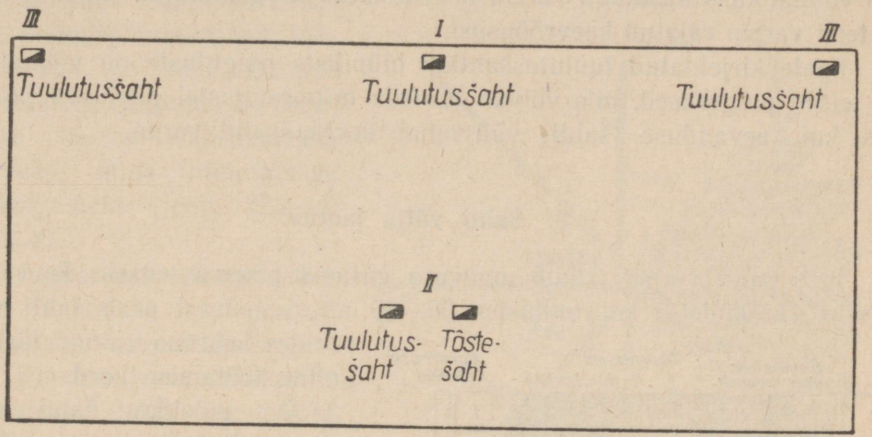
Igal allmaakaevandusel peab olema vähemalt kaks väljapääsu (ühendust pealmaaga). Seda nõuavad ühelt poolt ohutusreeglid ja teiselt poolt — kaevanduse tuulutus.

Värske õhk juhitakse kaevandusse harilikult tõstešahti kaudu, kusjuures ta läbib kõik kaeveõõnsused ja väljub tuulutusšahtist (võib olla ka vastupidi).

Kui tõstešaht on kallak, siis rajatakse harilikult rööbiti temaga ka tuulutusšaht. Kui selliseks asetuseks ei ole erilist vajadust, siis rajatakse tuulutusšaht mitte tõstešahti sügavuseni, vaid kuni ülemise tuulutusstrekini.

Kui tõste- ja tuulutussâht on vertikaalsed, siis võib tuulutussâht olla asetatud: 1) tõstešahti lähedale (joon. 322, asend *II*); 2) šahti välja ülemisele piirile (asend *I*) ja 3) šahti välja ülemistesse nurkadesse (tiibadele) (asend *III*) (viimasel juhul peab olema 2 tuulutussâhti).

Esimest asetust (*II*) nimetatakse keskseks kaksikpaigutuseks. See on sagedaimini kasutatav viis. Tema paremused on: 1) võimaldab kokku koondada kaevanduse pealmaa-ehitisi ja abiehitisi; 2) tuulutussâhti võib kasutada abišahtina kaevise tõstmisel ja teiste ülesannete täitmisel;



Joon. 322. Tuulutussâhti asetusviisid.

3) šahte saab omavahel kiiresti ühendada, mis võimaldab kaevanduse ehitamisel saavutada kiiresti korralikku tuulutamist; 4) šahtidele ja pealmaa-ehitistele jäetakse üks ühine kaitsetervik; 5) šahtide süvendamistööd on lihtsad, juhul kui on vaja süvendada.

Selle asetusviisi puudusteks on õhu liikumise pikem tee ja asjaolu, et tuulutussâht tuleb sügavam kui teiste asetusviiside puhul.

Teist (*I*) nimetatakse keskseks lahuspaigutuseks. Selle paigutusega kaovad kõik need paremused, mis annab šahtide lähestikku asetamine ja õhu liikumise tee alumiste korruste tuulutamisel on tunduvalt pikem. Selle paigutusviisi paremuseks on lühem (madalam) tuulutussâht. Võrdlemisi sügavate kaevanduste puhul ja laugete kihtide kaevandamisel ei ole see šahtide võrdlev sügavuse vahe kuigi suur.

Tuulutussâhtide paigutusega šahti välja tiibadesse kujundatakse diagonaalne tuulutuse süsteem. See nn. diagonaal- ehk tiibpaigutus omab paremusi: 1) ventilaatorite töökoormus jaotatakse kahe seadeldise vahel

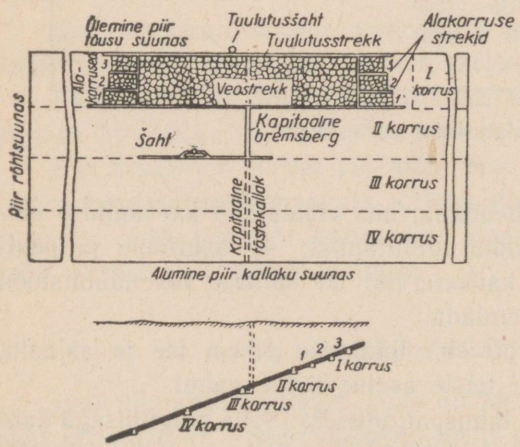
ühtlaselt; maksimaalne õhu liikumise tee on igas tiivas lühem kui keskse tuulutamistel ja tee pikkus on võrdne, olenemata töökohtade asendist; 2) kui üks tuulutussäht mingil põhjusel lakkab töötamast, võib teine säht mõningal määral tuulutust säilitada.

Sellel paigutusel on ka suured puudused: 1) kahe tuulutussähti rajamine ja sisustamine suurendavad tunduvalt kulusid ja 2) süsteemi tööle rakendus nõuab väga pikkade šahtidevaheliste 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 šahte 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 (šahti) väli omab korrapäratut vormi.

8. Šahti välja jaotus.

Igas šahti väljas jätkub maavara varusid pikema-aegseks kaevandamiseks (keskmistes kaevandustes 30—40 a.), seepärast peab šahti välja piirides kehtima mingi järkjärguline töötamise kord.



Joon. 323. Šahti välja korrusteks jaotamise ja kaevandamise skeem.

On mõeldav šahti välja mitmesugune jagamine. Jagamist lihtsustab asjaolu, et enamasti kõik maavarakihid lasuvad mitte horisontaalselt, vaid moodustavad horisontaalpinnaga kas väiksema või suurema nurga. See asjaolu hõlbustab šahti 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 šahti normaalse toodangu.

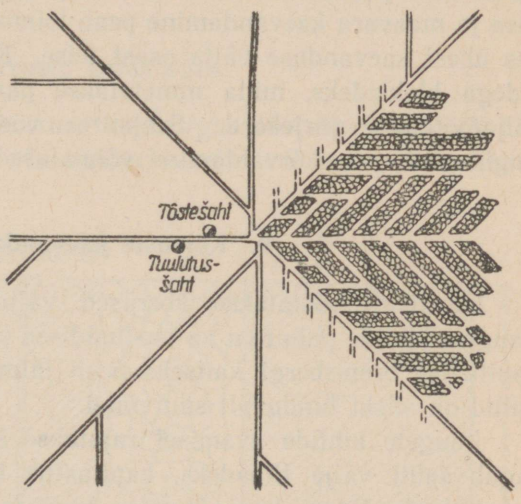
Tähendab, korruseks nimetatakse šahti väljast tootmistööde otstarbel horisontaalsete tasapindadega eraldatud osa, mida piiravad tõusu ja langu poolt (suunas) korruse strekid, rõhtsuunas šahti välja piirid ning mida kaevandatakse üheaegselt kogu tema kõrguse ulatusel.

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 veostrekki, siis rajatakse kaevise tõstmiseks veostrekini tõstekallakud.



Joon. 324. Kaevanduse välja jaotamine rõhtsalt lasuvas (lamavas) varapaigas.

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 kaeveõõnsuse ülalhoidmise tingimused on rasked ja halvenevad strekkide pikenemisega. 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

bremsbergidega või liugudega osadeks, mida nimetatakse tootmisväljadeks (koristuspiirkondadeks).

Seda osa korrusest, mis töötatakse välja ühe bremsbergi abil, nimetatakse bremsbergi väljaks. Bremsbergi väli võrdub suuruselt (mõõtmetelt) tootmisväljaga, kuid tema piirid võivad kaevandamisviisist olenevalt sattuda ühte tootmisvälja piiridega või kulgevad tootmisvälja keskelt, kui kaevis juhitakse bremsbergile 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 kapitaalse bremsbergi kaitseks peab jätma kaitsetervikud ja ta remondikulud on siiski tunduvalt suuremad.

Laugete kihtide avamisel rajatakse šahti välja keskele, joonele, mis jagab šahti välja tiibadeks, kapitaalne bremsberg kuni ülemise korruse veostrekini. Edasi kuni ülemise korruse tuulutusstrekini rajatakse kaks koristustöö alglõõri ja nende vahele tuulutuslõõr; viimast kasutatakse ka inimkäiguks. Alglõõrist võib ehitada ka esimese korruse bremsbergi. Olenevalt kaevandamisviisidest (millega tutvume hiljem tagapool) rajatakse korruse bremsbergist (alglõõrist) mõlemale tiivale alakorruste strekid või alustatakse tootmistöid ilma korrust alakorrusteks jagamata.

Järskude kihtide avamisel rajatakse alguses tõstešaht kuni ülemise korruse veostreki horisondini ja sealt kveršlag kuni kihi (kihtide) läbimiseni.

Kveršlagist rajatakse korruste veostrekid mõlemale poole kaevanduse välja tiibadesse.

Tuulutušaht rajatakse alguses kuni ülemise tuulutusstreki horisondini ja sealt tuulutuskveršlag analoogiliselt veokveršlagile kihi (kihtide) läbimiseni. Tuulutuskveršlagist arendatakse korruse tuulutusstrekid mõlemale poole tiiba.

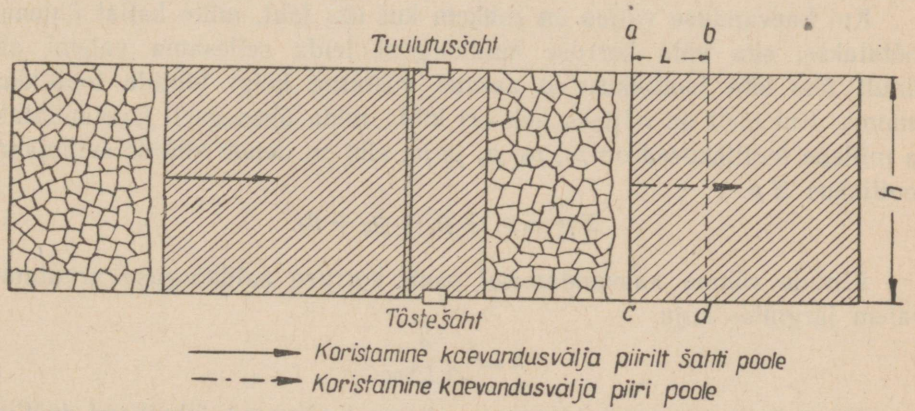
Õhu ringvoolu saavutamiseks ühendatakse mõlemad kveršlagid tuulutuslõõridega, mida harilikult kasutatakse ka inimkäikudeks. Tuulutuslõõriga rööbiti rajatakse liug kaevise allalaskmiseks ülemistelt alakorrustelt veostrekini.

Kui tuulutussahtile antakse veel muid ülesandeid või toimetatakse ka kaevise tõstmist, siis rajatakse tuulutussaht 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 tõstehorisondilt 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 edasiminek teatavas ajavahemikus.

Laugete söekihtide 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 soonimismasina tootlikkus ja tööde korraldus, mis põhijoontes määratakse kaevandamisviisidega. Korruse kaldkõrguse meetrites märgime tähega *h*. Ühe aasta jooksul töötatakse välja kihi pindala Lh m², 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 Σp.

$$\Sigma p = p_1 + p_2 + p_3 + p_4.$$

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 ekspluatatsiooni 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 Söetööstuse 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 koristustõid.

Koristustöödeks nimetatakse põhi- ja abitööde kompleksi, mida otseselt tehakse tootmiseks ettevalmistatud maavara väljavõtu eesmärgil tema leiukohast.

Eed, kus tehakse koristustõid, kannavad koristusete nime. Kaeveõõnsusi, mis tekivad pärast maavara väljavõtmist, nimetatakse koristusõõnsusteks.

Tegevate koristusete hulka kuuluvad kõik eed, milles toodetakse süstemaatiliselt 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 koristuseesse, 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 tugesid 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 toestamise 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 koristusee lõppedes asendatakse see uue eega, mille tootlikkus on temaga võrdne.

Ettevalmistuskaeveõõnsuste 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 nõutavast eelnemisest viib paratamatult koristusete 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. Maavarakihtide 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 toestamistöid võimatu teostada ilma eriliste abinõude kasutusele võtmiseta. Kaevandatud ala täitmiseks 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 sõebasseinis peetakse minimaalseks kivisõekihi 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. Kihtide kallaknurga suurus. Nagu oli eespool tähendatud, jaotatakse kihid kallaknurga suuruse järgi laugeteks (0°—25°), kallakateks ehk keskmise kallakusega (25°—45°) ja järskudeks (45°—90°). Kihtide 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 tugede 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 töötõudlust. Seepärast kasutatakse aherkivimi eraldamist tootmisprotsessis seal, kus need vahekihid on küllalt paksud (rohkem kui 5 cm ja mehhaanilisel kaevise vääristamisel üle 40—50 cm). Laadimismasinate kasutamisel on aherkivimi eraldamine tootmisees 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 kihtide 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 toestama.

5. Paljudes kivisöekaevandustes 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 koristuseed (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, seniolematuid.

2. Õhukeste ja keskmise paksusega kihtvarapaikade kaevandamine.

Vaatamata kasutuselolevate kaevandamisviiside rohkusele võib neid koondada järgmistesse peamistesse tüüpidesse:

1) umbkaevandamisviisid;

2) lankkaevandamisviisid, millede hulka kuuluvad:
   a) pikkade lankidega kaevandamisviis;
   b) lühikeste lankidega kaevandamisviis;
3) kombineeritud kaevandamisviisid, millede hulka kuuluvad:
   a) paarisstrekkidega 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 koristuseed, 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 Söetööstuse Ministeeriumi tehnilise ekspluatatsiooni reeglites [1].

---

[1] Правила технической эксплоатации 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 Söetööstuse Ministeeriumi loal kasutada umbkaevandamisviisi.

§ 73. Keelatud on õhukeste ja keskmise paksusega kihtide kaevandamine lühikeste lankidega ja ribadega (kõrvaltvõttega).

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-eeks (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:

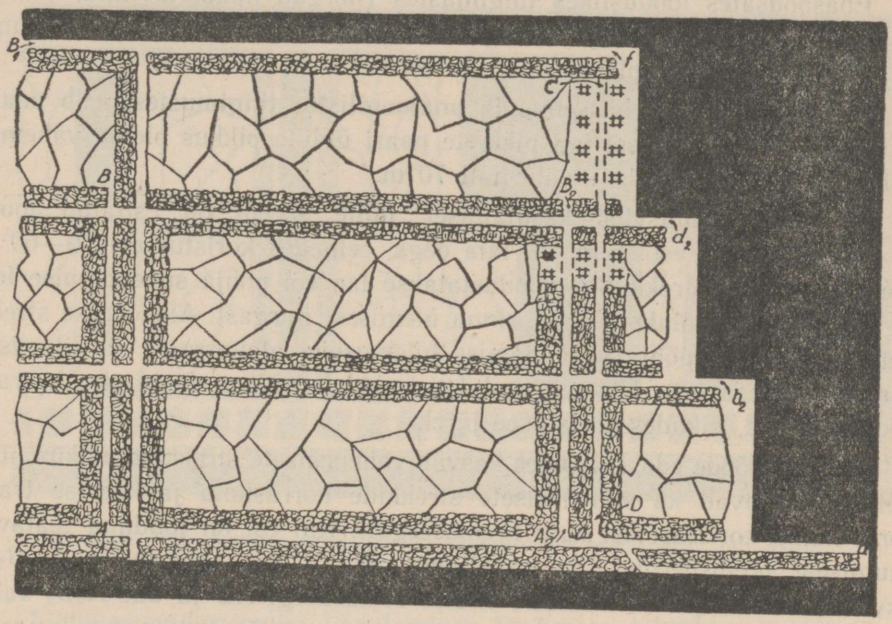
1) vahepealsete strekkide rajamine ja nende toestiku korrashoid;
2) koristusala transpordi ja tööde mehhaniseerimise viis;
3) lae surve (rõhk);
4) inimeste liiklemise hõlpsus väljatöötatud alas (pikk-ees);
5) toestusmaterjali töökohale toimetamise hõlpsus.

Vahepealsete strekkide rajamise ja korrashoiu seisukohalt on ökonoomsem (kasulikum) suurendada alakorruste kõrgust, mis vähendab vahepealsete strekkide arvu ja nendega 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 suurenemine suurendab lae sissevarisemise võimalusi, mistõttu on vajalik tugevam toestus, 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 toestamisviis, et sissevarisemine toimuks õigeaegselt. Nende abinõude kasutamist nimetatakse lae käsitsemiseks ehk juhtimiseks (vt. allpool: „Pikk-ee toestamine ja lae käsitsemine"). Tähendab, alakorruse kõrguse valikul tuleb arvestada ka lae käsitsemise viisi.

Inimeste liiklemine ja toestusmaterjalide 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 ekspluatatsiooni 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, veeohtrus 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 koristuseele 30—60 m. Ülemine tuulutusstrekk 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 tuulutusstrekki ja vahepealseid strekke rajatakse pidevalt, liikudes koristusee järel.

Koristustööde edasi liikudes kasvab vahepealsete strekkide pikkus; ühes sellega kasvavad ka vahepealsete strekkide korrashoiu ja kaevise transpordi 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_2B_2 vahel.

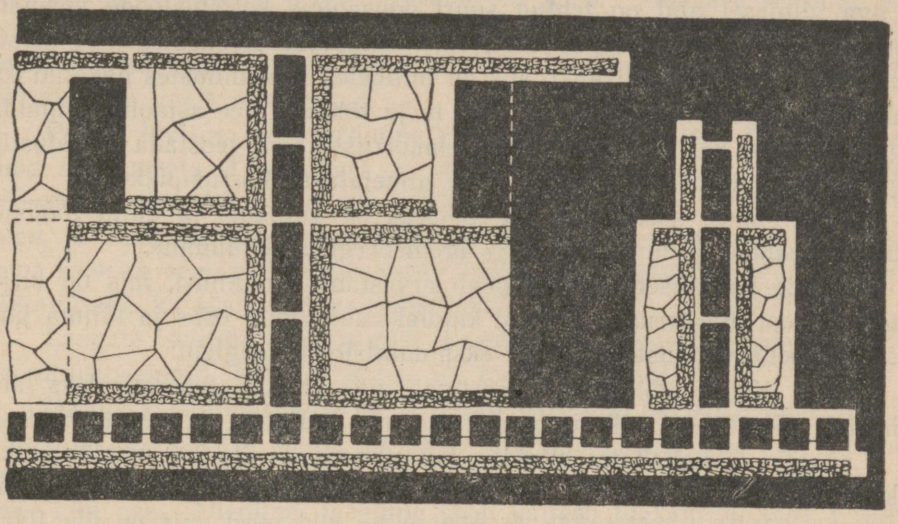
Bremsbergide vahemaa üksteisest on harilikult 200—300 m. Rööbiti bremsbergiga rajatakse inimkäik *CD*. Kui kaevise vedu bremsbergil toimub vagonettides, siis rajatakse inimkäik koristusee-poolsesse külge (nagu on näidatud joonisel 326), et inimestel ei tuleks käia üle bremsbergi, mis on ohtlik.

Bremsberg rajatakse kuni kõige ülemise vahepealse strekini, kuid inimkäik läbib korruse veostrekist kuni tuulutusstrekini. Kui bremsbergil kaevist transporditakse konveieritega, siis võib inimeste liiklemine toimuda ka bremsbergipidi.

Materjalide ja masinate koristuseesse 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 toestusmaterjalide 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. Umbkaevandamisviis 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 koristusete 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 käsitsemise alal, mis võimaldab soodsates tingimustes suurendada koristusee pikkust, siis on mitmetes kaevandustes hakatud töötama pikk-etega, 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 kivisöekaevanduste tehnilise ekspluatatsiooni 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 veostrekki. 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. Soonimismasinate ja lõhkamistööde kasutamisel ei anna see ee asetus klivaaži suunas märkimisväärset lõhkeainete kokkuhoidu. Ülespoole liikuvas ees on soonimismasinate 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 transportööride ja laadimismasinate 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 koristusees. 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 alakihtidest ja kõvade aherainete sisaldusest.

Pehme kivisõe lahtimurdmine ei tekita erilisi raskusi ja võib toimuda ilma soonimiseta. Tänapäeval on kivisõe kaevandamiseks välja arendatud söesahad, 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 koristusetes kasutatakse soone tegemiseks pikkesisoonimismasinaid, mille kirjeldus on toodud eespool.

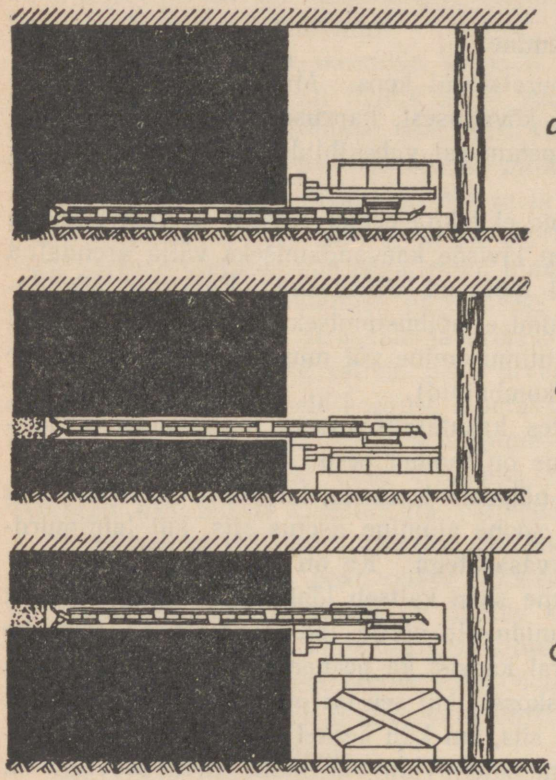
Maavara lahtimurdmist on hõlpsam teostada, kui soon on tehtud kihi alumisse ossa. Eriti tähtis on soone alumine asetus siis, kui lahtimurdmist teostatakse käsitsi või piikvasaratega. Ka on hõlpsam soonida alumist kihi osa. Ülemine, laealune soon kaitseb lõhkamisel lage põrutuste eest ja kergendab mõnikord 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 soovitav 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 masinistist 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.



Joon. 328. Soonimine erinevatel kõrgustel: *a* — kihi alumisse ossa, *b* — kihi keskossa, *c* — kihi ülemisse ossa tehtud soon.

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 olema 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 stahhaanovlik töö. Selleks peab olema koostatud üldine, kõiki tööprotsesse hõlmav kooskõlastatud tööplaan.

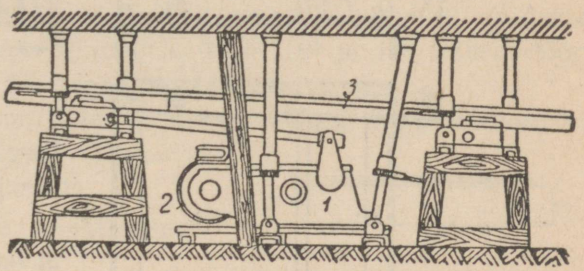
Et üksikud tööprotsessid oleksid omavahel kooskõlastatud, koostatakse üldine töögraafik, mille täpne täitmine on rangelt nõutav.

Lõhkeaukude asetusest ja laengute suurusest 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 laugetel kihtidel transpordivahendeisse ja tuuakse nendega välja strekini.

Maavara konveierile laadimine ja koristusala toestamine on lahtimurdjate-laadijate brigaadi ülesanne. See brigaad korraldab ka teisi töid, mis on seoses nende põhitöödega, toob kohale toestusmaterjali, kõrvaldab eest rippuvad maavaratükid, loobib esinevad aherainetükid üle konveieri väljatöötatud alasse jne.



Joon. 329. Võnktransportööri ajami alumine ühendamine renniga: *1* — ajam, *2* — ajami mootor, *3* — renn.

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. Laadimistööde mehhaniseerimine on seepärast väga suure tähtsusega ülesanne.

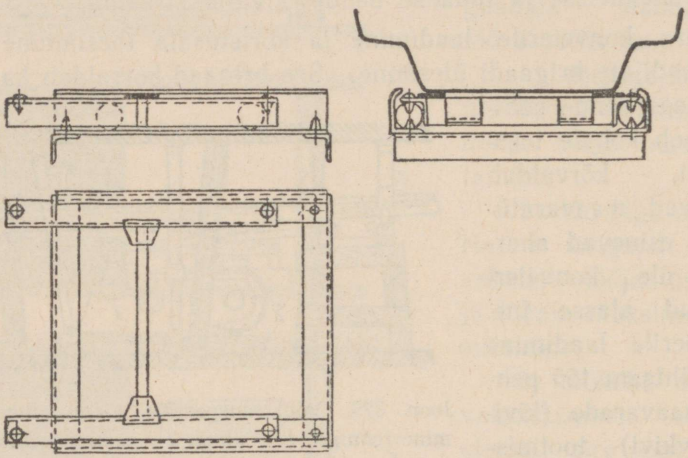
Laugete kihtide koristusees kasutatakse kaevise transpordiks kuni strekini kraapkonveiereid, lintkonveiereid ja võnkkonveiereid ehk -transportööre. Viimasel ajal kasutatakse peaaegu eranditult kraaptransportööre. Võnktransportöörid leiavad kasutamist seal, kus pole veel uuemaid seadmeid saadud või kus nendega liidetakse laadimisseadmed.

Võnktransportöör (joon. 329) koosneb järgmistest põhiosadest: 1) konveieri ajamist, 2) mootorist ja 3) metallrennist, mis jätkatakse kokku 2,5—3 m pikkustest lülidest. Et võimaldada rennile edasitagasi võnkumist tema pikitelje suunas, asetatakse renn harilikult kuulidel liikuvatele alustugedele (joon. 330). Renni võib asetada ka ratasalus-

tugedele või riputada kettide abil tugede (propside) külge. Viimast moodust kasutatakse etes, kus maavarakihi põhi on lainjas.

Kaevist võib laadida rennile kogu tema pikkuses ükskõik missuguses paigas. Võnktransportöör peab olema asetatud sirgjooneliselt rööbiti eega.

Ajam *1* (joon. 329) asetatakse kas renni *3* alla või kõrvale ja ühendatakse renni pealüliga erilise ühenduskangi abil. Ajam paneb renni edasi-tagasi võnkuma, kusjuures tagasiliikumine toimub algul suurema kiirusega kui edasiliikumine. Renni ettepoole liikumisel liigub ühes temaga edasi ka kaevis, mis on renni suhtes paigal. Renni tagasiliikumisel 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.

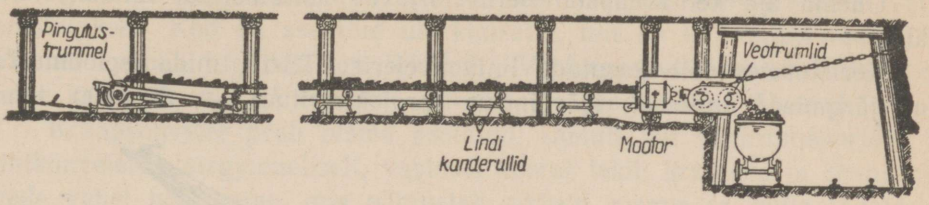
Võnktransportööri ajam valmistatakse suruõhu- ja elektrimootoritega. Suruõhuenergia kalliduse ja suruõhu kadude tõttu töökohale juhtimisel kasutatakse esimesi harvem. NSV Liidus valmistatakse ainult elektrimootoritega varustatud võnktransportööride ajameid, millest laialt kasutatavad on $ДК_2$-5 ja ПК-19 — 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 cm² ja kõrgusega 145 mm. Suurema nõolõikega rennid võimaldavad suurema hulga kaevise transportimist ühe ajaühiku vältel.

Võnktransportööre võib kasutada laugete kihtide koristusetes kaevise transportimisel kihi kallaksuunas, kui kihi kallakus kõigub 0°—16° piirides, kusjuures transportööri töövõimsus tõuseb kallakuse suurenemisega.

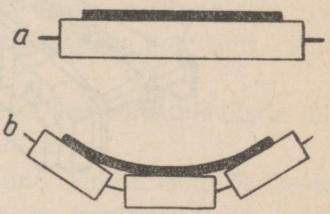


Joon. 331. Lintkonveier tööasendis pikk-ees.

Ajami ПК-19 ja 700-cm²-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 märg, väheneb võnktransportööri töövõime tunduvalt. Savisegust kleepuvat kaevist ei saa temaga transportida.

Minimaalne kihi paksus võnktransportööri kasutamisel võib olla 0,6 m.



Joon. 332. Transportlindi põikilõigete skeemid: *a* — lame, *b* — nõgus.

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 transpordivahendisse. Vastaspoolsesse konveieri otsa paigutatakse rull, mille ümber lint pöördub ja mis on ühendatud pingutusseadmega.

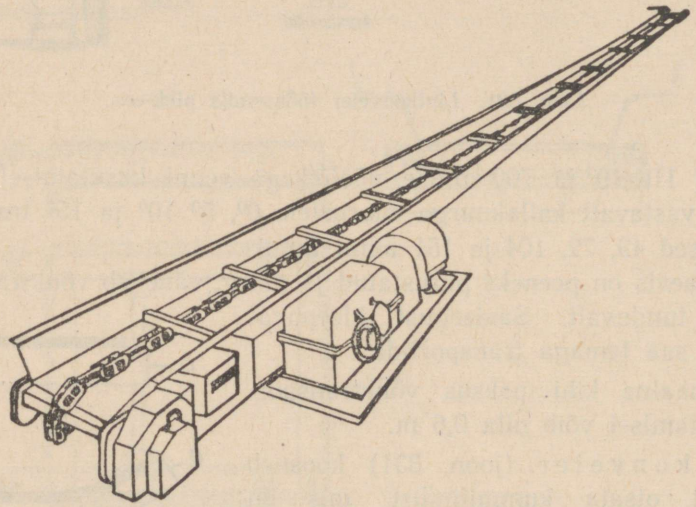
Olenevalt kanderullide paigutusest võib lindi kandepind olla lame või nõgus (joon. 332).

Lintkonveieri töövõimsus oleneb lindi laiusest, tema kandepinna vormist (kas lame või nõgus) ja liikumise kiirusest. Koristusetes kasutatakse 0,6—0,8 m laiusi linte liikumiskiirusega 0,6—1,5 m/sek. Nad võivad olla alumise ja ülemise kandeharuga.

Nõgusad transportlindid on suurema töövõimsusega, kuid nende kanderullide keerukas ehitus teeb seadeldise kalliks ja konstruktsioonilt kõrgeks, mis koristusete tingimustes ei ole soovitav. Alumise kandeharuga transportööri kandev lindiharu liigub peaaegu ee põhja mööda, mille tõttu teda on kerge laadida ja seepärast kasutatakse neid transportööre koos eriliste laadimismasinate või kombainidega.

Uuema aja kett-kraapkonveierid tõrjuvad koristusetest 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 koristusetes, 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 kaevise transportimise suunas liikuma. Liikudes piki renni kannavad kraabid renni laaditud kaevise 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 külgede vahel hõõrumine, mis põhjustab rikkeid ajamis ja mille tagajärjel võib katkeda kett.

Kraapkonveierit võib kasutada kaevise transportimiseks 0^0—30^0 üles- ja allapoole. Renni lülide ühendused võimaldavad teda asetada ka lainjale pinnale.

Kraapkonveier on madal, võimas ja vastupidav. Neid valmistatakse nüüd korraga edasilükatavaina, lahtivõetult edasikantavaina, kergete ja tugevate rennidega, mis võimaldavad transportööri renni peal liikuda soonimismasinail või mäekombainidel ja mis peavad vastu, kui rennidele kuhjub lõhkamise teel kaevist. Sõesaha puhul kasutatakse konveieri raami saha sõe sisse surumiseks.

Eesti põlevkivikaevandustes pikkade lankidega kaevandamisviisile ülemineku puhul võetakse ka kraapkonveierid kasutusele.

Skreeperseadeldist kasutatakse nüüd ainult eriti õhukestes kihtides kaevise koristuseest väljatõmbamiseks ja vagonettidesse laadimiseks.

Joonisel 334 on esitatud skreeperi kasutamise skeem. Skreeperseadeldis koosneb skreeperist *a*, skreeperivintsist *b*, veoköitest *c* ja *d*, plokkidest *e* ja laadimissillast *f*.

Näidatud tingimustes töötavas skreeperseadeldises kasutatakse kahe trumliga vintsi. Skreeperivints asetatakse harilikult selleks tehtud nišši veostrekis.

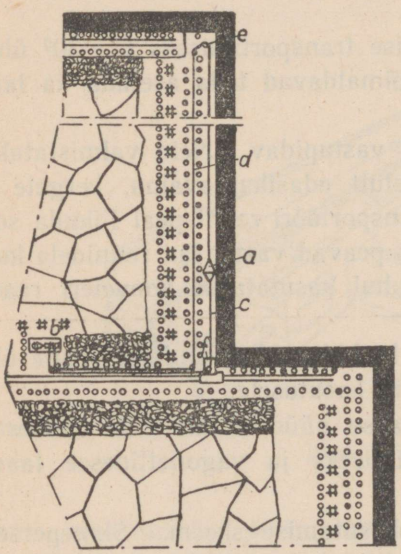
Skreeper täitub kaevisega streki poole liikumise alguses töölise abiga, kes juhib skreeperit kaevise hunnikusse. Kumera ee rinna puhul täitub skreeper ka inimese abita.

