

E 16089
EESTI NSV TÖÖSTUSE TEADUSLIKU UURIMISE KESKINSTITUUT

Nr. 7

AADU RITSO

VOOLTOOTMINE

С РЕЗЮМЕ:
ПОТОЧНЫЙ МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“

Nr. 7

AADU RITSO

VOOLTOOTMINE

С РЕЗЮМЕ:

ПОТОЧНЫЙ МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“
TARTU, 1946

SISSEJUHATUS.

Suure Isamaasõja võiduka lõppemisega on alanud laiaulatuslikud taastamis- ja ülesehitustööd. Tuleb kiirelt parandada kõik sõjahaavad, peab kiirelt üles ehitama hävinud tehased, linnad ja külad ning ehitama uusi juurde. Ülesehitustöö edukamaks ja kiiremaks läbiviimiseks tuleb erilist tähelepanu pöörata tootmisprotsessi ratsionaliseerimisele, mehhaniseerimisele ja omahinna alandamisele.

Uheks mõjuvamaks vahendiks selle eesmärgi saavutamisel on moodsa vooltootmis-süsteemi rakendamine. Tootmisprotsessi üleviimine vooltootmisele võimaldab tunduval määral mehhaniseerimist ja ratsionaliseerimist tühise sisseade täiendamise ja sama arvu töökattega. Seejuures tõuseb aga tööstuse toodang sageli mitmekordseks, mille tagajärjel langeb toodangu omahind.

Toodangu omahind ja tootmise ökonoomsus on tähtsamad tegurid, mille järgi me hindame rahvamajanduslikust seisukohast käitiste tööd.

Seepärast tuleb otsustavalt võidelda toodangu omahinna alandamise eest. Seda saavutatakse kõigepealt tootmisprotsesside vooltootmisele üleviimisega.

Pildi saamiseks omahinna kujunemise kohta üleminekul vooltootmisele on toodud alamal paar näidet.

1) Moskva tööpingitehas (MC3) valmistab väiksel hulgal lihvimispinke 372 AM, 3734 ja 315 M. Kuna toodang on väike, siis on siin rakendatud seeriavoolus, s. o. kõiki kolme pinki valmistatakse ühel ja samal voolusel partide viisi. Üle minnes vanalt osakonna-süsteemilt seeria-vooltootmisele ja moderniseerides tootmisprotsessi, vähenes tööpinkide valmistamiseks kuluv tööaeg 50%, kusjuures nende toodang tõusis 100%. Sisseade täiendamisega seoses olevad kulud olid tühised ja tasusid end 6 kuuga. Omahinna kujunemine on toodud järgnevas tabelis.

	Tööpinkide omahinna alanemise %		
	372 AM	3734	315 M
Põhitöötasu	52,8	63,9	66,4
Sisseade kulud	60,5	62,3	72,0
Osakonna kulud	53,5	62,7	66,3
Tehase üldkulud	47,3	62,5	57,6
Tehase omahind (ilma materjalita)	51,7	64,2	65,8

2) Veel suurem on omahinna langus, kui minnakse harilikult osakonna-süsteemilt üle pidevooltootmis-süsteemile.

Näiteks Moskva tehases „Kalibr“, mis valmistab varbsirkleid, üle minnes pidevooltootmisele, langes varbsirkli hind 64 rublalt 7 rublale 80 kopikale,

s. o. rohkem kui kaheksa korda, seejuures suurendati sisseseadet 100% võrra ja tehase toodang tõusis 6,5-kordseks.

Nendest lühikestest näidetest ilmneb, et vooltootmisel on äärmiselt suur rahvamajanduslik tähtsus, sest niiviisi saab sama sisseseade ja töökäte hulga juures tõsta toodangut mitmekordseks.

Kuna meil Nõukogude Eestis on enamalt jaolt väiksed, väga mitmesuguse tootmisenomenklatuuriga tehased, siis tuleb meil paljudel juhtudel erilist tähelepanu pöörata seeriaviisi vooltootmisele, mis annab küll vähem tootmiskulude kokkuhoidu, kuid vastab rohkem meie tööstuse maastaabile. Lõppsihiks peab aga siiski jääma pidevvooltootmine.

Arvestades seda, et pidevvooltootmine on moodsaim ja ökonoomsem tootmisviis, on käesolevas raamatus käsitletud eeskätt pidevvoolusi, ja alles selle järel madalama astme voolusi s. o. seeriavoolusi.

Kõige komplitseeritumad vooltootmise organiseerimise juhtumid esinevad metallitööstuse mehhaanilistes osakondades. Kuna meil on küllaltki suur metallitööstus, on ainet käsitletud mehhaanilise osakonna baasil ja tõmmatud paralleele, kus see tarvilikuks osutub, teiste tööstusharudega.

Teema käsitlemisel on antud kõigepealt üldised mõisted vooltootmise kui niisuguse kohta ja selle järel on pikemalt käsitletud vooluse organisatsioonilisi, tööjõu jaotuse, reservide planeerimise, transpordi ja sisseseade arvestuse küsimusi. Et aine teoreetiline käsitus üksinda ei anna vooltootmisest täit pilti, on siin toodud ka mõningaid praktilisi näiteid Eesti ja teistest tehastest.

Kuna vooltootmise kohta on eesti keeles seni kirjandust ilmunud õige vähe, siis loodan, et käesolev raamat annab tõhusat abi Eesti NSV tööstuse aktiivile vooltootmise rakendamisel ja süvendamisel meie tööstuses.

Käesoleva raamatu peaesmärgiks on kaasa aidata Nõukogude Eesti rahvamajanduse viisaastaku plaani täitmisele, mis kindlustab meie maa ulatusliku industrialiseerimise.

Siinkohal avaldan erilist tänu Eesti NSV Tööstuse Teadusliku Uurimise Keskinstituudi asedirektorile teaduslikul alal ins. H. Truu'le ja ins. E. Liiver'ile praktiliste näpunäidete eest käesoleva raamatu koostamisel.

I.

VOOLTOOTMISE ÜLDISED MÕISTED.

1. Vooltootmise sisu.

Mingile detailile teatava vormi, tugevuse ja pinnapuhtuse andmiseks on tarvis detaili töödelda mehhaaniliselt, termiliselt ja ka keemiliselt. Eespool nimetatud töötlemisliigid jagunevad omakorda tehnoloogilisteks ja abioperatsioonideks. Tehnoloogilisteks nimetame operatsioone, mille tagajärjel otseselt muutuvad eseme vorm või tema füüsilised ja keemilised omadused. Abioperatsioonideks nimetame neid operatsioone, mille tagajärjel ese ei muuda oma kuju ega füüsilisi või keemilisi omadusi, mis aga siiski on vajalikud, et teostada tehnoloogilisi operatsioone. Nende operatsioonide hulka kuulub transport, proovimine jne.

Tehnoloogiliselt sarnased operatsioonid moodustavad tootmisfaasid. Masinaehituses näiteks jaotatakse kogu protsess kolme faasi: ettevalmistus-, töötlemis- ja monteerimisfaas.

Sõna protsess tähendab liikumist. Masinaehituses mõistetakse protsessi all töömasinate täidesaatvate organite liikumist, tööliste masinate käsitlemist ja lõpuks detailide ja sõlmede liikumist ühest tootmisfaasist teise.

Tootmisprotsessi iseloomustab kõigi või osa tootmisprotsesside üheaegne kulgemine. See tähendab, et kui osa detaile on alles ettevalmistusfaasis, võib teine osa detaile, mis lähevad samale masinale, olla juba töötlemis- või monteerimisfaasis.

Seega iga tööstuslik tootmine peab olema oma iseloomult voolav. Detailid ja masinasõlmed kulgevad kogu aeg üksteise järel ühest tootmisastmest teise. Selles protsessis võib esineda seisakuid, s. o. momente, millal detail või masinasõlm langeb tootmisprotsessist välja ja tema juures ei toimu mingeid muudatusi. Selliseid momente nimetame surnud punktideks.

Pidevvooluse iseärasus seisab selles, et töödeldavad esemed läbivad nii tehnoloogilised kui ka abioperatsioonid ilma seisakuteta, mille tagajärjel langevad välja surnud punktid, ning kõigi protsesside vahel tekib pidev side.

Üksikute detailide töötlemine ja monteerimine pidevvoolootmisel toimub nn. tehnoloogilistel voolustel.

Vooluseks nimetatakse tootmisprotsessi, mille juures töödeldav ese liigub töökohalt töökohale kindlas rütmis ja enamik tööabinõusid protsessi teostamiseks on paigutatud tööoperatsioonide tehnoloogilises järjekorras.

Voolused võivad tehases töötada kord paralleelselt, s. o. mitu voolust valmistavad erinevaid detaile, või järjestikku; viimasel juhtumil üks voolus toidab teist voolust poolfabrikaatidega. Näit. jalanõudevabrikus pealsetegemisevoolus toidab poolfabrikaatidega saapamonteerimis-voolust.

Kõik detailid ja sõlmed lõplikus vormis suunatakse peakonveierile monteerimiseks.

Selleks et kõik voolused suudaksid peakonveierit toita pideva tööga, peavad kõik protsessid olema täpselt kooskõlastatud nii ajaliselt kui ka ruumiliselt.

Tootmisprotsess võib olla ainult siis pidev ja masinate ning töäjõu kasutamise efektiivne, kui iga tootmisprotsessi lüli toodab just nii palju, kui temale on ette määratud. Vastasel korral peab osa masinaid vahetevahel seisma, kuna teiste ette tekib detailide kuhjumine.

Pidevvoolutootmisel ei või ühel töökohal teha mitmesuguseid operatsioone, nagu see on omane tavalisel tootmisel. Igal töökohal võib sooritada vaid ühte kindlat operatsiooni.

Selleks et kindlustada pidevat tööprotsessi, peab igale töökohale antud voolusel andma ühesuguse, kindla rütmi, mida ta võib kasutada antud detaili töötlemiseks.

Rütmiks nimetame aja intervalli; mis moodustub kahe ühesuguse detaili ehk tüki valmistamise või etteandmise vahel.

Valemina võib rütmi kujutada järgmiselt:

$$r = \frac{T}{N} \quad (1)$$

r — rütm (tunnis või minutis),

T — töötlemisaja fond (vahetus, tund, minut),

N — etteantud tükkide arv ajaühiku T jooksul.

Siit järgneb, et pidev protsess on ainult siis võimalik, kui kõigil tootmislülidel on kindel, ühesugune rütm.

Vooluse rütmi määramist nimetame sünkroniseerimiseks.

Seni vaatlesime pidevvoolutootmist ajaliselt, nüüd aga vaatleme teda ruumiliselt.

Ruumiliselt peab masinate ja agregaatide paigutus vastama järgmistele nõudeile:

1) Materjali liikumise tee peab olema võimalikult lühike ning sirgjooneline. Kategooriliselt on keelatud vooluste ristumised ja vastuvoolused.

2) Töäjõu- ja energiakulu peab olema produktsiooni transportimisel minimaalne.

Need kaks tingimust on täidetud ainult sel juhtumil, kui põhi-tootmisprotsessist osavõtavad masinad ja agregaadid on paigutatud tehnoloogilise protsessi järjestuses.

Töökohtade tihe üksteise kõrvale paigutamine ja massiline tootmine võimaldavad tarvitusele võtta moodsaid efektiivseid transportvahendeid, kon-

veiereid, transportööre, rullikuid, kaldpindu jne. mitte ainult üksikute töökoh-
tade, vaid ka osakondade vahel.

Pidevvoolootmist iseloomustab peale eeltoodu veel tehnika kõrge tasapind
ja lõpetatud tehnoloogiline protsess, suur hulk täiuslikke automaatseid ja pool-
automaatseid tööpinke ja spetsiaaltööriistade tarvitamine. Pidevvoolootmise
algpäevil püüti tehnoloogilist protsessi võimalikult diferentseerida üksikuiks,
spetsialiseerunud protsessideks. Käesoleval ajal aga püütakse pidevvoolootmisel
kasutamisele võtta mitme spindliga ja teraga töömasinaid või agregate, seega
kontsentreerides üksikuid operatsioone.

Pideva automaatse voolootmise sisu seisab selles, et töödeldav objekt liigub
„ühest tootmisfaasist teise mitte inimkäe, vaid mehhanismi abil“.

2. Voolootmise režiim.

Igal kollektiivsel tootmisel peab olema kindel töörežiim. Olenevalt tootmise
iseloomust võib töörežiim olla kas rangem või pehmem. Pidevvoolootmine
nõuab eriti valjut režiimi nii otseses tootmisprotsessis kui ka abitöodes. Siin-
juures tuleb eriti silmas pidada järgmisi asjaolusid:

1) Vooluse söötmine materjalidega ning detailidega
— a) materjalide ja detailide hulga ja b) nende kvaliteedi seisukohalt.

Voolus nõuab iga päev, iga tund, iga minut kindlat arvu materjale või
detailide. See nõuab ettevalmistavate osakondade täpset ja korrapärast tööd.
Eriti tähtis on detailide kvaliteet. Monteerimisel peavad nad hästi sobima neile
määratud kohtadele, vastasel korral tekivad tootmisel tõrked.

Detailide kvaliteedi tähtsust rõhutab eriti kontroll- ja mõõtmisaparatuuride
rohkus olemasolevatel voolustel. Näiteks kasutatakse Molotovi-nimelises auto-
tehases ühe veoauto valmistamisel 7700 erinimetusega kontroll-tööriista.

2) Vooluse söötmine tööriistadega.

Iga töökoht tuleb varustada küllaldasel määral heade lõike- ja teiste töö-
riistadega, sest ühe pingi seismajäämine võib esile kutsuda kogu vooluse sei-
saku. Halvavalt mõjub tööriistade sagedane tööriistade vahetamine, see-
pärast tuleb erilist rõhku panna tööriistade kvaliteedile ja vastupidavusele.

3) Töörežiim.

Pidevvoolootmisel omab määratu suurt tähtsust töörežiimist ja iga operat-
siooni normajast kinnipidamine. Tavalisel seeriatootmisel on vähe tähtis, millal
ja kui kaua üksikuid detailide tehakse, tähtis on vaid lõpp-produkt. Vooloot-
misel aga tuleb üksikasjaliselt silmas pidada kogu tootmisprotsessi. Pidevvool-
ootmine nõuab igalt töökohalt normajast kinnipidamist, iga väike kõrvale-
kaldumine ajas halvab kogu vooluse tööd.

4) Vooluse hooldamine.

Pidevvoolootmisel tuleb tingimata teostada plaanipärane profülaktiline
masinate remont ja varustada masinatepark küllaldase masinaosade tagavaraga.

Voolootmisel tõuseb tunduvalt abiseadmete ja abitööliste tähtsus. Mõnes
osakonnas tuleb rakendada eriseadmed ja -töölised tootmisjäätmete kõrvalda-
miseks, näiteks metallilaastud mehhaanilises osakonnas jne.

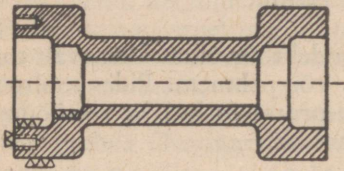
3. Vooluste liigitus.

Olenevalt tehnoloogilisest protsessist, organisatsioonilistest tingimustest, töödeldavate detailide iseloomust, mehhaniseerimise astmest ja transpordi automaatsusest, jaotatakse tööstustes voolused järgmiselt:

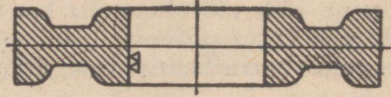
- 1) detaili ühelt töökohalt teisele transportimise mooduse järgi ja
- 2) rütmi järgi.

1) Detailide transportimiseks on kolm moodust:

a) Automaatne detailide edasiandmine. Töömasinad ja transportseadmed moodustavad ühe tootmisprotsessi. Transportöör on ehitatud töömasina sisse, moodustades seega automaatse masinate-süsteemi. Selliseid täisautomaat-masinaid leidub meil NSV Liidus näiteks Stalingradi traktoritehases, kuullaagrite tehases ja mujal.



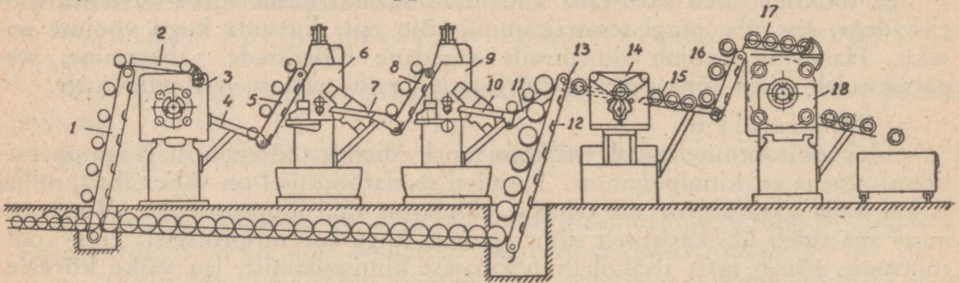
Joon. 1.



Joon. 2.

Näitena võib tuua Stalingradi traktoritehases sm. Inotšniki poolt konstrueeritud täisautomaatset vooluse osa, mis valmistab traktori veorulli rumme ja bandaaže (vt. joon. 1 ja 2). See täisautomaatne voolus koosneb viiest pingist (vt. joon. 3).

Töötlemisele tulevad detailid juhitakse punkrisse, kust nad veerevad kaldpinda mööda transportööriini, mis viib detailid kahepoolsele augutremise automaadi punkrisse. Punkris haaratakse detail automaatsete haardevahenditega, mille järel ta läheb õõnsuse šruppimisele, õõnsuse puhastõõtlelemisele ja puuri-



Joon. 3.

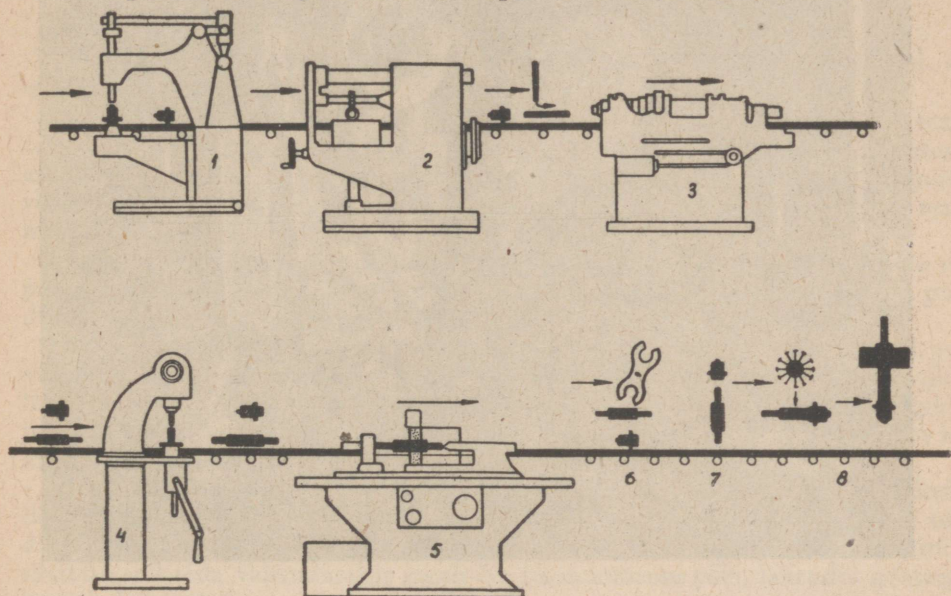
Inotšniki täisautomaatse vooluse skeem. 1 — transportöör, 2 — vastuvõtupunker, 3 — kahepoolne augutremise automaat, 4 — väljalaadimissild, 5 — transportöör, 6 — šruppimise automaat, 7 — väljalaadimissild, 8 — transportöör, 9 — treimise automaat, 10 — väljalaadimissild, 11 — transportöör, 12 — bandaaži transportöör, 13 — laadimispunder, 14 — bandaažide pealevajutamise press, 15 — väljalaadimissild, 16 — transportöör, 17 — vastuvõtupunker, 18 — kombineeritud kahepoolne augupuurimise ja vindilõikamise automaat.

misele. Siit vabanedes juhitakse detail väljalaadimissillale, kust transportöör viib ta järgmisele mitme teraga treipingile, kus toimub šruppimine ja otste lõikamine. Selle operatsiooni järel rändab detail kolmandale pingile, kus toimub puhastreimine ja otste lõikamine.