Varem tarvitati skreeperseadeldist ka paksemates kihtides, kus aga skreeperi säärane töötamine polnud võimalik toestiku paigutuse tõttu ja seepärast tuli sel juhul kaevis loopida käsitsi skreeperi teele ette.

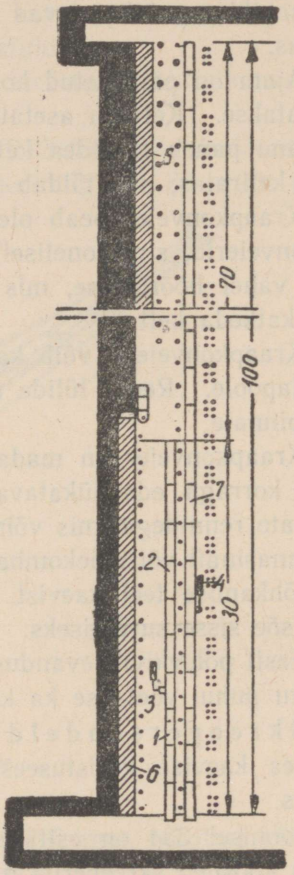
Skreeperit saab kasutada ainult hea põhja tingimustes, kus skreeper liikudes ei kaabi põhjast aherkivimit, mis segunedes maavaraga vähendab tunduvalt viimase väärtust.

Maavara väljatoomist eest skreeperi abil kasutatakse koristusetes pikkusega kuni 100 m, kui toodang ei ületa 20—25 tonni tunnis.

Kui maavarakiht on küllalt paks ja lasub ligikaudu horisontaalselt, võib juhtida koristuseesse rööbastee ja laadida kaevist käsitsi otse vagonettidesse. Kui lagi on nõrk ja nõuab tihedama toestiku püs-



Joon. 334. Skreeperi kasutamine koristusees: *a* — skreeper, *b* — vints, *c*, *d* — veokõied, *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 nööri, 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 kaevise transportimine 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 pealüliga *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* pealüliga *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 kohalenihutatud ajamiga *3*. Samal ajal soonitakse ka alumist pikk-ee osa ja tsükkel kordub uuesti.

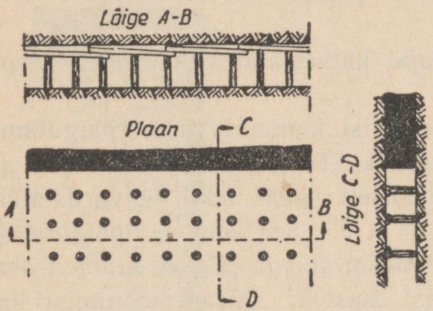
Konveierite paigutamisel uuele kohale peab hoolitsema, et nad oleksid asetatud sirgjooneliselt ja et kõik ühendused oleksid kõvasti kinnitatud.

5. Pikk-ee toestamine ja lae käsitsemine.

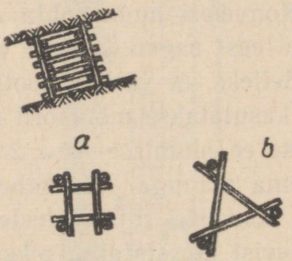
Maavarakihi kaevandamise tagajärjel õõnestatakse alt laekivimeid ja nad kaotavad oma endise aluse, millele nad toetusid. Kaob ülemiste kivimikihtide seni püsinud tasakaal. Alguses tekivad lae kivimites praod,

mis aegamööda suurenevad, kuni algab sissevarisemine. Lae sisselangemine 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 mehhanismid, 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 liikumisest, mille kiirus ei tohi koristusetes ületada 4 m/sek. Kui kasutatakse lae langetamist, siis laieneb see ala, olenevalt laekivimite püsivusest, perioodiliselt tunduvalt enam, kui see on nõutav töötingimustes. Ohutuse kindlustamiseks ja vajaliku laiusega tööala ülalhoidmiseks kasutatav toestik 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 sissevarisemise 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 toestada lage ee läheduses. Eest kaugemal (kaugus oleneb kivimite omadustest) avaldavad lae kivimid tugedele 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 käsitsemise viisist, mis põhineb kahel põhimõttel:

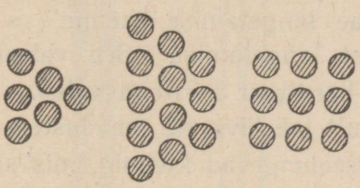
1) teataval kaugusel ee rinnast teostatakse kas täielikku või osalist lae kunstlikku sisselangetamist enne seda, kui lagi ise hakkab sisse langema;

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 toestatakse 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, transportööridega 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 transportööri radade, skreeperi teede jne. toestik. Vastavalt nõuetele kasutatakse neid toestamisviise kas eraldi või kombineeritult.

Riit (joon. 337) kujundatakse tugede, vastavalt lõigatud metalltalade või rööpalõikude üksteise peale ladumisega. Toed võetakse harilikult samad, mida kasutatakse algtoestikuks. 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 algtoestik 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-lähedasele 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 käsitsemise 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 käsitsemist täieliku langetamisega.

Juhul, kui lagi moodustub paksudest kõvadest kivimitest, mis on võimelised 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 toestamiseks tohutut hulka puitmaterjali, mis on tõusnud 18 milj. m^3-ni aastas. Vaatamata meie suurtele metsatagavaradele ei ole kaevanduste-lähedastes rajoonides seda enam küllaldaselt. Näiteks Donetsi basseini tuleb toestusmaterjali vedada rohkem kui 1000 km kauguselt. Puitmaterjali kasutamise piiramise eesmärgil on hakatud üle minema metalltoestiku tarvitamisele.

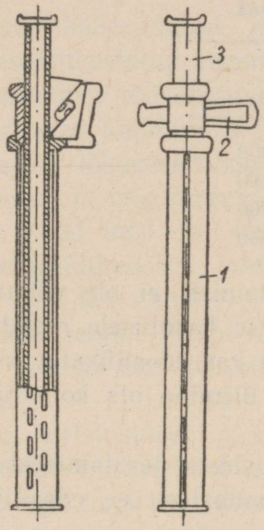
Kaevandustes kasutusele tulnud metalltoed jagunevad liht-, liit- ja komplekttugedeks.

Lihttoed on valmistatud ühes tükis, kas harilikest profileeritud metalltaladest või selleks valmistatud erilise põikilõikega metallist. Tänapäeval kasutatakse neid koristustöödel harva.

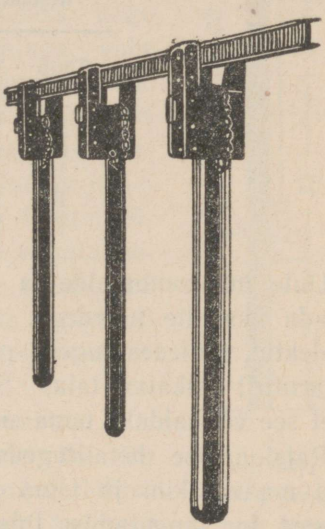
Liittoed (joon. 340) koosnevad osadest, mis omavahel on ühendatud mitmel viisil; neid võib valmistada kas ühest või mitmest eri materjalist.

Komplekttoed (joon. 341) koosnevad tugede grupist, mis omavahel on ühel või teisel viisil ühendatud ja püstitatult eesse töötavad ühes süsteemis.

Metalltoed 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 toestamiseks.



Joon. 340. Metalltugi СГК-2: *1* — toe korpus, *2* — lukk, *3* — väljasurutav osa.



Joon. 341. Metalltugede komplekt.

Praegusel ajal valmistatakse NSV Liidus metalltugesid СГК-2 (joon. 340), mis on määratud kasutamiseks laugetes kihtides paksusega 0,75—2,4 m.

Tugi СГК-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 selleks tehtud 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 СГК-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 СГК-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 СГК-2.

Tabel 41.

Metalltugede СГК-2 pikkused.

Tüüp	Pikkus mm	
	maksimaalne	minimaalne
I	1050	650
II	1450	850
III	1850	1060
IV	2250	1260

Uute mäekombainide ja sõesahkade 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 koristusee 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 toestuse 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 käsitsemist.

6. Koristustööde korraldamisest pikk-ees.

Kivisöekaevanduste tehnilise ekspluatatsiooni 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 Söetööstuse Ministeeriumi loal:

a) katkestatud töönädal üldise remondipäevaga;

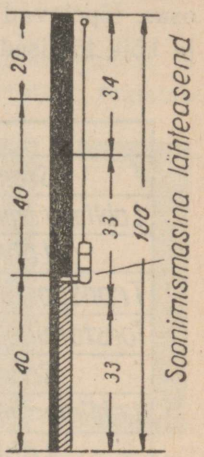
b) pidev töönädal kahe 8-tunnise vahetusega tootmis- ja ettevalmistustöödeks ja kolmanda, remonttööde vahetusega.

§ 1410. Pikk-ete jaoks kehtestatakse järgmine töökord: kaks vahetust söe väljatoimetamiseks ja kolmas — remont-ettevalmistustöödeks. Söe väljatoimetamise vahetuste vaheajana kehtestatakse 1 tund" [1].

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 toestamine ja lae käsitsemine. Kogu seda korduvat tööde kompleksi ühest soonimisest teiseni nimetatakse koristustööde tsükliks.

Kui koristustöödel ei kasutata soonimismasinat, siis lõpeb tsükkel ettenähtud laiust omava maavarariba väljavõtmisega kogu ee pikkuses, mille määramisel lähtutakse algtoestiku seadmisest või lõhkeaukude soodsast sügavusest.



Joon. 342. Kartaševi töömeetodi skeem.

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 toestamine. 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-eest pidevat toodangut ja loob tingimused mehhanismide pidevaks kasutamiseks (välja arvatud remondivahetus).

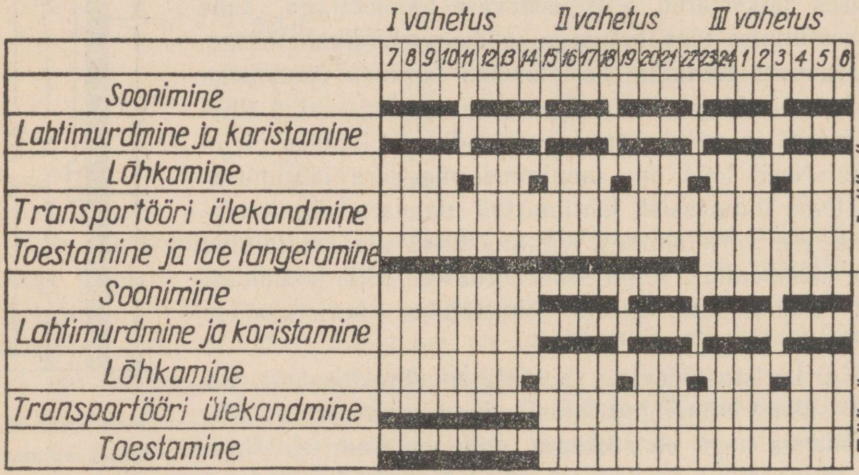
Insener Kartaševi ettepanekul teostati 100 m pikkuse ee soonimine alt ülespoole kolmes osas — 40, 40 ja 20 m kolme vahetuse vältel. Kivi-

[1] Правила технической эксплоатации угольных шахт. Углетехиздат, 1946 г.

söe 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 lõhkamistööde 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 toestatakse viibimata algtoestikuga.

Kui soonimismasin lõpetab järgmise 40 m soonimise ee keskmises osas, lõpetavad ka kaevurid lahtimurtud söe 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 söe koristamiseks. Samal ajal töötab soonimismasin ee alumises osas ja vahetuse keskel korraldatakse lõhkamistööd ee alumises osas. Pärast lõhkamistööde 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.

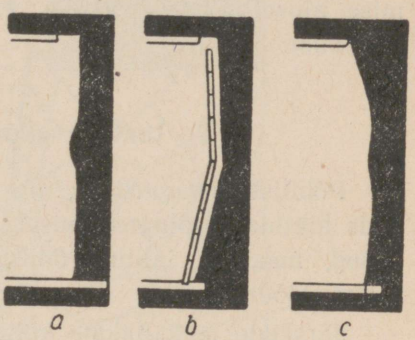
Kartaševi meetodi järgi töötamise graafik on esitatud joonisel 343. Selle graafiku järgi töötamisel esinevad järgmised puudused:

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 korratult, 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).



Joon. 344. Kõveraks muutunud pikk-ee skeemid: *a* — etteulatuv osa ee rinnas, *b* ja *c* — alumise ja ülemise streki mahajäämisel tekkinud kõverused.

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.

Vähimgi 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 töölised võiksid 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

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 pikk-ete tootmisvõimele.

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 töötsüklite arvu ja tõsta toodangut pikk-etes ning kogu kaevanduses.

Iga tootmisüksuse, s. o. pikk-ee kohta peab koostama tsüklilise töötamise 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 jaotust 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 eeks. Ett, milles astmed on suunatud allapoole, nimetatakse p õ h j a - a s t m e l i s e k s.

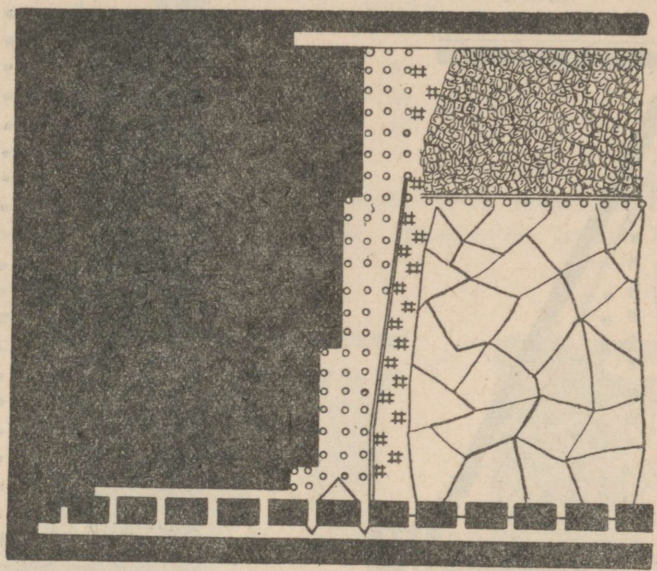
Andes eele astmelise kuju on iga kaevur ülemise astmega kaitstud allalangevate maavara tükkide riivamise eest.

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 kivisõed) ja naaberkivimid on küllalt püsivad. Selleks, et takistada soonimismasinat alla libisemast, kui tõmbeköis juhtub katkema, varustatakse ta kaitseköiega, 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.



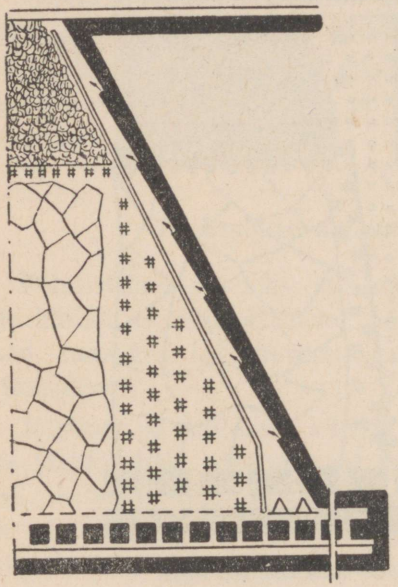
Joon. 345. Umbkaevandamisviis laeastmelise eega.

Juba pikemat aega on katsetatud NSV Liidus järskude kivisõekihtide kaevandamistöödel 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 sääraste maavarakihtide kaevandamisel, mis alla langedes purunevad nii, et saadud tükke on võimalik mahutada transpordivahenditesse.

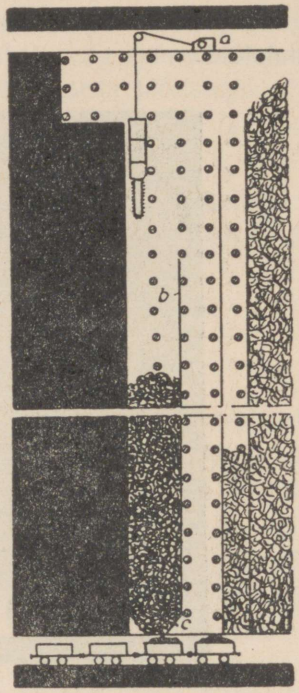
Soonimist toimetatakse alt ülespoole ja soonitud maavara variseb lahti murdudes alla, seepärast on võimatu püstitada toestikku soonimismasina järel enne soonimise lõpetamist. Allalangev maavara lööb välja ka varem püstitatud toed.

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 kaldkõrgus suur (100—150 m), seepärast korrust harilikult ei jagata alakorrusteks ja kasutatakse korrus-pikkett.



Joon. 346. Umbkaevandamisviis põhjaastmelise eega.



Joon. 347. Järsu kihi kaevandamine soonimismasina kasutamisega: *a* — vints, *b* — vahesein, *c* — allavarisenud maavara.

Laeastmelise ee kasutamisel moodustab aste tootmise tähtsaima elemendi, mille kõrgus oleneb maavara (kivisõe) 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.

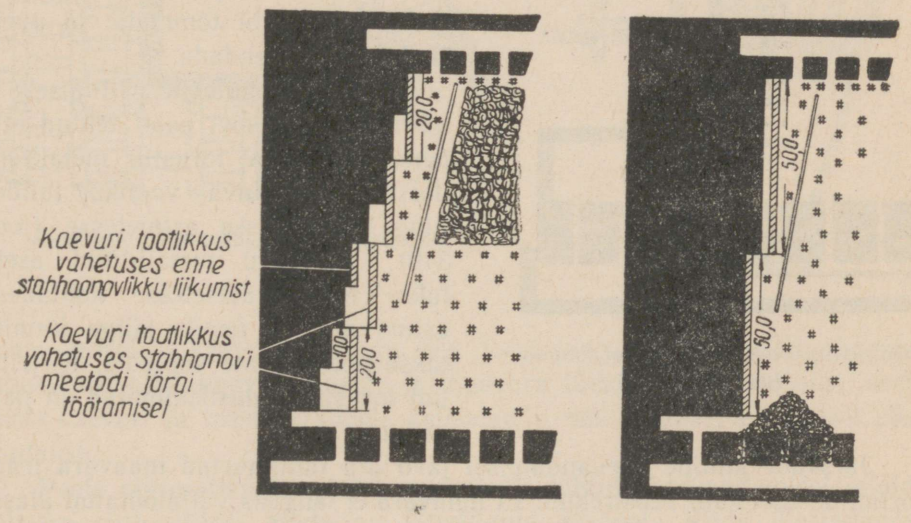
Piikvasarate kasutuselevõtmisega tõusis astme kõrgus tunduvalt — kõvades kihtides 6,5—8,5 m, keskmise kõvadusega kihtides 8,5—10,5 m ja pehmetes — 10,5—15 m.

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 umbkaevandamisviis laeastmelise eega enne ja pärast stahhaanovlike töömeetodite kasutamist Irmino-Tsentralnaja kaevanduses Donbassis.



Joon. 348. Astmete kõrgused enne ja pärast stahhaanovlike meetodite kasutuselevõtmist.

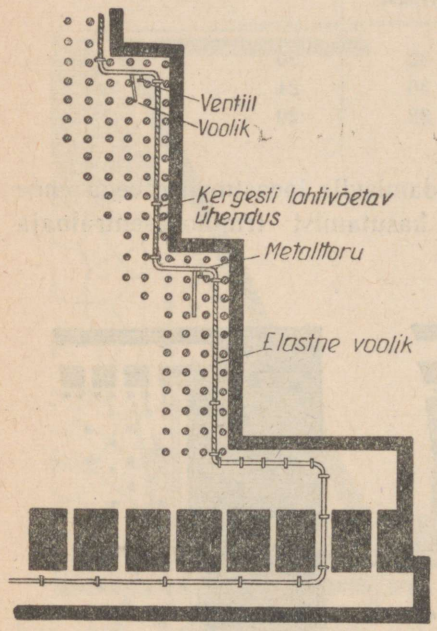
Astme rinna nurga väljaraiumine on väheproduktiivne ja aeglane töö, seepärast tõstab astmete arvu vähenemine ees tunduvalt kaevurite tööviljakust.

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 rippuvas asendis, osutub küllalt ohtlikuks ja võib kasutusele tulla ainult kõvades kihtides ning niisuguste lae kivimite esinemisel, mis oma survega ei purusta maavarakihti. 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.



Joon. 349. Nekrassovi suruõhutorustiku skeem.

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, tugede 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.

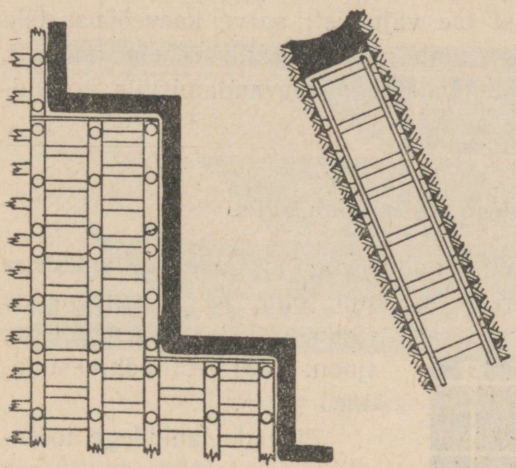
Järskude kihtide kaevandamisel jääb ära lahtimurtud maavara transportimine eest kuni veostrekini. Et maavara ei langeks väljatöötatud alasse, kasutatakse tema juhtimiseks tugede külge kinnitatud suundetõket, mis harilikult valmistatakse pindlaudadest. Suundetõke juhib maavara ee alumisse nurka, kust 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

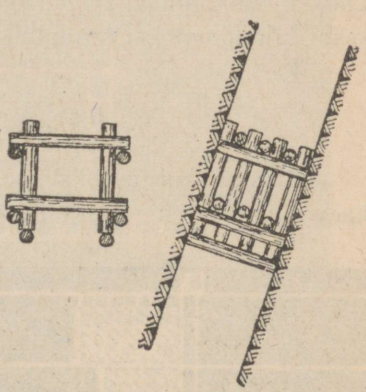
seotud. Niisugune kiht võib kergesti hakata libisema ja kaasa viia ka maavara astmed.

Toestamiseks kasutatakse tugesid, 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.

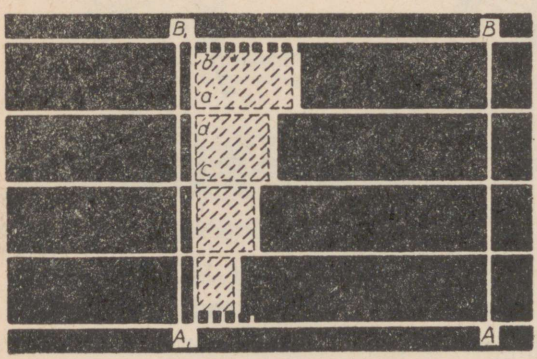
8. Lankkaevandamisviisid.

Põhimised lankkaevandamisviiside erinevused, võrreldes umbkaevandamisviisiga, seisnevad selles, et enne koristustööde algust lõigustatakse maavarakiht ettevalmistuskaeveõõnsuste abil üksikuteks koristusväljadeks — lankideks, mis pärast koristustöödega välja võetakse. Langid omavad harilikult täisnurkset kuju.

Lankkaevandamisviisi põhimõte seisneb selles, et ettevalmistuskaeveõõnsused oleksid kogu nende kasutamise ajal ümbritsetud väljavõtmata maavaraga, mitte aga kaevandatud alaga, nagu see on umbkaevandamisviisi puhul. Seepärast ei esine lankkaevandamisviisi kasutamisel ettevalmistuskaeveõõnsuste kohal massilist lae vajumist; surve kaeveõõnsustele 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.

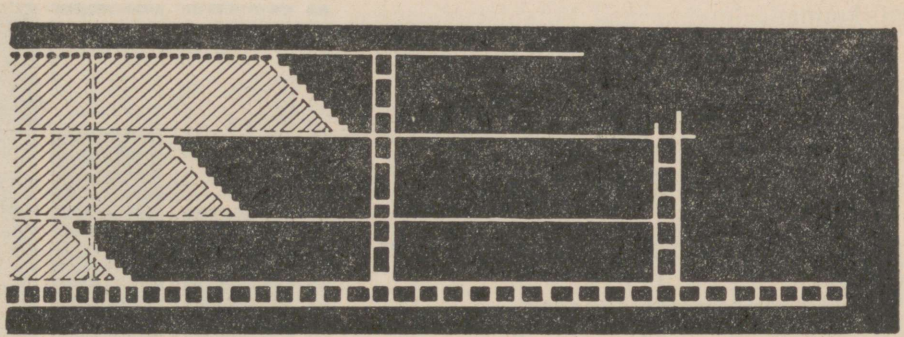
Tuulutuse seisukohast on lankkaevandamisviis vähem täiuslik kui umbkaevandamisviis, sest esimene omab üsna palju umbseid esi.

Pikkade lankidega kaevandamisviis on tunnistatud põhimiseks kivisöekihtide kaevandamisviisiks, millede paksus on 1,3—3,5 m (Kivisöekae-

vanduse tehnilise ekspluatatsiooni reeglid, § 72). Ka teiste kihtvarapaikade kaevandamisel mainitud tingimustes on see kaevandamisviis soovitatav.

Lauge kihi kaevandamisel pikkade lankidega jaotatakse korrus, mille kaldkõrgus on harilikult 300—400 m, tõusu suunas alakorrusteks ja rõhtsuunas bremsbergidega tootmisväljadeks (koristuspiirkondadeks).

Alakorruse kaldkõrgus 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 alakorrused. 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.

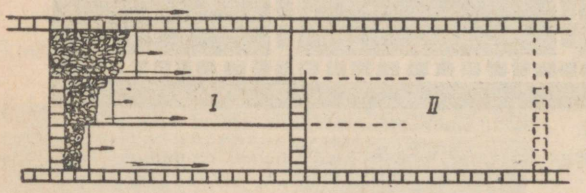
Koristustööde mehhaniseerimine ja korraldamine teostatakse samuti kui umbkaevandamisviisi puhul.

Kaevis transporditakse koristuseest kuni vahepealse strekini konveierite abil. Vahepealsetes strekkides kasutatakse transpordivahenditeks kas konveiereid või rööbasteel liikuvaid vagonette.

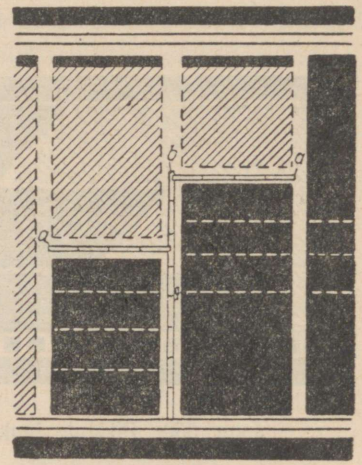
Kaevandatud ala lagi langetatakse harilikult kas täielikult või osaliselt.

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 kaevandamisviis töötamisega kihi kallaksuunas: *a* ja *b* — konveierid.

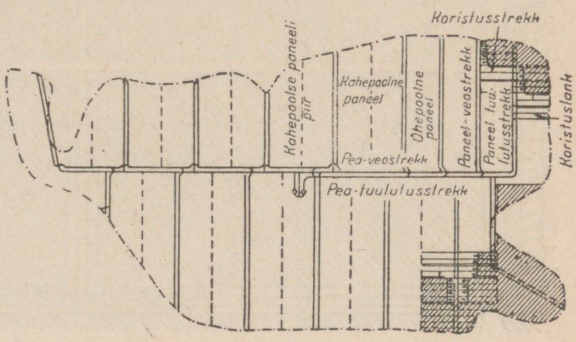
töökorras. Seepärast peab eelkõige forsseerima korruse strekkide (tuulutus- ja veostreki), bremsbergi ja ülemise vahepealse streki rajamist. Seejärel peavad valmima järjekorras ka teised vahepealsed strekid enne koristustööde lõpetamist eelmise tootmisvälja vastavates lankides (joon. 354).

Joonistel 352, 353 ja 354 on esitatud pikkade lankidega kaevandamisviis, kusjuures töötatakse maavarakihi rõhtsuunas. Joonisel 355 on toodud pikkade lankidega kaevandamisviis, kus langid on lõigustatud kihi tõusu suunas ja üksikute lankide väljavõtmine toimub ülalt allapoole. Lankide sellise asetuse puhul toimuvad soonimis- ja lahtimurdmistööd harilikul viisil. Lahtimurtud maavara juhitakse konveieri *a* abil eest välja teisele konveierile *b*, mis on paigutatud kallakkäiku (strekki); see konveier

viib maavara kuni veostrekini. Ee edasiliikumisel tõstetakse konveier *a* ee rinnale lähemale ja ühtlasi lühendatakse ka konveierit *b*.

Järskude ja kallakate kihtide kaevandamine pikkade lankidega toimub põhiliselt samuti kui laugetes kihtides. Ülemistest alakorrustest toodetud maavara lastakse liugepidi kuni veostrekini (joon. 353). Selleks rajatakse liud 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 vähendada 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 kallaksuuna mõisted ja strekke võib rajada igas suunas ühesuguse eduga. Šahti juurest, mis harilikult asetatakse kaevanduse välja keskpunkti, rajatakse peaveostrekk, mis jagab kaevanduse välja kahte ossa. Rööbiti peaveostrekiga rajatakse tuulutusstrekk (joon. 356). Nendest strekkidest mõlemale poole rajatakse 90° nurga alla kuni kaevanduse välja piirideni veo- ja tuulutusstrekid, mida nimetatakse paneelstrekkideks. Paneelstrekkidest (samuti 90° nurga all) rajatakse koristusstrekid, mis lõikavad paneeli pikkadeks lankideks.



Joon. 356. Horisontaalse maavarakihi kaevandamisviis pikkade lankidega.

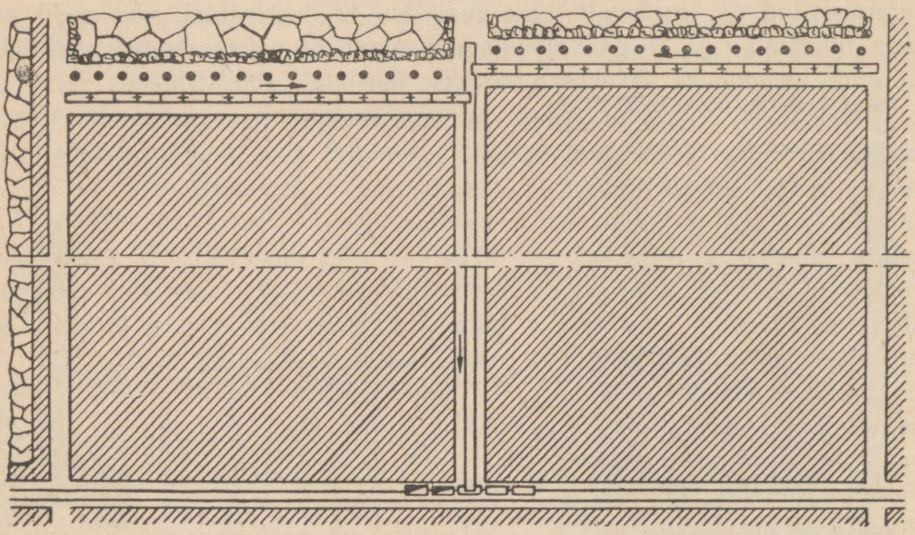
Peastrekkide suuna valikul ja kaevanduse välja paneelideks jaotamisel lähtutakse kohalike olemasolevate kihi põhja nõgususte kasutamisest vee kokkuvoolamiseks šahti juurde ja normaalsete kallakute andmiseks veostrekkidele kaevise veo suunas.

Lankide mõõtmed (pikkus ja laius) olenevad eelkõige tehnilistest tingimustest, s. o. mehhanismidest, mida kasutatakse koristustöödel, ja lae kivimite olukorrast. Näiteks Moskva-lähedases kivisõebasseinis 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 koristusee 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 kaevandamisviis paarisetega töötamisel; noolega on märgitud kaevise transportimise suund.

kaks kõrvuti asetsevat lanki. Strekile, mis on lankide vahel, paigutatakse lintkonveier ja koristusetesse 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.

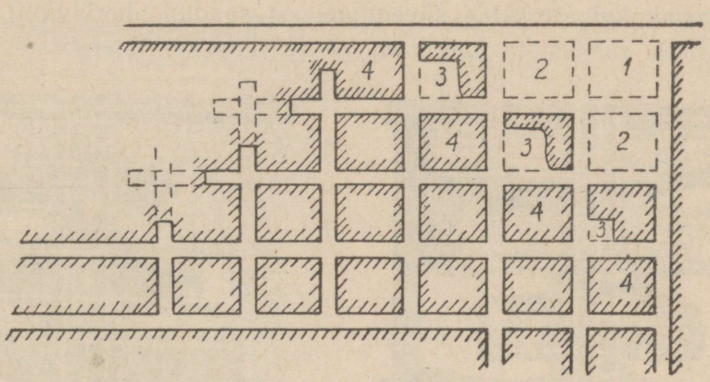
10. Lühikeste lankidega kaevandamisviis.

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 langid jaotatakse teise-

järguliste ettevalmistuskaeveõõnsustega väiksemateks osadeks — lühikesteks 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 × 8 kuni 20 × 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. Kivisöe tehnilise ekspluatatsiooni reeglite kohaselt (§ 73) oli lühikeste lankidega kaevandamisviis NSV Liidu kivisöekaevandustes keelatud.

11. Kombineeritud kaevandamisviisid.

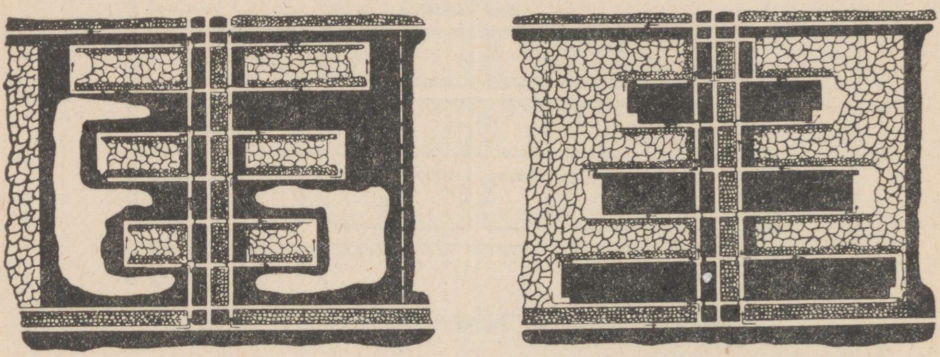
Kihtvarapaikade kaevandamisel võib kasutada peale eespoolkirjeldatud kaevandamisviiside ka nn. kombineeritud ehk segakaevandamisviise, mis harilikult koosnevad kahe kaevandamisviisi kombinatsioonist.

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 alakorrused pikkade lankidena tootmisvälja (bremsbergi välja) piirist bremsbergi poole.

Paarituarvuliste alakorruste väljavõtmisel täidetakse kaevandatud ala täidisega ja strekkide äärde laotakse üles võimalikult tugevad kaitseribad strekkide süvendamisel saadud kivimitest. Paarisarvuliste alakorruste 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.

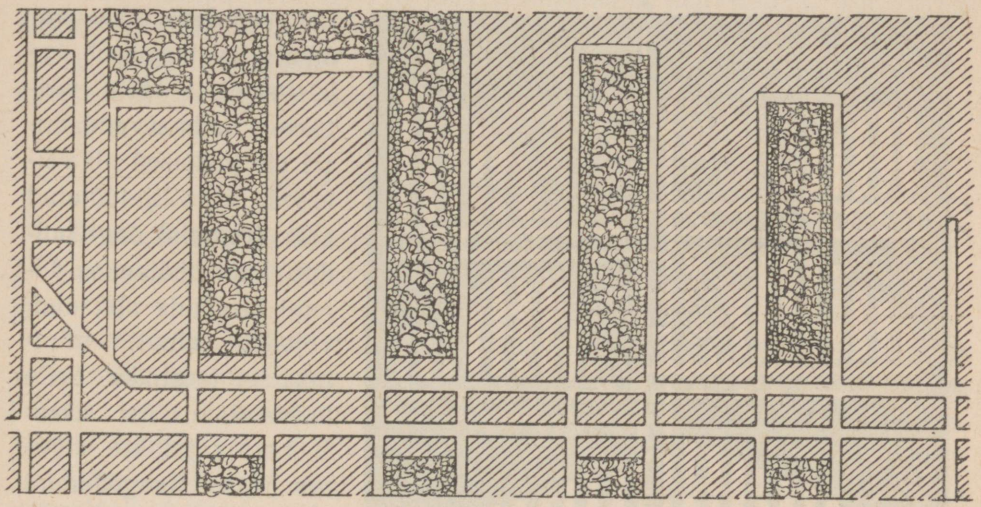
Põlevkivikaevandustes kasutatav kaevandamisviis on analoogiline kirjeldatud viisiga. Eesti NSV põlevkivi lasub praktiliselt horisontaalselt, ainult väikese kallakuga, ja rohked aherkivimi- (pae-) vahekihid jagavad ta mitmetesse 15—70 cm paksustesse alakihtidesse. Tootliku kihi üldpaksus ühes aherkivimi-vahekihtidega 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 kõrvaldamise tingimustest arendatakse koristustöid paneelstrekkidest 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 täidisena. Kaevandatud ala mõlemale poole äärde jäetakse koristusstrekid, mida kasutatakse liiklemiseks ja vagonettidega vedamiseks. Põlevkivi lahtimurdmiseks kasutatakse lõhkamistöid. Peale puurimise teostatakse kõik tööd käsitsi. Puurimist teostatakse peamiselt elektri-käsikeerdpuuridega ja mõnel pool ka suruõhu-puurvasaratega.

Kui umbsed koristuseed 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. Paarisstrekkidega kaevandamisviis Eesti põlevkivikaevandustes.

laotud täidise tõttu, mis hoiab lage sisse langemast, ei teki koristusstrekkide ülalhoidmisel ja lankide täielikul väljavõtmisel raskusi.

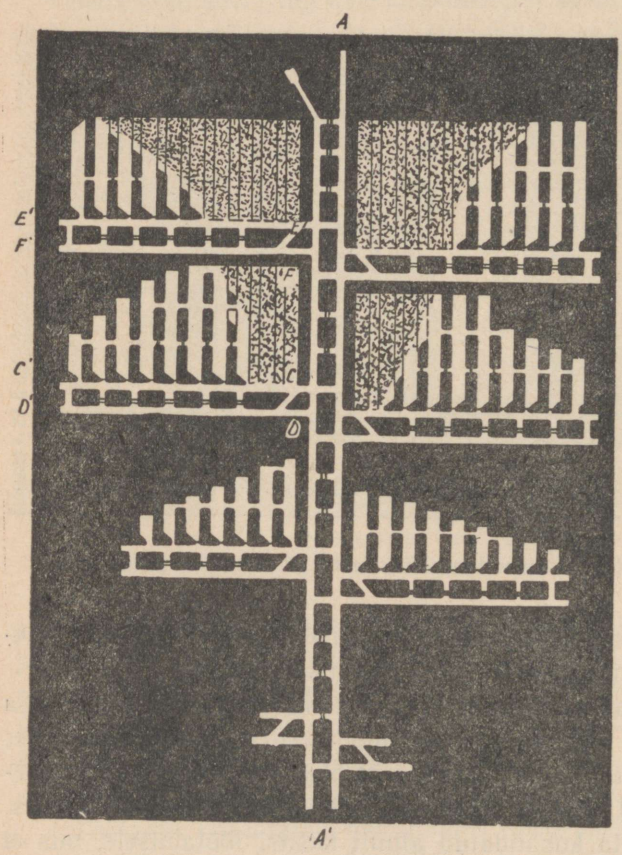
Kirjeldatud kaevandamisviisi võib vaadelda ka kui ruumtervikutega kaevandamisviisi, sest ete pikkused on siin mõnikord niivõrd väikesed, et strekkide vahel väljatöötatud alas sageli määrõhku ei esinegi. See kaevandamisviis on iseendast küllalt sobiv põlevkivi-varapaiga tingimustes, kuid kirjeldatud kujul on ta kohandatud ainult käsitsi töötamisele, mis ei vasta tänapäeva nõuetele. Uuesti käikulastud kaevandustes varustatakse koristuseed soonimismasinatega ja kraaptransportööridega. Transport toimub koristusstrekkides 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 koristusees.

12. Ruumtervikutega kaevandamisviis.

Ruumtervikutega kaevandamisviisi (joon. 361) kasutatakse horisontaalsete kivisöekihtide väljavõtmisel ja ka maagikaevandustes. Tema põhimõtteline erinevus paarisstrekkidega kaevandamisviisist seisneb lae käsitsemises. Siin võetakse umbkaevandamisel ete 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.



Joon. 361. Ruumtervikutega kaevandamisviis.

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. Laadimismasinate kasutamist soodustavad ee kiire edasiminek 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 soovitav 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 tugedega 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 käsitsemine 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.

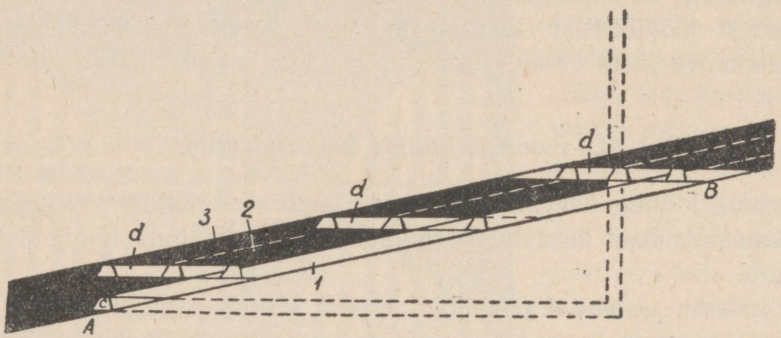
Kihi kordadesse jaotamist teostatakse praktikas kahel viisil:

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. Kivisöekaevanduste tehnilise ekspluatatsiooni reeglites on selle kaevandamisviisi kohta öeldud:

„§ 83. Üle 3,5 m paksuste laugete ja keskmise kallakuga kihtide põhimiseks väljatöötamise viisiks on kaevandamisviis 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.

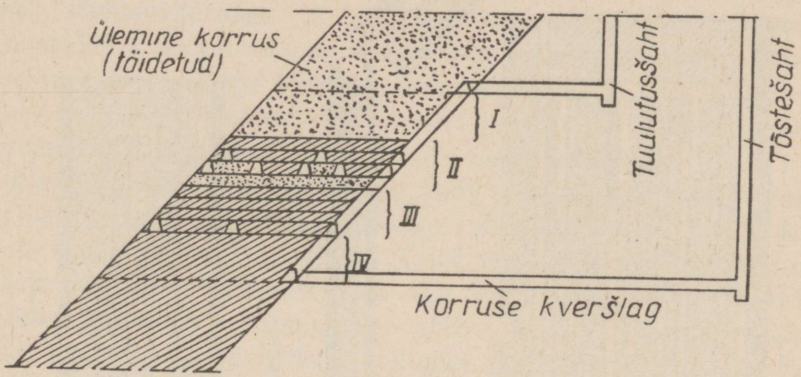
Kihi paksuse ülempiir, mille ületamisel peab kordade väljavõtmist teostama täitmisega, määratakse kindlaks projektiga iga leiukoha kohta eraldi seoses kivisöe kalduvusega ise süttida ja ümbritsevate kivimite liitumisomadustega (tihenemisega) pärast lae sisselangetamist."

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 vajataksę selleks aega mõnest nädalast kuni 6 kuuni ja mõnikord rohkemgi.

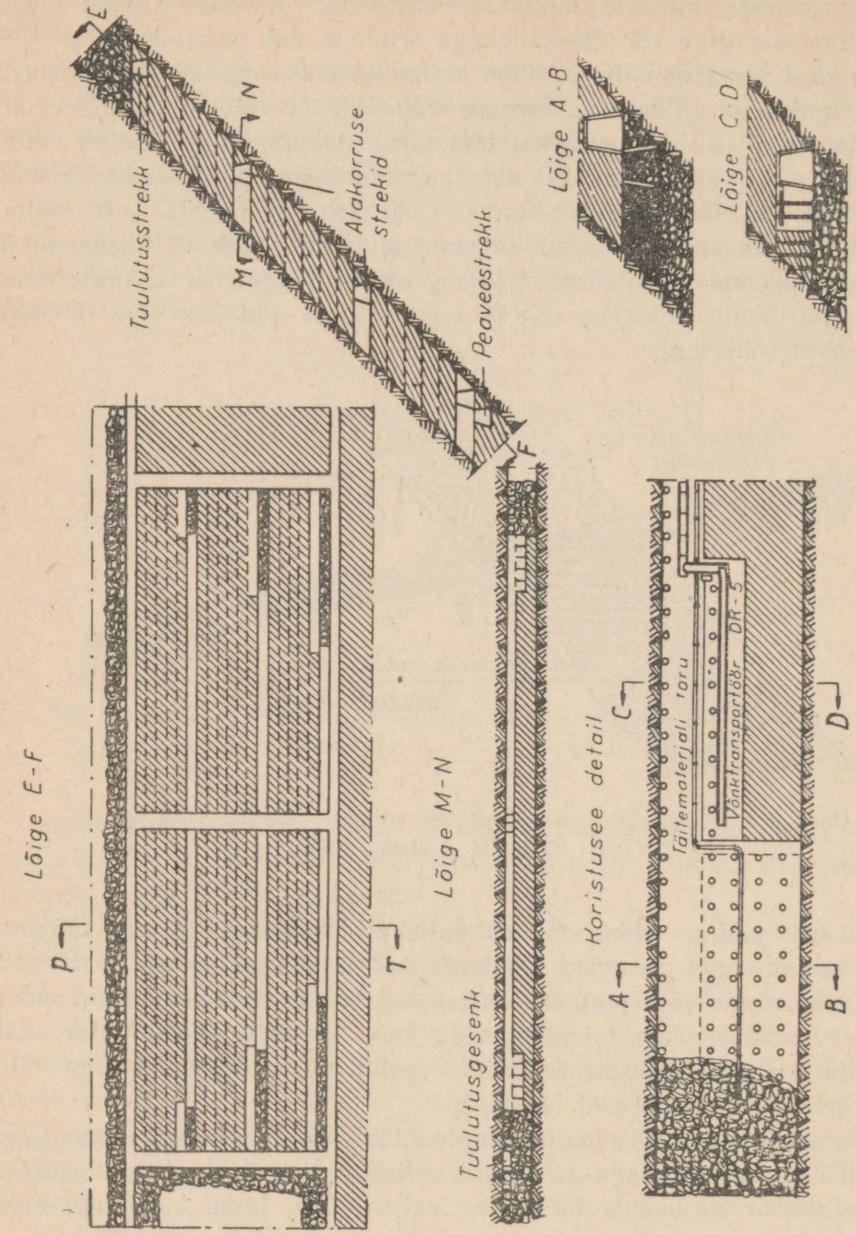


Joon. 363. Paksu kihi kaevandamise skeem horisontaalsete kordadega: *I, II, III* ja *IV* — alakorrused.

Paksude kihtide kaevandamine kallakate kordadega ja lae langetamisega annab kõige paremaid tulemusi, kui kihtide kallaknurk on 10—20° ja kui neid ei ole vaja jaotada rohkem kui kaheks korraks. Kuid mõnikord kaevandatakse lae langetamisega ka paksemaid kivisöekihte. Esineb juhtumeid, kus soodsate laekivimite puhul on lae langetamisega välja võetud 4 korda (Tšeljabinski bassein).

Paksude kihtide kaevandamine horisontaalseteks kordadeks jaotamisega (joon. 363) nõuab peaaegu eranditult väljatöötatud ala kivimiga täitmist. Horisontaalsete kordadega töötatakse välja pakse, järsu kallakuga maavarakihte.

Korrus jaotatakse alakorrusteks ja alakorrus horisontaalseteks kordadeks. Korrused ja alakorrused töötatakse välja ülalt allapoole. Korrad alakorruses võetakse välja kas alt ülespoole (joon. 363) või ülalt alla-



Joon. 364. Paksu kihi kaevandamine horisontaalseteks kordadeks jaotamisega.

poole. Peastrekid ja liud tehakse kihi alumisele küljele ja igas korras rajatakse vajalik arv horisontaalseid kaeveõõnsusi.

Üksikute kordade väljavõtmist teostatakse kihi rõhtsuunaga perpendi-

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. Lõhkamistööde kasutamisel puuritakse augud elektripuuridega samas järjekorras ja asetuses nagu keskmise paksusega kihtide kaevandamisel.

Kaevise transportimiseks koristuseest liuni, mida mööda ta alla lastakse veostrekile, kasutatakse kraap- või võnkkonveiereid.

Koristusala toestatakse tugedega, mille alla (täidise peale) asetatakse põhjatalad ja peale (lae alla) kas tugevad pindplangud või lõhkisaetud palkidest (poolpalkidest) laetalad. Talad asetatakse rööbiti koristuseega.

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 osutuda ka see aheraine, mida saadakse vahekihtidest, kui need esinevad.

Tabel 43.

Kivimid	Täitematerjali kobestuskoefitsient täitmisel
Peen vesiliiv	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.

Täidis (täitematerjal)		Täidise maht pärast kokkusurumist %-des täidetud kaeveõõnsuse mahust
Hea märg täidis		85—95
Kuiv täidis järskudel kihtidel	peeneteraline kivim	75—85
	kivim suurtes tükkides	60—75
Kuiv täidis laugetel kihtidel	kivimi toomisel kaevandatud alasse väljastpoolt	40—60
	täitematerjali saamisel 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 kihtide puhul raskendatud kivimi paigutamine otse lae alla.

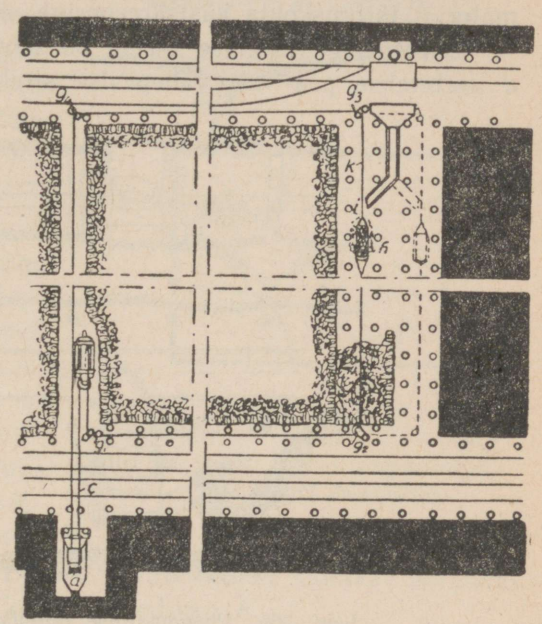
Kivimi mahu kasv purustatult oleneb kobestuskoefitsiendist, mis erinevate kivimite puhul on erinev (vt. tabel 43).

Vastavalt öeldule on vajaliku toodetava kivimi maht massiivis väljatöötatud ala täielikuks täitmiseks 1,5—2,5 korda viimasest väiksem.

Et täitematerjal ei täida 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.



Joon. 365. Väljatöötatud ala täitmine skreeperi abil: *a* — vints, *c* — peaköis, g_1 — g_4 — plokid, *h* — skreeper, *i* — aherkivimi kogumispunkt, *k* — sabaköis.

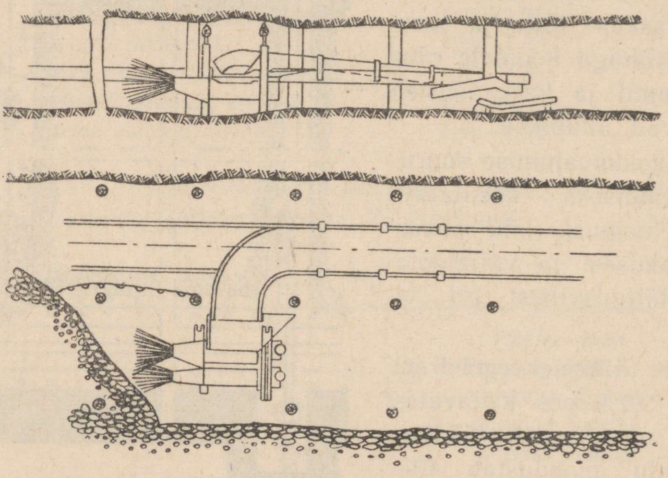
Isevooluga (iseveeremisega) täitmist kasutatakse nii õhukeste kui ka paksude järskude kihtide puhul. Selle mooduse kasutamisel püütakse töid organiseerida nii, et täidise pind oleks paralleelne ee rinnaga, asetsedes viimasest veidi tagapool, teataval kindlal kaugusel. Pikkade astmete puhul pole see alati läbiviidav, sest täidis asetseb loomuliku kallaknurga all,

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. Tuulutusstrekist, kus aherkivim laaditakse vagonettidest välja, tuuakse täitematerjal täitmiskohta kastskreeperiga, mille maht on 0,6—1 m^3.

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 tuulutusstrekist lühikese konveieri abil punkti *i*, kust ta skreeperiga kaasa tõmmatakse ja vajalikku kohta lohistatakse. Suurematest tükkidest laotakse üles seinad.

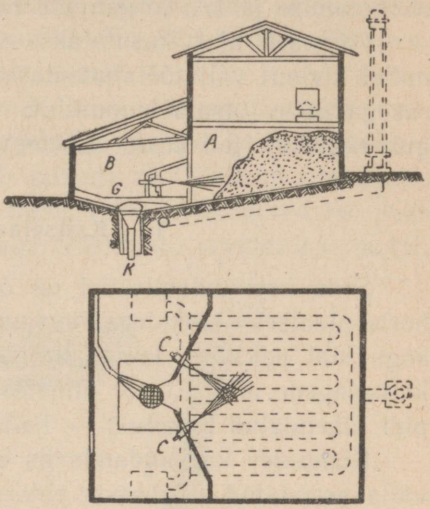
Skreeperiga täitmise paremuseks on võimalus kasutada mitmesuguse materjali mistahes suuruses tükke, mis teiste mehhaaniliste täitmisviiside puhul pole võimalik.

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. Nii

esimesed kui ka teised pneumaatilised täitmismasinad nõuavad täitematerjali transportimist eriliste seadmetega maapinnalt masina ülesseadmiskohta.

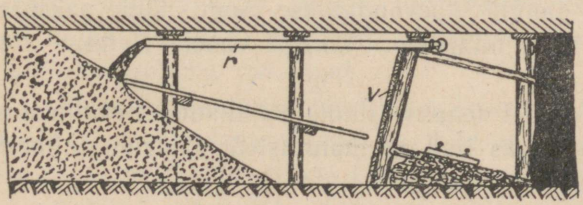
NSV Liidus valmistatakse esimest tüüpi (koristusalas ülesseatavaid) masinaid. Neid masinaid toidetakse konveieri abil (joon. 366).

Märgtäitmise puhul ehitatakse maapinnale šahti või selleks puuritud vajaliku läbimõõduga erilise sügavpuuraugu juurde täitematerjali ladu ja segamisseade, milles toimub täitmiseks kasutatava kivimi segamine veega.



Joon. 367. Täitematerjali ladu ja segamisseadeldis: *A* — ladu, *B* — ruum lehtri *G* jaoks, *C* — veepurskajad, *K* — toru kivimi äravooluks.

Joonisel 367 on näha piki ladu *A* ehitatud estakaad — sõiduplatvorm, mida mööda tuuakse kohale täitmiseks vajalik kivim. Laoga *A* ühineb ruum *B*, milles asetseb restiga kaetud lehter *G*. Resti ülesandeks on kinni pidada kõrvalisi esemeid ja ülemääraselt suuri kivimitükke. Ruumis *B* on üles seatud monitorid (veepurskajad) *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.

Mööda seda torustikku toimub hüdrostaatilise surve abil (kõrguste vahe segamisseadme ja koristustööde koha vahel) veega segatud täitematerjali transport väljatöötatud alasse.

Et täitematerjal jääks püsima temale määratud kohas, eraldatakse täidetav kaeveõõnsus strekist vaheseinaga *v* (joon. 368), millest juhitakse 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.

Nii hüdrauliliseks kui ka pneumaatiliseks täitmiseks kasutatakse kivimit, 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 koondstrekkide ja kverščlagide 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 ventilatsiooni- ja veostrekid rajatakse ilma rööplõõrideta 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 tuulutuslõõr lahtriga inimeste liiklemiseks ning valmistatakse kaitselagi.

Liud ja tuulutuslõõrid rajatakse alguses puurimise teel veostrekist kuni tuulutusstrekini ja laiendatakse siis piikvasaratega nõutava põikilõikeni. Liud rajatakse rööbiti kihi kallaksuunaga 1,5 m kaugusele alumisest kihipinnast telgjoonte vahega 5 m, nii et kaitselae iga 5 m pikkuse sektsiooni (kilbi) keskpaika tuleb üks liug (joon. 369).

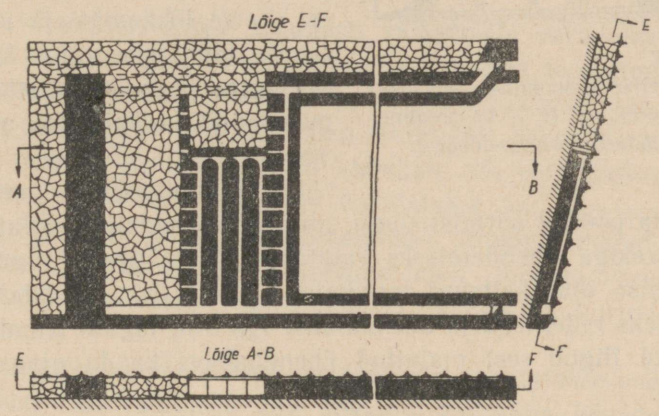
Ventilatsioonistrekist rajatakse horisontaalne kaeveõõnsus kõrgusega 2,1 m ja laiusega kihi paksuseni, mida nimetatakse lõikelõõriks. Sellesse

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. Konstruktsioonilt 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 palkkatte ülesandeks on hoida kivimeid sattumast kaitselae alla ja võimaldada metallosade lahtimonteerimist töö lõpul.

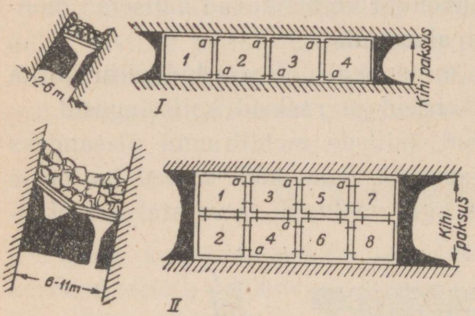
Kaitselagi koosneb üksikutest sektsioonidest, mille pikkus on 5 m ja laius võrdub kihi paksusega, kui kiht on alla 6 m paks. Kui kihi paksus on 6—11 m, monteeritakse kaitselagi kahest sektsioonide reast (joon. 370).

Sektsioonid seotakse kokku terasköitega, 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.

Söe lahtimurdmist teostatakse lõhkamistöödega. Suur osa lahtimurtud sütt variseb oma raskusega allalaske-liugudesse, ülejäänu 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* — terasköitest ühendussidemed.

Töötsükkel koosneb kahest osast. Alguses puuritakse ja lõhatakse süvendatud ee osades, pärast tuulutamist ja söe allalaskmist puuritakse ja lõhatakse ülejäänud esi. Teise lõhkamise ja söe koristamise tagajärjel vajub kaitselagi. Seejuures peab ära koristama kogu purunenud ja kaitselae alla surutud söe.

Tuulutamiseks kasutatakse kaevandatud ala poolset äärmist liugu, milles on eraldatud tuulutuslahter.

Tuulutusstrekiga ühendamiseks rajatakse lõõr järgmise lindi alasse, mis on töötamise ajal kaitstud tervikutega. See lõõr varustatakse inimeste liiklemiseks redelitega ja ühendatakse iga 5 m tagant temale lähema liuga. Õhuvool liigub eest mainitud ühenduslõõri kaudu ning suundub tuulutusstrekki.

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, pärastise 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 peaveostrekkide, alakorruse strekkide (kui kasutatav kaevandamisviis nõuab korruste jaotamist alakorrusteks) ja kallakate või vertikaalsete tõusvate[1] kaeveõõnsuste rajamises. Viimaseid kasutatakse kas pea-veostreki ühendamiseks koristuseega ja ülemise (tuulutus-) strekiga, maagi allalaskmiseks koristuseest peastrekile või täitematerjali toimetamiseks ülemisest strekist väljatöötatud alasse, tuulutamiseks, varapaiga uurimiseks, koristustöödeks jne.

Horisontaalsete kaeveõõnsuste toestamiseks kasutatakse enamasti lengtoestikku. Kui nad rajatakse aga kõvades või väga kõvades kivimites või maakides, võib läbi saada ka ilma igasuguse toestikuta.

Tõusvaid kaeveõõnsusi toestatakse 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 koristuseesse 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.

---

[1] 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:

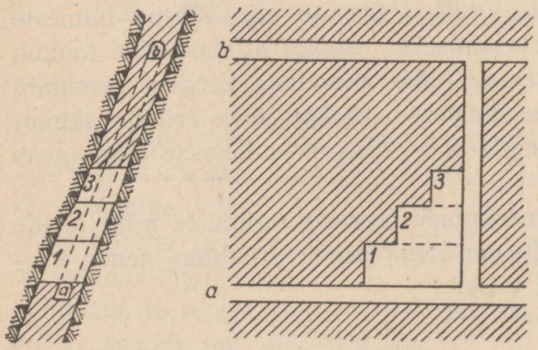
1) lahtise (avara) eega;
2) kitsendatud eega;
3) kaevandatud ala täitmisega;
4) magasineerimisega;
5) rõhkvaristamisega;
6) kombineeritud meetoditega.

Koristustööde mehhaniseerimine on paljude maagi-varapaikade puhul lihtsam kui kihtvarapaikade väljatöötamisel, sest maagi ja naaberkivimite kõvaduse tõttu on toestamine lihtsam ja maagi tootmine toimub peaaegu eranditult lõhkamistöödega. Maagikeha enamasti kallaka asendi või ta suure paksuse tõttu toimub maagi transport veostrekini paljudes kohtades raskustungi mõjul, ilma mehhaaniliste seadmeteta. Tööde organiseerimist raskendavad, võrreldes kiht-varapaikadega, geoloogilised tingimused, maagi ebaühtlane metallisisaldus ja kaevandamisel tekkivate suurte tühikute 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 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.

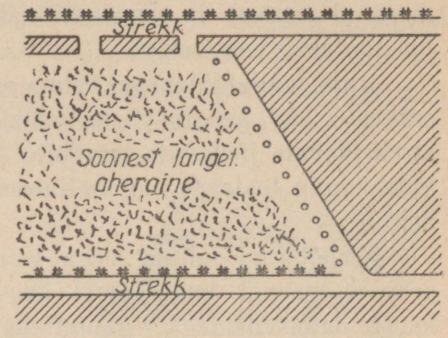


Joon. 371. Laeastmelise lahtise eega kaevandamine: *a* ja *b* — strekid; *1*, *2* ja *3* — ee astmed.

Kui maagikeha, mis töötatakse välja lahtise eega, omab 30—90° kallakut ning

tema paksus ulatub 3,5 meetrini, siis kasutatakse laeastmelist ett (joon. 371). Kui aga maagikeha kallakus on väiksem, leiab rakendamist pidev esi (joon. 372).

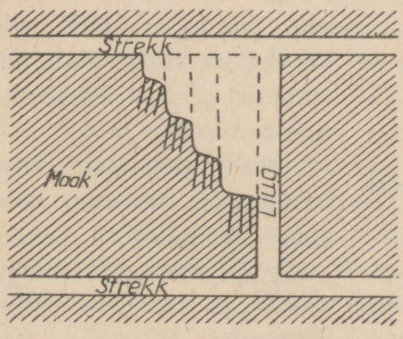
Väga püsivate naaberkivimite ja kõva maagi puhul kasutatakse põhjaastmelist kaevise väljavõttu (joon. 373). Mõnikord kasutatakse ka kombineeritud kaevandamist, mille puhul korruse ülemine osa võetakse välja põhjaastmeliselt, alumine aga laeastmeliselt.



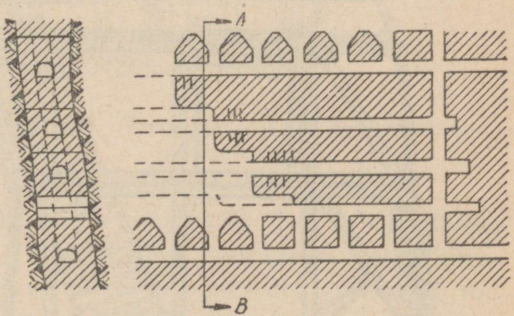
Joon. 372. Pideva lahtise eega kaevandamine.

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. 373. Põhjaastmelise lahtise eega kaevandamisviis.



Joon. 374. Kaevandamisviis alakorruselise lahtimurdmisega.

Maagi lahtimurdmine toimub lõhkamistöödega. Puurvasara tüüp valitakse vastavalt kasutatavale kaevandamisviisile ning lõhkeaukude paigutusele.

Järsu kallakuse ja maagikeha tunduva paksuse (3—15 m), kõva maagi ja märgatavate aherkivimi-vahekihtide puudumise korral kasutatakse kae-

vandamisviisi, mille puhul kujundatakse avar lahtine esi alakorruste strekkidest maagikeha lahtimurdmisega. Seda töötamisviisi nimetatakse alakorruselise lahtimurdmisega kaevandamisviisiks.