Edasi liigub rumm neljandale töökohale — automaatpressile. Samal ajal jõuab sinna ka bandaaž. Siin pressitakse bandaaž rummu otsa.

Viimaks liigub kogu sõlm automaatsele puurimis- ja vindilõikamismasinale, millega lõpeb sõlme täisautomaatne töötlemine.

b) Mehhaaniline detailide ja sõlmede transport: aa) pidevalt töötava lint- või lülitransportööriga, konveieriga (vt. joon. 4) jt. ja bb) perioodiliselt liikuvate transportvahenditega: rullikud, roopad, telferid jne.



Joon. 4.

Tolmuimeja kommutaatori konveier. 1 — kommutaatori neetimine, 2 — lõhede freesimine, 3 — võlli treimine, 4 — kuullaagrite otsa pressimine, 5 — võlli lihvimine, 6 — võlli kontrollimine, 7 — kommutaatori pressimine võllile, 8 — pooluste plekkide pressimine võllile.

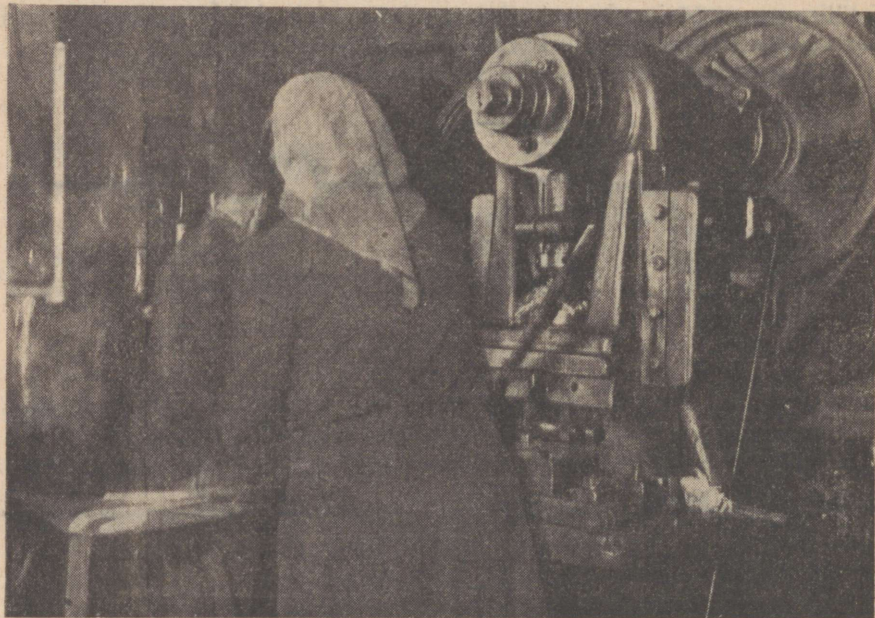
Detailide edasiandmine eespool-nimetatud vahenditega sünnib mehhaaniliselt kas üksikult või väiksemate detailide puhul partiide viisi.

c) Kätsi edasiandmise moodust kasutatakse väiksemate detailide või sõlmede korral, kusjuures töökohad asuvad vahetult üksteise ligidal. (Vt. joon. 5 — hobuseraua tootmine ühes Tallinna tehases.)

Tihti segatakse pidevvooltootmist konveier-transportiga. Ometi on need kaks hoopis erinevat mõistet. Pidevvooltootmise mõiste on palju laiem kui lihtsalt konveier-transport. Paljudes osakondades, näiteks valu- ja monteerimisosakonnas, iseloomustab vooltootmist ka konveier, kuid näiteks mehha-

nilises osakonnas, kus protsess on hästi korraldatud, võib konveier sageli puududa.

Konveierid jagatakse transport- ja töökonveieriteks. Transportkonveierid täidavad ainult transpordi ülesandeid ja neil ei ole midagi ühist pidevvoolusega. Töökonveierid võtavad aga otseselt osa tööprotsessist, nad on nii transportvahendeiks kui ka pidevvoolootmise organisaatoreiks. Seega põhiliseks vaheks transport- ja töökonveieri vahel on, et esimene täidab ainult transpordi ülesandeid, teine aga dikteerib tööritmi ja juhib seega kogu tootmisprotsessi.



Joon. 5.

2) Pidevvoolootmisel võib tööritm olla kahesugune: vaba rütm või sunnitud rütm.

Vaba rütm ei tähenda seda, et ei ole kindlat rütmi. Igal pidevvoolootmisel on kindel rütm, kuid vaba rütmi mõiste seisab selles, et töölised ise hoiavad rütmi. Kui aga rütmi hoidmiseks on mingisugused mehhaanilised vahendid, siis nimetame seda sunnitud rütmiks. Tehnilised vahendid sunnitud rütmi hoidmisel jagunevad kahte kategooriasse.

a) Signaalid, optilised või akustilised, näiteks kellad, sireenid, suured kellad töölise vaatesektoris jne.

b) Transportöörid ettemääratud liikumiskiirusega, pideva või perioodilise töötamisega.

Tänapäeval on eriti viimatimainitud tehnilised vahendid leidnud laialdast kasutamist.

II.

VOOLUSTE ORGANISEERIMINE KÄITISES.

Pidevvoolootmine võib haarata kas kogu käitise tootmisprotsessi või ainult selle üksikuid osi.

Kõige sagedamini alustatakse pidevvoolootmise kohaldamisega tehase monteerimisosakonnas, sest siin on tavaliselt töömasinaid vähe kasutusel, esineb enamasti käsitsitöö ja seega on üksikute operatsioonide kestust lihtne reguleerida ühepikkuseks. Samuti on siin peaaegu alati otstarbekohane sisse seada mingisugune transportöör.

Pidevvoolootmise organiseerimine monteerimisosakonnas kutsub esile töö parandamise kogu tehases, sest siin selguvad teiste osakondade toodangu puudused ja vead, mis segavad tunduvalt monteerimisvoolust.

Tehase mõnes peaosakonnas pidevvoolootmise süsteemi rakendamisel peavad ka teised osakonnad oma vooluste organisatsiooni parandama detailide liikumise marsruudi lühendamise, seisakute vähendamise tehnoloogilises protsessis, ja tihendama osakondade koopereerimist nii tehase koguulatuses kui ka üksikosakondades.

See ülesanne seisab ees igal tehasel, sõltumatult tootmisobjektidest, taotledes üldist eesmärki — lühendada tootmistsükli. Mida suurem on tehase toodang, seda tähtsam on see ülesanne. Eriti oluline on tootmistsükli lühendamine sõjaajal, mil teda vähendatakse sageli üle ökonoomsuse piiri, lähtudes strateegilisest vajadusest.

Tööstuspraktikas on küllalt meetodeid, mis võimaldavad teatavas olukorras järsult lühendada iga detaili liikumismarsruuti ja detaili tootmisprotsessis olemise aega.

Tootmisprotsessi kestuse määramisel on olulised järgmised peorganisatsioonilised tegurid:

- 1) Osakonna moodustamine.
- 2) Jaoskondade moodustamine.
- 3) Detailide liikumine.

I. Osakonna moodustamine.

Osakonna kujundamine tervikuliseks tootmis-territoriaalseks üksuseks mõjub eriti tootmise koopereerimisvormile ja tootmistsükli kestusele. Tavaliselt kasutatakse osakonna moodustamisel kolme põhimõtet.

- a) Osakonna moodustamine tehnoloogilise prot-

sessi järgi. Siin on iseloomustav, et ühte osakonda on koondatud ühesuguste tehnoloogiliste protsesside teostamine, näiteks detailide töötlemine treimise, hõõveldamise jne. teel (mehhaaniline osakond), detailide töötlemine pressimisega, stantsimisega, sepistamisega (sepikoda), detailide monteerimine sõlmedeks ja masinaiks (monteerimisosakond).

Sellise süsteemi juures on väga raske teha koostööd. Detail peab sageli läbima mitu korda kõik osakonnad, kusjuures detaili liikumise tee ristub ja venib ebamääraselt pikaks.

b) Osakonna moodustamine objekti tehnoloogia järgi. Osakond moodustatakse tehnoloogiliste protsesside järgi, kusjuures iga osakond spetsialiseerub teatava piiratud arvu objektide valmistamisele, mis sarnanevad üksteisega tehnoloogilise protsessi poolest. Kui tehases on mitu mehhaanilist osakonda, siis töödeldavate detailide jaotamine nende vahel toimub tavaliselt sõlmede või agregaatide järgi, näiteks masinaehitustehases käigukastide osakond, radiaatorite osakond jne., saapavabrikus juurdelõikuse osakond jt. Osakonna moodustamine objekti tehnoloogia järgi aitab tunduvalt kaasa toodangu koostööle ja võimaldab tõsta vastutust detailide ja sõlmede korraliku töötlemise eest.

c) Osakonna moodustamine sünteetilise objekti järgi. Sellist moodustamist iseloomustab 1) äärmiselt väike valmistatavate detailide nomenklatuur. Osakond on kohandatud ühe töö ja mõne objekti valmistamiseks. 2) Objekt-sünteetiline formeerimine põhineb üksikasjalisel erinevate tehnoloogiliste protsesside kooskõlastamisel ühes osakonnas. Selliseid protsesside kooskõlastamise näiteid ühes osakonnas võib tuua igas tööstusharus, kus on sisse seatud pidevvooltootmine. Näiteks mehhaanilises monteerimisosakonnas võib toimuda külmsepistamine, mehhaaniline töötlemine, termiline töötlemine, värvimine, monteerimine, keevitamine jne.

Mass- ja suurseriitootmise süsteemid nõuavad, et töödeldavad detailid ja sõlmed liiguksid pidevalt, ilma seisakute ja kuhjumisteta. Osakonnad kujundatakse üha rohkem objekti, mitte aga tehnoloogia järgi.

Piltlikult võib osakonna formeerimist tehnoloogilise protsessi ja objekti järgi kujutada järgmiselt.

Tähistame osakonnad numbriga ja tööoperatsioonid tähtedega, siis on tehnoloogilise protsessi järgi moodustatud osakonna struktuur järgmine:

1)	a	a	a	a,
2)	b	b	b	b,
3)	c	c	c	c,
4)	d	d	d	d,

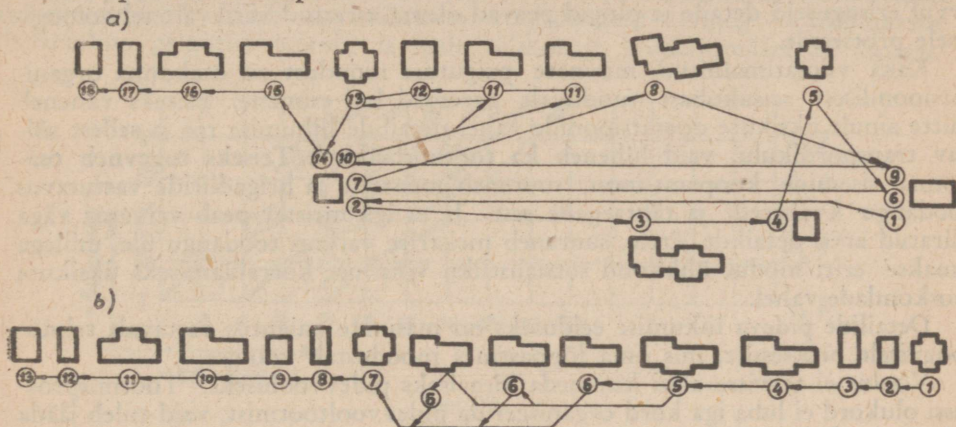
Sellise struktuuri juures sooritab iga osakond neljast operatsioonist ainult ühe operatsiooni. Töötlemisel oleva eseme transport ühest osakonnast teise nõuab suurt tööliste hulka ja eri sisseseadeid. Iga ese peab läbi tegema pika tee ühest osakonnast teise, kulutades aega ja tehes sõlmi.

Objekti järgi formeeritud osakond näeb välja piltlikult järgmiselt:

1)	a	b	c	d,
2)	a	b	c	d,
3)	a	b	c	d,
4)	a	b	c	d.

Siin teeb iga osakond läbi kõik tööoperatsioonid. Seega väheneb tunduvalt eseme poolt läbikäidud marsruut ja kaovad ära sõlmed.

Suurtes tehastes, kus on hästi korraldatud pidevvoolootmine, näiteks meie autotraktorite tehastes, on üksikud osakonnad seotud omavahel spetsiaalsete transportöridega, mis sageli on üsna pikad. Nii on näiteks Gorki autotehases üks transportöör 2 km pikk.



Joon. 6.

Ekstsentrliku marsruut vana ja uue osakonna-struktuuri järgi. a) Vana süsteem. 1 — märkimine, 2 — puurimine, 3 — treimine, 4 — saagimine, 5 — freesimine, 6 — märkimine, 7 — puurimine, 8 — treimine, 9 — märkimine, 10 — puurimine, 11 — treimine, 12, 13 — freesimine, 14 — puurimine, 15 — treimine, 16 — lihvimine, 17, 18 — puurimine. b) Uus süsteem. 1 — freesimine, 2 — märkimine, 3 — puurimine, 4, 5, 6 — treimine, 7 — freesimine, 8 — hamba freesimine, 9 — puurimine, 10 — treimine, 11 — lihvimine, 12, 13 — puurimine.

Paljud meie tehased olid sunnitud möödunud sõjaajal üle minema mass- ja suurseriitootmisele. Nad olid sunnitud aktiivselt tootmisprotsessi ümber organiseerima, spetsialiseerides osakondi teatava kindla eseme valmistamiseks.

2. Jaoskonna moodustamine.

Masinaehitustehase mehhaanilistes osakondades tuleb detail sageli töödelda mitmel töömasinal, mille tagajärjel saavutatakse tööprotsessi diferentseerumine, kuid seejuures pikeneb detaili liikumistee.

Mehhaanilise osakonna sisemine koopereerimine ja detailide veovoolus oleb praktiliselt töömasinate paigutusest. Masinate asukoha valik ja paigutamine mehhaanilises osakonnas toimub samade põhimõtete järgi nagu kogu käitise sisseseade paigutamine.

Mehhaanilises osakonnas paigutatakse masinad kolme põhimõtte järgi: a) ühesuguste masinate järgi, näiteks treipingid ühes grupis, teises freespingid jne. Selline masinate paigutus on iseloomustav üksikesemete ja väikeseria kaupa tootvaile ettevõtetele.

b) Töötlemisobjektide järgi, näiteks ühes grupis on masinad, mis töötlevad võlle, teises grupis töödeldakse hammasrattaid jne. Sellist masinate paigutust kasutatakse esemete seeriaviisi tootmise korral ja seda nimetatakse tootmiseks suletud tsükliga.

c) Tehnoloogilise voolu järgi. See on punkt b täiuslikum kuju. Siin peab iga grupp masinaid töötleva kas ühteainsat või väga piiratud arvu erisuguseid detaile ja pingid peavad olema asetatud vastavalt tehnoloogilisele protsessile.

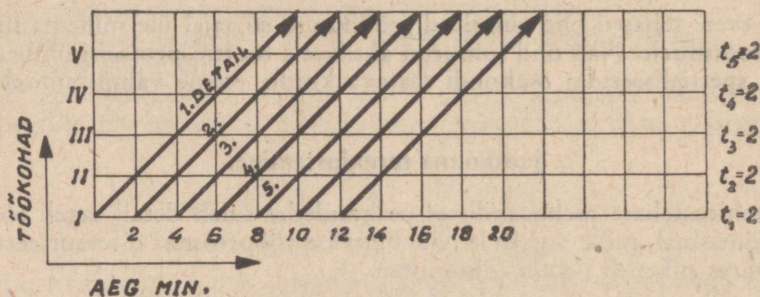
Kaks viimatimainitud masinate paigutuse moodust on osakonna organisatsioonilisest seisukohast tunduvalt paremad kui esimene. Esiteks väheneb mitte ainult üksikute operatsioonide vahel detailide liikumise tee ja sellest sõltuv transpordikulu, vaid lüheneb ka tootmistsükkel. Teiseks tugevneb osakonna sisemine koöperatsioon, suureneb meistrite ja brigadiiride vastutavus toodangu kvaliteedi ja tähtaegade eest. Ja et iga meister peab valvama väga piiratud arvu detailide järele, suureneb meistrite valvsus toodangu üle, millega luuakse eriti soodus õhkkond sotsialistliku võistluse korraldamiseks üksikute jaoskondade vahel.

Detailide pideva liikumise eelduseks on masinate paigutus vastavalt tehnoloogilisele protsessile, mis oma lõppastmes moodustab vooluse.

Voolus ei tarvitse alati kujuneda ideaalseks pidevvooluseks. Tootmisprotsessi olukord ei luba iga kord organiseerida pidevvoolootmist, vaid tuleb jääda mingile vahepealsele astmele. Vastavalt sellele esinevad praktikas järgmised voolusetüübid:

- a) pidevvoolus,
- b) otsevoolus,
- c) vahelduvvoolus ja
- d) objektvoolus.

Pidevvoolus kujutab endast koordineeritud tootmisprotsessi kõrgeimat vormi nii ajalisel kui ka ruumilisel.



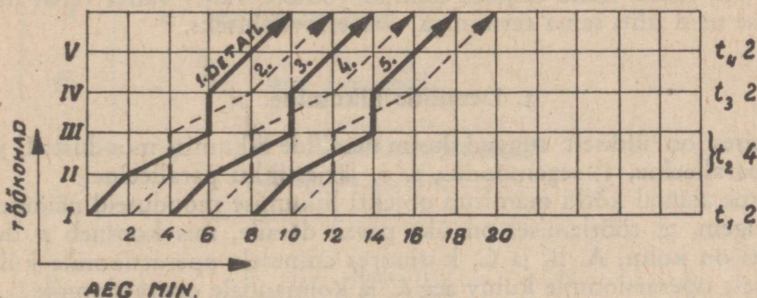
Joon. 7.

See tähendab, et kõik töökohad paigutatakse tehnoloogilise protsessi järjekorras ja igale töökohale määratakse kindel operatsioon. Operatsioonid võivad olla oma pikkuselt võrdsed või kordsed (viimasel juhtumil tuleb ette näha vastavalt rohkem töökohti); detailide edasiandmiseks on spetsiaalsed transporditöörid.

Kõik eespool-nimetatud tingimused kindlustavad esemete kiiret liikumist ühelt töökohalt teisele.

Joonisel 7 on kujutatud detaili liikumine, kui operatsioonide kestused on võrdsed, joonisel 8 aga on kujutatud detaili liikumine, kui mõne operatsiooni kestus on kahekordne.

Otsevoolusest kõneleme juhul, kui operatsioonid ei ole lõplikult sünkroniseeritud. Säilib aga tähtsaim voolootmise tunnus — töökohtade ahelataoline paigutus ruumis, ja igale töökohale kindlaksmääratud operat-



Joon. 8.

sioon. Kuna siin tööoperatsioonide kestus on reguleerimata, liiguvad esemed ühelt töökohalt teisele perioodiliselt, mille tõttu ei saa kasutada lõplikke transportvahendeid.