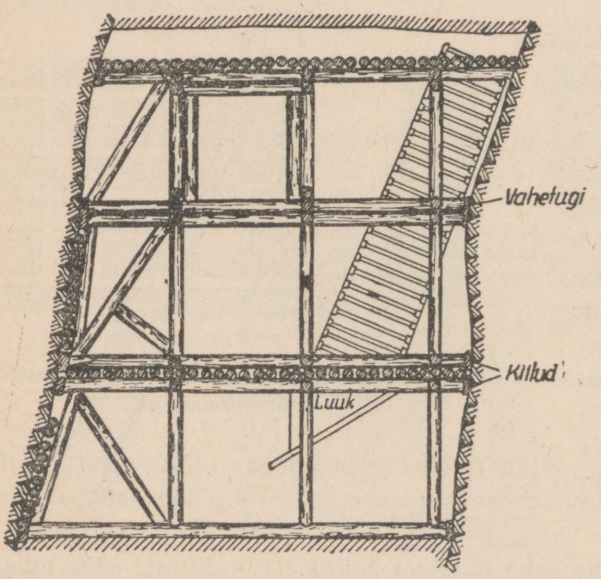
Väljavõtuks määratud varapaiga blokis (joon. 374) rajatakse pärast korruse strekkide rajamist bloki piiridel tõuskaevused, mis ühendatakse iga 7—15 m järel alakorrustel rajatavate alakorruste strekkidega. Esimese alakorruse ja veostreki vahel kujundatakse lehtrid, millede kaelad ühendatakse veostrekiga.

Bloki väljatöötamisel eelnevad igas alumises alakorruses 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 sääraste etega töötamist, millede puhul toestik, olles töömeetodi põhilise omapära tingijaks, takistab kaevandatud ala (välja arvatud selle võrdlemisi väike osa) kasutamist tööde edasiseks arendamiseks.



Joon. 375. Paksu soone väljatöötamine vahetoestikuga.

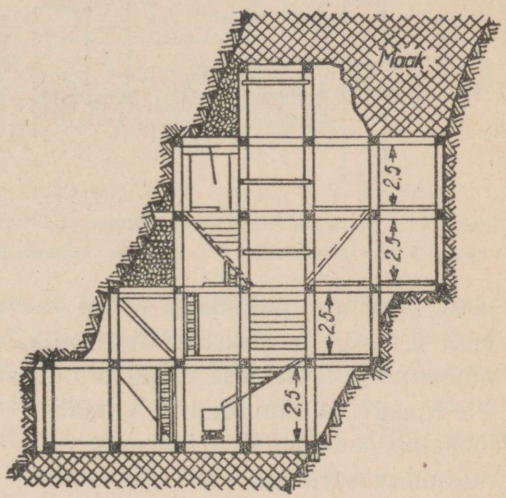
Neid kaevandamisviise kasutatakse enamasti järskude, suhteliselt pehme maagi ja naaberkivimitega soonte ja läätsede väljatöötamisel.

Nende kaevandamisviiside puhul täidetakse väljatöötatud ala pärast toestiku ülesseadmist väga sageli kivimiga, et anda toestikule suuremat vastupidavust 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 tugedega, 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 toestatakse otsekohe, enne järgmise väljamurde tegemist, ruutraamidega. Ruutraam-toestik seatakse üles nii, et iga ülespandav kuubiklüli kinnitaks jäigalt eelmisi kõrvalolevaid. Sääraselt tekib rida täisnurkseid raame, mis on nurkade kohal toetatud vertikaalsete tugedega. 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. Vertikaalsed toed, mille pikkus on harilikult 2 m, asetatakse üksteisest 1,5—1,8 m kaugusele. Vajalikesse kohtadesse asetatakse horisontaalsetele taladele edasiviidavad laudised, milledel asetsevad töö kestel töölised. Suurema rõhumise puhul täidetakse ruutraamid kivimiga, jättes tühjaks kaevise allalaske liud ja redelite lahtrid.



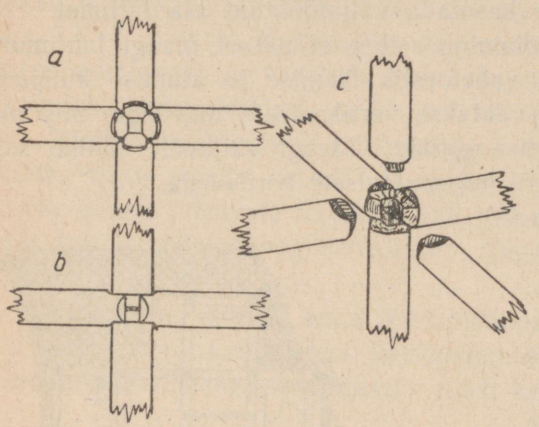
Joon. 376. Paksu maagikeha kaevandamine ruutraamidega.

Peale kirjeldatud kaevandamisviiside esineb veel teisi kitsendatud eega kaevandamisviise.

Selle kaevandamisviiside grupi juurde kuuluvad niisugused töömeetodid, mille puhul väljatöötatud ala ülalhoidmine toimub väljavõetud maavara 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.

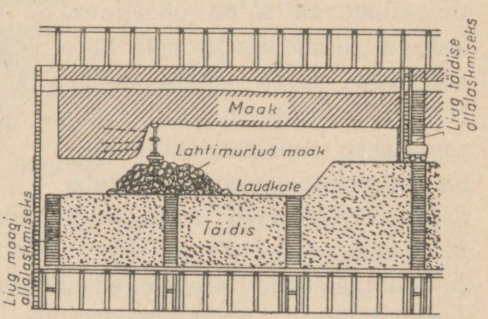


Joon. 377. Ruutraamide ühendussõlmed: *a* — pealtvaade, *b* — külgvaade, *c* — sõlme kokkusobitus.

Täitematerjalina kasutatakse kaeveõõnsuste 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 lahtimurtud maagi peale. Et maak ei seguneks täidis-aherkivimiga, asetatakse viimasele laudadest kate. Vastavalt ee edasinihkumisele kasvab lahtimurtud maagi hulk ning osa temast lastakse liugusid mööda alumisse veostrekki.



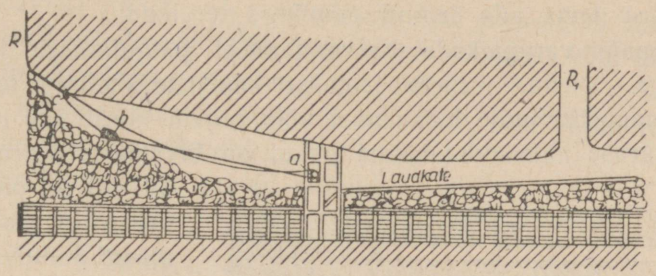
Joon. 378. Kaevandamine väljatöötatud ala täitmisega.

Otse maagi koristamise ja allalaskmise järel toimub väljatöötatud ala täitmine korra paksuselt aherkivimiga. Kui täidis ligineb liule, täiendatakse viimase toestikku 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).

Joonisel 379 on: *a* — skreeperi vints, *b* — skreeper, *c* — sabaköie plokk, *R* ja R_1 — 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_1 taha.



Joon. 379. Kaevandatud ala täitmine skreeperi abil: *a* — vints, *b* — skreeper, *c* — plokk, *R*, R_1 — liud.

Õhemate 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.

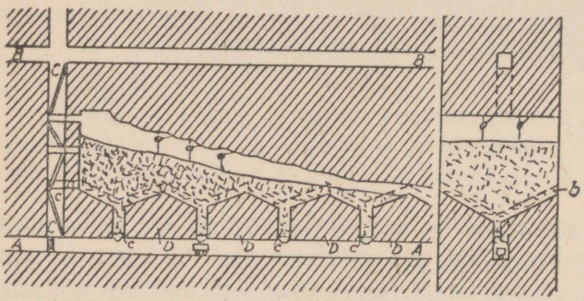
Kaevandamisel maagi magasineerimisega (joon. 380) toimub maagi väljavõtt kambritega laeastmelise ee abil. Lahtimurtud maak jääb väljatöötatud alasse kuni koristustööde lõppemiseni antud kambris, s. t. kuni maak on lahti murtud ülemise strekini *BB*. Et lahtimurtud maak võtab enda alla suurema mahu, kui 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.

Õhukeste ja keskmise paksusega varapaikade puhul paigutatakse kambrid kihi rõhtsuunas. Iga 50—150 m tagant jäetakse nende vahele kogu korruse kõrgusel tervikud lae ülalhoidmiseks. Ülemise streki 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.



Joon. 380. Kaevandamisviis maagi magasineerimisega. *AA* ja *BB* — strekid, *CC* — tõusgesenk, *D* — tervikud, *a*, *b* ja *c* — kaeveõõnsused.

Joonisel 380 on tõuskaevus (tõusgesenk) *CC* ette nähtud inimeste liiklemiseks; tema kõrvale jäetakse tervik, kust teatavate vahemaade järel rajatakse lõõrid kambri tuulutamiseks ja liiklemiseks.

Strekist *AA* rajatakse iga 10 m tagant vertikaalsed tõuskaevused (tõusliud) ning nendest neli kallakat kaeveõõnsust: kaks kihi rõhtsuunas ja kaks sellega risti — *b*. Nende kaeveõõnsuste kallakuseks võetakse tavaliselt üle 30°, et tagada maagi iseveeremist. Pärast kaeveõõnsuste *a*, *b* ja *c* rajamist moodustuvad streki *AA* kohal tervikud *D*, mis pärast maagi täielikku väljalaskmist kambrist mõnikord ka välja võetakse.

Maagi lahtimurdmine koristusees toimub lõhkamistööde abil. Lõhkeaugud puuritakse kas suruõhu-käsipuurvasaratega 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 eritoestikku. Kaevandatud ala, mis tekib pärast lahtimurdmist ja kogu maagi väljalaskmist, võib jääda kuni lae sisselangemiseni ilma täidiseta 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°), 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 lõhkamistöödega, 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.

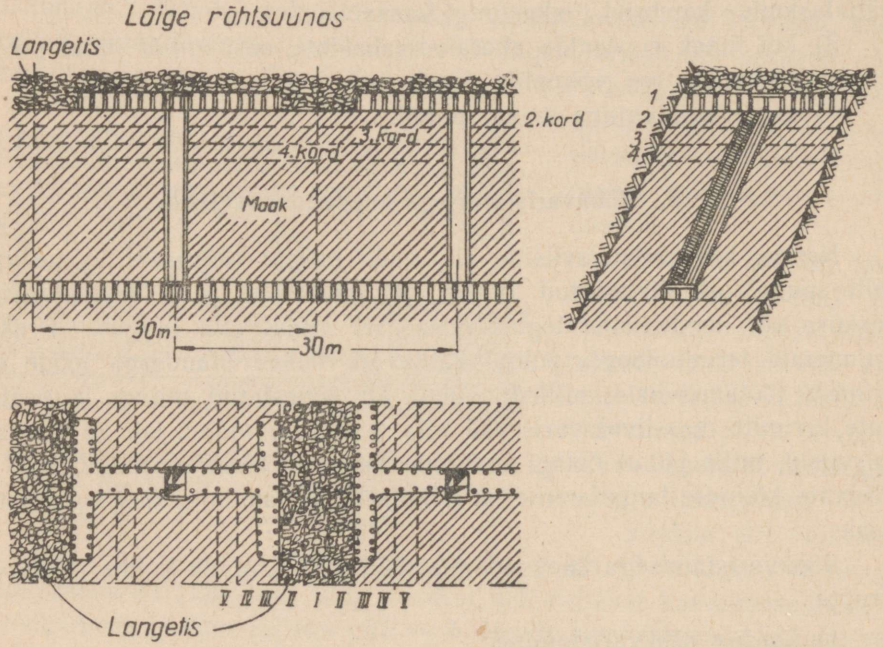
Korruse kõrguseks on selle kaevandamisviisi puhul enamasti 30—50 m. Korrus jaguneb omakorda horisontaalseteks kordadeks, millede väljavõtt toimub alanevas järjekorras (joon. 381).

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 lõhkamistööde abil. Lahtimurtud maak tõmmatakse tõuskaevusteni skreeperitega või veetakse sinna vagonettides.



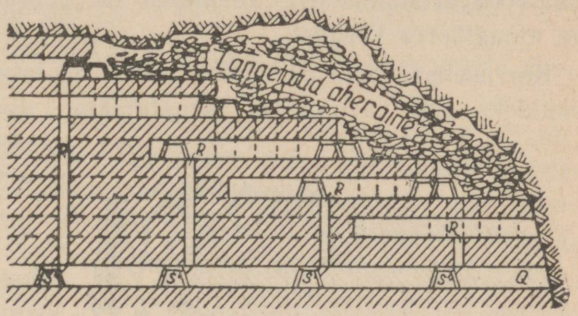
Joon. 381. Kaevandamisviis kordse rõhkvaristamisega: *I*—*V* — kaevandatavad ribad.

Üksikutes kordades asetsevad kaeveõõnsused toestatakse lengide või raamidega. Kaeveõõnsuste põrand kaetakse propsidest või plankudest kattega, et alumise korra maak ei seguneks väljavõtmise ajal aherkivimiga. 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.

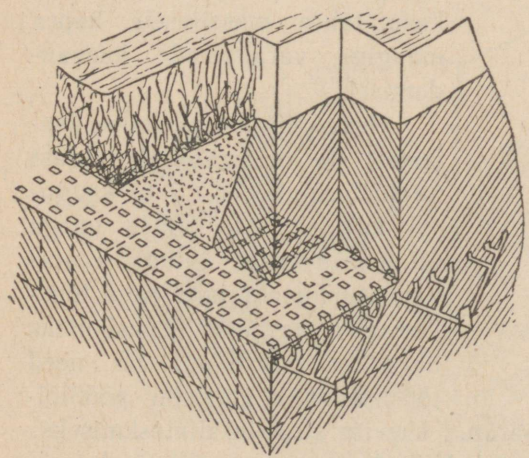
Alakorruseline rõhkvaristamine kujutab endast edasiarendatud kordse rõhkvaristamisega kaevandamisviisi. Selle süsteemi kasutamiseks on vajalik, et maak oleks keskmise kõvadusega ning katekivimid kergesti allavarisevad.

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. Kaevandamisviis alakorruselise rõhkvaristamisega: *Q* — kveršlag, *S* — strekid, *R* — tõuskaevused (tõusgesengid).

Maagi lahtimurdmine lõhkamistöödega toimub järkude viisi piki strekki ainult üksiku korra alumises osas. Ülemine korra osa variseb alla peaasjalikult peallasuvate kivimite survel, kusjuures üksikute laengutega lõhkamine omab ainult teisejärgulist tähtsust. Maagi ja aherkivimi segunemise vältimiseks on soovitav, 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.



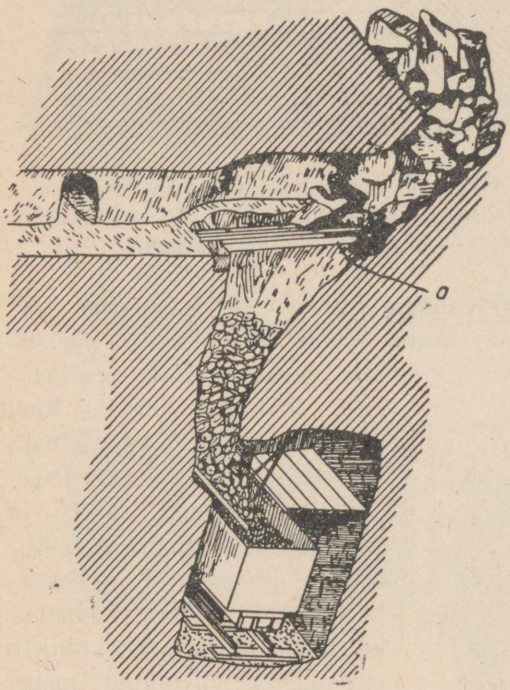
Joon. 383. Kaevandamisviis korruselise rõhkvaristamisega.

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.

Selleks et kutsuda blokis esile maagi varisemist, õõnestatakse ja purustatakse algul lõhkamistöödega suurem osa bloki alusest. Maak puruneb alla langedes mäerõhu mõjul, kusjuures ka katekivimid vajuvad allapoole.

Joonisel 383 on antud perspektiivis blokkide rõhkvaristamisega kaevandamisviis, mida kasutatakse massiivsete hapra maagiga varapaikade kaevandamisel.

Peaveostrekid rajatakse üksteisest 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 põikilõikega ega oma toestikku. Nad on määratud kaevise strekile allalaskmiseks.

Tõuskaevuste ülemised hargnemiskohad ühendatakse väljatõmbe või väljalaske horisondil strekkidega ja need sõlmpunktid toestatakse vastavalt oodatavale survele. Neisse punktidesse ehitatakse tõuskaevustele restid suurte maagipankade kinnipidamiseks, et neid seal lõhkeainega purustada. Restide horisondi kaevеõõnsused ühendatakse veostrekiga eriliste järskude või laugete, liiklemiseks ja materjalide tõstmiseks määratud tõuskaevustega. Hargnevaid tõuskaevusi kutsutakse sõrm-tõuskaevusteks. Sõrm-

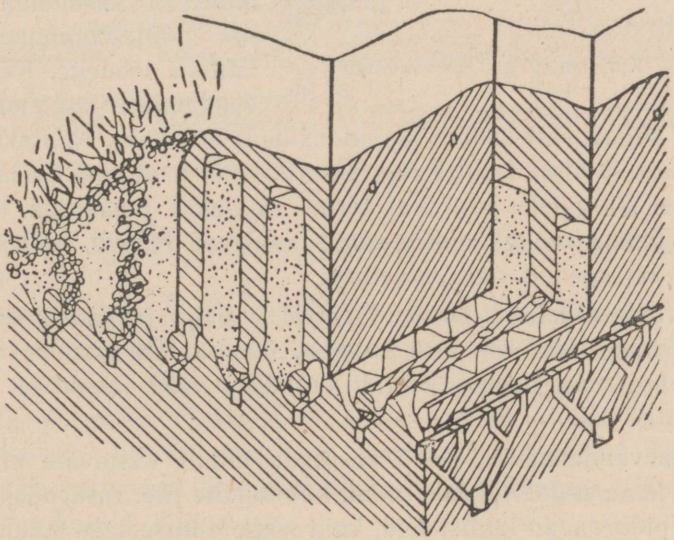
tõuskaevusi arendatakse mõni meeter ülespoole restide horisonti, bloki põhjapinnani, kus nende ülemised otsad ühendatakse omavahel horisontaalsete kaeveõõnsustega ja nendevahelised tervikud puuritakse ning lõhatakse. Pärast lõhkamist hakkab maak blokist alla varisema ja puruneb kogu bloki ja katekivimite rõhu all.

Joonisel 384 on näidatud maagi väljalaksmine rõhkvaringust läbi ühepoolse resti.

Kaevandamisviis korruselise rõhkvaristamisega on kasutatav järsult asetsevate varapaikade (üle 65°) 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.

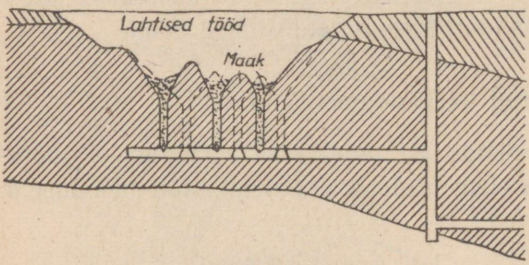
Sääraseid süsteeme kasutatakse enamasti suurte maagikehade kaevandamisel.

Kombineeritud kaevandamisviisi puhul jaotatakse varapaik rõhtsuunas üksikuteks kambriteks, mis on omavahel eraldatud tervikutega. Kambrid 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 ülemineku lahtistelt töödelt allmaatöödele edukalt kasutada kombineeritud kaevandamisviisi, mida tuntakse kurislehtritega töötamisviisi nime all (joon. 386).



Joon. 386. Kurislehtritega kaevandamine.

Katekivimite kõrvaldamine ja varapaiga ülemise osa väljatöötamine toimub lahtiste töödega. Karjääri süvendamisel, kui maagi väljavedu 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 strekini, 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.

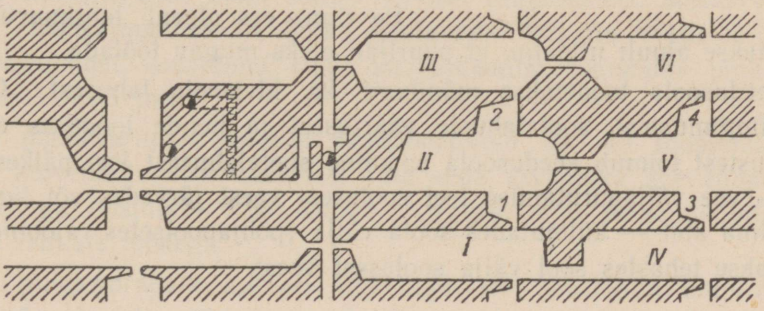
C. Teiste maavarade kaevandamisviisid.

1. Kivisoola kaevandamine.

Kivisool lasub enamasti suuremõõtmeliste kuplitena või kihitaoliste paksude lasudena. Soolavarapaiku kaevandatakse enamasti kambritega.

Varapaik avatakse kahe šahtiga, mis omavahel ühendatakse tuulutusõõnsustega. 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 kambrilaiused 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.

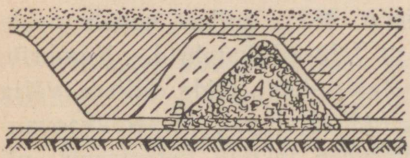
Kamber rajatakse algul kitsalt. Teataval kaugusel peaveostrekist laiendatakse esialgne kitsas kaeveõõnsus vajaliku laiuseni (*I*, *II*, *III*). Alguses võetakse välja umbes 2—3 m paksune soolakord kogu kambri laiusel ja pikkusel. Seejärel rajatakse uuesti kitsad kambritevahelised kaeveõõnsused, millest 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. Lõhkamistöödega lahtimurtud soola ei koristata kohe, vaid ta jäetakse kohapeale hunnikusse, mille pealt toimub edaspidine lõhkeaukude puurimine ja lõhkamistööde 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 väärismineraale 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.

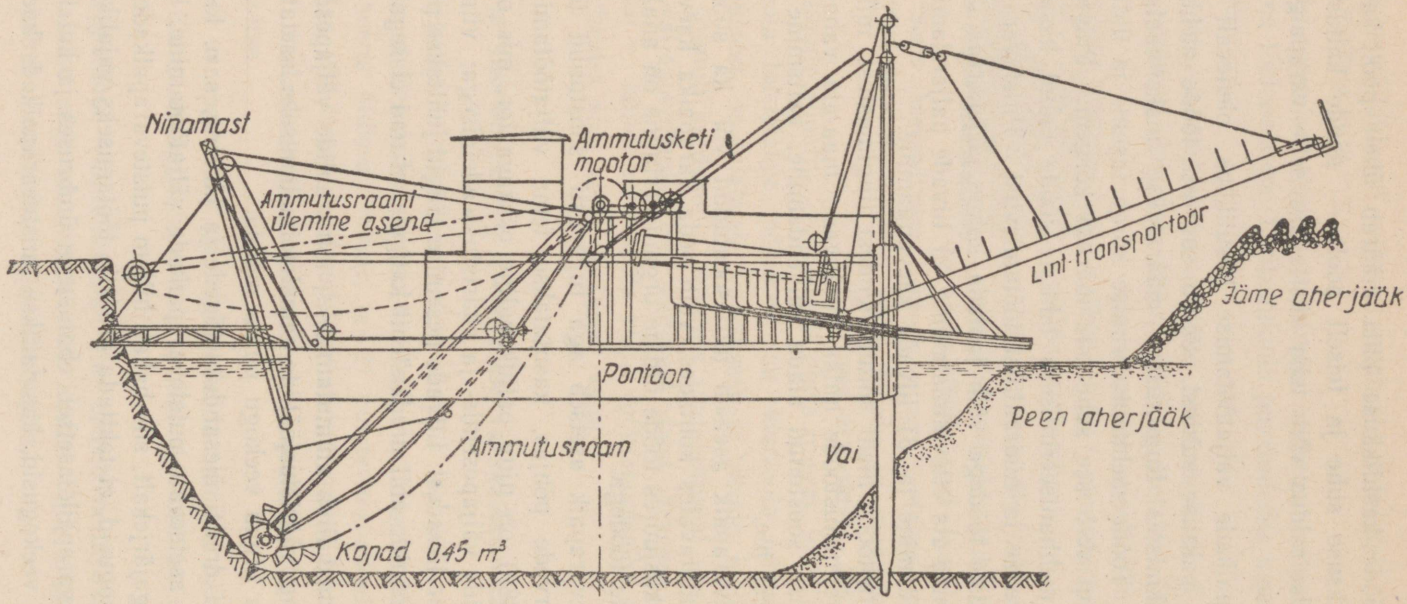
Kui puistevarapaik asetseb mittesoostunud või ka soostunud, kuid kergesti kuivendatavates kohtades, võib seda varapaika kaevandada ekskavaatoritega, kusjuures tööde üldine organiseerimine on analoogiline töötamisele lahtiste töödega.

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; viimases toimub kulla eraldamine liivadest. Liivade pesemise jäägid juhitakse 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.

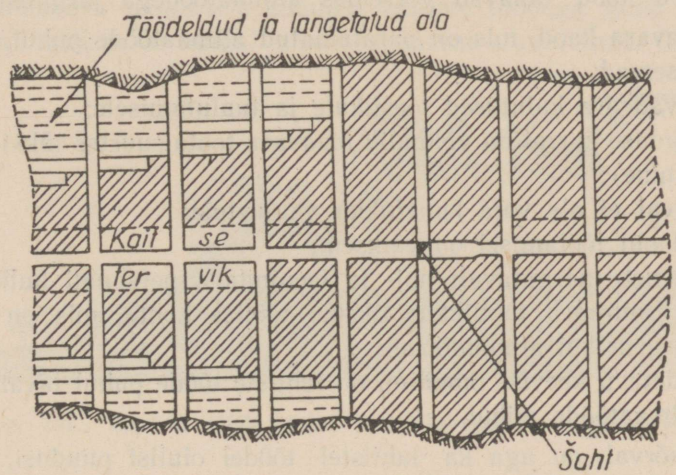
Kui puistevarapaik asetseb ebatasases ümbruses ja kui kõrgemal esineb suuremaid veekogusid, kasutatakse puistevarapaikade kaevandamiseks



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 varapaiga 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 puistevarapaiku, 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) hädaoht 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.

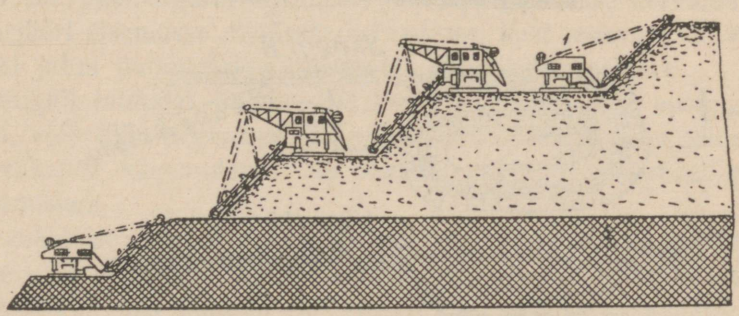
Lahtiste tööde kasulikkuse piir määratakse: 1) maavara väärtusega ning allmaatöödel esinevate maavara kadudega; 2) katekivimite ja maavara paksuse suhtega.

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 puistevarapaikade 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.

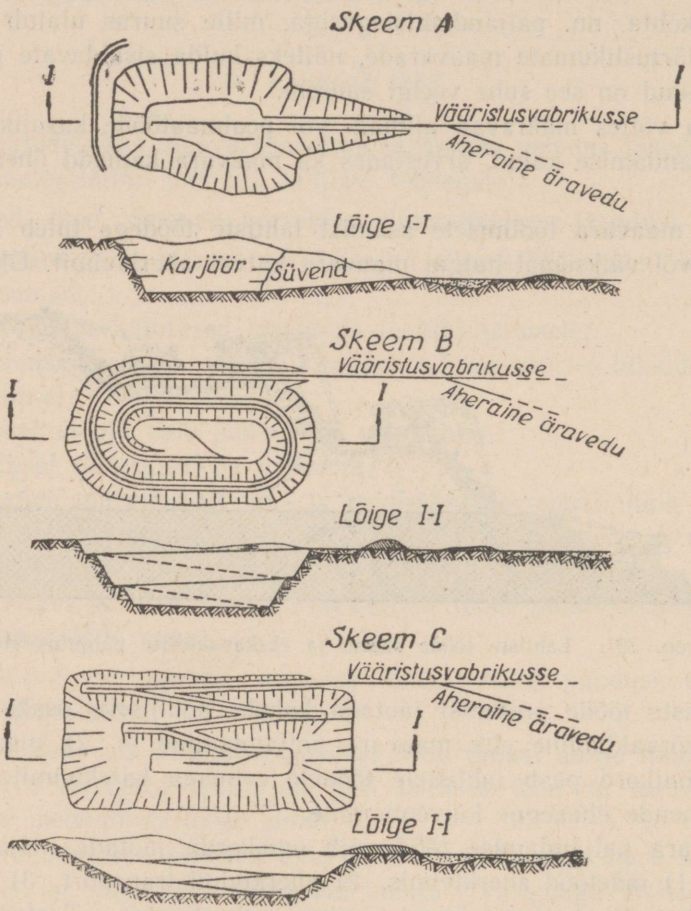
kogu lahtiste tööde protsessi jaotada kaheks põhiliseks osaks: 1) katekivimite kõrvaldamine ehk maavara paljandamine ja 2) maavara tootmine. Mõnikord peab lahtistele töödele eelnema katekivimite või maavara või nende üheaegne kuivendamine.

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 paljukopalised 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 umbsõidukraavidega — 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 oleneb 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 transportööriga, mis kannab ekskaveeritava kivimi ekskavaatori juurest väljatöötatud alasse.

Sisemiste puistangute moodustamine ühekopaliste ja paljukopaliste, transportööridega 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-transportööridega. Transpordisillad liiguvad raudteedpidi ekskavaatorite taga.

Aherkivimi vedamine välistesse puistangutesse (paljudel juhtudel ka sisemistesse puistangutesse) toimub kallutatavates vagunites auru- või elektrivedurite ga.

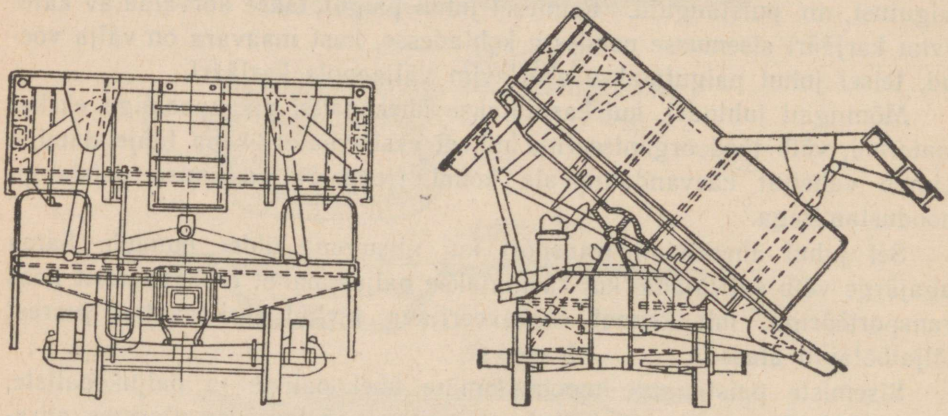
Et tavaliselt on lahtiste tööde puhul maht aherkivimis suurem kui maavaras, siis omab aherkivimi transport tööde üldise organiseerimise seisukohalt eriti suurt tähtsust.

. 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° all normaalasendi suhtes ning üheaegselt avaneb külgsein.

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 agregaati — 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 lõhkamistöid; sel juhul tuleb purustatud materjali laadimiseks rakendada ainult ühekopalisi ekskavaatoreid.

Maavara transport karjäärist 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 kobedate 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 igaüht 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 otstarbekas 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 kaeveõõnsustel ning pole tarvidust maavara koristusetes transportida, sest see toimub raskusjõul.

Transpordiskeemi keerukuse seisukohalt tuleb keskmiseks pidada skeemi, mida kasutatakse väikeste šahtiväljade horisontaalsete kihtide väljatöötamisel, nagu neid esineb sõebasseinide ja manganimaakide varapaikade kaevandamisel. Suhteliselt lihtsaimaks osutuvad transpordiskeemid järskude maagikehade kaevandamisel. Lahtiste tööde puhul, kui lastikäibed tõusevad kuni kahesaja tuhande tonnini ööpäevas, osutuvad transpordiskeemid komplitseeritumaks.

Kaevanduse üldises transpordisüsteemis võib eraldada järgmisi etappe:

1) transport koristus- ja ettevalmistusetes;
2) transport vahepealsetes ja koristusstrekkides;
3) transport kallakates kaeveõõnsustes kallakusega kuni 30—45°;
4) transport horisontaalsetes peakaeveõõnsustes;
5) allalaskmine ja tõstmine vertikaalsetes ja kallakates kaeveõõnsustes (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.

Koristusete õige tsükliline töö pole võimalik halva transpordi puhul. Häireteta transport omab olulist tähtsust tsüklilise töö tagamiseks. Seepärast on mäetöölistel kaevanduse transpordi alal vaja silmas pidada järgmist.