Otsevoolulist tootmissüsteemi kasutatakse sageli masinaehitustehaste mehhaanilistes osakondades, kus on raske määrata ühepikkusi tööoperatsioone. Täpsemalt vaatleme seda meetodit alamal.

Vahelduvvoolust kasutatakse juhul, kui antud detaili töötlemine ei suuda kõiki vooluse töökohti küllaldaselt koormata. Sel juhul võib vähekoormatud töökohtadel töödelda kahte või kolme eritüübilist detaili, mis tehnoloogilise protsessi poolest on teataval määral üksteisele sarnased. Ühe detaili töötlemisest ei võta siin osa mitte kõik töökohad, vaid osa neist seisab, teiste detailide töötlemisel on aga tööle rakendatud ka need töökohad, mis enne seisid; seevastu mõni teine esimese detaili töötlemisel tegutsesv töökoht ei võta osa teise detaili töötlemisest.

Antud juhtumil on vooluses rohkem töökohti, kui neid ühe või teise detaili valmistamiseks antud voolusel tarvis läheks.

Näiteks on ühe detaili töötlemiseks tarvis 9 tööpinkki, neist 2 treipinki, 1 freespinki, 3 hõõvelpinkki, 2 puurmasinat, 1 lihvimispinki. Teise detaili valmistamiseks on aga tarvis voolusele juurde lisada 2 kammtõmbepinki, kuid langeb ära tarvidus lihvimispingi järele. Seega voolus koosneb 11-st töökohast, kusjuures ühe detaili valmistamisest võtab osa 9, teise detaili valmistamisest aga 10 töökohta.

Vahelduvvoolus teatava detaili töötlemisel võib olla organiseeritud pidevoolusena või otsevoolusena. Mehhaanilistes osakondades on ta organiseeritud tavaliselt otsevoolusena. Masinaehitustehaste monterimisosakondades, saapavabrikutes jm. on aga vahelduvvoolus organiseeritud tavaliselt pidevoolusena.

Objektvoolust kasutatakse juhtumil, kui töömaht on sedavõrd väike, et üks detail ei suuda kogu voolust koormata ja seetõttu voolusel töödeldakse korraga mitut detaili.

Põhiliseks erinevuseks vahelduvvooluse ja objektvooluse vahel on see, et vahelduvvooluse korral on kõik töökohad korraga tegevuses ainult ühe detaili valmistamisega. Seevastu aga objektvooluse korral erinevad tööpingid töötlevad erinevaid detaile ja ainult tänu sarnasele töötlemistehnoloogiale on pingid asetatud vastavalt tehnoloogilise protsessi käigule.

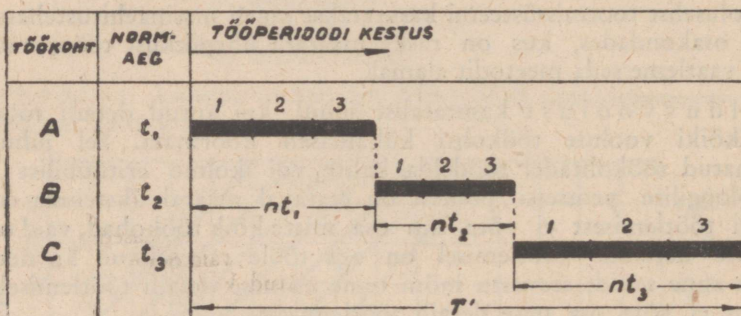
Sageli on raske kahe eespool-toodud vooluse vahel vahet teha, mistõttu nimetatakse neid tihti sama terminiga — seriivooluseks.

3. Detailide liikumine.

Tootmises on üldiselt tuntud kolm detailide liikumise moodust: 1) järjestikune, 2) paralleelne, 3) segamoodus, s. o. järjestikku paralleelne.

Selgitame alamal kõiki mainitud objekti liikumise mooduseid näidete varal.

Kujutelgem, et töötlemisel on üks partii detaile, mis koosneb n detailist, ja töökohti on kolm, A, B, ja C, kusjuures esimesele operatsioonile kuluv aeg on t_1 , teisele operatsioonile kuluv aeg t_2 ja kolmandale operatsioonile t_3 . Kujutades järjestikku liikuvate detailide töötlemist graafiliselt (joon. 9) näeme, et kogu partii detaile töödeldakse töökohal A, sealt läheb kogu partii B-sse jne. Siit selgub, et antud juhtumil suureneb tunduvalt detailide töötlemisperioodi kestus, kuna detailid peavad seisma töökoha juures seni, kui töödeldakse teisi detaile.



Joon. 9.

Töötlemise kestus valemina näeks välja järgmiselt:

$$T' = n \sum_1^m t \quad (2)$$

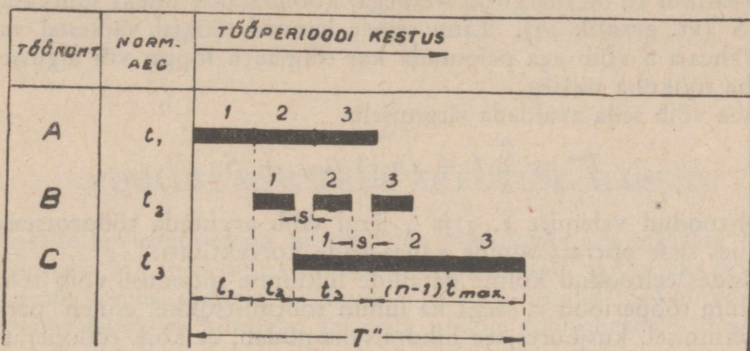
n — detailide arv

m — operatsioonide arv.

Joonisel 10 on kujutatud detailide liikumine paralleelselt. Paralleelsel liikumisel on ühe partii detailid korraga kõigis töötlemisastmes, s. t. kõik töökohad on korraga seotud ühe ja sama partii detailide valmistamisega. Antud juhtumil ratsionaalsel töötamisel antakse iga detail tööoperatsiooni lõppemisel otsekohe edasi järgmisele töökohale.

Graafikud 9 ja 10 on koostatud ühes maastaabis ja operatsioonide kestus on samuti võetud võrdne.

Graafikuist on näha, et detailide paralleelsel liikumisel väheneb tunduvalt tööperioodi kestus.



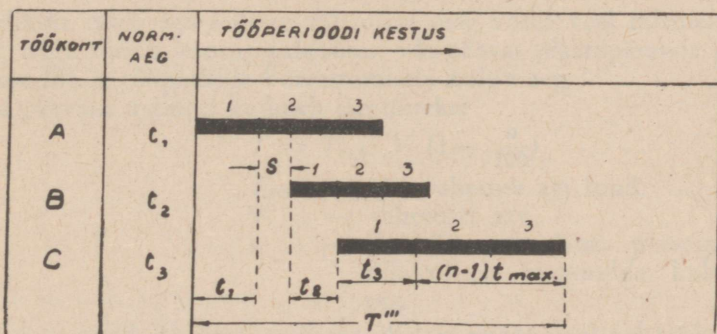
Joon. 10.

Valem detaili töötlemise kestuse kohta paralleelsel liikumisel näeb välja järgmiselt:

$$T'' = \sum_1^m t + (n-1) t_{max} \quad (3)$$

t_{max} — pikim tööoperatsioon protsessis.

Kuna detaili paralleelse liikumise graafik koostati järjestikku liikuvate detailide graafiku järgi, saime ebatavalise pildi protsessi käigu kohta, sest töökoha B



Joon. 11.

tööoperatsioon on lühem kui teised operatsioonid. (Graafikul on tööoperatsiooni vaheaeg märgitud tähega s .)

Praktikas toimub paralleelne detailide liikumine ainult rütmiliste protsesside korral, mistõttu toimubki protsesside sünkroniseerimine.

Paralleelne detailide liikumine eeldab täpset ja ranget tootmisorganisatsiooni, mistõttu sageli tehastes kasutatakse detailide segaliikumist, s. o. järjestikust ja paralleelset korruga.

Detailide segaliikumise sisu seisab selles, et siin üksikud väikesed tööd vaheajal, mis graafikul t_0 on märgitud s -tähega, koondatakse üheks suuremaks töövaheajaks S (vt. graafik 11). Tänu sellele kaovad tööajal väikesed vaheajad. Suurema vaheaja S võib aga paigutada kas tööpäeva lõppu või algusse. Seega lüheneb ühe töökoha tööaeg.

Valemina võib seda avaldada järgmiselt:

$$T''' = \sum_1^m t + (n-1) t_{max} + S \quad (4)$$

Eespool-toodud valemite 2, 3 ja 4 järgi võib arvutada tööprotsessi tsükli pikkuse, viies sisse operatsioonide vaheaegade korrektuuri.

Analüüsides eeltoodud kolme detailide liikumise moodust võib teha järelduse, et lühim tööperiood ja seega ka lühim tootmistsüklil esineb paralleelsel detailide liikumisel, kusjuures see liikumisviis nõuab, et kõik tööoperatsioonid oleksid ajaliselt ühepikkused. Täites viimase nõude, s. o. et kõik operatsioonid oleksid ühepikkused, saab organiseerida pidevvoolust.

Kui aga pole võimalik tootmistsükke teha ühepikkusteks, siis saab organiseerida ainult otsevoolust ja detailide liikumine toimub järjestikku paralleelsel viisil.

III.

VOOLUSE SISSESEADE ARVUTUSE ALUSEID.

Siseseade arvutamisel on tähtsaimaks ülesandeks ära määrata töökohtade või tööpinkide arv, mis on vajalikud iga operatsiooni täitmiseks voolusel. Seejuures peab silmas pidama järgmist. 1) Tuleb jälgida töökohtade toodangu proportsionaalsust ja kindlaks määrata kõigile töökohtadele ühesugune töörütm, et kindlustada pidevat voolust. 2) Tuleb silmas pidada proportsionaalsust tarviliku tööhulga ja vooluse võimsuse vahel. Sellest, kuidas eespool-loetletud nõuded on lahendatud, sõltuvad siseseade kasutamistaste ja seega ka tähtsamad tehnilis-ökonomilised töötegurid.

Ülalnimetatud kahe ülesande täitmiseks tuleb teha arvutusi ja koostada graafikuid. Nendest tähtsaimad on vooluse rütmi arvutus, iga operatsiooni tegeliku rütmi arvutus, normide ja vooluse tootmisvõimsuse diagramm.

Vooluse projektimist alustatakse rütmi arvutamisega. Rütmi pikkus esineb kõigis järgnevais arvutustes ja on suunanäitajaks siseseade arvutamisel.

Nagu juba eespool märgitud, saab rütmi üldiselt arvutada järgmiselt:

$$r = \frac{T}{N} \quad (1)$$

Tegelikult tuleb aga sellesse valemisse sisse võtta veel mitmeid parandustegureid, nagu tööaja kaotus vahetuses, või päevas plaanipärasele profülaktilisele remondile ja tööpinkide korrastamisele kuluv aeg.

Seega päevane ajafond kujuneb järgmiseks:

$$T = T_{vah} V \left(1 - \frac{a}{100}\right) \quad (5)$$

T_{vah} — ühe vahetuse aja fond

V — vahetuste arv,

a — %-määr, mis näitab plaanipärasele profülaktilisele remondile kuluvat tööaja osa.

Valemis 1 toodud rütmi väärtus ühel ja samal voolusel võib olla erinev, olenevalt sellest, kas võtame arvutuse aluseks materjali etteandmise või produktsiooni väljalaske.

Etteandmise programm erineb väljalaske programmist praagi võrra.

Kui arvutuse aluseks võtame väljalaske programmi, siis nimetame seda väljalaske rütmiks, etteande programmi korral aga etteandmise rütmiks. Tavaliselt võetakse arvutuse aluseks etteandmise rütm. Valemina näeks see välja järgmiselt:

$$r = \frac{T_{\text{aah}} V (1 - \frac{a}{100})}{N} \quad (6)$$

N — etteantavate detailide arv.

Näide: Voolusele antakse ette 900 detaili päevas. Voolus töötab 2 vahetust à 8 tundi, ajakadu remondile ja masinate hooldusele olgu 5%. Siit võrdub rütm

$$r = \frac{480 \cdot 2 (1 - \frac{5}{100})}{900} = 1,01 \text{ min.}$$

Vooluse projektimisel kasutatakse sageli ka tegeliku rütmi mõistet. Tegelik rütm all mõistame ajavahemikku ühe detaili väljumise momendist temale järgneva detaili väljumise momendini.

Vooluse iga operatsiooni tegelik rütm leitakse järgmise valemi abil:

$$r_t = \frac{t}{a} \quad (7)$$

r_t — töökohta tegelik rütm,

t — ühe detaili töötlemiseks kuluv aeg,

a — tööpinkide arv, mis on rakendatud antud operatsioonide sooritamiseks.

Pidevvoolutootmise aluseks on, et kõigi operatsioonide tegelik rütm on võrdne, s. o.

$$r_{t_1} = r_{t_2} = r_{t_3} = \dots = r_m$$

või

$$\frac{t_1}{a_1} = \frac{t_2}{a_2} = \frac{t_3}{a_3} = \dots = \frac{t_m}{a_m}$$

m — operatsioonide arv.

Vooluse arvutamise viis oleneb sellest, kas projektitakse uus voolus või tuleb rekonstrueerida olemasolev. Samuti tuleb arvutamisel silmas pidada, kas voolus hakkab tootma seeria- või masstooteid.

Allpool vaatleme lühidalt kõiki kolme juhtumit.

1. Uue vooluse arvutuse aluseid.

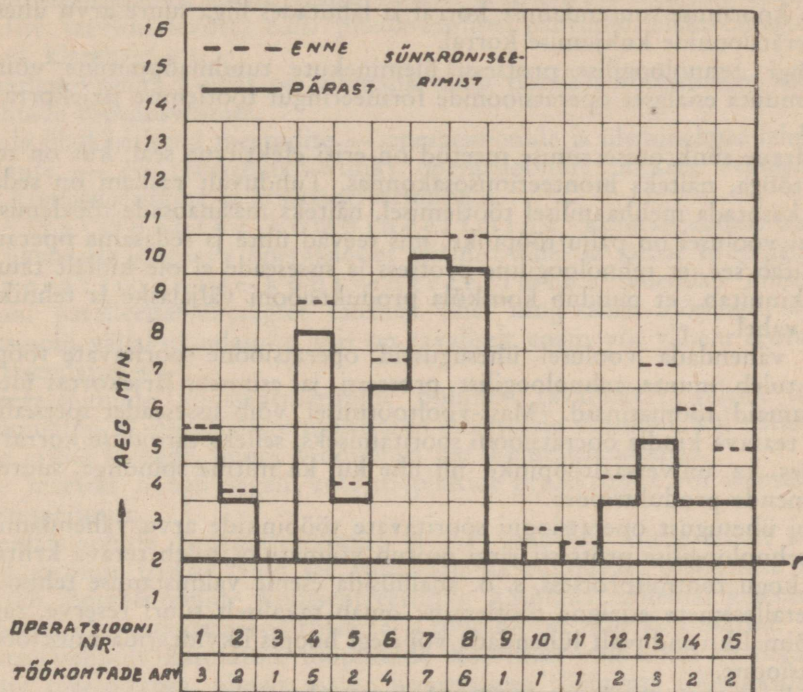
Mass-voolutootmise korral oleneb sisseseade arvutus täiel määral tööstuse projektitavaist tehnilistest tingimustest, s. o. detailide töötlemise tehnoloogilisest protsessist või sõlmede monteerimisest ja igale operatsioonile kuluva aja normimisest.

Tehnoloogilise protsessi väljatöötamisel ja tema jagamisel üksikuiks operatsioonideks tuleb orienteeruda etteantud rütmile, püüdes seega tehnoloogilist protsessi jagada ajalisel võrdseteks operatsioonideks.

Tööstuse sisseseade arvutuse aluseks võtame järgmised andmed: 1) vooluse rütm, 2) ühe detaili valmimiseks kuluv aeg igal operatsioonil.

Operatsiooni kestused kantakse tavaliselt tabelisse, kus ühes reas on detaili töötlemise kestus ja teises operatsiooni järjekorranumber või nimetus. Selle tabeli järgi koostatakse graafik, milles abstsissile kantakse operatsioonide järjekorranumbrid ja ordinaadile ühe detaili töötlemise operatsiooni kestus.

Joonisel 12 on kujutatud ühe detaili normaeg enne ja pärast sünkroniseerimist. Lisaks eeltoodud andmeile on soovitatav pärast sünkroniseerimist operatsioonide järjekorranumbrite alla kanda ka detaili töötlemisoperatsioonide teostamiseks vajalik töökohtade arv.



Joon. 12.

Teades rütmi ja ühe detaili töötlemise kestust, saame arvutada iga operatsiooni jaoks vajalikkude töökohtade arvu.

$$a = \frac{t}{r} \quad (8)$$

a — töökohtade arv,
 t — ühe detaili töötlemiseks kuluv aeg,
 r — vooluse rütm.

Eeltoodust nähtub, nagu oleks vooluse sisseseade arvutus projektimisel täiesti lihtne. Asja sisu ei seisa aga mitte ainult matemaatilises arvutamises, vaid tuleb otsida selline tehnoloogiline protsess, mis kogu vooluse sisseseadet võrd-selt koormab ja kindlustab pideva detailide liikumise.

Et tehniline olukord, eriti masinaehituses, ei võimalda igakord tehnoloogilist protsessi erinevas variandis jagada tööoperatsioonideks, mis oleksid võrd-

sed või kordsed rütmiga, tuleb operatsioone sünkroniseerida organisatsioonilis-tehniliste abinõudega.

Normi kõrvalekaldumisel rütmist võib esineda kaks äärmist juhtumit:

- 1) operatsiooni kestus võrreldes rütmiga on liiga lühike, näiteks 0,2—0,3;
- 2) teatavate operatsioonide täitmiseks on tarvis liiga palju töökohti, näiteks 10 ja rohkem.

Mõlemal korral kohaldatakse laialdaselt kasutamisel olevaid sünkroniseerimise võtteid — üleminekute ja operatsioonide liitmist ja lahutamist, liites puuduliku koormuse suurendamise korral ja lahutades liiga suure arvu ühesuguste tööoperatsioonide kuhjumise korral.

Kõigi tehnoloogilise protsessi üleminekute tundmaõppimine võimaldab sageli muuta esialgset operatsioonide formeeringut töötlemise järjekorra muutmisega.

Säärane sünkroniseerimise meetod on eriti efektiivne seal, kus on tegemist käsitsitööga, näiteks monteerimisosakonnas. Tunduvalt raskem on seda meetodit kasutada mehhaanilisel töötlemisel, näiteks masinaosade töötlemisel.

Kui voolusel on palju tööpinke, mis teevad ühte ja sedasama operatsiooni, siis näitab see, et tehnoloogiline protsess ja sisseade ei ole küllalt täiuslikud, ning kinnitab, et puudub kooskõla produktsiooni väljalaske ja tehnika tasapinna vahel.

Et vähendada voolusel ühesuguseid operatsioone sooritavate tööpinkide arvu, tuleb muuta tehnoloogilist protsessi ja esimeses järjekorras üles seada võimsamaid töömasinaid. Mass-voolootomisel võib sisseadet spetsialiseerida ainult teatava kindla operatsiooni sooritamiseks, selleks tarviduse korral ümber ehitades ka universaaltööpinke nii ühe kui ka mitme spindliga, suurendades seega nende produktsiooni.

Kui ühesugust operatsiooni sooritavate tööpinkide arvu vähendamine esialgse tehnoloogilise protsessi järgi osutub võimatuks, tuleb terava kriitika alla võtta kogu tootmisprotsess, s. o. analüüsida eseme valmistamise tehnoloogiat.

Metallesemete esialgne töötlemine omab tavaliselt suuri reserve, sageli on siin võimalik tunduvalt lühendada või isegi hoopis likvideerida musttöötlemise operatsioone.

Üldiseks eesmärgiks on vähendada töötlemisele tulevate esemete töötlemise tagavarasid. Näit. võib insener valu puhul kasutamisele võtta järgmisi menetlusi. 1) Detailide tsentrifugaalvalu, mis annab puhta pinna ja seega võib vähendada ka töötlemise tagavara. Protsess on odav ja lihtne. 2) Värviliste metallide survevalu, mis viib detailide mehhaanilise töötlemise miinimumini või muudab selle hoopis ülearuseks. 3) Kasutades terasvalu asemel taotavat malmi võime võtta väiksema töötlemise tagavara ja seega vähendada mehhaanilist töötlemist. 4) Kokkivilvalu, mis vähendab esiteks tunduvalt ettevalmistustsükli, tõstes valuosakonnas tootootlikkust, ja teiseks võimaldab jätta väiksemaid töötlemise tagavarasid.

Siinjuures võib mainida, et NSV Liidu tehastes on kokkivilvalu tarvitusele võetud mitte ainult väikeste tükkide juures, vaid on kohaldatud ka mitmetonniliste esemete valamisel.

Sepikojas võib töötlemise tagavarasid tunduvalt vähendada või hoopis ära jätta mehhaaniliste haamrite tarvitusele võtmisega, mis annab väga suure mehhaanilise töötlemise töökulu säästu. Näit. tehases „Uralmašzavod“

hakati 19 erisugust detaili valmistama sepistamisega mehhaanilistel haamreil, mille tagajärjel vabanes mehhaanilises osakonnas 34 tööpinki.

Mehhaanilise osakonna töömahtu aitavad tunduvalt vähendada mitmed ettevalmistusprotsessid, nagu külmsepistamine, külmpressimine, fassongprofiilide stantsimine jne.

Muutes mehhaanilise töötlemise tehnoloogiat on võimalik voolusest teatav arv tööpinke ära võtta. Näiteks võib sageli freesimist ja stoomimist vahetada tõmbamisega, mis tunduvalt vähendab operatsiooni kestust.

Suurt töötlemisaja säästu annab kiiresti reageerivate haaramis-kinnitamisvahendite tarvituselevõtt, näit. pneumaatilised padrunid, elektromagnetilised näpitsad, klambrid jne.

Vaatleme nüüd, kuidas on võimalik tõsta pooliku koormusega töötavate töökohtade tootmisvõimet.

Peale ülalkäsitletud meetodite — operatsioonide ja üleminekute lahutamise ja liitmise — on tähtsamaks viisiks operatsioonide pikkuse reguleerimisel nende kombineerimine ja kontsentreerimine.

Operatsioonide kombineerimine kujutab endast kahe või enam üksteisele järgneva operatsiooni täitmist ühel ja samal tööpingil.

Operatsioonide kontsentreerimine tähendab mitme operatsiooni paralleelset-üheaegset täitmist ühel ning samal tööpingil, s. t. uue operatsiooni väljakujundamist, mis on tavaliselt enam või vähem seotud tööpingi täiendamisega.

Operatsioonide kontsentreerimine põhineb tavaliselt 1) mitme tööriista tarvitamisel ja 2) spetsiaalsete tööriistade tarvitusele võtmisel, kui näiteks töötatakse erilise freeside, puuri, vindipuuri jne. kombinatsiooniga.

See meetod nõuab sageli uute tööpinkide projektimist või olemasolevate moderniseerimist.

Operatsioonide kontsentreerimist ei saa vaadelda mitte ainult kui tööpingi koormuse tõstjat, vaid see vähendab ka tunduvalt töötlemise kestust. Nii võib operatsioonide kontsentreerimist kasutada mõlemal juhtumil, kui normaeg ei ühti ettemääratud rütmiga ja tööpink on vähe koormatud.

Mittetäielikult kasutatud tööpinkide koormust võib tõsta ka organisatsiooniliste meetoditega, nimelt osalise koormusega töötavate tööpinkide väljalüümisega voolusest, s. t. panna need pingid tööle perioodiliselt. Selle tagajärjeks on aga tehnoloogilise ahela katkemine ja esemete liikumine partiide kaupa. See toob endaga kaasa tootmistsükli pikenemise ja lõpetamata tootmis-süsteemi.

Seepärast, kui osalise koormusega töötav tööpink ei ole mitte eriti defitsiitne, siis väljudes pidevvoolootmise hüvedest ei ole mõtet tööpingi vähesele koormusele erilist tähelepanu pühendada.

Masina tööaja analüüs nõuab kõigepealt täielikku tutvumist tööpingi passiga, et selgitada lõikamise optimaalset režiimi. Siit järeldub, et voolootmisel on eriti tähtis sisseseadе pasporteerimine. Teadmata tööpingi passi ei saa õigesti määrata lõikamise režiimi.

Masina tootmisaja vähendamisel mõjub otsustavalt kaasa tööriista vastupidavus. Tuleb võtta tarvitusele kõik võimalused, et tõsta tööriista tera vastupidavust, näiteks mainitagu termilist töötlemist, kroomimist, kõvade sulamitega armeerimist jne.

Käsitsi töötlemise aja analüüs toimub tavaliselt tööpäeva tehnoloogilise normimise ja fotograafimisega.

Käsitsi töötlemisaja vähendamise meetodeid on väga palju, tähtsamad neist on aga järgmised:

- 1) abifunktsioonide eraldamine põhifunktsioonidest;
- 2) töökoha organiseerimine ja töövõtete normimine;
- 3) käsitsi sooritatavate töövõtete kooskõlastamine masinatööga;
- 4) käsi-töövõtete mehhaniseerimine ja protsesside automatiseerimine (kiiresti reageerivad haardevahendid, transportvahendid).

Lõpuks mainime veel operatsioonide sünkroniseerimise iseärasusi Nõukogude Liidu tehastes.

Esiteks. Kui projektitakse voolust mõnesse olemasolevasse tehasesse, tuleb operatsioonide sünkroniseerimisel konsulteerida meistreid ja paremaid stahhaanovlasi, kes sageli on võimelised andma lihtsaid ja efektiivseid lahendusi.

Teiseks. Väike normi ületamine (5—10%) võrreldes rütmiga on lubatud, sest sotsialistlik töösse suhtumine ja meie tööliste initsiatiiv leiab alati võimalusi selle vahe kõrvaldamiseks.

2. Vooluse rekonstrueerimise arvutuse aluseid.

Tööstuses tuleb sageli ette, et olemasoleva vooluse sisseseade ja töökohad tuleb ümber arvutada kas programmi muutuse või vooluse halva töötamise tõttu.

Ka siin lähtutakse arvutamisel rütmist. Rütmi arvutamisel rekonstrueeritava vooluse korral lähtutakse olenevalt olukorrast kahest seisukohast.

1) **Sunnitud voolus.** Sellisel juhtumil voolus töötab monteerimisel või on muul viisil seotud teiste voolustega; siin on juba olemas ettekirjutatud kindel programm.

2) **Vaba voolus.** See on voolus, mis ei ole seotud teiste voolustega, s. t. produtseerib nii palju, kui suudab.

Vaatleme vooluse arvutust, kus on olemas ettekirjutatud programm. Rütmi arvutus toimub siin valemi 6 järgi.

Sisseseade arvutus algab üksikute töökohtade tootmisvõimsuse kontrollimisega vastavalt etteantud rütmile. Eelkõige tuleb otsusele jõuda, kui võrd üksikute operatsioonide olemasolevad ajanormid on omavahel sünkroniseeritud.

Nagu eespool öeldud, saab sellele küsimusele vastuse kaherealisest tabelist, kus esimeses reas on märgitud operatsioonide järjekorranumber ja teises operatsiooni absoluutne pikkus.

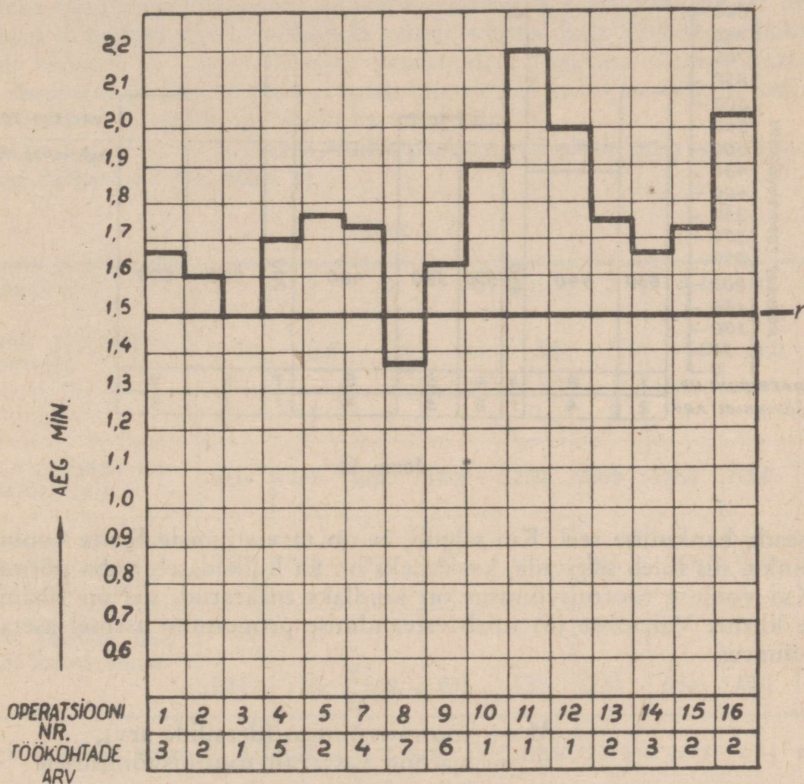
Operatsiooni normaega võib kanda ka graafikusse. Et kindlaks määrata üksikute töökohtade tootmisvõimsust vastavalt etteantud rütmile, on vajalik välja arvutada iga operatsiooni tegelik rütm.

Valemist 7 leiame iga operatsiooni tegeliku rütmi ja sellele vastavalt koostame diagrammi.

Joonisel 13 on toodud sama detaili tegelikud rütmid. See diagramm toob selgesti esile vooluse kitsad kohad. Edaspidine ülesanne seisab kitsaste kohtade

kõrvaldamises ja vooluse tegeliku rütmi tasandamises. Seda küsimust on aga lähemalt käsitletud juba eespool.

Vaatleme nüüd vaba vooluse, s. o. vooluse, mis ei olene teiste vooluste toodangust, rütmi arvutust. Sel juhtumil rütmi arvutus on funktsioon vooluse tootmisvõimsusest.



Joon. 13.

Kõigepealt arvutame üksikute töökohtade tootmisvõimsuse meie juba varem tuntud valemi järgi:

$$M = \frac{T}{t} b \quad (9)$$

M — antud operatsiooni tootmisvõimsus (detailide hulk),

T — töötundide arv päevas,

t — detaili töötlemiseks kuluv aeg tundides,

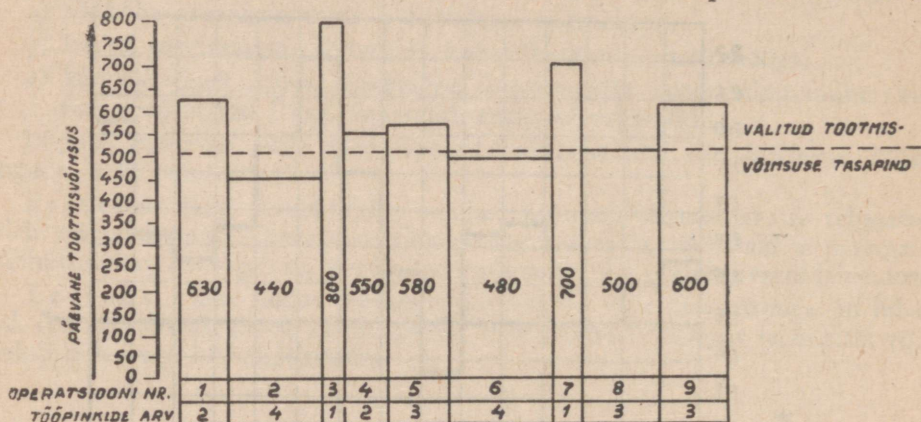
b — normi täitmise koefitsient.

Iga üksiku töökoha tootmisvõimsuse arvutamiseks koostame vooluse tootmisvõimsuse diagrammi (vt. joonis 14).

Tootmisvõimsuse diagrammist selgub, kuivõrd on kooskõlas üksikute töökohtade tootmisvõimsus. Et tegu vooluse tootmisvõimsust kindlaks määrata,

on tarvis ühest küljest tundma õppida olemasoleva tehnoloogilise protsessi reserve ja ajanorme, teisest küljest valida juhtiv vooluse lüli, mille järgi määratakse vooluse üldine tootmisvõimsus.

Tootmisvõimsuse tasapinna määramisel on tarvis kõigepealt selgitada, kas vooluse kitsamaid kohti on võimalik tasandada koostöökoostöö või uue



Joon. 14.

sisseseade hankimise teel. Kui selgub, et on tarvis juurde lisada voolusele uusi tööpinke, siis tuleb selgitada, kas selleks on ka küllaldaselt vaba põrandapinda.

Kui vooluse tootmisvõimsus on kindlaks määratud, siis on rütmi arvutamise lihtne. Valemisses (6) tuleb etteandmise programmi asemel asetada tootmisvõimsus.

$$r = \frac{T}{M} \quad (10)$$

M — tootmisvõimsus (detailide arv),
 T — ajafond vastavalt tootmisvõimsusele (päev, vahetus).

Edasi läheb arvutus tavalises korras.

3. Seeriavooluse arvutuse aluseid.

Seeriavooluse organisatsiooni spetsiifilisus kajastub ka tema sisseseade arvutuses. Siin ei tule esmajärjekorras arvutada, kui palju on voolusel tarvis masinaid, vaid tuleb vaadata, kuidas sisseseade on koormatud üksikute detailide valmistamisega.

Paljudel juhtumitel, eriti montaažvoolustel, tuleb ülesanne lahendada nii, nagu oleks tegemist tavalise pidevoolusega. Seejuures arvutusmetoodika sarnaneb teataval määral eespool kirjeldatuga. Väljudes tööaja kogufondist tuleb kõigepealt määrata orienteeruv vooluse rütm, seejärel olenevalt rütmi suurusel tuleb kogu protsess jaotada üksikuiks operatsioonideks ja lõpuks tuleb määrata töökohtade arv.

Kui arvutus näitab, et suurema osa operatsioonide juures on tarvilike töökohtade arv väiksem ühest, näit. 0,5—0,6, siis tuleb võtta korrigeerimisele varem etteantud väljalaskerütm.

Uue rütmi määramisel tuleb lähtuda vooluse suurema osa töökohtade koorramise tasemest. Praktilistes tingimustes on see üsna lihtne. Peaasi on, et uus rütm oleks võimalikult lähedane sünkroniseeritud operatsioonidele, et detailid töötlemisel liiguksid ühelt töökohalt teisele võimalikult väikeste seisakutega, s. o., et tööpinkide juures vajalike pooltoodete tagavara oleks minimaalne.

Kui sisseseade ja töökohtade arvutus ühe detaili jaoks on tehtud, on tarvis kindlaks määrata vooluse iga töökoha vaba aeg.

Näiteks detaili A arvutamisel, mille päevane väljalask on 150 tükki, saadi järgmised tulemused (vt. tabel 1).

Tabel 1.

Operatsiooni nr-d	1	2	3	4-5	6	7	8-9	10	11
Ühe detaili töötlemise aeg minuteis	2,1	3,6	3,8	4,1	3,5	8,1	3,9	4,0	3,7
Tööpinkide arv	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Efektiivne päevane aja-fond minuteis	1250	1250	1250	1250	1250	2500	1250	1250	1250
Päeva jooksul A-detailide valmistamiseks kulutatav aeg min.	315	540	570	615	525	1215	585	600	555
Ajareserv päevas ühe tööpingi kohta minuteis	935	710	680	635	725	1285	665	650	695

Nagu tabelist nähtub, kõigub enamikul tööpinkidest ajareserv 635 ja 935 vahel.

Et arvestada teise detaili rütmi, mis peab täiendama antud voolust, tuleb eeltoodud arvudest valida vähim ja paigutada see valemi (6) lugejasse.

Sama vooluse jaoks teise detaili valikul tuleb lähtuda järgmistest kaalutlustest:

- 1) maksimaalne tehnoloogilise protsessi sarnasus;
- 2) kõik töökohad olgu võimalikult täielikult kooramatud. Teise ja järgnevate detailide arvutustehnika on analoogiline varemehitatuga.

Olenevalt detailide tüübist tuleb seeriavoolus organiseerida kas vahelduvvoolusena või objektvoolusena. Tavaliselt on juba enne detailsete arvutuste tegemist selge, et vahelduvvoolust ei ole võimalik organiseerida. Kõigepealt tuleb kindlaks määrata sisseseade koormus ühte tüüpi detaili valmistamisel. Seejärel on tarvis sedasama teha teist tüüpi detaili valmistamisel, mille järel mõlemad arvutused kõrvutatakse ja arvutatakse sisseseade summaarne koormuse protsent. Kui sisseseade koormus ei ole küllaldane, tuleb valida veel kolmas, neljas jne. detail, kuni koormus jõuab normaalse tasemeni.

Edasi kujunevad arvutusetapid mõlema voolusetüübi jaoks ühesuguselt ja nimelt:

1) Detailide partii suuruse arvutus, mis peab vastama kahele peanõudele: a) sisseade kasutamise tase peab olema küllaldaselt kõrge, b) voolusel peab olema võimalik rütmiliste protsesside kordamine. Viimase nõude tagajärjel on tavaliselt kõigi antud vooluse detailide etteandmise rütm ühesugune.

2) Operatsioonide tsüklite pikkuse arvutus iga töökoha jaoks, arvestades etteantud partii suurust.

3) Operatsioonidevaheliste tagavara-pooltoodete ja pooltoodete arvestus, mis on tarvilikud vooluse muutusel.

4) Vooluse standardplaani koostamine, mis kajastab vahetuse töösüklilisust. Alamal on toodud näitena tehase „Uralmašzavod“ ühe osakonna seeria-vooluse arvutus, mis suuresti sarnaneb vahelduvvoolusega, kuid ei ole siiski tüüpiline.

Voolusel valmistatakse esemeid A ja B. Mõlemad detailid töödeldakse voolusel lõplikult ja lähevad koos teiste detailidega samas osakonnas monteerimisele.

Tehnoloogilise protsessi karakteristik ja normajad, mis kuluvad detaili A töötlemiseks, on toodud tabelis 2.

Tabel 2.

Operatsiooni jrk. nr.	Tööpingi šifr	Normaeg min.	Tegelik töötlemis- aeg min.
1.	2 PS — 300	30	22,7
2.	B — 99 G	24	19,5
3.	RS — 75	35	31,25
4.	RS — 80	26	22
5.	SR — 150-6	41	10,25
6.	PR	14	10
7.	PR	7	5
8.	FR — 120	30	18

Esimest operatsiooni täidab kaks pinki. Detaile töödeldakse 14 tükki pakis. Paki töötlemise aeg koos ülesseadmise ja mahavõtmisega on 318 minutit. Mõlema pingi kohta on üks tööline.

Teist operatsiooni täidab kaks pinki. Operatsioonil on kolm üleminekut. Töö on pidev ja korraga on järjestikku töös kolm detaili. Esimene detail väljub tööpingilt 58,5 min. ($19,5 \times 3$) järel, iga järgmine detail väljub 19,5 min. järel. Üks tööline teenindab mõlemaid pinke.

Kolmandat operatsiooni täidab kaks pinki. Töötlemine toimub üksikult. Üks tööline teenindab kahte pinki.

Neljandat operatsiooni täidab kaks tööpink. Töötlemine toimub üksikult. Üks tööline teenindab kahte tööpink.