1) Võimalikult täielikult ja kompleksselt mehhaniseerida kaevanduse transporti, 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 transporti moodustava ahela üksikute lülide vahel.

2) Tuginedes stahhaanovlikele põhimõtteile 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 kivisöekaevandustes on:

1) järskude ja kallakate kihtide puhul koristusetes kaevise allalaskmine raskusjõul, väikese kallaku puhul — transport kraap- ja lintkonveieritega ning võnktransportööridega;

2) horisontaalsetes peakaeveõõnsustes — vedu elektriveduritega, harvem lintkonveieritega või köisvedu;

3) vahepealsetes strekkides ja kallakates kaeveõõnsustes — vedu väikeste elektriveduritega (kääbusveduritega), kraap- ja lintkonveieritega või köisvedu.

Kasutatakse ka skreeper-, pneumaatilist ja hüdraulilist transporti.

Viimasel ajal on oluliselt laienenud kraap- ja lintkonveierite rakendamine, sest nendega saavutatakse pidevat ja suhteliselt suurt tootlikkust.

Vedu elektriveduritega on oma rohkete heade omaduste tõttu (ökonoomsus, suur tootlikkus, võimalus üheaegselt teenindada paljusid töökohti jne.) saanud põhiliseks maa-aluse transpordi vormiks horisontaalsetes kaeveõõnsustes.

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 agregaati, mis sobib kaeveõõnsuse kallaknurgale 18—20° ja ükskõik missuguse suurusega toodangule.

Lint- ja kraapkonveierid tarvitavad vähe energiat, töötavad käratult ja ohutult. Konveieritega transportimine lihtsustab tööde organiseerimist. Tänu väikesele energiakulule ja liikuvate osade kergusele võib transportimislinte kasutada suurtel kaugustel, mis ulatuvad mõningail juhtumeil mitmete kilomeetriteni. Lindi 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 sabaköie abil).

Kui vahepealsetes strekkides kasutatakse lintkonveiereid, kasutatakse neid ka bremsbergidel. Kui aga transport vahepealses strekis toimub vagonettidega, siis kasutatakse bremsbergil sama moodust.

Kallakates kaeveõõnsustes kallakusega kuni 18° kasutatakse eduga lint- ja kraapkonveiereid. Sageli kasutatakse ka seal vagonette või skippe koos mehhaanilise vintsiga, mis seatakse üles erilisse kambrisse.

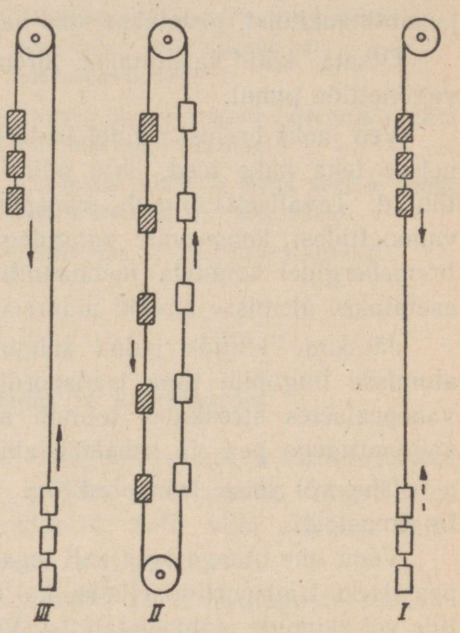
Kui bremsbergidel ja tõstekallakutel kasutatakse transpordiks vagonette, tehakse seda ühel järgmistest viisidest (joon. 394):

1) vedu ühe otsaga köie abil (*I*);

2) vedu otsata köiega (*II*);

3) vedu kahe otsaga köie abil (*III*).

Kui töötatakse ühe otsaga köie 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 manööverdamist kui teised viisid (pööramisplaadid jne.). Veol ühe otsaga köie abil lastakse täisvagonetid alla (bremsberg) või tõstetakse (tõstekallak) üksikute vagonettide gruppidena. Säärase tööskeemi puhul on vajalik ainult üks raudtee. Niisugune transpordi skeem osutub bremsbergidel lihtsaimaks ja mugavaimaks, kui toodang pole suur.



Joon. 394. Veoskeemid bremsbergidel.

Kui kasutatakse otsata köit, tuleb bremsberg rajada kaheteelisena: ühel teel liiguvad täis, teisel — tühjad vagonetid. Vagonetid ühendatakse ühekaupa köie külge kindlate vahemaade tagant eriliste veohaakidega. Seejuures asetseb a) ülemise kinnitusega köis vagoneti peal ja b) alumise kinnitusega köis vagoneti all. Alumise köie paremuseks on suurem vagoneti teel püsimise kindlus, eriti käänakutel; halvaks omaduseks on aga vagonettide külgehaakimise ebamugavus ja köie suur kulumine. Üldiselt leiab rohkem kasutamist transport ülemise köie abil.

Väikese toodangu ja kauguse puhul kasutatakse isetöötavaid, s. t. ilma vintsita bremsberge: tühjade vagonettide tõstmine toimub ülekaalus oleva

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, milledel asetsevad teekõverikud ja pöörangud. Väikese toodangu puhul kasutatakse kõverike asemel raud- ja malm-pööramisplaate. Et mitte segada vagonettide külge- ja lahtihaakimist, tõstetakse köis haakimisplatsi kohal teatavasse kõrgusse.

Otsata köit kasutatakse bremsbergidel tavaliselt väikesemahuliste vagonettide puhul.

Veo jaoks bremsbergidel ja tõstekallakutel kahe otsaga köie abil tuleb neisse teha kaks teed, ühte pidi liiguvad siis täis vagonetid, teist pidi tühjad. Tavaliselt toimub transport kahe otsaga köie puhul üksikutest vagonettidest koosnevate rongidega. Vedu kahe otsaga köie 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 sabaköie abil.

Ühe või teise transpordiliigi valikul lähtutakse üldiselt järgmistest tingimustest.

Vedu ühe otsaga köie 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 köie abil on lubatud suurema toodanguga kallakates kaeveõõnsustes suuremate veokauguste puhul ning enamasti töötamise puhul ühelt horisondilt.

Vedu otsata köiega on lubatud suure toodangu, veokauguse ja eriti väikeste kallakute puhul. Otsata köiega 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 kaeveõõnsustes 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
Võnktransportöörid (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 märja kaevise puhul, kuni 4 transportööri 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 hulgale, suurendades või vähendades veovahendite hulka.
3. Tekkivad häired on kergesti kõrvaldatavad, asendades kõlbmatuks muutunud veovahendi kõlblikuga.
4. Transport on kohane 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 ülalloetletud 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 köisvedu ökonoomsemaks veost elektriveduritega. Köisveo oluliste puudustena tuleb nimetada: 1) vedu on vähem paindlik, esineb raskusi üheaegse veo puhul mitmes kaeveõõnsuses; 2) kaeveõõnsus on koormatud köitega; 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 köie 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 köisvedu. 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.

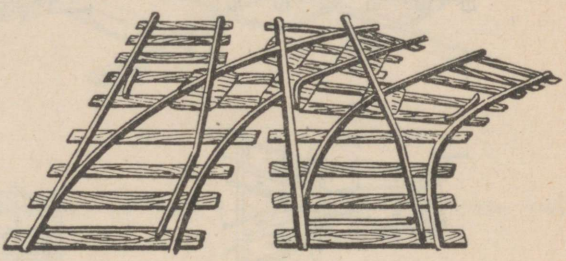
Raudtee peab olema võimaluse piirides sirgjooneline, normaalse kallakusega (võrdsete takistustega), küllalt sobiv veereva koosseisu elementide kulumise vähendamiseks; ta peab omama küllaldast tugevust, et vastu pidada rongide liikumisel tekkivatele horisontaalsetele ja vertikaalsetele jõududele. Tee 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 poo-

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 ekspluatatsioonikulud; 4) veereva koosseisu väiksemad ekspluatatsioonikulud; 5) rööbaste pikem vastupidamise aeg; 6) liiprite väiksem kulu.

Peatee mahapanekul tasandatakse kaeveõõnsuse põhi ja kaetakse pallastikihiga, millele asetatakse liiprid. Pallastikihi paksus peab olema 150—180 mm. Rööpad kinnitatakse liiprite külge vastavate naelte ja alus-lappidega; 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. Kivisöekaevandustes on maa-aluste raudteede standardne laius 900 mm 2-tonniste ning suuremate vagonettide ja 600 mm 1-tonniste vagonettide jaoks.



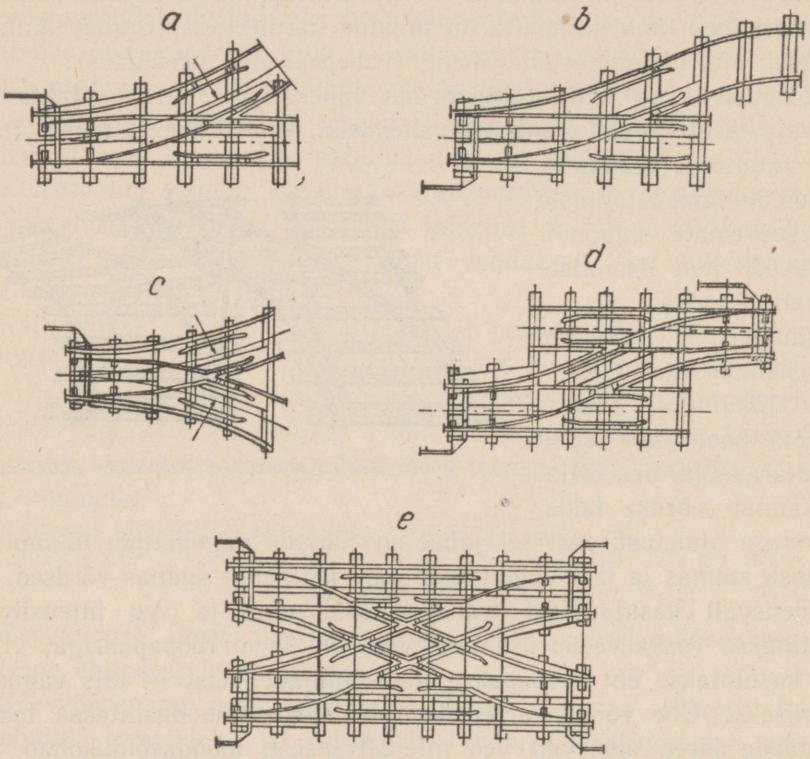
Joon. 395. Kaheteelise rööbastee pöörang.

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 veokaeveõõnsused kas ühe või kahe rööpapaariga; viimasel juhul kasutatakse üht rööpapaari ainult tühjade, teist — täis vagonettide liiklemiseks. Ühe rööpapaariga kaeveõõnsustes moodustatakse teatavate vahemaade järel, olenevalt veo intensiivsusest, möödasõidukohad (vahetuskohad), kus kohtuvad vastassuunas liikuvad täis ja tühjade vagonettidega rongid. Analoogilised möödasõidukohad moodustatakse vajaduse korral ka bremsbergil, tõstekallakute ja liugude suubumiskohal veostrekkidesse. Möödasõidukoha pikkus määratakse kasutatavate rongide 1—2 pikkusega.

Vagonettide üleminekukohtadel ühelt teelt teisele kasutatakse pööranguid. Kui muutub veo suund, näiteks üleminekul strekist kverščlagi, kasutatakse kõverikke, mille kõverusraadius määratakse olenevalt veereva koosseisu tüübist ja liikumiskiirusest. Rongide liikumistakistuse vähendami-

seks kõverikel tuleb nad ehitada täpselt ettenähtud raadiusega kõverjoont mööda (mitte väiksem kui elektriveduri kümnekordne teljevahe) normaalsest 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 asetatakse pöörangud. Joonisel 395 on näidatud pöörangud kaheteelise kõveriku jaoks. Joonisel 396 on toodud põhilised pöörangute skeemid.



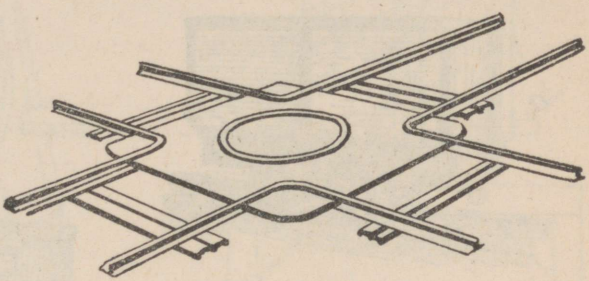
Joon. 396. Põhilised pöörangute skeemid: *a* — ühepoolne ärakäände-, *b* — ühepoolne ülemineku-, *c* — sümmeetriline ärakäände-, *d* — ühepoolne ühenduspöörang, *e* — ristühenduse pöörangud.

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 pööramisplaate (joon. 397) või pööramisringe.

Häireteta transpordi tagamiseks on olulise tähtsusega veoteede kor-

rasolek, sest vastasel korral võib esineda õnnetusi vagonettide rööbasteelt mahajooksmise näol. Väikesemahuliste vagonettide puhul on sellise avarii 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 laiusele, 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 markšeider kontrolliks vähemalt kord kuus täpsete riistade abil streki profiili.

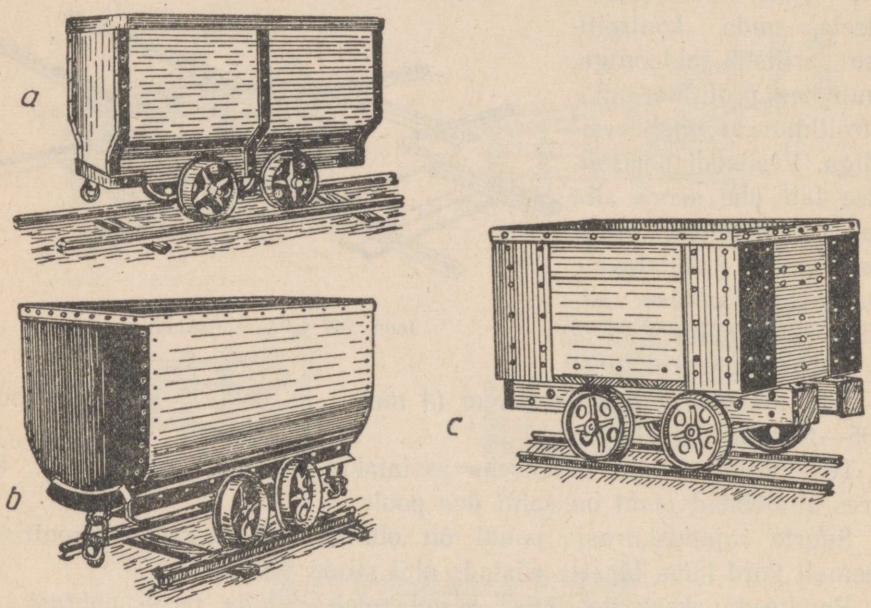
Raudteede ekspluateerimise kestel tuleb jälgida teede puhtust, sest esinev muda suurendab liikumistakistust ning seega ühtlasi veereva koosseisu rataste ja rööbaste kulumist. Selleks et strekki ei koguneks asjatult muda, tuleb teealune õigesti pallastiga katta ning vee äravoolukraavid korras hoida. Et 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 tekivad kiiruse ootamatutest muutustest rongide liikumisel; 3) tugevus piki- ja põikisuunas; 4) väike omakaal; 5) väike liikumistakistus; 6) ohutu ja mugav kokku- ning lahtihaakimine; 7) minimaalne jäik teljevahe; 8) täis- ja tühjakslaadimise mugavus; 9) vastupidavus kulumisele ja küllaldane

iga; 10) väikesed ekspluatatsioonikulud 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-



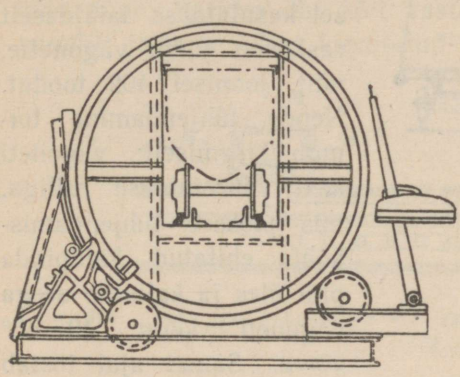
Joon. 398. Kasutatavaimad kaevanduse vagonettide tüübid: *a* — rataste vahel asetsev, *b* — silindriline, *c* — nelinurkne vagunikere.

mane vagonetitüüp on kõige levinum ja on standardiseeritud NSV Liidu kivisöekaevanduste jaoks. Neid vagonette valmistatakse 1-, 2- ja 3-tonnistena. Nende vagonettide põhilised andmed on toodud selle raamatu IV osas, tabelites 33 ja 34. Uuemas standardis on ka 5-tonnised vagonetid.

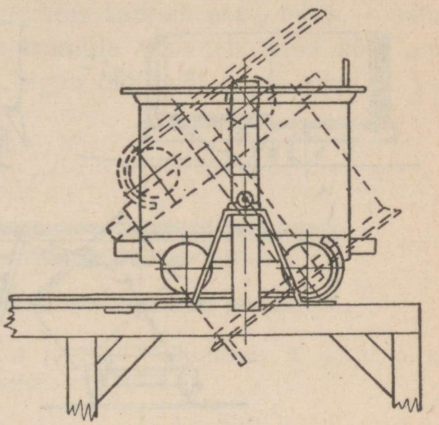
Puitmaterjali ja seadmete veoks kasutatakse erilisi ilma kereta platvormvagonette. Olenevalt vagonettide konstruktsioonist eristatakse kinniste keredega ja kallutatavate keredega vagonette. Esimeste tühjendamine toimub kallutajate (vipper) abil. Kallutajad jagunevad: ringkallutajaiks (joon. 399) ja laupkallutajaiks (joon. 400). Kallutatavate keredega ja avatavate külgedega vagonette kasutatakse järskude kihtide puhul söe

vedamiseks vahepealsetes strekkides, sest nende tühjendamine liugu on soodne. Avaneva otsaseinaga vagonette kasutatakse kaevandustes, kui tõstešaht on varustatud eriliste kallutuvate kongidega.

Kivisõekaevandustes on tarvitusel ka isetühjenduvad avaneva põhjaga vagonetid (joon. 401). Säärase vagoneti saabumisel tühjendamiskohta

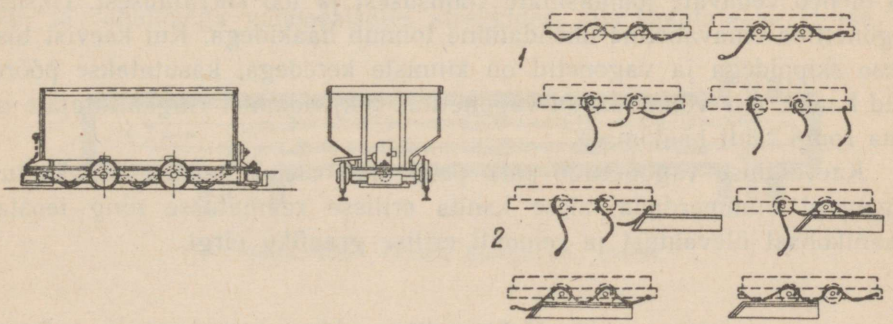


Joon. 399. Ringkallutaja.



Joon. 400. Laupkallutaja.

tõstetakse hoob erilise kaldtoendiga üles, ning vagoneti põhi avaneb (*1*) (joon. 401). Seda tüüpi vagonettide tühjendamine toimub selleks ettenäh-

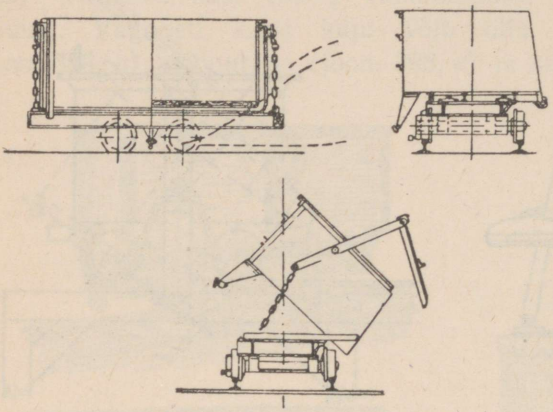


Joon. 401. Avatava põhjaga vagonet: *1* — põhja avamine, *2* — põhja sulgemine.

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^3 (1, 2 ja 3 t), arvestades söe erikaaluna massiivis 1,2 ja purustatult 0,8. Teistsuguse erikaaluga materjali korral on vagoneti kasulik maht tonnides täiskoormuse puhul ka vastavalt teistsugune.



Joon. 402. Kallutatava kerega ja avatava külgseinaga vagonet.

Maakide kaevandamisel kasutatakse laialdaselt raskemat tüüpi vagonette, näit. joonisel 402 toodut. 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 külgseina üles, mille tagajärjel toimub vagoneti tühjenemine.

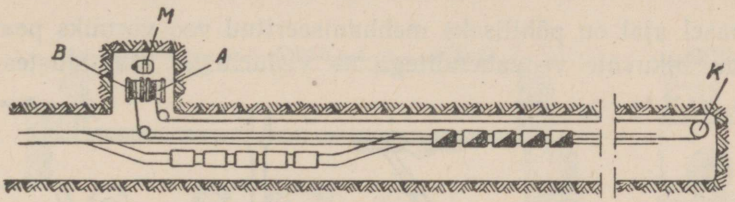
Vedu vagonettidega toimub raudteel rongidena. Vagonettide hulk rongis oleneb vedavate jõumasinate võimsusest ja töö korraldusest. Üksikute vagonettide omavaheline ühendamine toimub haakidega. Kui kaevist tõstetakse skippidega ja vagonetid on kinniste keredega, kasutatakse pöörduvaid haake, mis võimaldavad 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 ülevaatust 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 sabaköiega või otsata köiega.

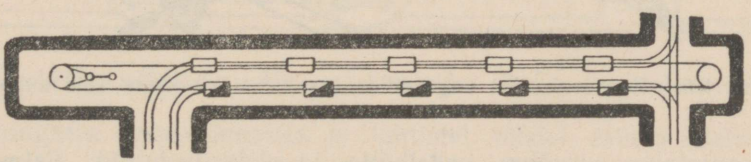
Pea- ja sabaköiega veo skeem on toodud joonisel 403. Erilises kambris seatakse üles mootoriga (*M*) ja kahe veotrumliga (*A* ja *B*) vints. Trumlitele keritakse köied, kusjuures trumli *B* köis kinnitatakse rongi esimese vagoneti külge, trumli *A* köis aga läheb üle juhtploki *K*, mis on antud juhul üles seatud vintsi vastas asetseva kaeveõõnsuse lõppu, ning kinnitub siis äärmise vagoneti külge. Esimene köis kannab pea-, teine — sabaköie nime. Kerides üht köit vastavale trumlile vabaneb teine köis oma trumlilt ja köite külge kinnitatud rong liigub ühes või teises suunas. Veo



Joon. 403. Pea- ja sabaköiega veo skeem: *A* ja *B* — veotrumlid, *K* — juhtplokk, *M* — mootor.

puhul saba- või peaköiega võib kasutada ka ühetrumlilisi vintse. Sel juhul asetatakse kummagi kaeveõõnsuse lõppu üks ühetrumliline vints. Ühe vintsi trumlile keritakse pea-, teisele sabaköis.

Kui on vajadus vintside sagedaseks ümberpaigutamiseks, näiteks veol pea- ja sabaköiega vahepealsetes strekkides, siis kasutatakse vintse, mis



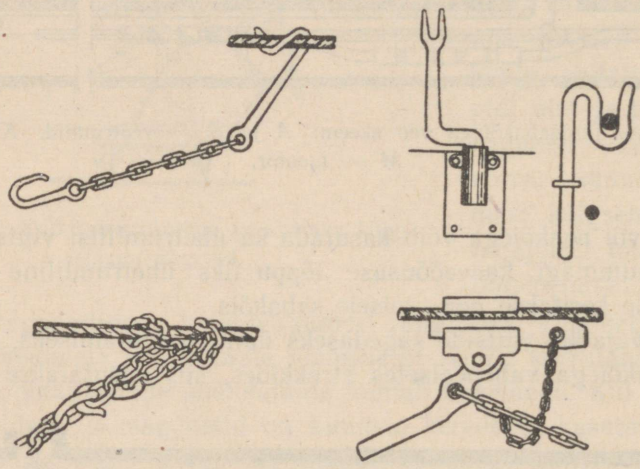
Joon. 404. Otsata köiega veo skeem.

seatakse ülesmonteeritavatele sammastele; neid nimetatakse sammasvintsideks. Vedu pea- ja sabaköie abil võib toimuda nii rongidena kui ka üksikute vagonettide kaupa. Pea- ja sabaköiega veo paremuseks on võimalus kasutada kitsaid, üheteelisi kaeveõõnsusi, mis omavad vahetuskohti ainult veo alg- ja lõpp-punktides.

Veo puhul otsata köiega asetatakse veovints sellekohasesse kambrisse (joon. 404), mis asetseb tavaliselt veo lõpp-punkti lähedal. Veoabinõuks on köis, harvemini kett, mis läheb ühes kaeveõõnsuse otsas üle veovintsi veoratta ja teises — üle juhtratta. Kaeveõõnsuse nendes punktides, kus ei

ole lubatud köie lohisemine mööda põhja, hoitakse ta ülal eriliste hoide- või juhtrullidega. Et köie liikumise ülekanne veovintsilt toimub veoratta ja köie vahelise hõõrdumise abil, peab köis olema küllaldaselt pingutatud, milleks kasutatakse erilisi pingutusseadmeid. Veo puhul otsata köiega kinnitatakse vagonetid ühekaupa (harva rohkem) vedava köie 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 peaveostrekkides vedu liikuvate veovahenditega — veduritega. Maa-alustes kaevan-



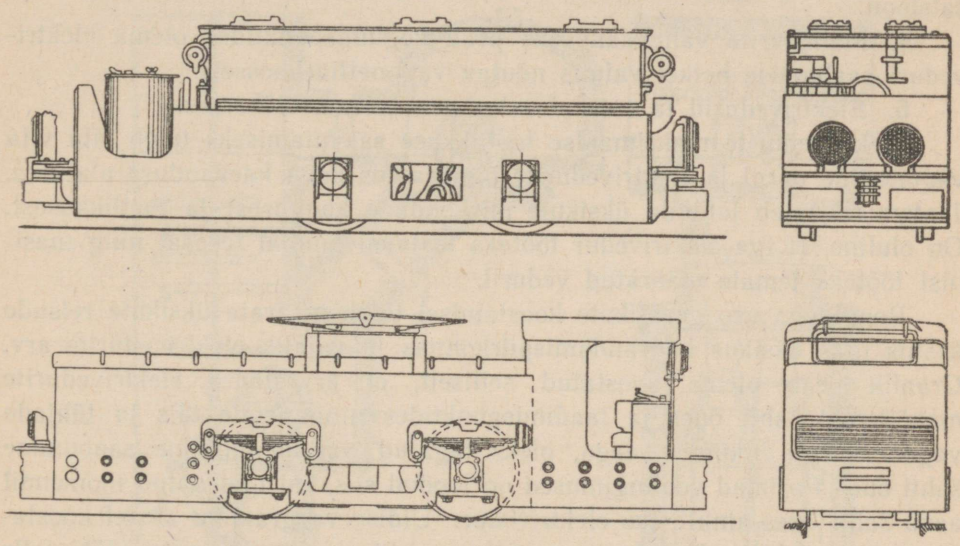
Joon. 405. Haakevahendid vagonettide kinnitamiseks otsata köie külge.

dustes kasutatakse suruõhu-, vedelkütte- ja elektrivedureid. Esimesi käitab 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 tagasijuhtimise 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. Akumulaatorpatareisid 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 kaeveõõnsustes 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 tõsteseadisega ja veoga bremsbergidel ning tõstekallakutel. Söe 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 signalisatsioon.

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 teeosal 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 kaeveõõnsuste 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.

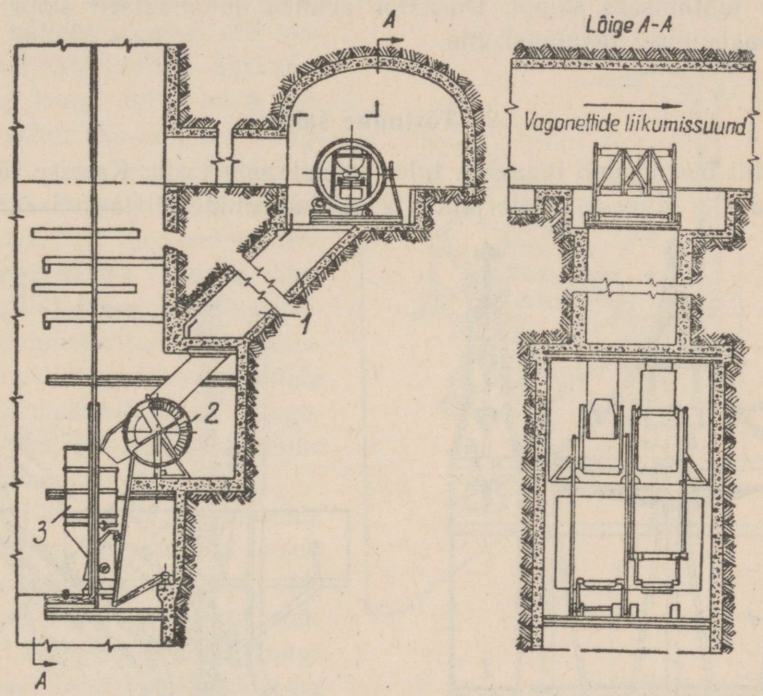
Andmed NSV Liidus valmistatavate elektri- ja akumulaatorvedurite kohta on paigutatud tabelisse 35 (IV osa).

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-

vise tõstmiseks 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 tõstešahti ees. Sealt edasi kongini liiguvad vagonetid välise jõu abita.



Joon. 407. Skipi täitmine punkrist: *1* — punker, *2* — dosaator, *3* — skipp.

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.

Skipptõstmisel tühjendatakse vagonetid erilisse punkrisse. Vagonet-

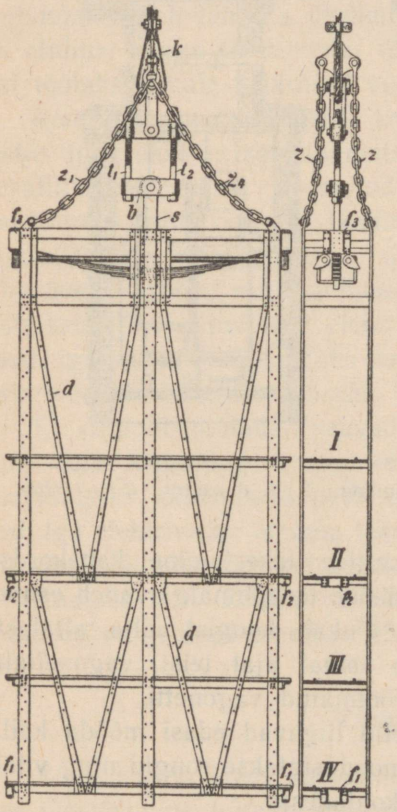
tide tühjendamiseks kasutatakse sel juhul ringkallutajaid, milledesse vagonettide etteandmine toimub enamasti vagonettide all asetsevate tõukuritega. Kallutaja taga asetseva tee profiil peab tagama vagonettide tühjendamisel haakide vajalikku pinguletõmmet ning tühjade vagonettide iseveeremist pärast kallutajast väljumist.

Põhja kaudu tühjenduvate vagonettide kasutamisel pole muidugi vajadust tõukuri ja kallutaja järele.

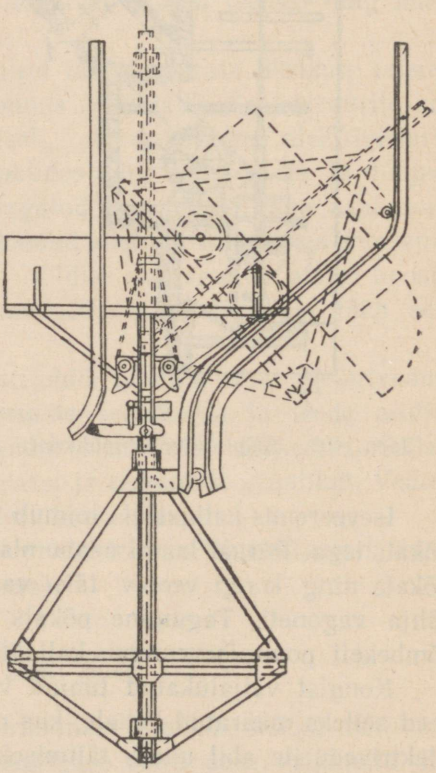
Punkri alumine osa on varustatud sulguri ja dosaatoriga ning renniga kaevise juhtimiseks skippi. Dosaator avaneb automaatselt skipi abil viimase saabumisel laadimiskohta.