Viiendat operatsiooni täidab üks tööpink. Töödeldakse erilise abinõuga kahte detaili korraga. Tööline teenindab ühte tööpink.

Kuudandat operatsiooni täidab üks tööpink. Töötlemisel on kaks detaili järjestikku. Tööpink teenindab kaks töölist.

Seitsmendat operatsiooni täidab üks tööpink.

Nii kuues kui seitsmes operatsioon täidetakse ühe brigaadi poolt järgmise töökorraga: algul töödeldakse kuuendal operatsioonil 44 detaili 440 minuti jooksul ja seejärel seitsmendal operatsioonil samad detailid 220 minuti jooksul.

Kaheksandat operatsiooni täidab üks tööpink. Töödeldakse korraga üht detaili. Tööpinki teenindab üks tööline.

Vooluse koormus detaili töötlemisel on toodud tabelis 3. Sisseseade koormuse arvutamisel on lähtutud normist, et päevane toodang on 80 detaili.

Tabel 3.

Operatsiooni nr.	1	2	3	4	5	6—7	8
Koormus minuteis	1816	1560	2500	1760	820	1200	1440
Tööpinkide arv voolusel	2	2	2	2	1	1	1
Tööpingi tööaja fond minuteis . .	2640	2640	2640	2640	1320	1320	1320
Koormuse %	69	59	95	67	62	91	109

Eeltoodud koormuse arvestus näitab, et antud töörežiimi juures — kaks vahetust à 11 tundi — on sisseseadel suur aja reserv, mõne tööpingi-grupi juures isegi 41%.

Küllaldase koormuse saamiseks võib valida kaks teed: muuta töörežiimi, näiteks valida kaks vahetust à 8 tundi, või koormata voolust mõne teise detaili töötlemisega.

Esimest teed on soovitatav kasutada just praegu sõjaajalt rahuajale ülemineku perioodil. Antud juhtumil on aga raskusi sellega, et kolmanda ja kaheksanda operatsiooni tootmispinge on isegi juba küllalt suur. Seepärast valis tehas teise tee, ja nimelt detaili B, mis võimaldas ära kasutada vooluse vaba reservaega.

Tabel 4.

Operatsiooni nr.	Pingi šifr	Normaeg min.	Tegelik töötlemisaeg min	Märkmed
1.	2 PS — 300	25	22,7	Korraga seatakse üles 14 detaili
2.	B — 99 G	24	19,5	—
3.	SR — 150—6	31	18,75	Korraga seatakse üles 2 detaili
4.	PR	14	10	

Keskmiselt toodetakse detaili B 20 tükki päevas, mille tõttu tööpinkide koormus tõuseb 15—26% (vt. tabel 5).

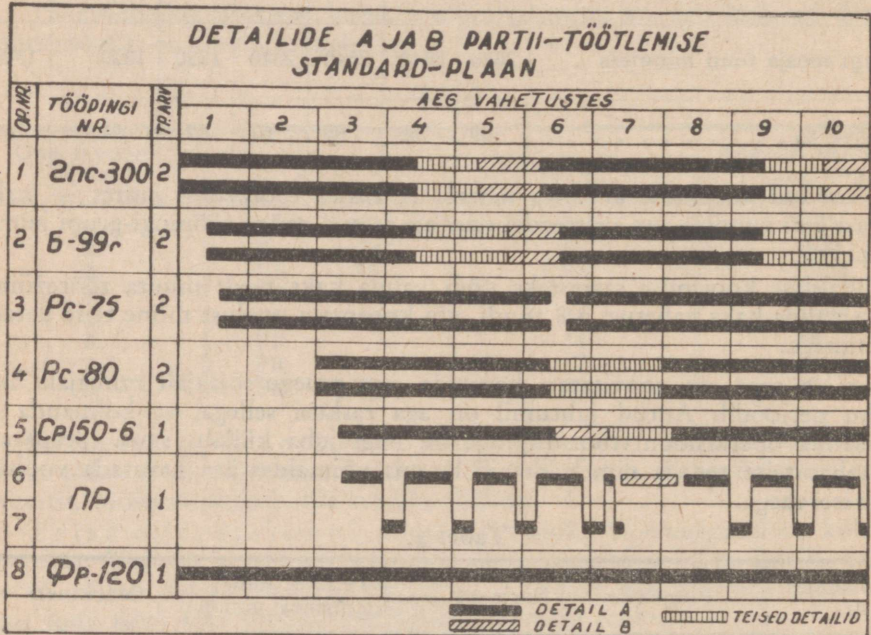
Tabel 5.

Operatsiooni nr.	1	2	3	4
Koormus minutilise	454	390	375	200
Tööpinkide arv voolusel	2	2	2	1
Tööpingi tööaja fond min.	2640	2640	2640	1320
Koormuse %	17	15	14	15

Vooluse kogu koormus detailide A ja B töötlemisel on toodud tabelis 6, mis erineb järsult tabelleist 3 ja 5.

Vaadeldes tabelit 6 näeme, et osa tööpinke pole täielikult koormatud ka kahe erineva detaili töötlemisel, mille tõttu teatav reserv jääb teiste detailide töötlemiseks.

Kuuendal, seitsmendal ja kaheksandal operatsioonil on tööpinkidel ülekoormus 6—9%, mis on lubatud piirides. Siinjuures tuleb märkida, et antud juhtumil on tehases teisel seeriavoolusel vastavaid tööpinke veel olemas, nii et



Joon. 15.

hädakorral saab neid rakendada kuuenda, seitsmenda ja kaheksanda operatsiooni teostamiseks.

Detailide töötlemist vahelduvvoolusel tuleb organiseerida täpselt väljatöötatud korduva standardplaani järgi. Antud juhtumil on kordumisrütmi võetud viis vahetust. Iga viie vahetuse jooksul valmistatakse voolusel partii detaile

Tabel 6.

Operatsiooni nr.	Detail A	1	2	3	4	5	6—7	8
	Detail B	1	2	—	—	3	4	—
Koormus minuteis	Detail A	1816	1560	2500	1760	820	1200	1440
	Detail B	454	390	—	—	375	200	—
Kokku		2260	1950	2500	1760	1195	1400	1440
Tööpingi šifr..	2 PS—300	B—99G	PS—75	PS—80	SP150—6	PR	FR—120	
Tööpinkide arv voolusel	2	2	2	2	1	1	1	
Tööpingi tööaja fond minuteis	2640	2640	2640	2640	1320	1320	1320	
Koormuse %	86	74	95	67	91	106	109	

A ja B, mis peab olema küllaldane monteerimisvooluse tööks viie vahetuse jooksul. Antud vooluse standardplaan on toodud joonisel 15.

Eespool-toodud plaani suurimaks puuduseks on väga lühike kordumis-periood, mille tõttu on vajalik sagedane sisseseade ümberkorraldamine. On soovitatav kordumisperioodi suurendada vähemalt kaks korda.

IV.

TÖÖJOU JAOTUS VOOLUSEL.

Vooltootmise organisatsioon nõuab üksikasjalist ja täpset tööoperatsioonide jaotust voolusel. Vooluse teenindamiseks vajalike operaatorite arvu saab kindlaks määrata teenindamisnormide abil, milleks aga on vajaline üksikasjaline operatsioonide struktuuri analüüs.

1. Teenindamisnormid.

Teenindamisnormiks nimetame tööpinkide arvu, mida teenindab üks operaator. Teenindamisnorm H võib olla kas võrdne, suurem või väiksem ühest.

Näide: Kui üks tööline teenindab ühte tööpinki, siis teenindamisnorm $H = 1$. Kui ta teenindab kahte, siis $H > 1$. Kui ühte tööpinki teenindab mitu töolist, siis $H < 1$. Viimane juhtum on vooltootmisel haruldane ning esineb ainult suurte masinate juures raskete esemete töötlemisel. Tavaliselt $H = 1$ või $H > 1$. Kui teenindamisnorm on suurem ühest, siis see näitab, et tootmisprotsess on hästi automatiseeritud.

Et selgusele jõuda, mitut tööpinki üks operaator võib teenindada, tuleb uurida operatsiooni aja struktuuri, s. o., kui palju aega operatsiooni täitmisel on masinatööd, kui palju käsitsitööd.

Üldiseks kriteeriumiks on siin operaatori otsene operatsioonist osavõtmise aeg, mis valemiga näeb välja järgmiselt:

$$K = \frac{\sum t_k + \sum t_{mk} + \sum t_a}{t_{ok}} \quad (11)$$

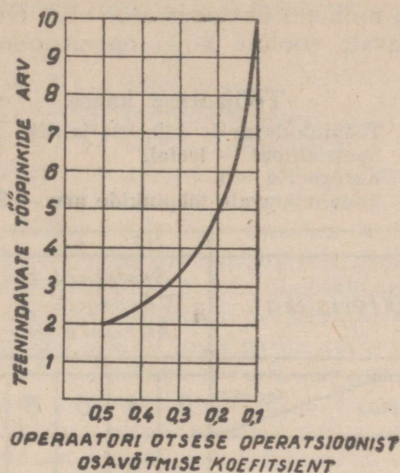
- K — operaatori otsese operatsioonist osavõtu koefitsient,
 $\sum t_k$ — operatsiooni käsitsivõtete tööaeg,
 $\sum t_{mk}$ — masina teenindamise aeg,
 $\sum t_a$ — aktiivne protsessi jälgimise aeg, s. o. aeg, mille jooksul tööline peab olema tööpingi juures,
 t_{ok} — operatsiooni kestus.

Joonisel 16 on toodud kõver, mis näitab tööpinkide arvu, mida üks tööline võib teenindada olenevalt operatsioonist osavõtu koefitsiendist. See kõver näitab selgesti, kui suur tähtsus on käsitsivõtete aja kokkuhoiul. Maksimaalse tööpinkide arvu, mida üks tööline võib teenindada, saab valemist

$$\sum_1^m k \leq 1 \quad (12)$$

m — tööpinkide arv.

Teiste sõnadega, operaator võib teenindada nii paljusid tööpinke, kuipalju lubab operatsioonist osavõtu koefitsient, ületamata ühikut.



Joon. 16.

OPERATSIOON			AEG				OPERATSIOONI AJA JAOTUS MINUTITES										
NR.	ÜLEMINEK. ARV	TÖÖPINKIDE ARV	MASINA	MASINA-KÄSITSIV.	OPERATSIOONI												
						1	2	3	4	5	6	7	8				
8	2	3	3,3	1,4	4,7												
9	2	2		1,5	1,5												
12	1	1	0,92	0,58	1,5												
16	2	2	0,5	1,00	1,5												
18	1	4	5,6	0,48	6,08												
19	1	3	3,0	1,7	4,7												

MASINA AEG
 MASINA TEENINDAMISE AEG.
 KÄSITSIVÕTETE AEG

Joon. 17.

Operaatori otsese operatsioonist osavõtu koefitsient ei ole mitte absoluutseks kriteeriumiks, ta on lihtsaim, ent olulisim tegur.

Masstootmisel on võimalik tööpinkide koopereerimist lahendada graafilise meetodiga, ja nimelt kõrvutades ligistikku olevate töökohtade operatsiooniaja struktuurid.

Tööpinkide valik, milliseid üks operaator võib teenindada, toimub koondgraafiku baasil, vastavalt vooluse kõigi operatsioonide aja struktuurile (vt. joon. 17).

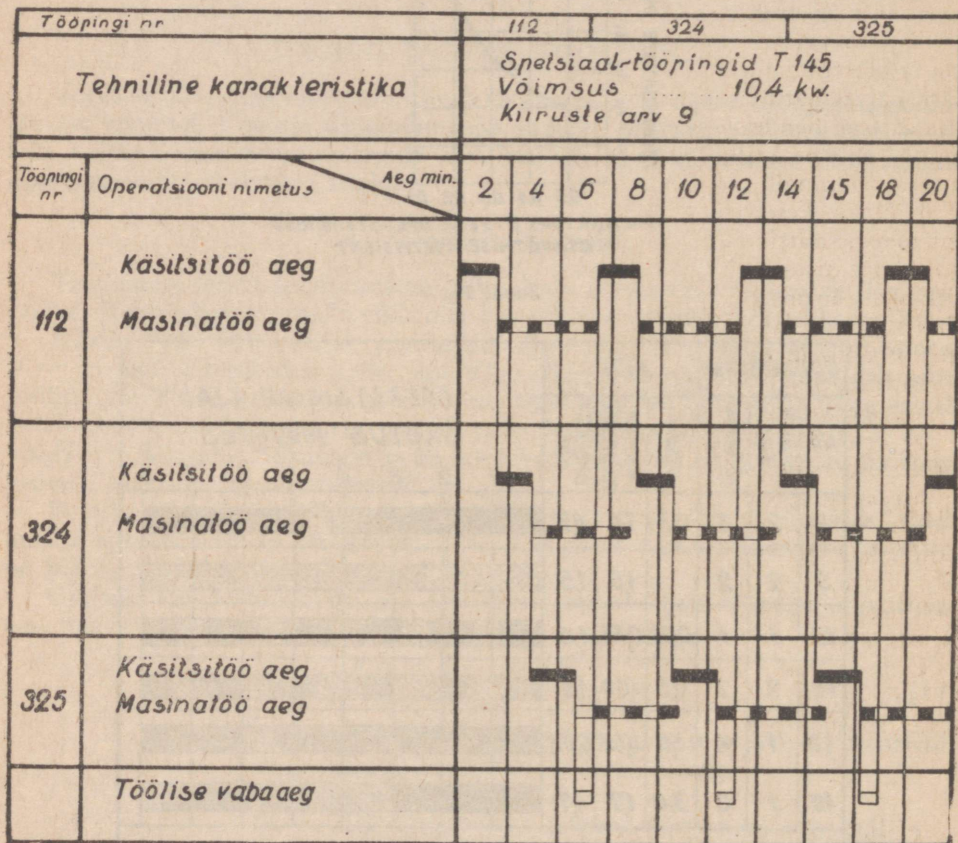
Tööjaotuse kaart.

Tööpinkide nr-d 112, 324 ja 325.

Spetsialiteet — treial.

Kategooria — 5.

Teenindatavate tööpinkide arv — 3.



Joon. 18.

Üksikute operatsioonide struktuuri võrdlemine, lähtudes mitme pingi töötamise põhinõudest, ja nimelt: käsitsivõtete aja katmine iga koopereeriva pingi masina ajaga võimaldab teha lõpliku otsuse teenindamise normi ja selle täitmise korra kohta.

Mitmel pingil töötaja tööjaotust on soovitatav vormistada spetsiaalse dokumendiga, nn. tööjaotuse kaardiga (vt. joon. 18).

2. Operaatorite arvu määramine.

Operaatorite arvu määramine toimub igal töökojal üksikult, vastavalt teenindamisaja normile. Hiljem summeeritakse vastavad arvud.

$$T = \frac{P}{N} \quad (13)$$

T — tööliste arv,
 P — tööpinkide arv,
 N — teenindamise norm.

Mitme tööpingi paralleelse teenindamise kõrval tuntakse ka järjestikulist teenindamist, mis ei olene operatsiooni aja struktuurist. Järjestikuline mitme pingi teenindamine ühe töölise poolt leiab laialdast kasutamist otsevoolustel.

Kui tootmisprotsessi ei ole võimalik rahuldavalt sünkroniseerida, — s. o., kui ei ole võimalik kõiki operatsioone muuta ühepikkuseks, siis jääb masinatepark paratamatult tööle osalise koormusega. Seejuures ei tohi aga lubada, et ka operaatorid nendel tööpinkidel jääksid tööle osalise töökoormusega. Antud juhtumil tuleb praktiliselt ühel operaatoril töötada järjestikku kahel, kolmel või enamal tööpingil, täites operatsioonid lühema ajaga, kui nõuab etteantud rütm.

Näiteks kestab ühes tehases silindrivoolusel neljas operatsioon 4 minutit, seitsmes operatsioon 5 minutit, kusjuures vooluse rütm on 24 minutit. Mõlemad operatsioonid täidab üks tööline. Kuna sel töölisel ka nende kahe operatsiooni täitmisel jääb üle vaba aega 50%, siis teenindab seesama tööline veel ühte tööpinki lähedal oleval kolvivoolusel. Nende kolme operatsiooni summa annab töölisel juba täie koormuse.

Mitmel pingil järjestikku töötamise meetodeid on kaks:

- 1) operaatori üleminek ühelt tööpingilt teisele iga detaili töötlemise järel;
- 2) operaatori üleminek ühelt tööpingilt teisele pärast ühe partii detailide töötlemist, näiteks vahetuse või poole vahetuse järel.

Mõlemal moodusel on positiivseid külgi. Esimesel juhtumil on töötlemistsükkel lühike ja seega ka tootmine enam-vähem täiuslik, kuid seejuures on tööjõu kasutus halb, kuna tööline peab kogu aeg käima ühe tööpingi juurest teise juurde. Teine moodus võimaldab tunduvalt paremini ära kasutada operaatori tööd, kuid seejuures pikeneb tootmistsükkel, mis on täiesti negatiivne nähtus.

Üldiselt võiks toimida nii, et kui voolusel operatsioonid on pikad ja detailid suured, siis kasutatagu esimest moodust, lühikeste operatsioonide ja väikeste detailide puhul aga teist moodust.

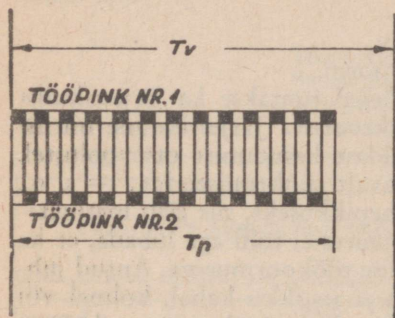
3. Tööpinkide teenindamise järjekord.

Töökohtade teenindamise graafiku koostamisel tuleb silmas pidada, et töökoht, mille operatsiooni rütm on lühem üldrütmist, kuuluks mitmel pingil töötajale. Seejuures võib töö organiseerimist olenevalt olukorrast korraldada kahe meetodi järgi.

- 1) Tööline lõpetab operatsioonid kõigil koopereeritud tööpinkidel ja seejärel need tööpingid lülitatakse voolusest välja, tööline ise läheb aga teisele tööle (vt. joon. 19).

Graafikul on mustaga näidatud töölise viibimine tööpingi juures, valgega aga tööpingi automaatne töö ilma tööliseta.

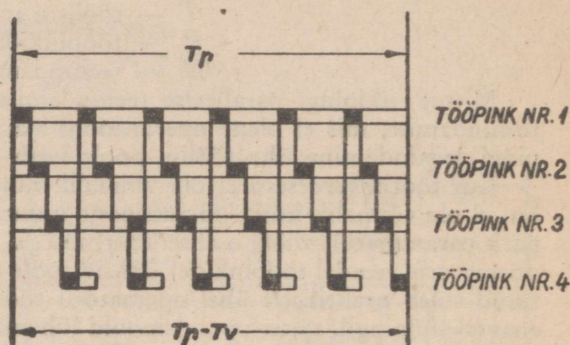
Selline juhtum võib esineda näiteks siis, kui üks tööpink-dublett on koormatud ainult 20—40%. Kuna tööline vähekoormatud dublett-tööpingil töö lõpetamise korral peab niikuinii teisel tööpingil edasi töötama, siis on otstarbekohane mõlemaid tööpinke koormata 60—70% ja ülejäänud osa aega töölist kasutada muul tööol.



Joon. 19.

Paralleelselt mitmel pingil töötamise graafik. T_v — vahetuse kestus;

T_p — tööpingi tööperiood.



Joon. 20.

2) Tööpinkide koormus voolusel vastab ligikaudu normidele või on palju tööpink-dublette (näiteks 4—5). Sel juhtumil ühe tööpingi väike koormus mõjub vähe teistele tööpinkidele ja pole mõtet sisse seada eri tööperioodi ühele pingile, vaid on otstarbekohasem üksikuid tööpinke kasutada vaheaegadega ning hoida neid reservis avariide korraks (vt. joon. 20).

Kui aga tööpink-dublette igauhte teenindab eri tööline, siis nende koormus korraldatakse teise põhimõtte järgi: tuleb koormata kogu vahetuse kestel kõik tööpingid ja ühte tööpinki osa vahetuse ajast. Viimase tööpingi konkreetset tööaega saab arvutada valemiga

$$\frac{N_v t}{T_v} = C + \text{aja ülejääk min.} \quad (14)$$

N_v — detailide arv vahetuses,

t — ühe detaili töötlemise kestus (min.),

T_v — ühe tööpingi ajafond vahetuses (min.),

C — täisarv, mis näitab, kui palju tööpinke töötab vahetuses täie koormusega.

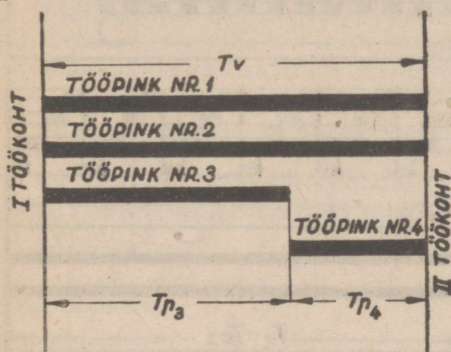
„Aja ülejääk“ iseloomustab mittetäielikult koormatud tööpingi tööaega.

Vähekoormatud tööpingi „tööperiood“ (T_p) kujutab aja ülejääki, mille leidsime valemist 14, jagades vahetuse töömahu ühe tööpingi töömahuga vahetuses. Mittetäielikult koormatud töökoht võib töötada nii pikkade kui ka lühikeste tööperioodidega, millele vastavalt muutuvad ka töövaheajad. Näiteks võib vahetuse töömahu asemel valida ühe või ka kolme päeva töömahu.

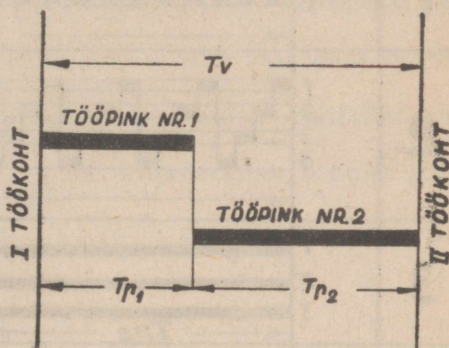
Oletame, et jagades vahetuse töömahu saame jäägina 160 min. Selleks et täita vahetuse tööülesannet, peab mittetäielikult koormatud töökoht töötama $\frac{1}{3}$ vahetust ja jääma $\frac{2}{3}$ vahetuse kestel vabaks. Antud juhtumil võib aga tööd organiseerida ka järgmiselt: 1) töökoht töötab ühe täisvahetuse ja jääb

kahe vahetuse kestel vabaks, 2) töökoht töötab 1 tund aega iga kahe tunni tagant.

Töö organiseerimine esimese või teise mooduse järgi oleneb, nagu juba eespool mainitud, konkreetseist tootmistingimustest, detailide suurusest, põrandapinna suurusest, detailide hinnast, jne.



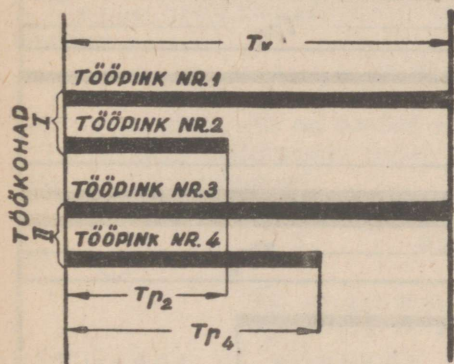
Joon. 21.



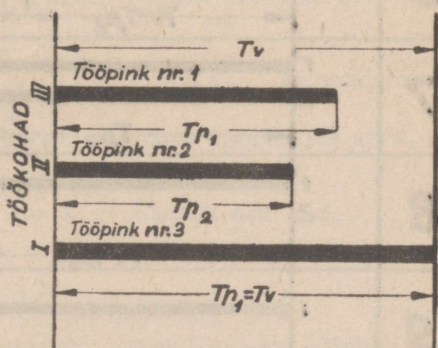
Joon. 22.

Praktika näitab, et massilisel tootmisel mittetäielikult koormatud töökohtade pidev töötamine mitme vahetuse kestel suurendab lõpetamata toodete arvu, mis pole aga ratsionaalne.

Viimane küsimus selles tsüklis puudutab tööpinkide teenindamise järjekorda. Siin võivad esineda järgmised juhtumid.



Joon. 23.

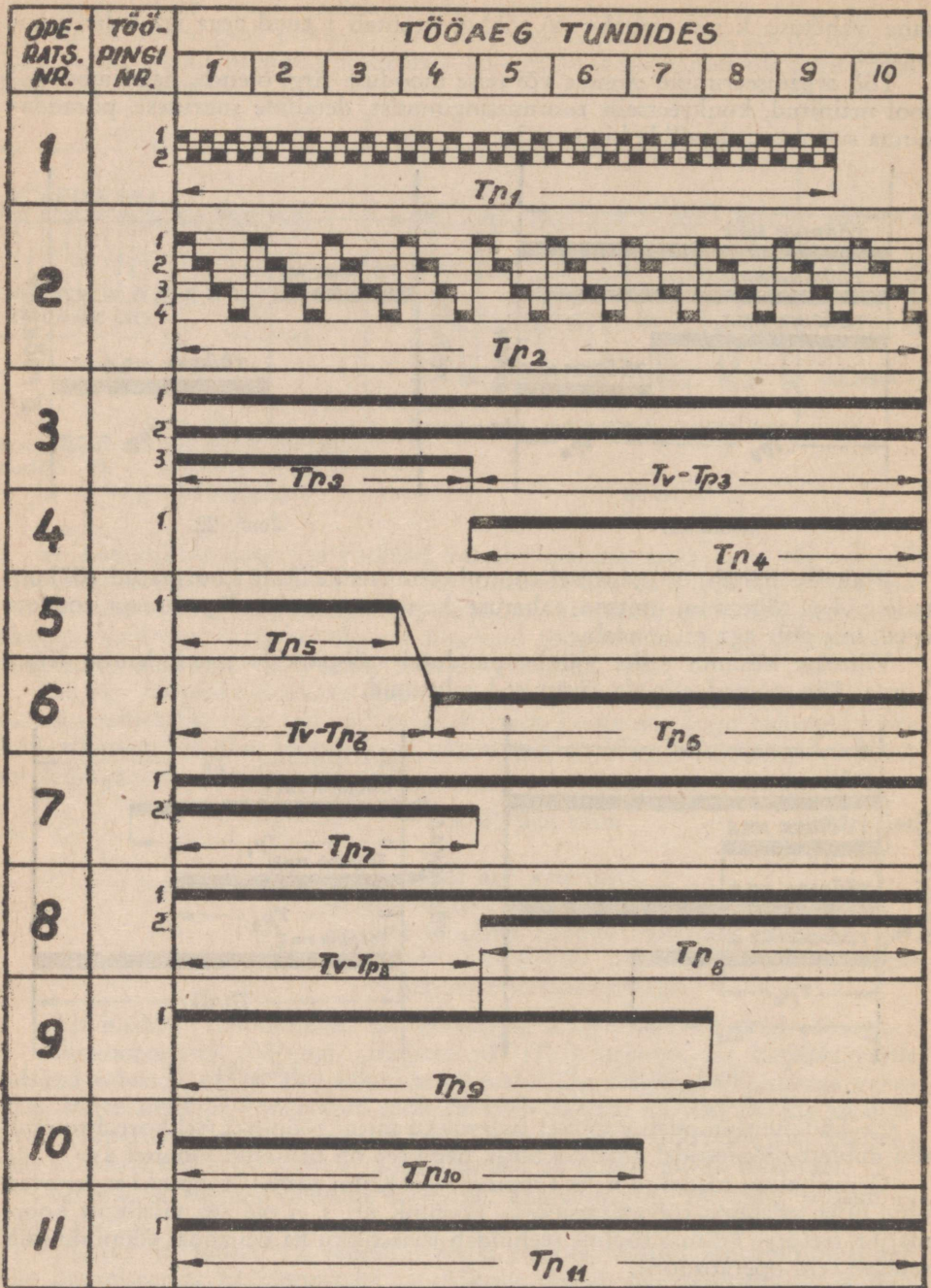


Joon. 24.

1) Tööline teenindab voolusel järjestikku mitut tööpinki. Sel korral toimub töö dublett-tööpinkidel graafiku järgi, nagu see on näidatud joonisel 21.

Graafikul on näidatud nelja tööpinki töö: Kolm esimest tööpinki sooritavad ühte ning sedasama tööoperatsiooni. Tööpink nr. 3 ei ole aga täielikult koormatud, seetõttu kolmas tööline teenindab järjestikku ka neljandat tööpinki, mis teostab teisi operatsioone.

Graafikul 22 on näidatud järjestikune tööpinkide teenindamine juhtumil, kui iga operatsiooni täitmiseks on tarvis ainult üks tööpink.



Joon. 25.

2) Peale tööpingi teenindamist, mis töötab osa vahetust, läheb tööline minigile osakonna abitööle. Sel puhul tööpingid, mis töötavad ainult osa vahetust (pink nr. 2 ja nr. 4), peavad hakkama tööle ühel ajal teiste tööpinkidega, nagu see on näidatud graafikul 23, dublett-tööpinkide korral, ja graafikul 24, ühetööpingiliste töökohtade korral. See moodus on üsna lähedane pidevale vooltootmisele ja annab minimaalse hulga operatsioonidevahelisi pooltooteid.

Üksikasjaline operatsioonidevaheliste pooltoodete arvutus on toodud hiljem vooluse reservide arvutuse juures.

Tööpinkide teenindamise järjekorra fikseerimiseks võib teha graafiku (vt. joon. 25), mis on analoogiline tööjaotuse kaardiga.

Järgnevalt toome tööperioodi arvutusnäiteid kõigi eespool-vaadeldud juhtumite kohta.

Otsevoolusel iseloomustub töödeldava detaili tehnoloogiline protsess järgmiste ajakulutustega üksikuil operatsioonidel:

Operatsiooni nr-d	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ühe detaili töötlemise aeg minuteis	18	38	24	6	3	6,5	14	16	7	6	11
Tööpinkide arv	2	4	3	1	1	1	2	2	1	1	1

Vooluse vahetuse toodang olgu 60 detaili. Lähtudes detailide gabariitidest, hinnast, töökooha pörandapinnast, oletame, et iga töökoht suudab täita vahetuse programmi. Vahetuse efektiivseks ajaks võtame lihtsuse mõttes 600 min.

Esimese operatsiooni jaoks võtame joonisel 19 toodud mooduse. Seejuures esimese operatsiooni tööperioodi T_{p_1} saab valemist

$$T_{p_1} = \frac{N_v t}{C} = \frac{60 \cdot 18}{2} = 9 \text{ h.}$$

Teise operatsiooni teenindamiseks võtame joonisel 20 toodud mooduse

$$T_{p_2} = T_v = 10 \text{ h.}$$

Kolmanda ja neljanda operatsiooni teenendamiseks võtame mooduse, mis on toodud joonisel 21.

Tööperioodi määramiseks peame kõigepealt arvutama tööpinkide arvu, mis töötavad kogu vahetusel.

$$\frac{N_v t}{T_v} = \frac{60 \cdot 24}{600} = 2 + \text{ülejäak } 240 \text{ min.}$$

Siit

$$T_{p_3} = 240 \text{ min. ehk } 4 \text{ h.}$$

$$T_{p_4} = N_v t = 60 \cdot 6 = 360 \text{ min. ehk } 6 \text{ h.}$$

Viienda ja kuienda operatsiooni teenendamiseks võtame mooduse, mis on toodud joonisel 22.

$$T_{p_5} = N_v t = 60 \cdot 3 = 180 \text{ min. ehk } 3 \text{ h.}$$

$$T_{p_6} = N_v t = 60 \cdot 6,5 = 390 \text{ min. ehk } 6,5 \text{ h.}$$

Seitsmenda ja kaheksanda operatsiooni teenendamiseks võtame mooduse, mis on toodud joonisel 23.

Arvutame kõigepealt tööperioodi mittetäielikult koormatud seitsmendal operatsioonil.

$$\frac{N_v t}{T_v} = \frac{60 \cdot 14}{600} = 1 + \text{ülejäak } 240 \text{ min.}$$

Siit

$$T_{p7} = 240 \text{ min. ehk } 4 \text{ h.}$$

Arvutame kaheksanda operatsiooni mittetäielikult koormatud töökoha tööperioodi.

$$\frac{N_v t}{T_v} = \frac{60 \cdot 16}{600} = 1 + \text{ülejäak } 360 \text{ min.}$$

Siit

$$T_{p8} = 360 \text{ min. ehk } 6 \text{ h.}$$

Üheksanda, kümnenda ja üheteistkümnenda operatsiooni teenindamiseks vaatleme moodust, mis on toodud joonisel 24.

$$T_{p9} = N_v t = 60 \cdot 7 = 420 \text{ min. ehk } 7 \text{ h.}$$

$$T_{p10} = N_v t = 60 \cdot 6 = 360 \text{ min. ehk } 6 \text{ h.}$$

$$T_{p11} = N_v t = 60 \cdot 10 = 600 \text{ min. ehk } 10 \text{ h.}$$

Joonisel 25 on toodud töökorralduse koondgraafik. Et ühel graafikul kujutada võimalikult kõiki töö organiseerimise mooduseid, on ajanormid sünkroniseerimata. Praktikas tavaliselt ei esine sellist juhtumit.

Lõppeks tuleb veel puudutada operaatorite töö korraldust voolusel: vaheaegade korraldamine puhkuseks, s. o. aeg, mis kulub töökoha teenindamiseks ja loomulike tarvete rahuldamiseks.

Vooluse režiim nõuab, et kõikide operaatorite puhke-vaheaeg langeks samale ajale. Tuleb siiski mainida, et see nõue on oluline juhtumil, kui töörütm on intensiivne ja üksikute töökohtade vahel on tihe side, näiteks monteerimisvoolusel.

Puhkust antakse kindla graafiku järgi, kas iga tunni järel 5 min. või iga kahe tunni järel 10 min.

Mehhaaniliste osakondade voolustel, kus töötsükliid on pikad ja side üksikute töökohtade vahel nõrk, ei ole otstarbekohane teha üldisi vaheaegu. Siin võib iga operaator töö juurest igal ajal natukeseks ajaks ära minna ilma üldist vooluse rütmi takistamata.

V.

RESERVID VOOLTOOTMISEL.

Ükskõik missuguse tootmisaparaadi laitmatuks tööks on tingimata vajalik mõningate reservide olemasolu, et kompenseerida tootmiskäigus esinevaid viperusi. Reservide olemasolu on hädatarvilik näiteks järgmisil juhtumel: mõne masina seismajäämisel, liigse praagiprotsendi tagajärjel; mitmesuguste organisatsiooniliste viperuste korral, nagu tööpingi, tööriista või abiseadme tõrkumisel; operaatore tööle mitteilmumisel jne.

Pidevvoolootmise organisatsioon eeldab erilise tähelepanu omistamist reservidele. Voolootmisel valitseb tihe side nii vooluse üksikute töökohtade kui ka mitme vooluse vahel, ja seega rütmi rikkumine mõnel töökohal võib esile kutsuda tööseisaku kogu voolusel.

Organisatsioonilisest seisukohast võib vooluse reservid jagada nelja gruppi:

- 1) sisseseade reservid,
- 2) pooltoodete reservid,
- 3) tööriistade ja abiseadmete reservid,
- 4) tööjõu reservid.

I. Sisseseade reservid.

Sisseseade reserv on võimsaim tegur, mis mõjutab vooluse laitmatut töötamist viperuste korral. Seejuures tuleb aga silmas pidada, et sisseseade reservi suurendamisega suureneb tunduvalt ka ettevõtte põhivahendite arv ja hind, mille tagajärjel suureneb toote omahind, sest et sisseseade amortisatsioonikulud suurenevad.

Et kindlaks määrata spetsiaalse sisseseade vajalikku reservi, tuleb kõigepealt selgusele jõuda, kui suur on antud sisseseade vabaaja fond.

Peaaegu iga voolus omab teatava vabaaja reservi, mis moodustub absoluutse ajafondi (24 tundi päevas) ja tegeliku tööaja fondi vahest antud režiimil.

Siit selgub, et sisseseadel antud töörežiimi juures on alati olemas teatav vabaaja fond.

Näiteks töötades kuuepäevase töönädala korral kahes vahetuses à 8 tundi saame vabaaja fondi kuu kohta järgmiselt:

$$(30 \cdot 24) - (26 \cdot 8 \cdot 2) = 304 \text{ tundi.}$$

Antud juhtumil on sisseseadel võrdlemisi palju vaba aega ja seetõttu pole erilisi sisseseade reserve vaja. Kui aga oletada, et eeltoodud juhtumil vahetus

oleks 11-tunnine ja päevas oleks kaks vahetust, siis vabaja fondist jätkuks ainult plaanipärase profülaktilise remondi teostamiseks. Õnnetuste tagajärjel tekkinud ajakadusid ei ole aga kuskilt katta.

Sisseseadete reserve tuleb arvestada ainult siis, kui on ette antud kindlad tehnilised normid.

Tuleb mainida, et sisseseade reserv on tihedalt seotud lõpetamata toodete reserviga, mille arvutus on toodud alamal.

Otsevooluse korral tuleb reservide küsimus otsustada iga töökohtade grupi kohta eraldi. See on tarvilik sellepärast, et kui voolus töötab 16 tundi päevas, siis mõned töökohad võivad näiteks töötada ainult 10 tundi päevas. Selliste töökohtade jaoks langeb ära spetsiaalse sisseseade reservi tarvidus, sest nendel töökohtadel on küllaldaselt vaba aega. Seevastu aga töökohtadele, mis töötavad äärmise rütmiga, tuleb tingimata ette näha sisseseade reservid.

Lühidalt öeldes, kui üksiku töökoha või mingi vooluse vabaja fond on suur, siis sisseseade reserve ei ole tarvis.

Juhtumil, kui sisseseade vabaja fond on väike ja tööprotsessi seisakute aega ei suudeta tasa teha, siis tuleb silmas pidada, et reservide suurus tuleb valida olenevalt vooluse operatsioonide arvust või vooluse pikkusest. Mida rohkem on voolusel masinaid, seda suurem peab olema reserv, kuna seda enam on võimalusi üksikute masinate väljalangemiseks. Masinate reserv on proportsionaalne töökohtade arvule voolusel.

Sisseseade reservide suurus oleneb plaanipärasest profülaktilisest remondist nii osakonna kui ka kogu tehase ulatuses ja ka tagavaraosade pargist. Mida suurem on tagavaraosade nomenklatuur, seda kiiremini saab parandada rikkinäinud sisseseadet. Sisseseade reserv oleneb veel vooluse sisseseade nomenklatuurist ja naabervooluste töö organisatsioonist.

Näiteks, kui osakonnas on seeriatootmise jaoskonnad, mille sisseseade sarnaneb vooluse sisseseadega, siis pole tarvis spetsiaalseid reserve, sest vooluse sisseseade seisakuid võib likvideerida seeriaproduktiooniga koormatud tööpinkide arvel.

Et hoiduda reservide soetamisest, võib üksikuid tööpinke, millel on palju vaba aega, kohandada teistele operatsioonidele.