8. Tõstmine šahtis.

Šahti õue toodud maavara tuleb maapinnale tõsta. Kaevise tõstmiseks ja samuti ka inimeste, materjalide ja mehhanismide allalaskmiseks ja üles-



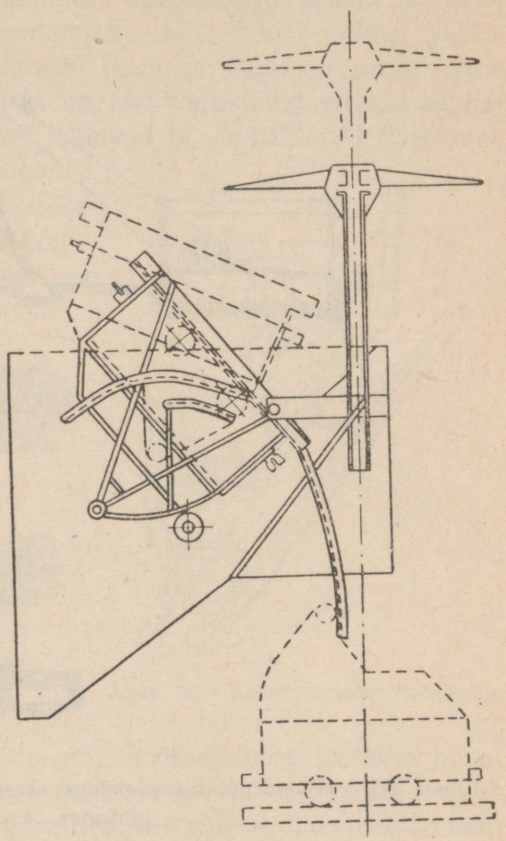
Joon. 408. Neljakorruseline kong.



Joon. 409. 45° võrra kallutuv kong.

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.



Joon. 410. 135° võrra kallutuv kong.

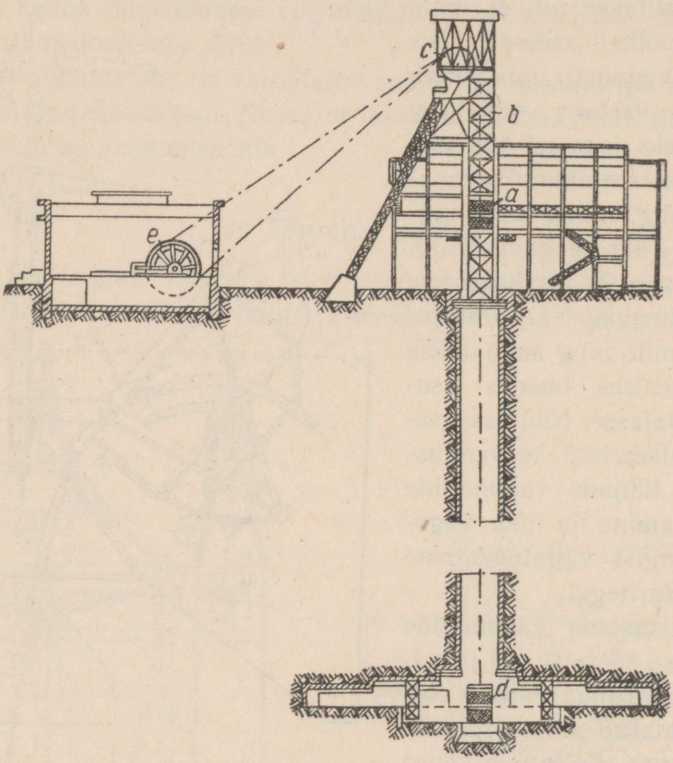
Et lihtsustada vagonettide tühjendamise operatsiooni ja sellega seoses ka maapealseid ehitusi, kasutatakse mõnikord kallutuvaid konge. Kallutuva kongi väljumisel šahtist kallutub tema põrand tühjendamiseks ettenähtud kohal ja vagonetid tühjenevad kongist väljumata, olles temas kinnitatud.

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 külgseina tühjenduvad.



Joon. 411. Kongidega tõsteseadeldise skeem: *a* ja *d* — kongid, *b* — tõstetorn, *c* — juhtratas, *e* — tõstemasin.

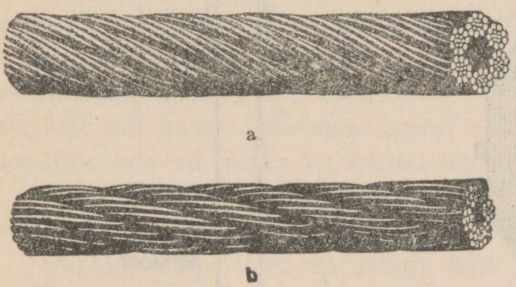
Kui maavara tõstmine toimub kongides, võivad abioperatsioonid (inimeste ja materjalide allalaskmine) toimuda samades kongides. Kui tõstmiseks kasutatakse skippe, peab abitõstmiste jaoks olema teine, kongidega tõsteseade.

Tõsteseadme skeem on toodud joonisel 411. Tõstukid *a* ja *d* (joonisel kongid) riputatakse tõsteköite külge. Tõsteköis läheb üle tõstetornis *b* asetseva juhtratta *c* ning keritakse tõstemasina *e* trumlile. Tõsteköied võivad olla ümmargused (joon. 412) või lamedad (harvem). Köite kinnitamine tõstukite külge toimub erilise kinnitusabinõuga.

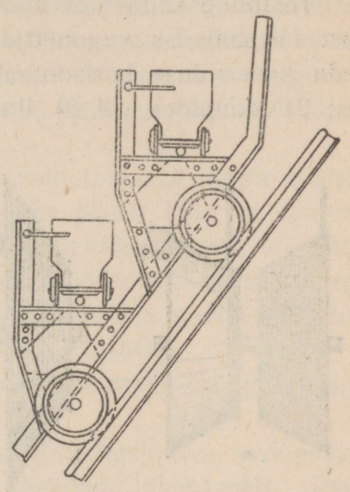
Šahti kohale ehitatakse tõstetorn. Tema kõrgus peab võimaldama skipi või kongi vaba ja hädaohutut tõstmist tühjendamiseks vajalikule kõrgusele. Juhtrataste arv tõstetornis vastab šahtis liikuvate tõstukite arvule. Tavaliselt liigub tõste ajal üheaegselt kaks tõstukit, milledest üks — koormaga — tõuseb 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 metallköis: *a* — albertpunutisega, *b* — ristpunutisega.



Joon. 413. Kahekorruseline kaldkong.

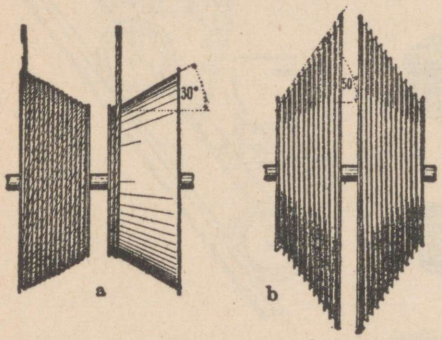
Silindriliste ja kooniliste trumlite ning hõõrdeseibiga tõstmise puhul kasutatakse ümmargusi, bobiinidega tõstmise puhul — lamedaid tõsteköisi. Ümmargused köied keritakse trumlitele keermetena ühes reas (mõnikord, erilisel loal, kaevise tõstmisel ka kahes reas), kusjuures keermed asetuvad trumlil üksteise kõrvale. Lapikköie keermed keritakse bobiinidele üksteise peale. Hõõrdeseibi puhul (joon. 415) asendab tõstemasina trumlit erilise konstruktsiooniga hõõrdeseib. Tõsteköis haarab selle seibi ning läheb siis tõstetorni asetatud juhtratastele. Selle köie otste külge kinnitatakse kongid. Teine, nn. sabaköis, läheb üle šahti sumbas asetseva erilise ratta ja kinnitub oma otstega kongide põhjade külge. Juhtrattad asetsevad selle süsteemi korral tõstetornis üksteise kohal ühes vertikaaltasapinnas. Tõsteköis ja tema külge kinnitatud tõstukid liiguvad seibi ja köie 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.

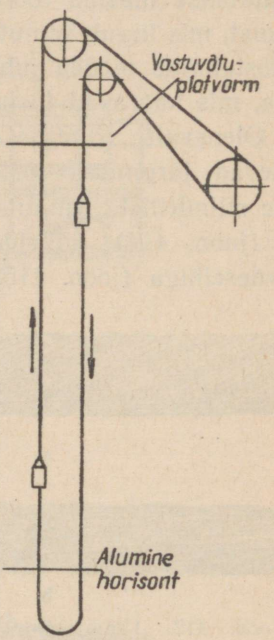
Signaale kasutatakse igas šahtis vastavalt töötingimustele. Signaalide tähendused paigutatakse nähtavale kohale.

Tõstemasinad võivad olla auru- või elektrijõul käitatavad. Uuemates NSV Liidu kaevandustes kasutatakse eranditult elektri-tõstemasinaid.

Tõstmine kallakates kaeveõõnsustes teostub kas: 1) samades vagonettides, millega toimub vedu kaevanduse horisontaalsetes kaeveõõnsustes; 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-transportööre kasutatakse tõstevahendeina 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 energiakulu, 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 (6^0-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 -köitega.

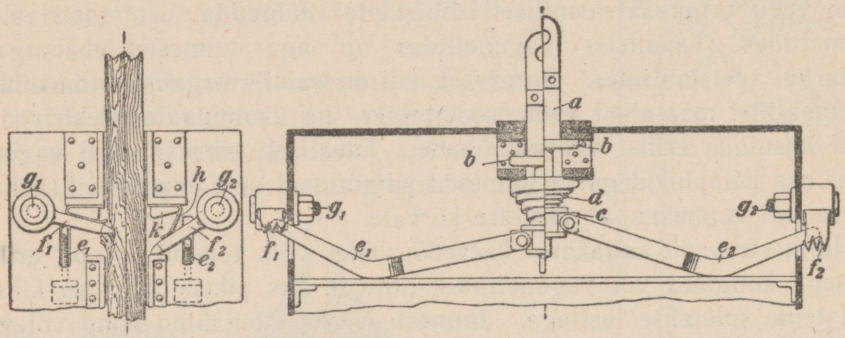
10. Inimeste transport vertikaalšahtis.

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^2 kohta. Inimeste allalaskmiseks ja tõstmiseks võib kasutada köisi, mis on proovitud erilistes katsejaamades.

Et vältida köie 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 tõsteköie 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 — tõsteköiega ühenduses olev tõmmits, b — tõmmitsa 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 väljaastumine;
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 kaeveõõnsustesse seletub väga mitmesuguste põhjustega. Kaeveõõnsuste rajamisel avatakse vett kandvaid kivimeid, millest

toimub siis suurema või väiksema veehulga voolamine kaeveõõnsustesse. Sisselangemiste puhul kaevandatud alades võivad naaberkivimites tekkivad praod ulatuda kõrgemal asetsevate vett kandvate horisontideni ning olla teedeks, mida mööda vesi tungib kaeveõõnsustesse. Ka maavara ise võib sisaldada suuremal või väiksemal hulgal vett. Samuti võib vesi kaeveõõnsusse sattuda maapinnalt, kui maavarakiht seal avaneb või kui kivim üldiselt on pragunenud. Lõpuks võib vesi tulla ka vanadest, enamasti uputatud kaeveõõnsustest.

Et üksikute varapaikade ja kaeveõõnsuste piirkondade hüdro-geoloogilised 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 normaalseks, kuigi selles on võimalikud kõikumised.

Kevadine vee juurdevool on tavaliselt 1½—2 korda normaalsest suurem, sest lume sulamisega (mõnikord ka kestvate sadude puhul) kasvab vee juurdevool kaevandusse.

Peale normaalse juurdevoolu võivad esineda veel suuremate veehulkade ootamatud sissetungimised kaeveõõnsustesse kas vanadest uputatud kaeveõõnsustest, maapõue veega täitunud tühikutest, maavara peal lasuvaist 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 ebasobivad ka tehnilisteks otstarveteks.

Mõnikord sisaldab kaevanduse vesi vaba väävelhapet. Sääraseid vesi nimetatakse happesteks ja oma söövitava toime tõttu mõjuvad nad kahjustavalt pumpadele, torustikule, rööbastele ja muudele metallesemetele, 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 happekindlast pronksist või roostevabast terasest, kuna torud vooderdatakse seest puidu või pliiga.

Kaevanduse veekõrvalduse ülesanneteks on:

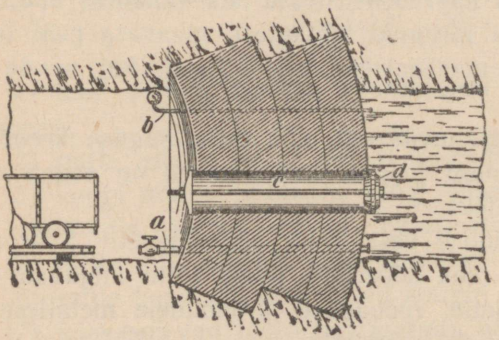
1) kaeveõõnsuste kaitsmine maapinna vete sissetungimise eest;
2) kaeveõõnsuste kaitsmine vee ootamatu sissetungimise eest;
3) kaevanduse vete pumpamine maa peale.

2. Kaeveõõnsuste kaitsmine üleujutuste (uputuste) eest.

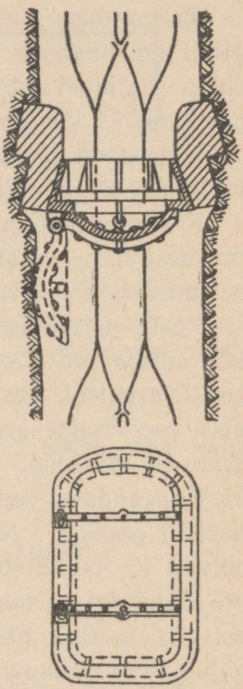
Maapealsete vete maa-alustesse kaeveõõnsustesse sattumise vältimiseks tuleb šahtid ja stollid rajada vee poolt mitte-üleujutatavaisse kohtadesse.

Peale selle tuleb šahti suuet kaitsta sademete vete vastu, tehes tema toestiku (krae) 0,5—1 m üle maapinna, kaevates vajalikud vee äravoolu kraavid 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 tungida maa-alustesse kaeveõõnsustesse.



Joon. 417. Vee tõkketamm kaeveõõnsuses: *a* — vee väljalasketoru, *b* — õhutoru, *c* — toru tööliste läbipääsuks, *d* — kaas toru sulgemiseks.



Joon. 418. Vee tõkketamm hermeetiliselt suletava uksega.

Ootamatute üleujutuste vältimiseks peab iga kaevandus omama naaberkaevanduse piiridel kaitsetervikuid. Nende paksuseks võetakse järsu kallakusega 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, juhindudes markšeideri 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 peakaeveõõnsustele (kveršlagid, paneelstrekid, šahti õue kaeveõõnsused jne.) ehitada veekindlate ustega tõkketammid. Sageli osutub võimalikuks ehitada ka umbseid tõkketamme.

Need tõkketammid tehakse harilikult kivist (tellis, ehituskivi, betoon), harvemini puidust, ja ehitatakse tugevatesse, pragunemata, vett mitteläbilaskvatesse kihtidesse. Tõkketammi vastupanu tõstmiseks vee survele tehakse ta veepaisu poolt sfäärilise pinnaga. Kaeveõõnsuse seintesse tehakse aga kaldpindadega sisselõiked, et tõke vee survel hästi kinni jääks (joon. 417).

Pragude tekkimise vältimiseks teostatakse sisseraiumine tavalisesti käsitsi, ilma lõhkamiseta. Tõkketammi ehitamisel asetatakse tema alumisse ossa toru *a* vee väljalaskmiseks tõkke tagant. Veidi kõrgemale asetatakse sääraste mõõtmetega toru, et tema kaudu saaksid väljuda tammi ehitavad töölised. Tõkke ülemisse ossa paigutatakse toru *b* tammi taha koguneva õhu väljalaskmiseks vastavalt tõkketammi taga asuvate kaeveõõnsuste täitumisele veega. Pärast tõkketammi valmissaamist väljuvad töölised toru *c* kaudu, mis hiljem suletakse kaanega *d*.

Toru *a* sulgub ventiiliga, torule *b* asetatakse hiljem manomeeter vee surve mõõtmiseks.

Kirjeldatud tõkketamme 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 tõkketammid hermeetiliselt suletavate veekindlate ustega (joon. 418).

Need uksed keevitatakse teraslehest või valatakse malmist või terasest ning kinnitatakse tõkketammisse ehitatud samast materjalist raami

külge. Vee normaalse juurdevoolu puhul on tõkketammi uksed avatud ning vee väljapumpamine toimub tavalisel viisil. Kui esineb aga ebatavaline vee juurdevool, mille väljapumpamiseks ei piisa olemasolevatest pumpadest, suletakse uksed pärast viimase töölise lahkumist ja vesi peatatakse tammi taga. Võimaluse piirides püütakse vett tõkketammi tagant välja pumbata selleks sisseehitatud toru kaudu, nagu on eespool kirjeldatud.

Pärast kogu vee kõrvaldamist tõkke tagant avatakse uksed ning normaalne töö jätkub.

3. Kaevanduse veekõrvalduse üldine skeem.

Kõikidesse kaeveõõnsustesse 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 kaeveõõnsusi toimub enamasti ühele poole kaeveõõnsust paigutatud veekraavi abil. Vesi kogutakse erilistesse veekogumis-kaeveõõnsustesse 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 setted tuleb perioodiliselt kõrvaldada. Selleks peab veekoguja koosnema kas kahest iseseisvast või ühest vaheseinaga eraldatud kaeveõõnsusest, 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 (tõstekallakutega kaevandamisel), kust ta satub pea-veekogujasse, või — mitme horisondi puhul — tõstetakse vesi alumistest kogujatest vahetult pea-veekogujasse. Pea-veekõrvalduse pumbajaam koosneb enamasti kolmest pumbast, 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 pumpa töötavad ühte torustikku.

Tõstekallakute ja horisontide abi-veekõrvaldusseadmed varustatakse, samuti nagu tsentraalsedki, kolme agregaadiga, kui vee juurdevool ulatub üle 50 m^3/tunnis.

Kui juurdevool on alla 50 m^3/tunnis, siis varustatakse abi-veekõrvaldusseade kahe pumbaga, kusjuures kumbki peab olema suuteline ööpäevast vee juurdevoolu välja pumpama 20 tunni jooksul.

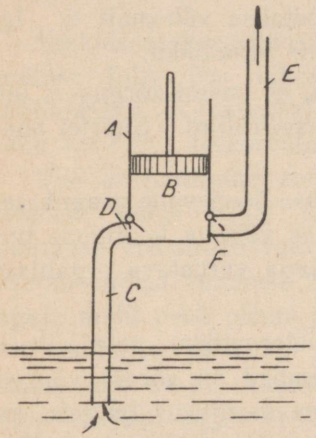
Tõstekallaku veekoguja maht peab olema selline, et oleks lubatav pumpade 10-tunnine peatamine.

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.

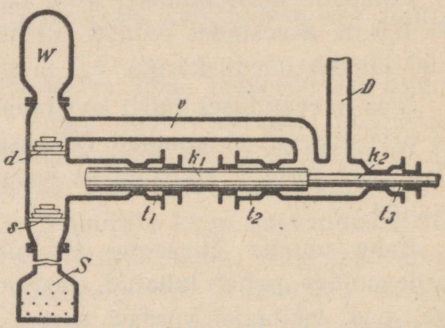
4. Pumbad.

Veekogujast vee maa peale pumpamiseks kasutatakse tsentrifugaalpumpi. Kolbpumpi leidub kaevandustes harva ja neidki ainult süvendustöödel 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 klapiga *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* — klapid.



Joon. 420. Diferentsiaalpumba skeem: k_1 — sukelduv kolb, *d* ja *s* — klapid, *S* — imemistoru, *D* — survetoru, k_2 — kolvi vars, *W* — õhupadi (puhver), *v* — ümbervoolu-kanal, t_1, t_2, t_3 — tihenduskarbid.

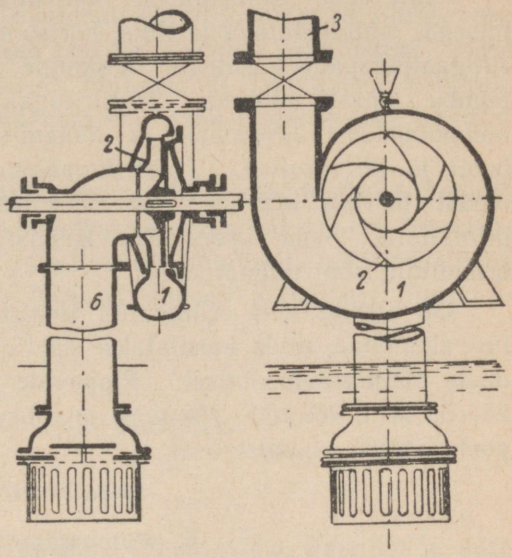
klapp avaneb ainult torustikku. Survetoru suundub šahtipidi maapinnale või veekraavi.

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 diferentsiaalpumpadeks. 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. Diferentsiaalpumpades toimub imemine ühepoolse pumba põhimõttel, surumine aga kolvi nii ühele kui ka teisele poole liikumisel (joon. 420).

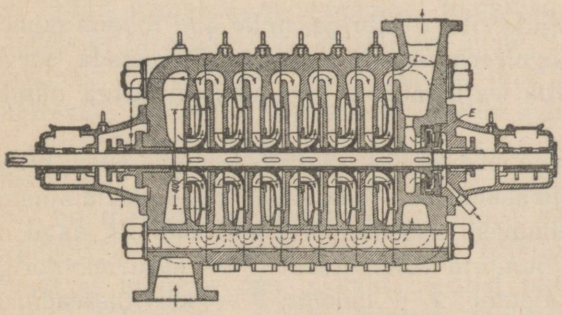
Kolbpumbad omavad suhteliselt kõrget kasutegurit, mis headel pumpadel võib ulatuda 0,9-ni. Kasuteguri keskmine suurus on 0,8—0,85. Kolbpumbad on töötamisel väga kindlad ja töötavad ka ebapuhta vee puhul. Seepärast tarvitatakse neid kaevanduspraktikas enamasti uute šahtide ja tõstekallakute rajamisel, kus väljapumbatav vesi on tavaliselt võrdlemisi sogane.



Joon. 421. Tsentrifugaalpumba skeem: *1* — pumba kere, *2* — töö-(jooksu-)ratas, *3* — survetoru, *6* — imemistoru.

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 saab mootorilt kiiruse kuni 3000 pööret/min., paisatakse vesi tsentrifugaaljõu mõjul ratta tsentrist väljapoole ning ta suubub survetorusse *3*. Seejuures tekib ratta sisemuses hõrendus (vaakuum), mille tagajärjel vesi tungib imemistoru kaudu basseinist pumpa.


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 tööratastе arvu järgi eristatakse ühe- ja

mitmeastmelisi pumpi, kusjuures viimased on kõrgsurvepumbad (joon. 422).

Peale selle valmistatakse tsentrifugaalpumpi ühe- ja kahepoolse imemisega, juhtlabidatega ja ilma, horisontaalse ja vertikaalse võlliga. Tsentrifugaalpumpade kasuteguri keskmine suurus on 0,65—0,75, seega kolbpumba omast väiksem. Tsentrifugaalpumbad on aga konstruktsioonilt kolbpumpadest lihtsamad ja töötamisel kindlamad, nõudes väiksemat hoolt 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 tsentrifugaalpumbad, mida kasutatakse šahtide rajamisel ja üleujutatud kaevanduste tühjakspumpamisel. Rippuvate pumpade tootlikkus on enamasti 25—50 m^3/t. või 100—250 m^3/t. ja rohkem. Neid pumpi on kirjeldatud eespool, šahtide rajamise osas.

5. Pumbajaama sisustus.

Vee juhtimine pumpa toimub imemistorude abil. Imemistoru on oma alumises otsas varustatud pumba kurnaga. Selles on vastuvõtuklapp, mis pumba seismajäämisel sulgub. Et pumpa 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 surveklapp. 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 võllil 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

juurdevool. 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 ekspluateerimisega 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 soovitav 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 vastastikuses 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 t u u l u t a d a. Säärane olukord esineb maa-alustes kaeveõõnsustes, mis on maapinnast eraldatud kivimitest kattega ja mida ühendab maapinnaga ainult piiratud arv väikese põikilõikega kaeveõõnsusi. Kaevanduses ei mõjusta 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 lõhkamistöödest 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 (CH_4), süsihappegaas (CO_2), väävelvesinik (H_2S) ja rida teisi. Peale selle tekivad lõhkamistöödel 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) Hapnik.

Hapnik (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 oleneb 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 tervise säilitamiseks ei tohi hapnikusisaldus kaevandusõhus palju erineda

hapnikusisaldusest atmosfääri õhus. Töökaitse reeglite põhjal ei tohi hapnikusisaldus töötavates kaeveõõnsustes 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 $^2/_3$ 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 (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 peaasjalikult 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, lõhkamistöödel, 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 tekkiv 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. Suuremais 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) Vingugaas.

Vingugaas (CO) on värvita, lõhnata, õhule lähedase erikaaluga (0,97) gaas.

Kaevandustes tekib vingugaas enamasti tulikahjudel, metaani ja kivisöetolmu plahvatustel ja lõhkamistöödel. 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, pooletunnilist 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 mädanemislõhnaga 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 mädanemisest ja eraldub ka puhtal kujul pragudest ning tühikutest.

Väävelvesiniku indikaatorina võib edukalt kasutada meie haistmismeelt, 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 kaeveõõnsustes, kus esineb veekogumisi (kui 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 inimelule 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 (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 söe 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-etesse. 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 omavaheliste 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 langenud 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° tekib plahvatus 10 sek. pärast, kuid 1200°-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 metaanisisaldust ja vältida gaasi plahvatamist. Gaasiohtlikesse kaevandustesse juhitakse tunduvalt rohkem õhku kui -ohutuisse. On vajalik, et metaanisisaldus üldises väljuvas õhujoas ei tõuseks üle 0,75% ja väljuva õhujoa üksikutes osades — üle 1%. Metaanisisalduse kasvades 2%-ni tuleb katkestada tööd ja eemaldada kõik töölised sellest töökohast.

Õhu puhtuse kontrollimiseks tuleb perioodiliselt (mitte harvemini kui 2 korda vahetuses) proovida õhu metaanisisaldust. Levinenuimateks indikaatoriteks metaani määramisel on kaitselambid, 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 lõhkamistöödel kasutada ainult antigrisuutseid lõhkeaineid. Iseäranis suure gaasisisaldusega kaevandustes, kus esineb metaani äkiline eraldumine, on lõhkamistööd sõekihis hoopis keelatud.

Metaani, mis eraldub suurtest lõhedest, püütakse erilise torustiku abil juhtida maapinnale, et kaevandusõhku külluslikku 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 ootamatuteks gaasieraldusteks. Sel teel likvideeritakse surve gaase eraldada võivates kihtides.

Metaani surve vähendamiseks ettevalmistustööde etes puuritakse sügavad eel-puuraugud, mis dreenivad 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 lõhkamistööde tagajärjel väljub gaas momendil, mil ta pole hädaohtlik inimestele.

g) Kaevanduse tolm.

Kaevanduse õhus leidub alati hõljuvas olekus väga väikesi maavara- ja aherkivimiosakesi. See tolm 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 kokkupuutuv pind. Eriti suurt plahvatusvõimet omab nende kehade tolm, mis kuumutamisel eraldavad põlevaid gaase. Niisuguste kehade hulka kuuluvad esmajärjekorras kivisüsi ja põlevkivi. Katsed on näidanud, et kivisöetolmu plahvatavus oleneb tema iseloomust ja õhus hõljuva tolmu hulgast. Plahvatusest võtab osa kogu tolm, alates peenimast kuni 0,75-mm-se läbimõõduni; plahvatavate omaduste kandjana esineb aga ainult peen, kompimisel sametisena tunduv tolm terasuurusega alla 0,1 mm.

Tuhasisalduse ja niiskuse kasv tolmus vähendab tema plahvatusomadusi; tolmu plahvatusvõime kasvab koos söe lenduvate osade rohkuse kasvuga. Vastavalt ohutustehnika reeglitele peetakse kivisöekihte, mis sisaldavad üle 10% lenduvaid osi, tolmuohtlikeks.

Kuiva peene kivisöetolmu süttimistemperatuur on veidi kõrgem kui metaanil (700—800°).

Kivisöetolm ei plahvata mitte tema igasugusel sisaldumisel õhus: alates 30—40 g-st ühe m^3 õhu kohta muutub tolm plahvatavaks, kuid sisalduse puhul 1500—2000 g/m^3 pole tolmupilv enam plahvatav.

Metaani juuresoleku korral plahvatusvõime piirid laienevad.

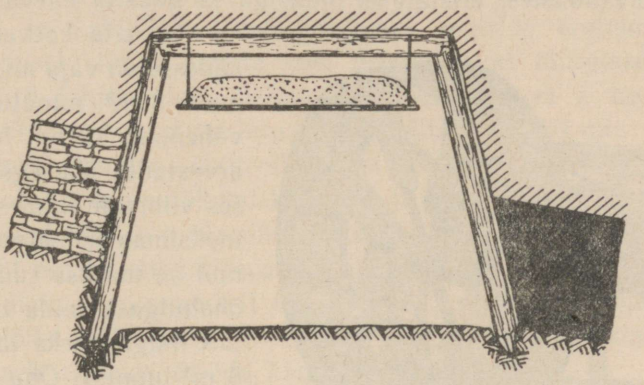
Õhu normaalne tolmusisaldus on märgatavalt alla ohtlikkuse normide. Seepärast moodustavad kivisöetolmu plahvatusteks suurima ohu lõhkamistööd, mille mõjul seintele sadenenud tolm tõuseb õhku ja moodustab plahvatava pilve.

Et takistada tolmu 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 lisa-abinõusid, mis on suunatud tolmu plahvatuste vältimiseks: vähendatakse

tolmu tekkimist (kaeveõõnsuste ja soonimismasina soonimispuru niisutamine veega), kaeveõõnsuste tolmutamist inertse kiltkivitolmuga ja seinte valgendamist lubjapiimaga, võideldakse tolmupilvede tekkimise vastu (tolmu imemine, niisutamine) jne.

Kaeveõõnsusi tolmutatakse kivitolmuga perioodiliselt nii sagedasti, et tuhasisaldus tolmusegus ei oleks alla 60—70% gaasita ja 75—80% gaasiga kaevandustes.

Lõhkamistöödel kasutatakse peale kaeveõõnsuste seinte niisutamise veega veel välist topist, mis seisneb selles, et lõhkeaugu juurde kinnita-



Joon. 423. Inertse tolmu tõkeriiul.

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^2 kohta.

Plahvatusel tekkiva tõuke mõjul paiskuvad riiulid ümber. Nendel asetsenud inertne tolm tõuseb õhku ning tekitab pilve, mis leeki jahutades takistab plahvatuse levimist.

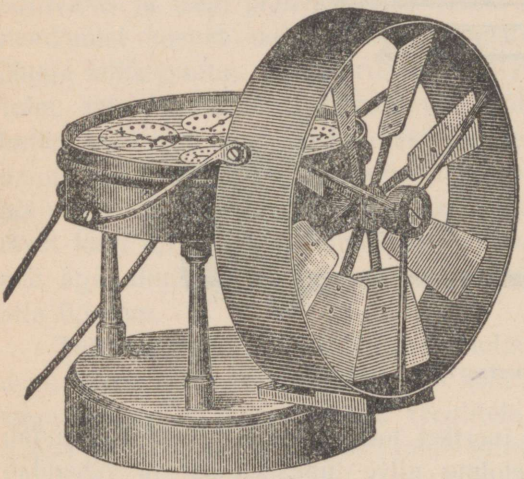
3. Tuulutamiseks vajalik õhuhulk.

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 langeks 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 metaanisisaldus üle 1% ja kogu kaevandusest väljuvas õhujoas 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 tööpaikadesse on vaja anda õhku vähemalt 3 m³ minutis inimese ja vähemalt 12 m³ hobuse kohta, arvestades üheaegselt kaevanduses viibivate inimeste ja hobuste maksimaalset arvu. Need normid on märksa suuremad sellest õhuhulgast, mida inimene vahetult hingamiseks tarvitab (1,5—3 m³ tunnis). Õhu ülejääk läheb toestiku mädanemise ja söe hapendumise produktide lahjendamiseks; peale selle ei jõua osa õhku eeni, püüdes lühemaid teid pidi ventilatsioonišahtini jõuda.

Metaani eraldumine gaasiga kaevandustes kõigub väga suurtes piirides. Selle põhjal jagatakse gaasiga kaevandused 4 kategooriasse: I kategooriasse kuuluvad kaevandused, kus 1 tonni normaalse ööpäevase toodangu kohta eraldub alla 5 m³ metaani ööpäevas; II kategooriasse kuuluvad kaevandused metaanieraldusega 5—10 m³ ja III — metaanieraldusega 10—15 m³. 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 m³ minutis 1 tonni ööpäevase toodangu kohta. II kategooria kaevandustesse — 1,25 m³ ja III kategooria kaevandustesse — 1,5 m³. Kaevandustele, mis on väljaspool kategooriaid, arvatakse õhuhulk nii, et kaevandusest väljuvas õhujoas 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 m^3 süsihappegaasi, anda 0,75 m^3 õhku minutis 1 tonni ööpäevase toodangu kohta, süsihappegaasi eraldumise puhul 5—10 m^3 — 1,25 m^3/min. ja 10—15 m^3 puhul — 1,5 m^3/min. Kui süsihappegaasi eraldub rohkem kui 15 m^3 1 tonni toodangu kohta ööpäevas, siis arvutatakse õhuhulk nii, et väljuvas õhujoas ei oleks üle 0,75% süsihappegaasi.