Näide: Voolusel on pink, mis lihvib magnetiplaati. Pingi seismajäämisel kohandatakse üks treipink, millel on küllaldaselt vaba aega, plaadi lihvimiseks. Selline töö on küll väikese tootmisvõimega, ent lühikesi seisakuid suudab ta siiski kompenseerida.

2. Lõpetamata toodete reservid.

Lõpetamata toodete reservid on tööritmi häirete lokaliseerimiseks niisama olulised kui sisseseade reservid.

Lõpetamata toodete või pooltoodete reservid jagunevad kolme kategooriasse:

1) pooltooted, mis peavad kindlustama koostöötavate vooluste või vooluse üksikute töökohtade tootmisvõimet, nn. käitus-pooltooted;

2) pooltooted, mis peavad kompenseerima tootmisprotsessis esiletulevaid lünki, nn. kindlustus-pooltooted;

3) pooltooted, mis peavad toitma voolust järjekordse detailide partii transportimise ajal naaberosakonnast või teiselt vooluselt.

Olenevalt pooltoote valmistamise asukohast jagatakse iga kategooria kahte ossa: 1) voolustevaheliseks ja 2) operatsioonidevaheliseks.

Eriti suur tähtsus on pooltooteil monteerimisvoolustel. Operatsioonidevahelised käitus-pooltooted on tarviliikud juhtumil, kui vooluse üksikute töökohtade tootlikkus on erinev. Voolustevahelised käitus-pooltooted on tarviliikud seal, kus üksikute vooluste rütmid on erinevad ja seega nende omavaheline side nõrk.

Järgnevalt vaatleme operatsioonidevaheliste käitus-pooltoodete arvutuse põhimõtteid. Käitus-pooltoodete hulga saab kätte lihtsa aritmeetilise arvutamise, s. o. tuleb leida kahe vahepealse töökooha tootmisvõime vähe.

Kogu arvutuse sisu seisab selles, et leida kõige tootlikuma töökooha tööperiood. Selle arvutus on toodud eelmises peatükis.

Lähtume seisukohast, et operatori tööperiood on juba määratud. Käitus-pooltoodete arvu Z_n saame järgmisest valemist:

$$Z_n = \frac{T_p \cdot C_n}{t_n} - \frac{T_p C_{n+1}}{t_{n+1}} \quad (15)$$

T — tööperiood,

t_n ja t_{n+1} — vastavate operatsioonide normaeg,

C_n ja C_{n+1} — tööpinkide arv, mis töötavad vastava operatsiooni täitmisel paralleelselt perioodi T_p vältel.

Resultaat võib olla nii negatiivne kui ka positiivne. Plussmärk (+) näitab, et maksimaalne pooltoodete arv peab olema perioodi lõpul, miinusmärk (—) aga näitab, et maksimaalne pooltoodete arv peab olema perioodi algul.

Kindlustus-pooltooted on tarviliikud sisseseade murdumisel või muudest põhjustest tingitud üksikute töökohtade seisakuil. Neid ei saa nii täpselt arvutada kui käitus-pooltooteid, sest siin mängib väga suurt osa juhus.

Literatuuris võib sageli leida valemeid kindlustus-pooltoodete hulga määramiseks, kuid praktikas neid ei kasutada.

Kindlustus-pooltoodete hulga määramisel tuleb silmas pidada järgmisi asjaolusid: kindlustus-pooltooted paigutatakse tavaliselt kontrollpunktidesse, mitte aga vooluse üksikute töökohtade juurde. Ühest küljest on neid kontrollpunktis kergem arvutada ja teisest küljest on neid kergem reguleerida ning tarviliikul hulgal säilitada.

Kindlustus-pooltoodete arv määratakse tavaliselt statistiliste ajakao andmete põhjal. Keskmise organisatsioonilis-tehnilistest ebasobivustest põhjustatud ajakadu päevas jagatakse rütmile ja saadud resultaat annab kindlustus-pooltoodete arvu.

Arusaadav on, et see arv peab esimeses kontrollpunktis olema suurem kui järgmistes, sest esimese kontrollpunkti pooltooted peavad katma kogu vooluse väljalangenud töökohtade toodangu.

Eriti tähtis on kindlustus-pooltoodete olemasolu kohtades, kus esinevad pidevvooluse katkemised, näit. toodete üleminekul ühest osakonnast teise või ühelt vooluselt teisele. Pooltoodete hulk oleneb siinjuures paljudest tegureist. Ta on seda väiksem, mida tapsemalt töötab etteandja voolus ja mida tihedam

side on vooluste vahel. Kuid ka parimal juhtumil tuleb soetada kindlustus-pooltoodete tagavara 5—10-tunniliseks tööks.

Kindlustus-pooltoodete arv peab olema suurem, kui etteandjaks on seeria-viisi töötav osakond. Sel juhtumil tuleb ette näha ladu, tavaliselt 3—4-päevase tagavara jaoks; näit. saapatehastes juurdelõikuse osakond.

Kui vooluse varustajaks on koopereeritud tehas, siis tuleb ette näha veel suurem pooltoodete arv, sest siin võivad lisanduda kõigele muule veel transpordi raskused.

Transport-pooltoodete reserv peab kindlustama pidevat vooluse söötmist ja neid pooltooteid võib täpselt välja arvutada, kui transport-vahendid töötavad korrektselt.

Transport-pooltoodete arvu Z_i määramiseks kasutatakse tavaliselt järgmist valemit

$$Z_i = \frac{t_i}{r} + P \quad (16)$$

t_i — transpordile kuluv aeg,
 P — partii suurus (tükki),
 r — rütm.

Lisaks eeltoodud pooltoodete reservidele peab iga töökoha juures olema 20—30-minutilise töö tagavara juhuslike töotakistuste vältimiseks.

Tavaline viga, mis tehastes tööseisakuid põhjustab, on see, et ei nähta ette küllaldasel arvul käitus-pooltooteid. Teiseks tuleb silmas pidada, et pooltooteid oleks alati ettenähtud hulgal. Selle eest peab hoolitsema kontrollaparatuur. Samuti peab olema täpne pooltoodete tagavaraarveldus.

3. Tööriistade reservid.

Et kindlustada vooluse töörežiimi, tuleb erilist tähelepanu pöörata vooluse varustamisele tööriistadega.

Tavaliselt toimub tööriistadega varustamine tsentraliseeritult ja nende kohaletoimetamine teostub perioodiliselt, vastavalt plaanipärasele tööriistade nürinemisele. Et aga mitmel põhjusel, nagu halvakvaliteediline lõikeriist või madala kvalifikatsiooniga operaator, võib tekkida tarvidus vahetada tööriista enne plaanis ettenähtud aega, siis peab selleks juhtumiks olema ette nähtud tööriistade tagavara nii töökohas kui ka osakonna tööriistade jaotuslaos.

Gorki autotehastes on vooluse teenindamiseks nähtud ette järgmine tööriistade tagavara: tööpingil — üks komplekt, tööpingi juures 1—2 komplekti, tööriistade jaotuslaos 2—3 komplekti ja käituslaos teritamistöokoja juures 1—2 komplekti. Üldine osakonna lõiketööriistade tagavara nomenklatuuri järgi peab olema 5—8 komplekti. Lisaks sellele on hädavajalik küllaldane tagavara tööriistu tsentraalses tööriistade laos.

4. Tööjõu reservid.

Juhtumil, kui osakonnas on olemas nii voolus- kui ka seeriajaoskond, siis erilist tööjõu reservi vaja ei ole, sest juhtumil, kui vooluselt puudub mõni operaator, võib teda asendada mõni tööline, kes töötab seeria-jaoskonnas. Tavaliselt

on seeria-jaoskonnas kõrgema kvalifikatsiooniga töölised kui voolusel, mille tõttu asendamine erilisi töötakistusi ei tekita.

Kui osakonnas on olemas ainult voolused, siis on sellist manööverdamist operaatoritega hoopis raskem teostada. Teatav võimalus leidub siiski, kui näiteks rakendada töökohtadele, kus operaatorid pole tööle ilmunud, vähekoormatud töökohtadel töötajaid.

Sageli on osakonnas olemas teatav reserv töölisi, kes võivad tarviduse korral asendada ükskõik missugust vooluse operaatorit.

Nagu eeltoodust selgub, pole tööjõu reservide arvestamisel niivõrd tähtis tagavara-operaatorite arv kui just nende oskus töötada mitmesugustel töökohtadel.

Seepärast tuleb vooltootmisel suurele osale operaatoritest õpetada töötamist mitmesugustel töökohtadel.

VI.

VOOLUSE PLANEERIMINE JA TRANSPORT.

I. Sisseseade asetuse.

Õige vooluse planeerimine kindlustab detailide kiiremat liikumist ühelt töökohalt teisele ja on ühtlasi tähtsaks teguriks õige rütmi hoidmisel.

Vooluse planeerimist ei või vaadelda isoleeritult teistest jaoskonna organisatsioonilistest ja tehnilistest tingimustest.

Vooluse planeerimisel tuleb silmas pidada järgmisi üldisi tingimusi:

1) mugavust vooluse söötmisel valmisproduktiooni väljatulekul ja jäätmete koristamisel;

2) detailide liikumistee peab olema võimalikult lühike, sirgjooneline ja ilma ristumisteta;

3) mugavust tööpinkide teenindamisel nii operaatorite kui ka abitööliste poolt.

Vooluse söötmise mugavust tuleb vaadelda produktiooni tarvitaja ja varustaja seisukohalt.

Igal voolusel peab olema üks peasöötmisspik. Enesestmõistetav on, et see punkt peab olema võimalikult lao või söötva vooluse ligidal. Kui seda tingimust vooluse planeerimisel ei saa täita, tuleb esimene töökoht asetada võimalikult mõne peatransportmagistraali ligidale, näiteks osakonna pealäbikäigu, raudtee jne. ligidale.

Teisest küljest iga voolus kujutab endast teatavas mõttes varustajat. Seetõttu lõppoperatsiooni töökoht tuleb paigutada võimalikult ligidale voolusele-tarvitajale, valmistamise laole või osakonna transport-magistraalile.

Töödeldava detaili lühim liikumistee saavutatakse sisseseade paigutamise rangelt tehnoloogilise protsessi järjestuses. Lühemate vooluste korral püütakse masinad paigutada ühele sirgjoonele, et saavutada võimalikult lihtsat transport-sisseseadet. Pikemate vooluste korral paigutatakse masinad ka □-kujuliselt.

Vooluse planeerimisel tuleb tööpingid asetada võimalikult üksteise lähedale. Silmas pidades seda tingimust on võimalik kasutada detailide transportimisel kõige primitiivsemaid transportvahendeid (näit. pöördlauad tööpinkide vahel, pendelkonksud, konsoolkraanad jt.).

Teenindamise mugavus. Vooluse projektimisel peab erilist tähelepanu pöörama tööpinkide teenindamise mugavusele nii operaatorite kui ka abitööliste seisukohast.

Siin tuleb silmas pidada töökohtade varustamist abimaterjalidega, detailide edasiandmise võimalusi ühelt töökohalt teisele, laastude ja jäätmete kõrvaldamist, mitmel pingil töötamist jne.

Vaatleme alamal mõningaid planeerimisnäiteid.

Joonisel 6 on näidatud kepsu marsruut vanal voolusel ja uuel ümberplaneeritud voolusel. Ülemisel joonisel on näidatud 14 töökohta, kusjuures ese peab läbima töötlemise kestel 292 m pikkuse tee. All on toodud sama voolus ümberplaneeritud 15 töökohaga, kuid eseme marsruut on ainult 60 m. Võrreldes neid voolusi võib otsekohe öelda, et uus voolus on palju praktilisem.

2. Transport- ja koormatõste sisseseaded.

Vooluse töökohtade-vahelise transpordi korraldamiseks tarvitatakse järgmisi transport-sisseseadeid.

A. Tõsteseadmed:

1. Telferid.
2. Pneumaatilised tõstukid.

B. Perioodiliselt töötavad transportvahendid:

3. Üksikroobas telferiga või kassiga.
4. Pendeltransportöör.
5. Kahe šarniiriga konsool.

C. Pidevalt töötavad transportvahendid:

6. Kett-transportöörid.
7. Lint-transportöörid.
8. Köis-transportöörid.
9. Konveierid.
10. Rullikud gravitatsioonijõuga liikuvad.
11. „ „ mehhaanilise ajamiga.
12. Kaldpinnad, libisemis- ja veeremiskaldpinnad.

D. T a a r a d: kastid ja vankrid, nii kantavad kui ka põrandal või mingil alusel lükatavad.

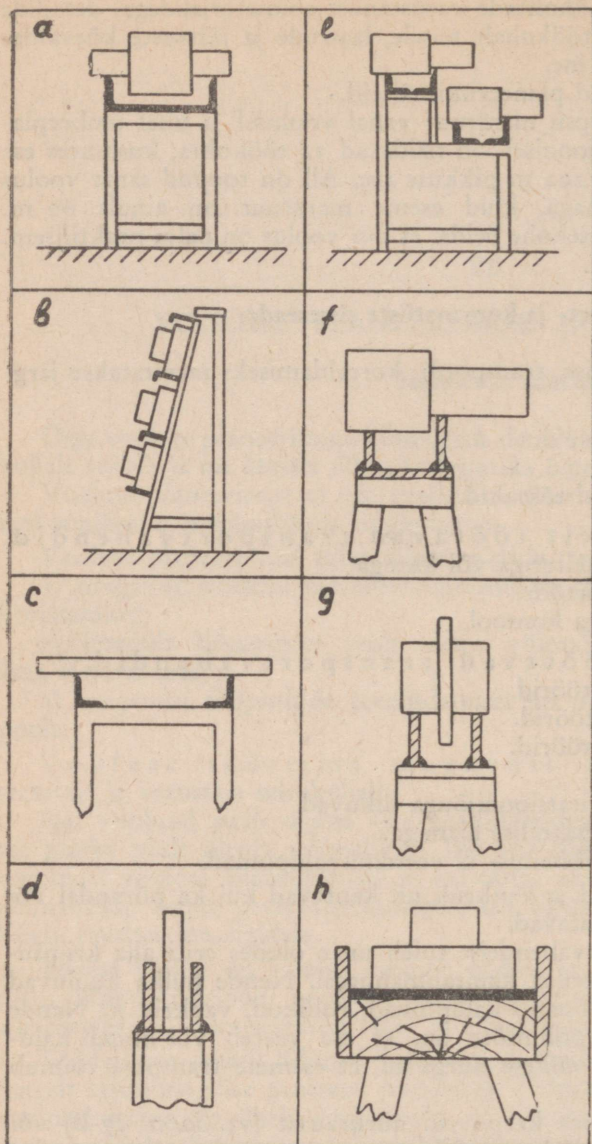
Eespool-mainitud transportvahendeist tuleb meie oludes eriti alla kriipsutada lihtsamaid, mis ei nõua erilisi kapitalimahutusi. Nende hulka kuuluvad esimeses järjekorras veer- ja libisemis-kaldpinnad, rullikud, vankrid jt. Nende transportvahendite töötamise põhimõte on, et ese veereb või libiseb kaldpinnal. Sageli on kaldpind nii väikese nurga all, et esemete transport toimub lükkamise teel.

Veer-kaldpinnad tehakse kas karp- või nurkrauast (vt. joon. 27-B) või isegi puidust; kuid siis tuleb pind katta plekiga.

Olenevalt etteandmise või väljalaskmise töökohtade arvust kasutatakse ühe-, kahe- või mitmekorruselist veerpinda (vt. joon. 26).

Liug-kaldpinnad ehitatakse tavaliselt rennikujulised (vt. joon. 26-H).

Suuremate kauguste ning väikeste kaldenurkade korral, kui detail ise enam ei saa libiseda mööda kaldpinda, kasutatakse rullteid (vt. joon. 27-A). Kui rullid on ilma mehhaanilise käivitusseadmeta, siis nimetatakse neid gravitatsioonilisteks rullteedeks.



Joon. 26.

Veer- ja laugpinnad detailide transportimiseks. a — ühekorruseline veerpind, b — mitmekorruseline veerpind, c — pikkade detailide veerpind, d — rõngaste ja ketaste veerpind, e — kahekorruseline astmeliste detailide veerpind, f — ühekorruseline astmeliste detailide veerpind, g — astmeliste ketaste veerpind, h — rennliugpind.

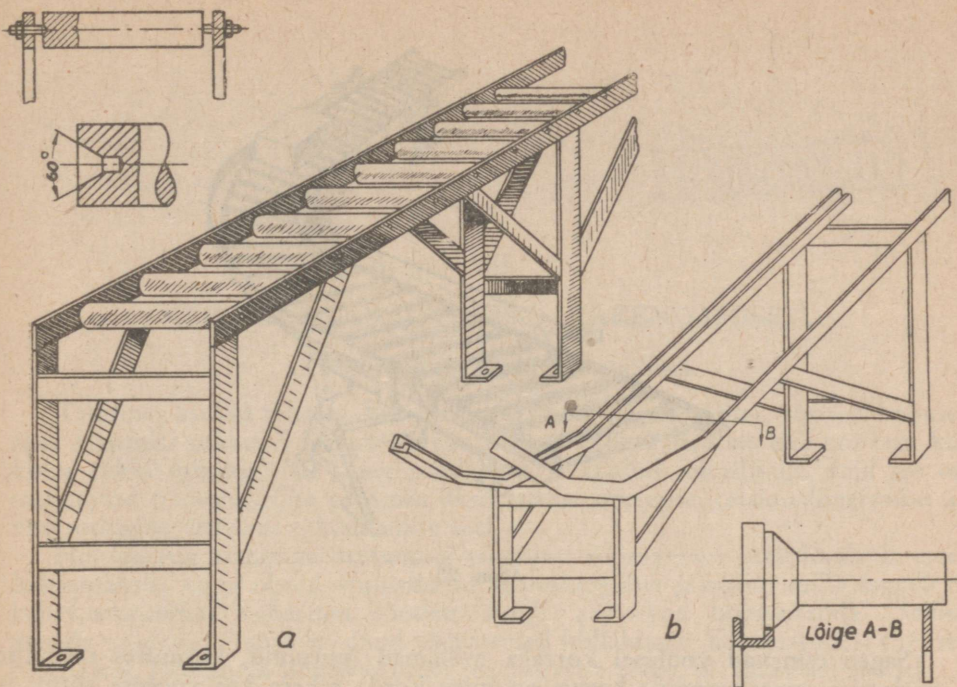
Väiksemate esemete transportimise korral ehitatakse rullteed töökoha kõrgusel. Esemete mahaliigutamise takistamiseks pöörangutel ehitatakse rulltee äärde juhtlatid (vt. joon. 28). Kui on tarvis muuta rulltee kõrgust või kallakut, siis ehitatakse tee kandejalad reguleeritavad (vt. joon. 28). Kui aga pole tarvis muuta tee kallakut, siis tehakse jalad lihtsalt lattrauast (vt. joon. 27).

Suuremate esemete transportdiks väikese kallaku all kasutatakse sageli ajamiga ühendatud rullikuid. Need pannakse liikuma elektrimootoriga või kooniliste hammasrataste, galliketi või köis-ülekande abil.

Vastavalt esemete gabariitidele, raskusele ja nende tihedusele võib ajamiga ühendada kas iga rulli, iga teise, kolmanda või ainult esimese rulli. Nõudeks on, et üksikult liikuv ese peab toetuma vähemalt kahele ajamiga ühendatud rullile.

Transportvahendite hulga arvutus sõltub detailide hulgast, kaalust, gabariidist ja teistest tootmistegureist. Konveieri arvutamisel on tarvilik kõigepealt määrata tee pikkus ja kiirus.

Et määrata konveieri pikkust, tuleb määrata üksikute töökohtade pikkus konveieril ja konveieri kõrval ning töökohtade arv. Töökoha pikkused tuleb võtta võrdsed ja kõige pikema töökoha järgi.