Nendes kaevandustes, kus maavara tootmine toimub suure hulga lõhkamistööde 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 lõhkamistööde 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 (m^3-tes ööpäevas).

4. Kaevanduste tuulutamine.

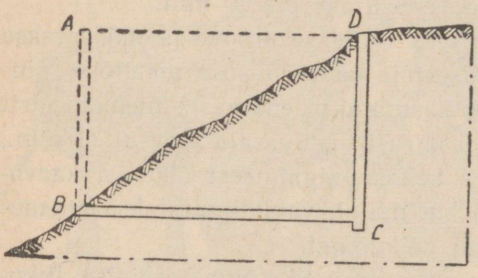
Kaevanduse tuulutamiseks vajaliku õhuhulga liikumist mööda kaeveõõnsusi võib teostada kas eraldi ülesseatud mehhanismide — ventilaatorite — abil (kunstlik tuulutus) või ilma igasuguste mehhanismideta (loomulik tuulutus).

Loomuliku tuulutuse puhul on õhu liikumine tingitud kaevandusse suunduva ja sealt väljuva õhujoa temperatuuride vahest. Selle selgitamiseks vaatleme kaevandust, mis on avatud stolli ja vertikaalšahtiga (joon. 425).

Pikendades šahti suudme tasapinda punktini A, mis vastab stolli 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 tarvitatakse õhuliikumise takistuste ületamiseks kaeveõõnsustes.



Joon. 425. Kaevanduse loomuliku tuulutuse skeem: *DC* — šaht, *BC* — stoll, *A* — šahti ja stolli 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.

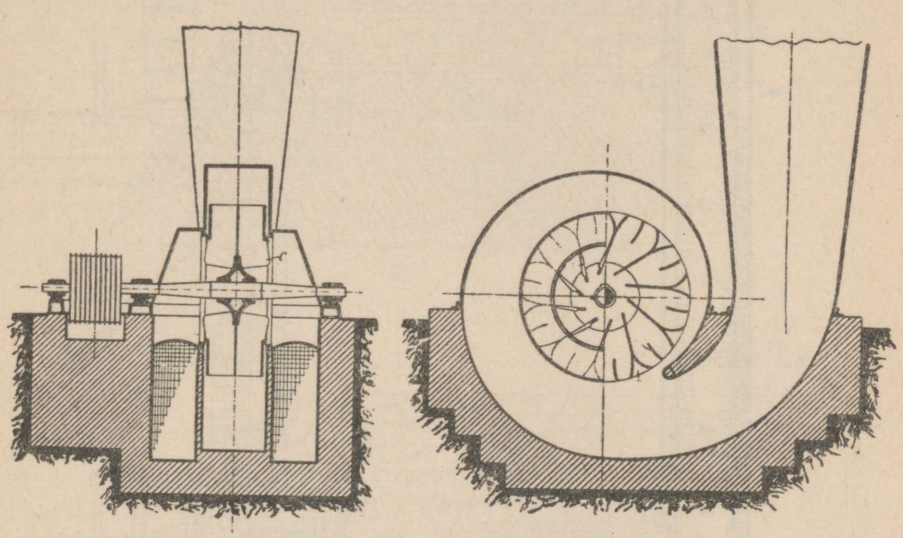
Seepärast kasutatakse loomulikku tuulutust ainult väikese toodanguga, mitte just sügaval asetsevate kaevanduste tuulutamiseks, kusjuures kaevandatav varapaik ei ole tolmuohtlik ega eralda kaevandusgaasi. Kui loomulik tuulutus ajutiseltki ei kindlusta kaevanduse normaalset tuulutust, siis tuleb üle minna kunstlikule tuulutamisele.

Kõikidel teistel juhtudel tuleb kasutada kunstlikku tuulutust ventilaatoriga, mis asetatakse ühe šahti või stolli 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 kaeveõõnsusipidi.

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.

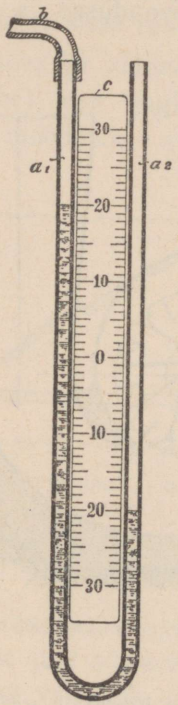
Ventilaatori depressiooni (või kompressiooni) on võimalik mõõta, ühendades ventilaatori kanali ja U-toru ühe ava kummitoruga. Vastavalt survete vahele kanalis ja maapinnal asetseb vesi U-toru kummaski osas erinevatel kõrgustel; mõõdetud pindade vahe annab depressiooni (kompressiooni) otsekohe mm-tes veesammast. See lihtne seadeldis kannab depressiomeetri nimetust (joon. 427).

Ventilatsioonikanalid, mis ühendavad šahti ventilaatoriga, ehitatakse nii, et, muutmata ventilaatori tiirlemissuunda, oleks võimalik muuta õhu-

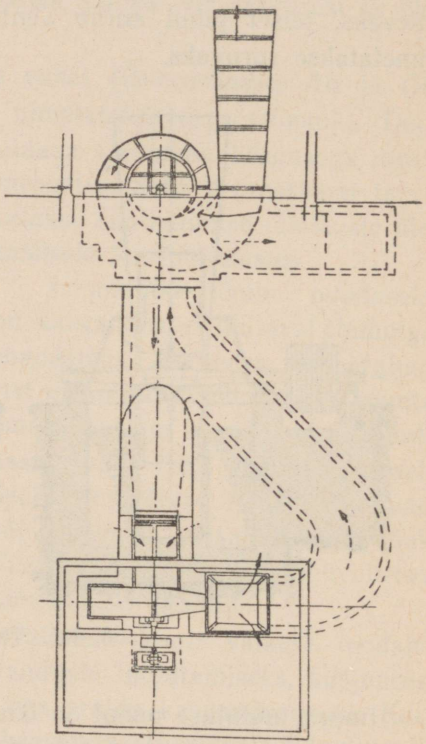
joa suunda, s. t. et oleks võimalik imevalt tuulutuselt üle minna surutuvale tuulutusele ja vastupidi.

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.



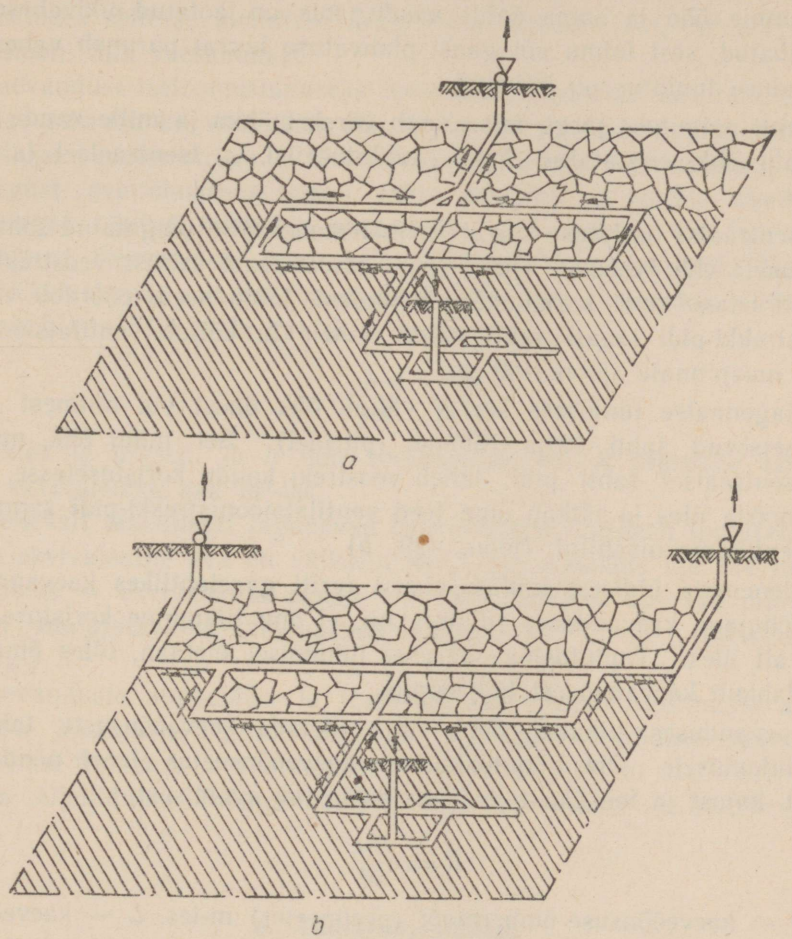
Joon. 428. Kanalite skeem, mis võimaldab muuta õhujoa suunda.

tõsteseadmete normaalset liikumist. Peale selle võib jäätükkide varisemine 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 söe 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 ventilatsioonišahti 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 koristusetesse, tõuseb neid mööda üles ja jätkab oma teed ventilatsioonistrekki-pidi samas suunas ventilatsioonišahtini (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 liikuval 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 m²-tes, α — 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 m³/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 m³/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 läbiminekuks. 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 m³/sek. ja h mm veesammast või R takistuse ühikutes, saame ekvivalentse ava m²-tes.

Olenevalt takistusest jagunevad kaevandused: raskesti tuulutatavaiks, millede ekvivalentne ava on väiksem kui 1 m² (takistus üle 144 mürgi); keskmisteks — ekvivalentse avaga 1—2 m² (takistus 36—144 mürgi) ja kergesti tuulutatavaiks, ekvivalentse avaga üle 2 m² (takistus alla 36 mürgi).

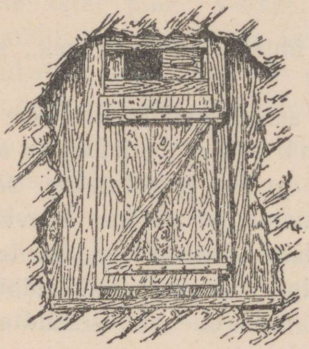
Kaevanduste atmosfääri ja tuulutuse teoreetiliste uurimuste alal ja praktiliste küsimuste lahendamisel on nõukogude teadlased saavutanud ülemaailmse kuulsuse ja etendanud siin pidevalt juhtivat osa. Eriti tuleb märkida Üleliidulise Teaduste Akadeemia tegevliikme A. A. Skotšinski teeneid.

5. Tuulutusseadmed.

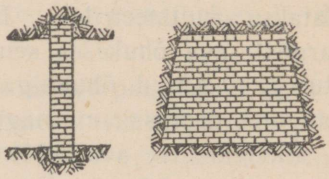
Kaevandusse saabuv õhk tuleb kaeveõõnsusipidi jaotada selliselt, et kõiki esi läbiks värske õhu juga ja et igasse eesse antav õhuhulk oleks küllaldane kahjulike lisandite lahjendamiseks ja temperatuuri alandamiseks.

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 tõketega, milles on reguleeritav ava vajaliku õhuhulga läbilaskmiseks (joon. 430). Umbtõketega

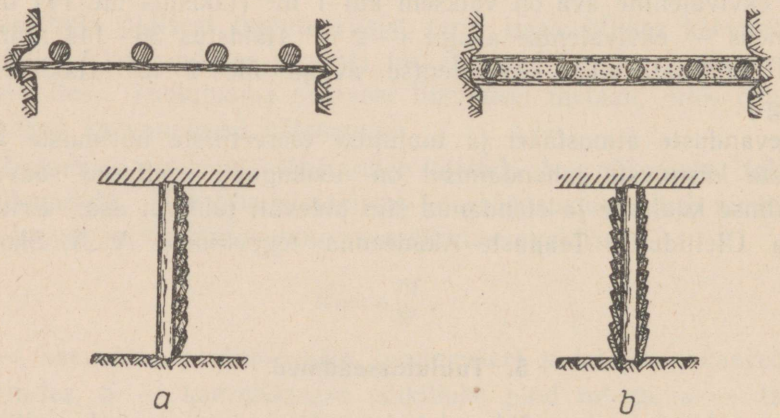


Joon. 430. Ukse ja reguleeritava avaga varustatud õhutõke.



Joon. 431. Kivist õhutõke.

suletakse täiesti mahajäetud kaeveõõnsused, milles ei ole liikumist. Lühiajaliseks kasutamiseks ehitatakse ühekordsed laudadest puittõkked. Lauad naelutatakse tugipostide külge ja määritakse õhu läbimineku takistami-



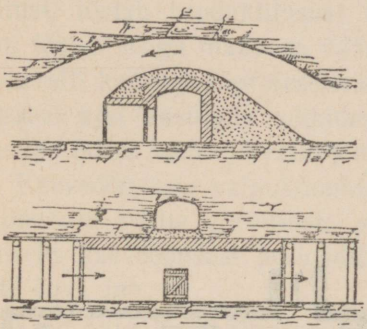
Joon. 432. Ajutised puidust õhutõkked: *a* — ühekordne, *b* — kahekordne.

seks saviga või tehakse tõkked kahest reast laudadest ja nende vahele tambitakse savi (joon. 432).

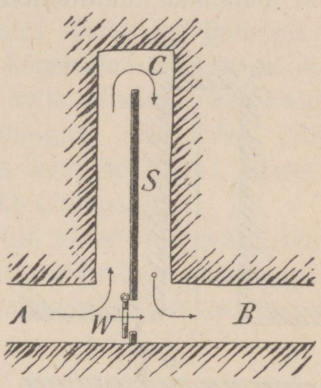
Kui tõke peab kestma pikemat aega või kui on nõutav suur õhukindlus, tehakse tõkked kas puitpakkudest või tellistest (joon. 431) savi- või

lubjamördil, mis suurema tiheduse ja tugevuse saavutamiseks süvendatakse kaeveõõnsuse seintesse.

Kui kaeveõõnsustes toimub liikumine, siis ehitatakse tõketesse puit- või rauduksed. Et inimeste või koormate läbilaskmisel ustest ei esineks õhukadusid, kasutatakse 2 ust teataval kaugusel üksteisest; vaheruum 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 uksed eesriietega (purjega).



Joon. 433. Krossing.



Joon. 434. Tuulutus pikitõkke abil: *A* ja *B* — läbivoolava õhujoaga kaeveõõnsus; *C* — rajatav kaeveõõnsus, *S* — õhutõke, *W* — tuulutusuks aknaga.

Kui värske õhu juga peab ristuma väljuva õhu joaga, siis välditakse puhta ja rikutud õhu segunemist õhusilla — krossingu — ehitamisega, mis harilikult läheb üle kaeveõõnsuse. Vajaduse korral ehitatakse krossinguid ka kaeveõõnsuse alt läbi või kõrvalt mööda. Krossing peab olema küllalt tugev ning õhukindel (joon. 433).

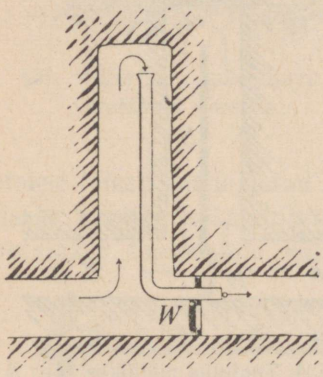
Ettevalmistus-kaeveõõnsuste rajamistöödel võib tuulutamist teostada mitmel viisil: vaheseintega (pikitõketega), rööplõõridega, tuulutustorudega ja eriliste ventilaatoritega.

Pikitõkked, mis ehitatakse kooskõlas ee edasinihkumisega, jaotavad kaeveõõnsuse kahte ossa, milledest üks juhib värske õhu juga ja teine rikutud õhku (joon. 434).

Tuulutades tuulutustorudega suletakse kaeveõõnsus, milles liigub läbivoolav õhk, põikitõkkega ja viimasesse asetatakse toru (joon. 435); värske

õhk pääseb eesse rajatavat kaeveõõnsust pidi ja rikutud õhk juhitakse eemale rauast, puidust või purjeriidest tuulutustoru abil. Selle tuulutusviisi kasutamisel ei või tuulutustorud olla pikemad kui 20 m. Suuremate kauguste puhul sunnitakse õhk torudes liikuma värske 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 värske õhk 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 lõhkamistööde 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 värske õhk 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 värske 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 kaugustesse, siis rajatakse tuulutamise lihtsustamiseks korraga vajalik arv rööpseid kaeveõõnsusi, mis ühendatakse omavahel iga 15—25 m tagant põiklõõridega. Laia ee rajamisel jäetakse tuulutamise eesmärgil laiendi äärde eriline tuulutuslõõr — 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 eraldamist, tõstes seega maavara väärtust. Peale selle vähendab hea valgustus tunduvalt kaevurite professionaalseid silmahaigusi. Seepärast püütakse viimasel ajal kasutada kõikides maa-alustes kaeveõõnsustes, alates kaevanduse õuest kuni ettevalmistustöödeni, elektervalgustust.

Kaeveõõnsuste valgustamine ei olene mitte ainult valgusallikast, vaid ka õõnsuse seinte värvusest; seepärast tuleb valgustuse paremaks kasutamiseks kaeveõõnsusi perioodiliselt valgendada, mida tehakse kambrites, šahti õues jne.

Kuid paigaline valgustus ei rahulda kõiki koristustööde nõudeid. Seepärast on enam levinud ka kaasaskantavad valgusallikad lampide näol, mis antakse välja igale töölisele, kes laskub kaevandusse. Säärast valgustust kaevandustes tuntakse kaasaskantava valgustuse nime all.

Isegi siis, kui on täielikult sisse viidud paigaline valgustus, kasutatakse ikkagi teatavat hulka kaasaskantavaid lampe, mis on tagavaraks energia väljalülitamisel; leeklambid on peale selle kasutatavad indikaatoritena metaani, hapniku ja süsihappegaasi hulga kindlakstegemiseks.

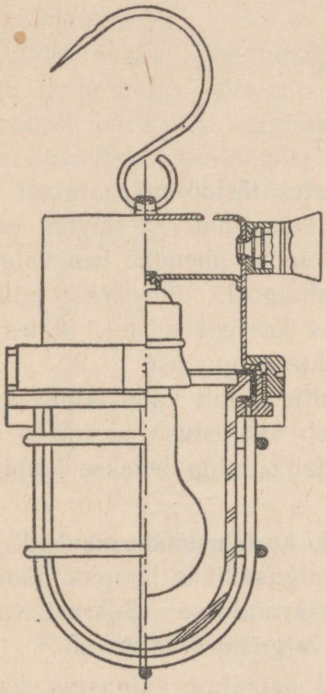
2. Paigaline valgustus.

Paigaline valgustus on läbiviidav hõõg- ja elektronvalgustite abil, mida toidetakse elektrivõrgust.

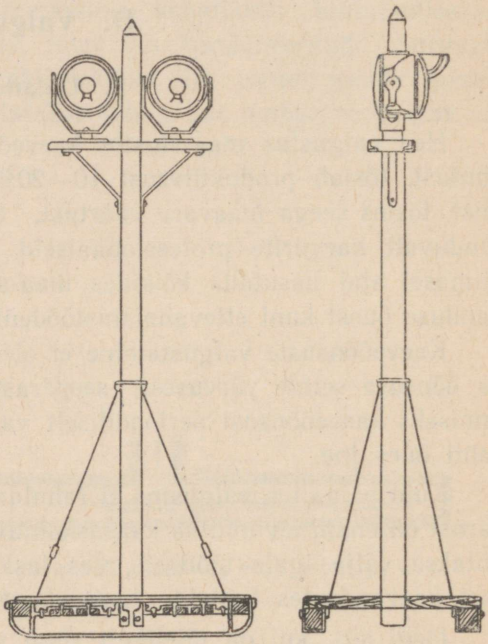
Kivisöekaevanduste tehnilise ekspluatatsiooni reeglite kohaselt (§ 976) tuleb paigalist valgustust kasutada kõikides šahtilähedastes kaeveõõnsustes ja kambrites, ettevalmistustöödel, mehhaniseeritud koristusetes, laadimispunktides, veostrekkides, kui vedu toimub elektriveduritega ja ini-

meste liiklemine neis ei ole mehhaniseeritud, ning kaeveõõnsuse 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 kaeveõõnsuste valgustamiseks gaasiohuta kaevandustes, koosneb malmkestast, mille külge kinnitatakse konks riputamiseks, klaaskuplist, elektrihõõglambist ja kaitsevõrgust (joon. 437). Valgustites kasutatakse mitmesuguse valgustugevusega tavalisi hõõglampe (kuni 1000 vatti).

Maa-alustes kaeveõõnsustes on valgustid halvemas seisukorras kui maapinnal, sest nende riputuskõrgus on väike, kaevanduses leidub niiskust, tolmu ja kaevandusgaasi ning valgusteid ähvardab pidevalt mehhaaniliste 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 kivisõetolmu 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 koristusetes 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 edasiviimisteks. Peale selle võib järsu kallaku puhul kaevisetükkide allaveeremine 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 koristusetes ning muudes kaeveõõnsustes 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 prožektoreid, mis, olles varustatud peeglitega, suunavad tugeva valgusvihu nõutavas suunas (joon. 438).

Esmakordselt mäetööstuses on võetud NSV Liidus kasutusele luminestsentsvalgustid — päevavalguse-lambid. Nende lampide kasutuselevõtmisega lähenevad allmaa töötamistingimused päevavalguses töötamisele. Katsed ja arvutused näitavad, et kaks 15-vatilist luminestsentslampi, asetatuna strekki 8-m-se vahemaaga, valgustavad nende vahel olevat keskset punkti veidi enam kui seda suudavad 60-vatilised hõõglambid.

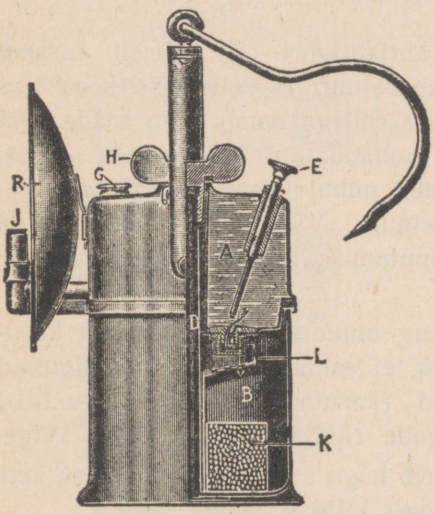
Luminestsentsvalgusteid on valmistatud ka gaasi- ja tolmuohtlike kaevanduste jaoks.

3. Valgustus kaasaskantavate lampidega.

Valgusallika põhimõttel jaotatakse kaasaskantavad lambid kahte rühma: leeklambid ja elektri-akumulaatorlambid.

Konstruktsiooni 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 eest, õli-, atsetüleeni- ja bensiinilampe.



Joon. 439. Atsetüleenilamp: *A* — veenõu, *B* — karbiidinõu, *E* — kruvi vee juurdevoolu reguleerimiseks, *G* — veenõu kork, *H* — kinnipigistuskruvi, *J* — põleti, *K* — karbiid, *L* — veejaotuse võre, *R* — reflektor.

Meie mäetööstuse gaasita kaevandustes kasutatavad bensiinilambid (tüüp НГ) erinevad allpoolkirjeldatud kaitselampidest (tüüp Г) ainult ühe võrgu ja luku puudumise poolest.

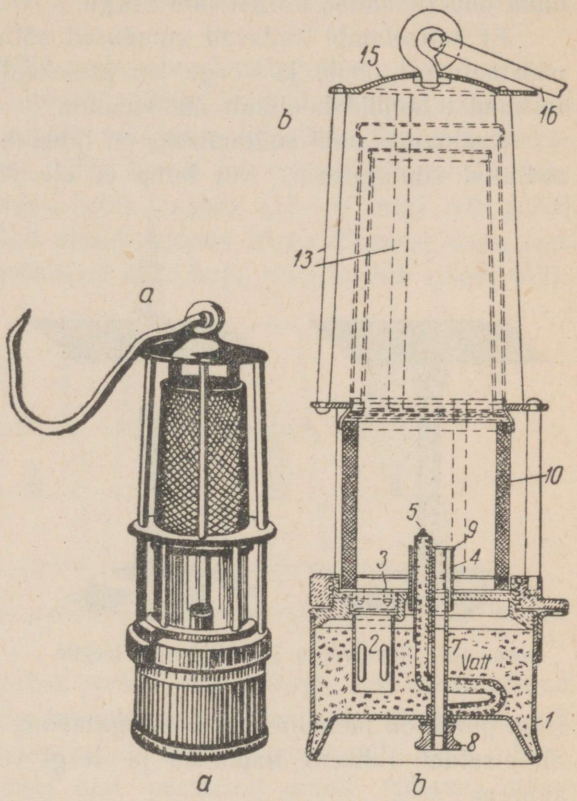
Atsetüleeni- (karbiidi-) lampides on põlevaks aineks atsetüleengaas, mida saadakse ülemises reservuaaris asetseva vee allatilkumisest kaltsiumkarbiidile, mis täidab alumist reservuaari (joon. 439). Põletist väljuv gaas süüdatakse ja ta põleb heleda valge leegiga. Karbiidi piisab, olenevalt lambi suurusest, 5—6 või 12—14 tunniks. Atsetüleenilampide valgustugevus tõuseb 10 küünlani. Atsetüleenilampe valmistatakse nii käes kui ka mütsi küljes kantavatena.

Gaasiohtlikes kaevandustes kasutatakse nn. kaitselampe, mille leek on välisõhust isoleeritud traatvõrguga (joon. 440). Võrgu ülesanne on 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^2 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. Seestpoolt on see ava vatist eralda-

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 läbivad 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 kas magnet- (avatavad ainult magneti abil) või plommlukuga. NSV Liidus kasutatakse gaasiohtlikes kaevandustes lampide sulgemiseks mõlemaid mooduseid.



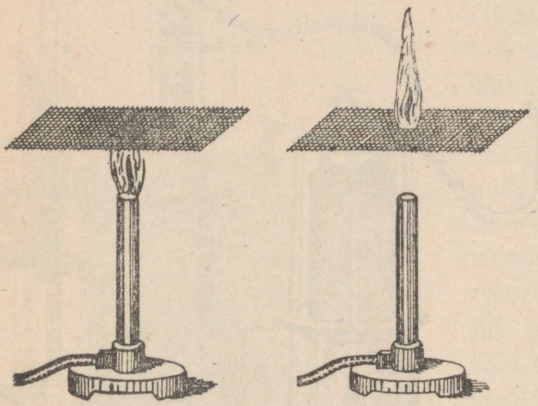
Joon. 440. Bensiini-kaitselamp: *a* — üldvaade, *b* — läbilõige. (Numbrite seletus tekstis.)

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).

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 kaeveõõnsustes, kus õhu liikumiskiirus on üle 5 m/sek., ning kaeveõõnsustes, kus esineb tilkumisi, lambid olema varustatud kaitsekattega, mille ülesandeks on vähendada õhu liikumise kiirust läbi võrgu.

Et kaitselambi kaitsvad omadused sõltuvad tema kõikide osade läbipääsmatusest 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 tuuakse 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 metaanisisaldus on väike (alla 3%), väikeseks keeratud leegiga. Väikese leegiga võib kogenud inimene mõõta metaani hulka küllaltki täpselt.

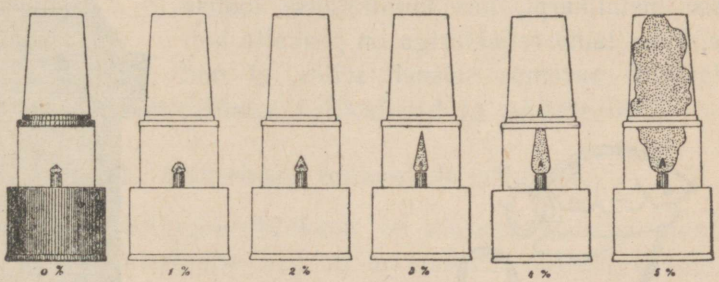
Mõõtes täisleegiga tõstetakse lamp sujuvalt alt üles lae alla, kuhu metaan koguneb oma kerguse tõttu.

Olenevalt metaanisisaldusest lambi leek kas pikeneb (1—2% metaani), venib 1,5—2 cm võrra ja tuhmub (3—4% metaani) või hakkab tahmama (4—5% metaani). Metaanisisaldusel 5—6% hakkab leek värisema, keerdub ning kustub; mõnikord pärast lambi kustumist võrgu täitnud gaas põleb veel mõnda aega.

Kui mõõtmine täisleegiga näitab leegi märgatavat pikenemist ning kui lambis toimub metaani plahvatus, siis viitab see üle 3—4% ulatuvale metaanisisaldusele ja lambi väikeseks keeratud leegiga pole gaasi lubatud mõõta. Sel juhul tuleb katkestada töö ja eest lahkuda.

Kui metaanisisaldus on väiksem, mõõdetakse metaani hulka väikese leegiga, vähendades leegi kõrgust 2—3 mm-ni ning seejärel, nagu varemgi, tõstetakse lamp aeglaselt üles.

Metaanisisaldusel 0,5—0,75% pole oreool märgatav. Kui metaanisisaldus 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 hõõguma, 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 aluselisteks (kadmium-nikkel ja raud-nikkel).

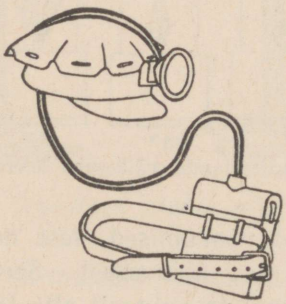
Aluselised akumulaatorid ilmusid märksa hiljem plii-akumulaatoritest, kuid nad on viimaseid kaevanduse praktikast välja tõrjumas, sest nad on mehhaaniliselt tugevamad, vähem tundlikud ülekoormuste suhtes ning pikema eaga. Seetõttu valmistatakse NSV Liidus aluselisi (kad-

mium-nikkel) akumulaatorlampe nii käes (joon. 444) kui ka vööl ja mütsi küljes kantavatena.

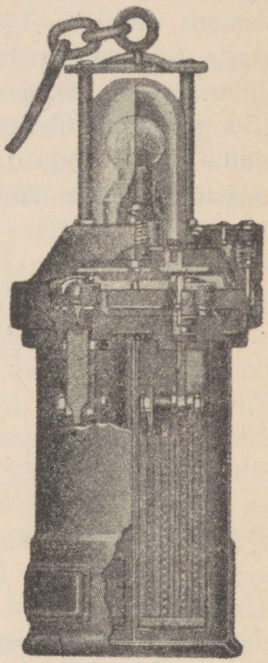
Käsilambid koosnevad kahest osast: akumulaatori reservuaarist ja ülemisest osast, mis kujutab akumulaatori välist kaant. Ülemine osa koosneb elektri-hõõglambist, teda kaitsvast klaaskuplist ja seadmest lambi kandmiseks. Lambi alumises osas (reservuaaris) asetseb kaks suletud aluselist akumulaatorit, 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 külge 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 metaanisisaldust mõõta. Seepärast on kõikides kaevandustes, kus kasutatakse paigalisi või kantavaid elektrilampe, indikaatoritena tarvitusel bensiini-kaitselambid.

Meie määrused nõuavad, et kõikides gaasiohtlikes kaevandustes oleksid töölised 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 mööda 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-m²-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 söe 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, elektrijuhtmestiku 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 toestikult või mistahes teiselt põlevalt materjalilt (loomatoit, määrdeõlid) maavara massiivile.

Kalduvust isesüttimisele omavad söed, söerikkad kiltkivid ja sulfiidsed 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 värske õhu juurdevool väikestes hulkades soodustab isesüttimist. Õhu liikumiskiiruse suurendamisel aga kannab õhk soojuse 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 ohtlikud on endised tulikahjude piirkonnad, kus põlemise tagajärjel püriit on muutunud punaseks raudhapendiks, mis eriti puidujäänuste juuresolekul võib väga kergesti ise süttida. Kivisõe isesüttimise omadus sõltub tõenäoliselt ka tema keemilisest koostisest, kuid praegu pole me veel suutelised analüüsi põhjal ette ütlema, 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. Üheks 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 uksed tulikahju tekkimise korral suletakse. Kaevandusse õhku andva šahti suudme juurde ehitatakse samal eesmärgil tulekaitseluugid ja tööliste väljumiseks ning värske õhu juhtimiseks eriline kõrvalkanal, mis avaneb maapinnal 8—10 m eemal šahti maapealsest ehitisest.

Nende abinõude hulka kuulub ka reverseerimisseade ventilaatorite juures, sest õhujoa 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 sissejäetavad tervikud taluma ümbritsevate kivimite survet ilma purunemata.

Koristustööd isesüttivates kohtades peavad olema suunatud kaevanduse välja piirilelt šahti poole, süstemaatiliselt isoleerides väljatöötatud

piirkonnad, et takistada nendesse värske õhu juurdepääsu. Koristustöödel tuleb hoolikalt koristada kogu maavara, eriti peenike, sest selle kogumikud võivad osutuda isesüttimise lätteiks. 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.

Söe 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. Söe põlemisel tervikus ei piisa ainult uhtmisest 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-tõkketammidega.

Tulikahju isoleerimisel kasutatakse ajutisi ja püsivaid tulekaitsetõkketamme. Ajutised tõkketammid on mõeldud päästetööde läbiviimise kergendamiseks ja piirkonna ajutiseks isoleerimiseks. Tugevamad, püsivad tõkketammid on ette nähtud tulikahju lõplikuks isoleerimiseks.

Ajutiste tõkketammide valmistamiseks kasutatakse väga mitmesuguseid materjale: vette kastetud presenti, märgi õlgi või heinakubusid, savi või lubjaga määritud pindu ja laudu jne.

Tõkketammide ehitamisel on oluline, et ka ümbritsevad kivimid ei laseks õhku läbi, seepärast tuleb püsivate tõkete rajamisel pragunenud kivimeisse teha sisseraideid.

Püsivate tulekaitse-tõkketammide erinevus tuulutustõkketammidest 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, tõkketammi taha koguneva vee väljajuhtimiseks.

Tiheda (õhukindla) isoleerimise korral kustub tuli iseenesest. Tõkketammidega isoleeritud tulikahju kiiremaks kustutamiseks kasutatakse selle piirkonna veega üleujutamist, täitmist savirikka massiga või inertsete gaaside pumpamist tulikahju piirkonda.

Näiteks kui kaevetöid 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 teatavais piirides uue teistkordse tulikahju tekkimist pärast tõkketammide avamist, sest kõik praod ja lõhed osutuvad täidetuks aherkivimiga ja peen söepuru on segunenud mittepõleva materjaliga.

Tulikahjude kustutamisel inertsete gaasidega kasutatakse sageli nn. küttegaasi (lämmastiku segu süsihappegaasiga). Seda gaasi saadakse söe või puude põletamisel õhu juurdepääsu reguleerimisega erilistes kateldes või lubja kustutamisel. Kasutatakse ka tööstuslikult toodetud süsihappegaasi.

Tulekaitse-tõkketammide taha juhitud inertne gaas takistab õhu juurdepääsu sinna ning jahutab kivimeid ja toestikku, soodustades seega kustutamist.

Eriti hea, kuid kallis, on süsihappegaas, sest ta on suure soojusmahtuvusega (suuremaga kui lämmastik) ning oma suure erikaalu tõttu tungib halvemini läbi tõkketammi.

Tulikahjude kustutamiseks kasutatakse ka vedelat süsihappegaasi, mille üleminek gaasilisse olekusse on seotud silmapaistva temperatuurilangusega, mis mõjub kivimeile veelgi jahutavamalt.

Peale tõkketammi 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 ülalloetletud 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 vaguneisse) mitmesuguseid ehitusmaterjale (savi, tellised, tsement, liiv, lauad, naelad jne.) ning mitut liiki tuletõrjevarustust (tuulutustorud, tulekustutajad, tuletõrjevoolikud jne.).

Kaevandustes, eriti neis, mis on ohtlikud tulekahjude seisukohalt, tuleb juba ette ära märkida isoleerivate tõkketammide asukohad ning nendes kohtades ette valmistada vajalikud materjalid.

4. Päästetööd.

Põhiliseks ja tähtsaimaks päästetööde ülesandeks kaevandustulikahjude, kaevandusgaasi ja tolmu plahvatuste puhul on kaevandusse või avarii piirkonda jäänud inimeste päästmine. Gaasidega mürgistatud kaeveõõnsustes toimetavad inimeste päästmist erilised päästemeeskonnad, kes on varustatud hingamiseks kõlbmatus 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 õhujoa teele. Et kaevandused kujutavad endast tavaliselt laialipaisatud kaeveõõnsuste võrku, siis osutub sageli võimatuks kõiki töölisi õigeaegselt hoiatada varitseva ohu 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 tolmuplahvatused, kaevanduse üleujutused, suu-

red sisselangemised jne., kusjuures nad võivad tekkida kaevanduse mistahes maa-aluses või maapealses osas.

Päästetööde plaan jaguneb kaheks — dispositsiooni- ja operatiivseks osaks.

Dispositsioon 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 värskele õhujoale, läbimata mürgistatud rajooni, on võimalik ennast päästa, varjates end põlemisproduktide eest tõketega ükskõik millises küllalt mahukas ruumis. Tõkked valmistatakse mistahes kättejuhtuvast materjalist (puit, kivid jne.). Küllaltki mahukas isoleeritud piirkonnas võib vastu pidada mõned tunnid, kuni päästemeeskonna kohalesaabumiseni. Peale isoleerumist säärasesse ruumi tuleb anda teatavate kindlate ajavahemike tagant signaale kas seintele, rööbastele või torustikule koputamise teel.

Kui säärasesse isoleeritud kohta suundub suruõhutorustik, võib seda kasutada värske õhu ja soodsail juhtudel ka toidu andmiseks. Varjendis pole soovitav asjatult liikuda, seal tuleb vaikselt lamada, sest sel juhul tarvitab inimene vähem hapnikku; peale selle on soovitav kustutada kõik bensiinilambid peale ühe. Kui on olemas akumulaatorlambid, ka siis lasta põleda ainult ühel lambil, et valgust jätkuks kauemaks ajaks.

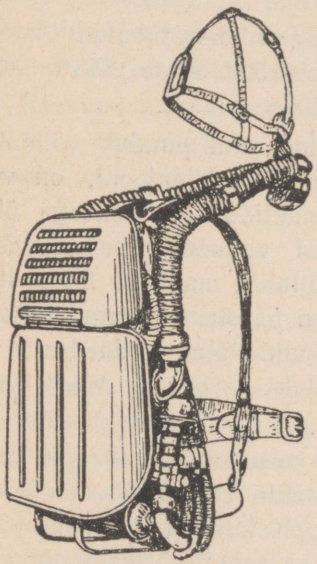
Mürgistest produktidest, tulikahjust või gaasiplahvatustest kannatada saanud tööliste toibutamiseks sisustatakse šahtist kaugel eemalolevates piirkondades erilised hermeetiliselt suletavate ustega varustatud varjendid, mis varustatakse värske õhuga kas suruõhutorustiku või puuraukude kaudu maapinnalt. 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-

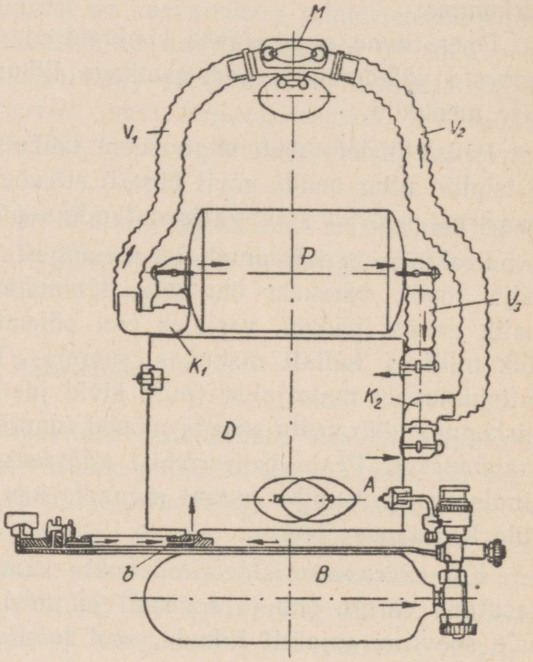
nad saavad eri-ettevalmistuse ning varustatakse aparaatidega, mis võimaldavad hingamist mürgises ja lämmatavas õhus.

Peale selle organiseeritakse kaevandustes abi-päästemeeskonnad, kelle ülesandeks on abistada päästemeeskondi nende raskes, ohtlikus ja vastutusrikkas töös.

Töötamiseks mürgistatud õhkkonnas kasutatakse filtreerivaid ja isoleerivaid aparaate.



Joon. 445. Hapniku respiraator.



Joon. 446. Respiraatori PKP-1 skeem. (Tähtede seletus tekstis.)

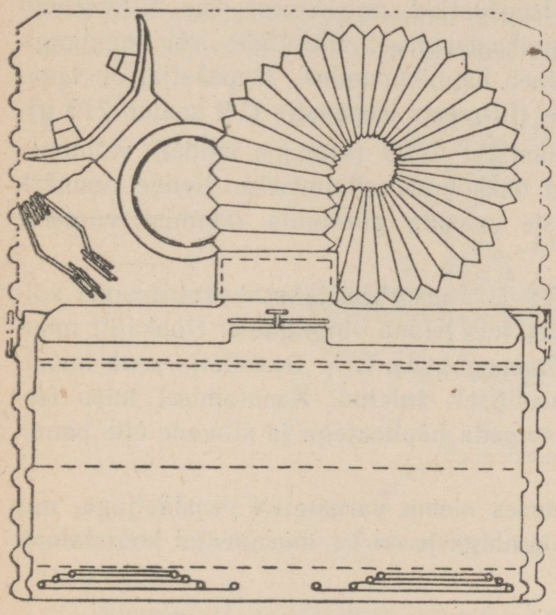
Filtreerivate aparaatide ehitus on üldiselt teada: õhk peab neis läbima rea absorbeerijaid, mis puhastavad ta kahjulikest lisandeist. Filtreerivate seadmete kasutamine on võimalik aga ainult õhu küllaldase hapnikusisalduse puhul (mitte alla 15—17%).

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.

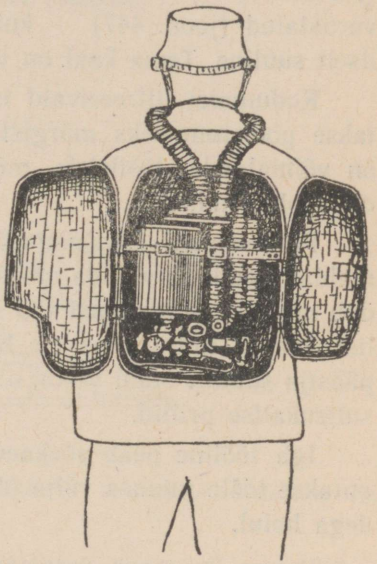
Voolikuga varustatud aparaati käesoleval ajal peaaegu enam ei kasutata. Suurimat kasutamist on päästetöödel leidnud seljas kantavad hapniku

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). Õhu juhtimine aparaadist näokatteni toimub kummivooliku abil; sama vooliku abil juhitakse eemale väljahingatav õhk.

Üldiselt töötab kodumaine respiraator (tüüp PKP-1) järgmiselt (joon. 446).



Joon. 447. Filtreeriva isepäästja СП-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*. Õhu survel avaneb klapp K_2, õhk siseneb voolikusse V_2 ning läheb suuliseni *M*, kust satub läbi suu kopsudesse. Õhu väljumisel avaneb klapp K_1 ja väljahingatav õhk satub voolikut V_1 pidi padrunini *P*, kus õhust imetakse süsihappegaas ja niiskus, ning sealt voolikut V_3 pidi hingamiskotti; edasi, rikastunud uue hapnikukogusega, 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 ballooni 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 СП-9 (viimane mudel) valmistatakse pooletunniseks mürgistatud õhkkonnas viibimiseks. Nende eesmärk on võimaldada töölistele mürgiste gaaside piirkonna läbimist värskele õhuvoolule minekul.

Filtreerivais isepäästjais СП-9 on absorbeerijaks hopkaliit, mis võimaldab nendega viibida õhkkonnas, kus leidub vingugaasi. Hopkaliit muudab mürgise vingugaasi CO süsihappegaasiks CO_2. Isepäästja asub metallist karbis, mille kaas on hermeetiliselt 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.

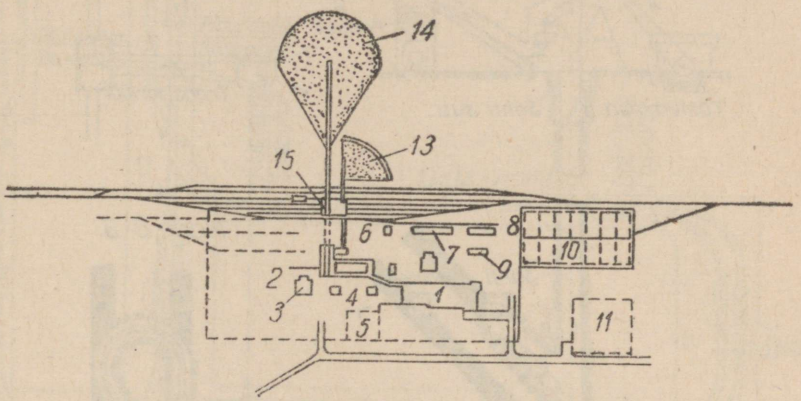
Šahti suudme juurde maapinnale püstitatakse kaevanduse majapidamise mitmesuguseid alasid teenindavad tehnilised ja majapidamisehitised. Neid kõiki kokku nimetatakse kaevanduse pealmaa-ehitisteks. Kaevanduse pealmaa-ehitiste skemaatiline plaan on toodud joonisel 449. Siia kuuluvad tõstetorn ja šahtihoone *2*, laadimispunkrid *15*, tõstemasinate hoone *4*, kompressorihoone, ventilaatorihoone *3*, kalorifeerseadeldis, elektrialajaam *5*, katlamaja *6*, töökojad *7*, teeninduskombinaat *1* ja kaevanduse laod *8* ja *9*. Siin asetsevad ka söeladu *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 oleneb kasutatavast tõstesüsteemist ning tühjendusplatvormide kõrgusest maapinnalt, kõikudes 15—40 m piirides või veel rohkem.



Joon. 449. Kaevanduse pealmaaehitiste asetuse skeem. (Numbrite seletus tekstis.)

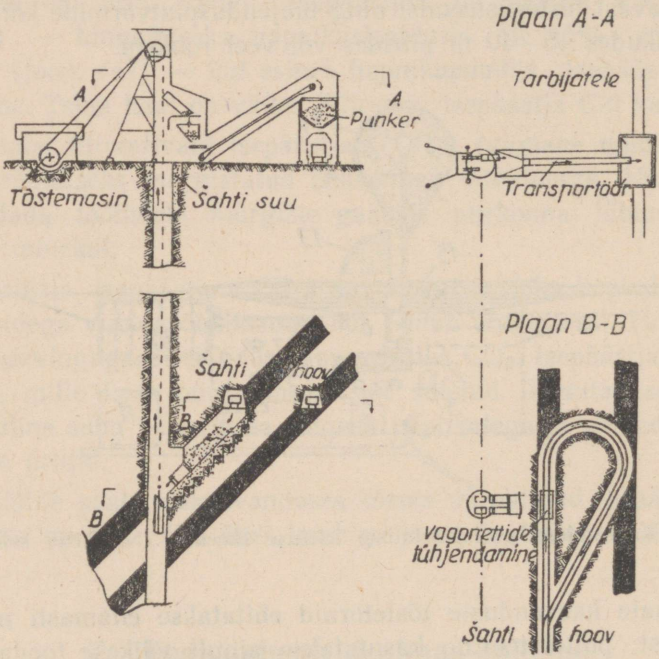
Suuremate kaevanduste tõstetornid ehitatakse enamasti metallist või raudbetoonist; puittõstetorne kasutatakse ainult väikese toodanguga kaevanduste puhul, mille kestus ei ulatu üle 15 aasta.

Olenevalt sellest, missugust tõstesüsteemi kasutatakse, erinevad ka pealmaa-ehitised. Vastav skeem kongtõstega on toodud joonisel 411 ja skipptõstega joonisel 450.

Šahtihoone, mille konstruktsioon oleneb 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 veoteed šahtist vagonettide tühjenduskohani ja tagasi. Suuremate kaevanduste puhul organiseeritakse vagonettide liikumine mööda iseveeremiskallakuid, s. t. mööda teid, millel vagonetid liiguvad, ilma et selleks rakendatakse välisjõudu.

Liikumisel mööda iseveeremiskallakuid osutub šahti juurde tagasipöörduv vagonet sellest tasapinnast allpool olevaks, millelt ta kongist väljus. Vagonettide tõstmiseks kongide laadimiskõrgusele kasutatakse kõrguskompensaatoreid (vagonetialuseid tõmbekette), mis kujutavad endast vagonettide alla asetatud, rusikatega varustatud kette. Kompensaator asetatakse vagonettide kallakale liikumisteele. Keti rusikad haaravad vagonette 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.

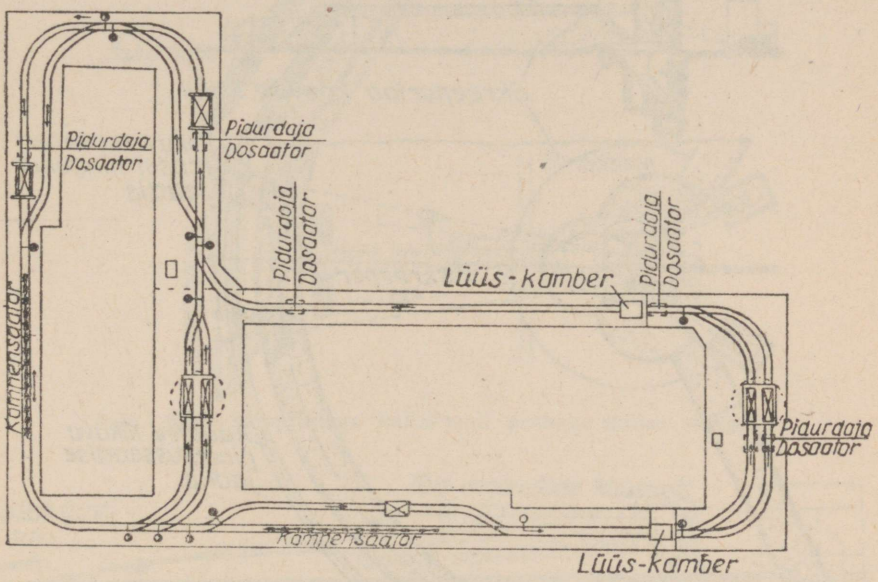
võimalus. Vagonettide lükkamine kongidesse toimub kas mööda iseveeremiskallakut või eriliste tõukurite kaasabil.

Üks võimalikest vagonettide liikumise skeemidest šahtihoones on toodud 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. Vagonettide tühjendamine vastuvõtupunkrisse toimub kallutaja abil. Punkrist juhitakse maavara lint-transportööri abil sorteerimisseadmetesse või raudtee laadimispunkritesse.

Kui maavara tõstmiseks kasutatakse kallutuvaid konge või skippe, siis kaob vagonettide veo vajadus šahtihoones, mistõttu viimane muutub konstruktsioonilt lihtsamaks ja mõõtmetelt väiksemaks.

Nimetatud tõsteviiside puhul ehitatakse skippide või kallutuvate kongide tühjendamiskohtadele tõstetornidesse juhtkõverad (ka tühjendamiskõverad), mis tagavad skipi või kallutuva kongi kallutumist või põhjast tühjenevate skippide põhjade avanemist. Skipist või kallutuva kongi vagonetist satub maavara vastuvõtupunkrisse või otse vastuvõturennile.

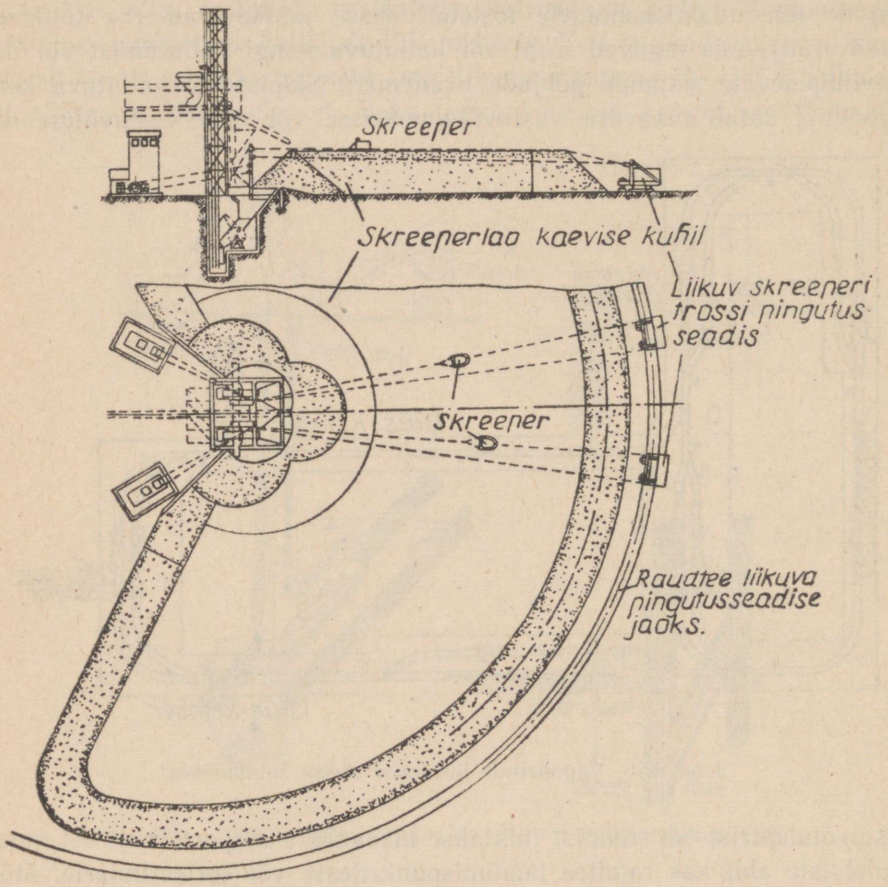


Joon. 451. Vagonettide liiklemise skeem šahtihoones.

Vastuvõtulehtrist või -rennist juhitakse maavara transportööride või muude seadeldiste abil kas raudtee laadimispunkritesse või sorteerimisele. Mõnikord, kui maavara saadetakse kaevandusest tsentraalsesse vääristusvabrikusse raudteedpidi, laaditakse maavara vastuvõtupunkrist või -rennist otse raudteevaguneisse. Säärase, punkrita laadimise kasutamine pole aga soovitav, 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-tunnisele tagavarale, s. t. nad võivad mahutada kaevandusest 3—6 tunni kestel väljatoimetatava maavara.

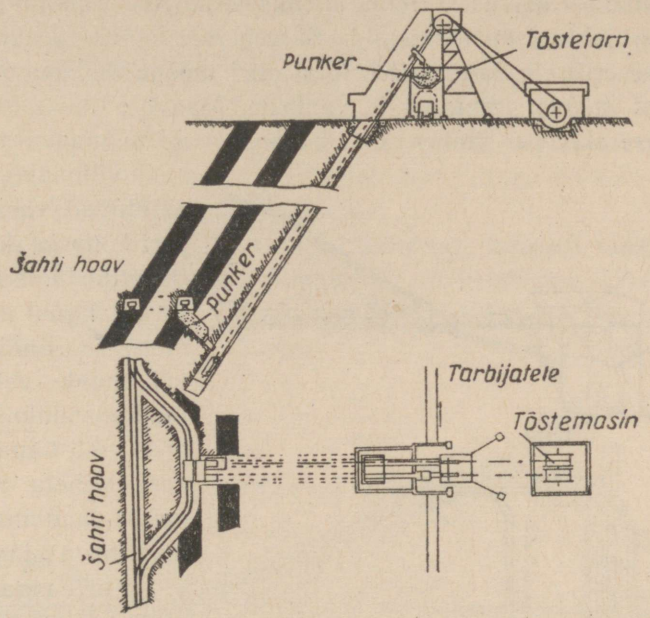


Joon. 452. Skreeperseadeldisega varustatud maavaraladu.

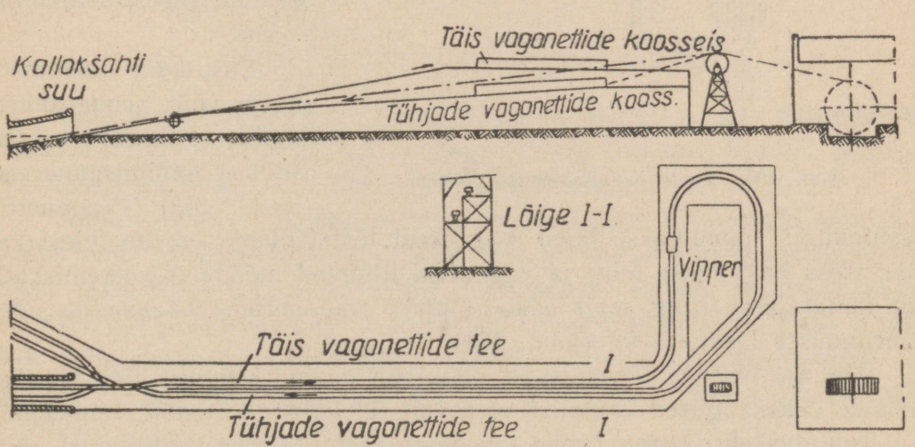
Et tagada kaevanduse avariideta tööd juhul, kui raudteevagunite etteandmise vaheaeg kujuneb pikaks, ehitatakse maavara laod. Need laod sisustatakse nii, et oleks võimalik maavara mehhaaniline transport punkrist lao territooriumile ja sealt tagasi, laadimiseks raudteevagunitesse.

Tavaline ladude maht valitakse säärane, et see tagaks kaevanduse häireteta tööd 2—7 päeva jooksul, kui raudteevaguneisse ei laadita korraga kogu maapinnale toodud kaevis.

Mehhaniseeritud ladude tüüpe on küllalt palju. Joonisel 452 on toodud skreeperseadeldisega sisustatud maavaraladu. Säärased skreeperlaod



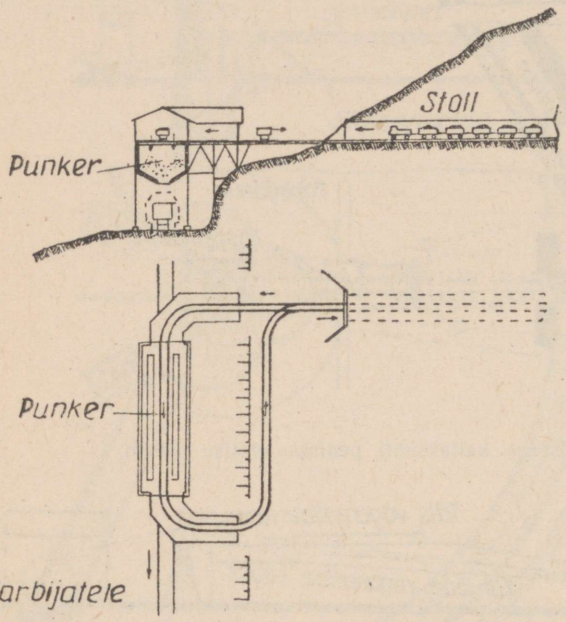
Joon. 453. Skipptõstega kallakšahti pealmaa-ehitise skeem.



Joon. 454. Vagonettides tõstmisega kallakšahti pealmaa-ehitise skeem.

on NSV Liidu kivisöekaevandustes 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 peaköie 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 vastuvõtuauku, kusjuures muutuvad vastavalt skreeperi köite ja skreeperivintsi trumlite funktsioonid. Vastuvõtuaugust juhitakse maavara lindi, elevaatori või muude vahendite abil laadimispunkreisse. Mõnikord võib toimuda ka maavara vahetu raudteevaguneisse laadimine mistahes laadimismasinaga.



Joon. 455. Stolli pealmaa-ehitise skeem.

Kui varapaiga avamine toimub kallakšahtiga, muutub pealmaa-ehitiste skeem.

Kasutades tõstmiseks skippe võib nende tühjendamine toimuda vahetult raudtee laadimispunkreisse (joon. 453). Vagonettide kasutamisel tõmmatakse täied vagonetid tõstevintsiga vastuvõtuestakaadile, tross haagitakse lahti ja vagonetid liiguvad mööda iseveeremiskallakut kallutajasse ning sealt edasi tühjade vagonettide estakaadile uueks kaevandusse laskumiseks (joon. 454).

Pealmaa-ehitiste skeem stolli puhul on toodud joonisel 456. Üksikute hoonete vahekaugused valitakse vastavalt tulekaitse ja õhutõrje juhendeile.

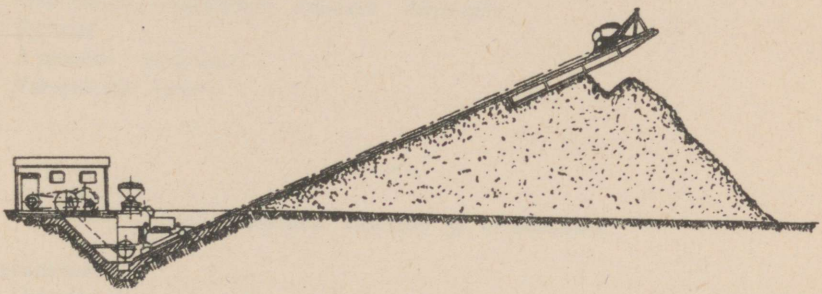
Tuulutussahti hoone (mille lähedusse seatakse üles ventilaator) ehitatakse hermeetilisena. Kõik tema väljumisavad varustatakse lüüskambritega, et oleks tagatud šahti häireteta tuulutamine.

Joonisel 450 toodud skeemi järgi toimub maavara transport šahtihoonest sorteerimisseadeldiseni lint-transportööri abil. Sealt edasi suundub ta laadimispunkreisse.

Kui raudteevagunite etteandmine viibib, antakse maavara skreeperseadeldisega varustatud lattu, mis asetseb raudtee taga.

Kaevandusest väljatoimetatav aherkivim laaditakse automaatselt tühjenduvaisse vagonettidesse või skippidesse ning transporditakse maavaralaoga 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 tõstmine või allalaskmine.



Joon. 456. Aherkivimi kuhik (terrikoonik).

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 soovitav 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.

Lk.

Sissejuhatus 3

I osa.
Mineraloogia. Geoloogia.

1. Üldmõisted. Sagedamini esinevad mineraalid 11
2. Kivimid 14
3. Ajalooline geoloogia 20
4. Varapaikade tüübid 22

II osa.

Kaeveõõnsused, mäetööd ja mäemasinad.

A. Kaeveõõnsused 26
1. Üldmõisted 26
2. Vertikaalsed kaeveõõnsused 27
3. Horisontaalsed kaeveõõnsused (käigud) 30
4. Kallakad kaeveõõnsused 33
5. Kambrid (ruumid) 35
6. Koristusõõnsused 39
7. Lahtised kaeveõõnsused 40
8. Puuraugud 40

B. Mäetööd 42
1. Üldmõisted 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. Üldandmed 52
2. Ühekopalised ekskavaatorid 54
3. Paljukopalised ekskavaatorid 60

D. Laadimismasinad 62
1. Üldandmed 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. Ämmooniumsalpeeter-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 nöör 161
B. Lõhkeainete hoidmine, vedu ja kandmine 162
1. Lõhkeainete ja lõhkamisvahendite ladude põhimõtted. Baasilaod ja tarvituslaod 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 lõhkamistöödel 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. Puurimistööde 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 lõhkamistöödeks 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. Lõhkamistööde teostamine 260
1. Üldandmed 260
2. Tulega süütamise ettevalmistamine 260
3. Löökpadrunite valmistamine tulega süütamiseks 263
4. Löökpadrunite 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 löökpadrunite valmistamine 281
14. Elektriga süütamine 282
15. Tõrgete põhjused ja nende kõrvaldamine 282
16. Tõrgeslaengute likvideerimine 283
17. Leegita lõhkamise viisid 284

IV osa.

Rõhtsate ja kallakate kaeveõõnsuste rajamine.

Lk.

A. Rõhtsate kaeveõõnsuste rajamine 287
1. Üldised märkused 287
2. Rõhtsate kaeveõõnsuste rajamine kõvades ühtlastes kivimites 293
3. Rõhtsate kaeveõõnsuste rajamine ühtlastes pehmetes kivimites 302
4. Rõhtsate 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. Šahti õue ja kambrite rajamine 338
1. Üldmõisted 338
2. Šahti õue rajamine 339
3. Kambrite rajamine 341

V osa.

Šahtide rajamine.

1. Üldmõisted 344

A. Šahtide 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 šahti rajamisel 358
7. Ajutine toestik 360
8. Alaline toestik 360
a) Puittoestik 363
b) Betoontoestik 365

Lk.
c) Kivitoestik 366
d) Metalltoestik 366
e) Toestamise korraldamine 367
9. Šahtide rajamistööde korraldamisest 370
10. Šahtide süvendamine 371
11. Šahtide rajamine puurimise teel 373
12. Šahtide rajamise kombainid 375
13. Uurimisšahtide ja šurfide rajamine 376
B. Šahtide rajamine eriviisidega 379
1. Üldandmed 379
2. Šahtide rajamine punnvaitoestikuga 380
3. Šahtide rajamine vajuva toestikuga 381
4. Šahtide rajamine kessoonidega 382
5. Šahtide rajamine vee juurdevoolu sulgemisega (tampoonimisega) 383
6. Šahtide rajamine külmutamisega 385
7. Šahtide 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. Õhukeste 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. Koristustööde 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. Trükikoda „Hans Heidemann", Tartu, Vallikraavi 4. Tellimise nr. 840.

На эстонском языке.

Л. Каалман. Основы горных работ.

Hind rbl. 14.05

Õiendusi.

Lk.	Rida	On trükitud	Peab olema	Kelle süü pärast
9	18 ülalt	Prof. A. J. Boki	Prof. B. J. Boki	Autori
225	joon. 158	klišee esineb ümberpöördult		Trükikoja
314	8, 9 ülalt	poolmehhaniseeritud skeemi	poolmehhaniseeritud tööviisi skeemi	Toimetaja
328	joon. 235	klišee esineb ümberpöördult		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

Rbl. 14.05

A-18719 II

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00448637 1