Joon. 27.

Olles määranud töökoha pikkuse ning teades rütmi, võime arvutada konveieri kiiruse valemist:

$$V = \frac{l}{r}, \quad (17)$$

kus V — konveieri kiirus m/min.,
 l — töökoha pikkus m,
 r — vooluse rütm min.

Näide: Olgu töökoha pikkus 4 m ja väljalaske rütm 3 min. Siit

$$V = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ m/min.}$$

Konveieri üldpikkuse saame valemist

$$L = l \cdot m, \quad (18)$$

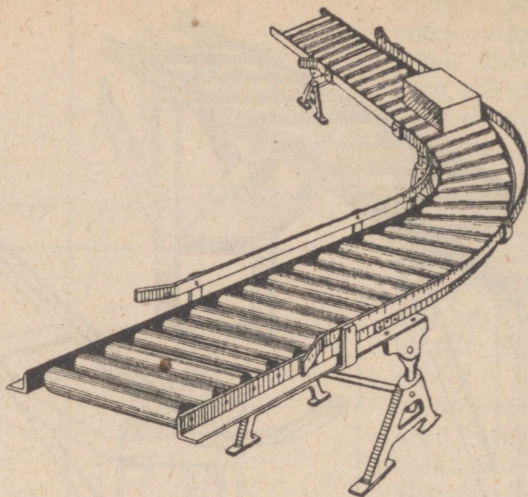
kus L — konveieri üldpikkus m-tes,
 m — töökohtade arv.

Konveieri pikkuse määramine termilise töötlemise, liimimise jt. protsessidel sõltub nende protsesside kestusest ja seega konveieri pikkus määratakse järgmise valemiga

$$L = t_p v, \quad (19)$$

kus t_p — protsessi kestus min.

Eespool-toodud näidetest selgub, et konveieri pikkuse määrab esimesel juhtumil kõige pikema töökoha pikkuse ja töökohtade arvu korrutis, teisel juhtumil aga konveieri kiiruse ja protsessi kestuse korrutis.



Joon. 28.

Sageli esinevad voolusel korraka mõlemad juhtumid, kusjuures termilise töötlemise operatsioonide kestus on mitu korda pikem kui vooluse rütm, ja nimetatud operatsioonide sooritamine nõuab eritüübilist konveier-sisseseadet.

Sellistel juhtumitel rakendatakse nende protsesside täitmiseks eri konveier-sisseseadeid peakonveieri kõrval või kohal. Näiteks saapavabrikutes kasutatakse kuivatuskappe, mis asetsevad peakonveieri kõrval või peal (vaata joon. 32-A). Detail, jõudnud kuivatuskapi juurde, võetakse üldkonveierilt maha ja asetatakse kapis liikuvale erikonveierile. Läbinud kuivatuskapi, asetatakse detail sama töölise poolt peakonveierile tagasi. Erikonveieri kiirus on reguleeritav vastavalt tarvilikule kuivatuse kestusele.

Sellise sisseseade juures ei sega kuivatuse kestuse reguleerimine vooluse rütmi ja aitab tunduvalt kokku hoida põrandapinda.

Seega võib kombineeritud juhtumitel konveieri pikkust arvutada töökohtade pikkuse järgi, kuivatamise ja termilise töötlemise operatsioone võib aga sooritada erikonveieritel, segamata peakonveieri rütmi.

Detailide seeriaviisi edasitransportimiseks kasutatakse sageli vankreid. Suuremate esemete transportimiseks liiguvad vankrid põrandal. Vankrite liikumine ühelt töökohalt teisele toimub kas inimjõul või on vankri liikumise kallas ja ta liigub edasi gravitatsioonitungi mõjul. Viimasel juhul kasutatakse vankri seismajätmiseks järgmise töökoha juures pidurit. Peale esemete töötlemist vabastab tööline piduri ja vanker liigub ise järgmisele töökohale.

Oleks huvitav kirjeldada ka teiste transportvahendite arvutuse põhimõtteid ja tootmisviise, kuid kahjuks ei võimalda seda käesoleva teose raamid.

VII.

NÄITEID VOOLTOOTMISE RAKENDAMISEST.

1. Hobuseraua tootmine voolusel.

Tallinnas asuvas tehases, kus direktoriks on sm. A. Adler, toodab hobuseraua tootmise osakond iga päev 1500 hobuserauda vahetuses ehk rohkem kui kolm tükki minutis. Nii suurt toodangut ei saadud juhuslikult, vaid see on saavutatud tehnoloogilise protsessi üksikasjalise uurimise, ratsionaliseerimise ja vooltootmise süsteemi rakendamise teel.

Hobuseraua-osakonna asutamisel paigutati töömasinad juhuslikult ja ettemõtlematult, ka ei olnud viimistletud tehnoloogiline protsess, mille tagajärjel kaheksatunnilises vahetuses toodeti ainult 400—500 hobuserauda. Sellise madala toodangu juures ei olnud töömasinad küllaldaselt koormatud ja tööliste tootlikkus, vaatamata nende näilisel intensiivsele tööle, oli äärmiselt madal.

Tehase hobuseraua-osakond tootis liiga kallilt ja tehas ei olnud võistlusvõimeline turule tulevate odavate hobuseraudadega.

Tehase peainseneri sm. Butte juhtimisel teostati hobuseraua tootmise osakonnas põhjalik tootmisprotsessi uurimine, et selgitada, millest on tingitud madal tootlikkus ja kuidas seda parandada.

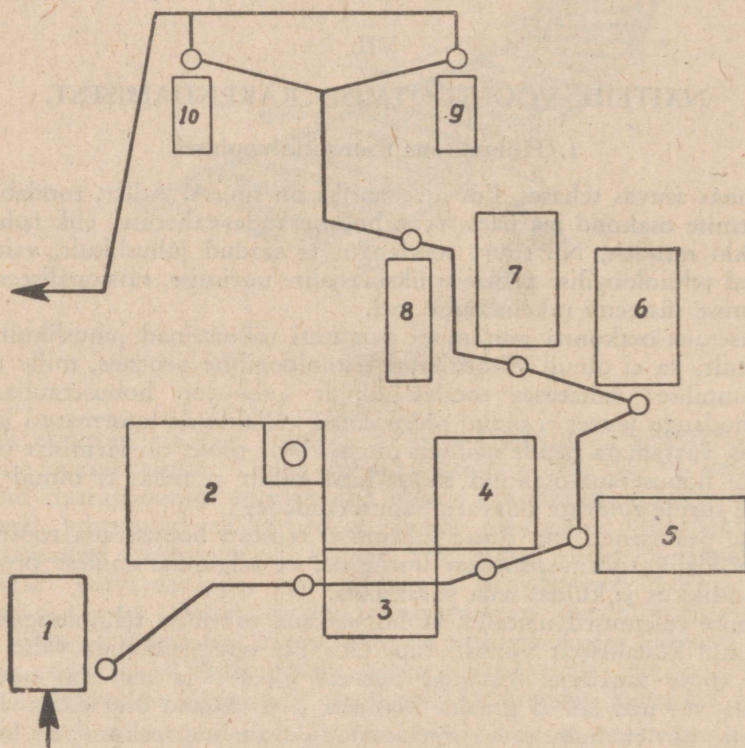
Uurimise tulemused näitasid, et hobuseraua tootmise tehnoloogiline protsess ei olnud küllaldaselt viimistletud, üksikute operatsioonide vahel tekkisid seisakud, mille tagajärjel kuumad detailid jahtusid ja neid tuli sageli uuesti soojendada või nad läksid praaki. Masinad ja töökohad olid ebaratsionaalselt paigutatud, nii et hobuseraua operatsioonidevaheline teekond oli liiga pikk. Kolmanda pressu juures töötav operaator pidi näiteks detaili võtma selja tagant, mis tublisti raskendas tema tööd jne. Et üksikud operatsioonid olid sünkroniseerimata, siis oli osa töökohti liiga üle koormatud ega jõudnud oma tööga toime tulla; seevastu aga teine osa töökohti oli hoopis nõrgalt koormatud. Ebaratsionaalsest tööjaotusest tingult tekkisid üksikute operatsioonide käigus detailide kuhjumised, millest suur osa läks praaki. Samuti selgus, et toormaterjal ei olnud tootmiseks kohane, tuli leida uus sobivam terase mark.

Raua kuumutamiseks tarvilik naftaahi osutus sobimatuks ja tuli täielikult ümber ehitada.

Tarvitusel olevad tööriistad ei olnud kohased, matriitside kuju tuli oluliselt muuta, et neid sobitada antud ülesande sooritamiseks; ka tuli otsida kohasemat materjali nende valmistamiseks.

Arvestades eespool-nimetatud puudusi tootmisprotsessis korraldati osakond põhjalikult ümber ning kujunes välja alamal toodud suvi-hobuseraua tootmise tehnoloogiline protsess (vt. joon. 29).

Laost tulev raud tuleb lõikamasinasse (1), kus ta lõigatakse vastava pikkusega tükkideks ja laotakse sama töölise poolt kahesajaliste partiide kaupa ahju (2) kõrval olevale riiulile. Siit võtab järgmine tööline rauatükid kahesajaliste partiide kaupa ja paneb nad kuumutusahju (2), kus nad kuumenevad umbes pool tundi. Ahjus on tavaliselt korraga kaks partiid, ühte kuumutatakse, teisest võetakse rauatükke ükshaaval välja. Helepunaseks kuumendatud



Joon. 29.

- 1 — lõikamispress, 2 — soojendusahi, 3 — valtsid, 4 — painutaja, 5 — auruhaamer, 6 — esimene press, 7 — teine press, 8 — kolmas press, 9 ja 10 — augustants.

rauatükid võetakse ahjust välja sama töölise poolt, kes nad sinna pani, ja lastakse läbi valtsi (3), mis annab neile lapiku kuju. Valtsimiselt tulnud latt läheb painutusmasinasse (4), kus ta painutatakse hobuseraua-kujuliseks. Edasi läheb ta auruhaamri (5) alla, kus talle lüüakse sisse naelutamisel tarvisminev renn. Siit läheb ta esimese pressi (6) alla, kus vormitakse hobuseraua eesmises osas olev kilp. Siit läheb ta teise pressi (7) alla, kus toimub detaili tagumiste otste lõikamine ja otste painutamine. Painutatud otstega detail läheb kolmanda pressi (8) alla, kus toimub suvi-hobuserauale lõpliku kuju andmine. Selle operatsiooniga lõpeb tehnoloogilise protsessi kuumtöötlemise osa ja detail jäetakse üheks päevaks jahtumiseks seisma. Järgneval päeval toimub veel naela-

aukude stantsimine (9,10) ja seejärel pakkimine kahekümnelistesse pakkidesse valmiskaubalattu saatmiseks.

Selline sisseseade ja tehnoloogilise protsessi ümberkorraldamine tegi võimalikuks normi täitmise. Kui normina oli ette nähtud 1200 hobuserauda päevas, siis suudeti esialgu toota ainult 500. Nüüd aga, pärast tootmisprotsessi ümberkorraldamist pidevvoolootmisele, täidetakse norm kerge vaevaga ja koguni ületatakse. Tavaliseks vahetuse toodanguks on välja kujunenud 1500 hobuserauda.



Joon. 30.

Vaade voolusele esimese pressi poolt.

Sisseseade täiendamise kulud olid tühised. Töömasinad jäid endiseks ja toimus ainult matriitside täiendamine ja töökohtade ümberpaigutamine.

Vaatamata sellele, et tööliste arv jäi endiseks, tõusis toodang 300%, sellele vastavalt tõusis ka tootootlikkus iga tööliste kohta kolmekordseks ja hobuseraua omahind, materjali hinda kaasa arvamata, langes ligi kaks ja pool korda.

Omahinna alanemisele mõjus tunduvalt kaasa ka praagi vähenemine. Varem, kui masinad ei olnud ratsionaalselt paigutatud ja töö rütm oli sünkroniseerimata, tekkis sagedane detailide kuhjumine üksikute operatsioonide käigus, mis tingis nende jahtumise. Edaspidine töötlemine andis praaki, kuna teras teatud temperatuuril on habras ega kõlba töötlemiseks. Nüüd on selline praagi tekkimine viidud miinimumini, kuna kindla rütmi tõttu detailidele ei anta jahtumiseks aega. Üksikutel juhtudel tekib praaki vaid seeläbi, et õhuhaamer lööb renni valesse kohta, mis aga avastatakse järgmise operatsiooni kestel ja kõlbmata detail kõrvaldatakse voolusest.

Pidevvoolootmisele üleminekul vähenes detailide operatsioonidevaheline marsruut 25% võrra; kui see enne oli 20 m, siis nüüd liiguvad detailid operatsioonide vahel ainult 15 m. Kuna masinad on paigutatud vahetult üksteise lähedale ja detailid on kerged, siis ei ole konveieri järgi mingisugust tarvidust. Detailide transport teostatakse tööliste eneste poolt. Iga kahe töökoha vahele on asetatud väike lauake. Operatsiooni lõpetanud, paneb tööline detaili lauale, mille tema naaber sealt võtab, sooritab oma operatsiooni, asetab selle järgmisele lauale, jne. Kuna töökohad on ligistikku ja laud detaili töötlemise tasapinnal, siis on tööliste jõukulu detaili töstmisel minimaalne.

Operatsioonide head sünkroniseerimist ja tehnoloogilise protsessi viimistlemist tunnustab asjaolu, et tööpinke-dublette on väga vähe. Ainult aukude stantsimisel töötab kaks ühesugust tööpinki paralleelselt. Ka ei esine siin mitmel pingil töötamist, sest tööliste masina käsitsemise ajad ei võimalda mitmel pingil töötamist.

Masinate üksteisele lähemale viimise tõttu vähenes tunduvalt tootmiseks tarvilik põrandapind. Ühtlasi jäid ära operatsioonidevahelised pooltooted, mis võtsid oma alla hulga põrandapinda. Nii muutus kogu osakond puhtamaks, nägusamaks ja tööprotsess muutus ülevaatlikumaks.

Et kindlustada vooluse pidevat tööd, on ette nähtud ühepäevane pooltoodete tagavara pärast lõikamist, s. o. enne detailide kuumutamist ahjus. Enne aukude stantsimist on ühepäevane detailide tagavara olemas mitte selleks, et kindlustada pidevat stantside tööd, vaid seetõttu, et peale viimast kuuma operatsiooni hobuseraud peab lõplikult jahtuma. Teiste operatsioonide vahel pooltoodete tagavarasid ei ole.

Pidevvoolootmisele üle minnes kadusid täiesti tehnoloogilisest distsipliinist kõrvalekaldumised, sest kõik operatsioonid kulgevad kindlalt üksteise järel ja mõne operatsiooni vahelejäämist ei saa ette tulla. Ettekirjutatud rütmist kinnipidamine kindlustab detailidele töötlemise ajal kindla temperatuuri ja rütmiga on tagatud kindel detaili kuumutamise ning kuumtöötlemise aeg. Selle tagajärjel kergeneb tunduvalt ka meistri töö; tal on palju soodsam kontrollida tehnoloogilisest protsessist kinnipidamist detaili töötlemisel.

Erilist tähelepanu tuleb meistril pühendada sisseseade õigeaegsele remondile, sest mõne pingi rikke tõttu võib seisma jääda kogu voolus. Et kindlustada vooluse pidevat tööd, tehakse iga päev põhjalik pinkide järelevaatus. Kord aastas toimub sisseseade kapitaalremont, millal osakond seisab terve kuu. Et kindlustada vooluse töö pidevust, on iga pingi jaoks ette nähtud kolm komplekti tööriistu — üks nendest on pingil, teine pingi juures tagavaras ja kolmas komplekt remontlukusepa käes korrastamisel. Tööriistade vahetamine toimub kindla graafiku järgi. Olenevalt tööriista ja töödeldava hobuseraua materjali omadustest vahetatakse tööriistu 1—2 nädala tagant.

Pidevvoolootmise rakendamisel tugevnes tunduvalt töödistsipliin, sest ühe tööliste puudumine halvab kogu vooluse tööd. Et kindlustada pidevat tööd mõne tööliste haigestumise puhul, asendatakse see koht remontlukusepaga, kes on välja õpetatud töötama igal pingil. Üldse on suuremale osale töötajale õpetatud mitme erineva pingi käsitsemist.

Et keeruliste operatsioonide sooritamine nõuab rohkem vilumust kui lihtsatel operatsioonidel, siis paigutatakse uusi töölisi algul kohtadele, kus toimuvad lihtsamad operatsioonid. Siin omandavad nad täieliku vilumuse 2—3

kuuga, mistõttu saab kasutada madala kategooria töölisi. Näiteks täidab preside grupis kõige keerulisemaid operatsioone kolmas press, esimene aga kõige lihtsamaid. Uue töölise võtmisel pannakse ta algul tööle esimesele pressile ja siis järk-järgult teisele ja lõpuks kolmandale.

Puhkus töövaheajal toimub kindla graafiku järgi. Kuna detailide ahjus kuumutamine toimub 200-liste partiide kaupa, siis on ka vaheajad vastavalt reguleeritud: iga 200 operatsiooni järel on 5—10-minutiline vaheaeg, mis teeb välja umbes iga 55 minuti järel 5 minutit puhkust.

Pidevvooltootmise sisseadmisel lihtsustus tunduvalt toodangu plaanimine ja arvepidamine. Siin on täpselt teada, kui palju detaile on võimalik tunnis toota. Arvepidamine teeb eriti lihtsaks asjaolu, et kõik töölised toodavad ühepalju ja toodangu suurust saab kindlaks määrata detailide etteandmise ja väljlaske järgi, sisse viies väikest praagi korrektoori palgade arvestamisel.

Pidevvooltootmisele üleminek aitas tunduvalt kaasa massilise poliitöö organiseerimisele töötajate keskel. Varem kulus agitaatoritel palju aega mitmesugustele pisikestele viperustele ja korraldustele, kusjuures üldise poliitilise töö organiseerimiseks jätkus aega napilt.

2. Vooltootmine masinaehitustehases.

Alamal on toodud näide vooltootmise rakendamisest tehases, kus direktoriks on sm. Korobov.

Tehases kohaldati vooltootmisele valu- ja mehhaanikaosakond. Vooltootmisele üleminek andis juba esimestel päevadel positiivseid tulemusi: tööprotsess kiirenes, tootlikkus kasvas, alanes toote omahind, kergenes töö juhtimine ja paranes töödistsipliin.

Enne vooltootmisele üleminekut oli valukojas töö korraldatud väga algeliselt. Metallist valuvormid asetseid alalistes asukohtades, seetõttu tuli töölistel nii vormimiseks kui ka valamiseks tarvilik materjal kanda läbi kogu ruumi. Eriti raske oli sulametalli kandmine vormikastide vahel. Säärase süsteemi puhul kulus kvalifitseeritud töölistel kuni 25% ajast raskuste kandmiseks. On loomulik, et selline ebaratsionaalne töösüsteem ei ergutanud töölisi töönorme ületama ega andnud võimalusi iga töölise tööd täpselt arvestada ja seda kontrollida.

Vooltootmisele üle minnes jaotati terve valamise töökäik üksikuteks operatsioonideks ja kõik töökohad määrati kindlaks vastavalt tehnoloogilise protsessi järjekorrale. Samad metallist vormid asetati kitsarööpmelisel raudteel liukuvatele erikonstruktsiooniga vankritele. Vankrid käivitati mehhaaniliselt raudtee vahel oleva kettülekande abil. Sellise süsteemi juures töölised ei pruugi enam materjali kanda vormide juurde, sest siin vormid tulevad ise materjali juurde.

Säärane töö organisatsioon distsiplineerib töölisi, sundides neid töötama määratud kohal ja antud rütmi järgi.

Kuna töölised vabanevad siin raskuste kandmisest ja protsess ise on hästi ratsionaliseeritud, tõsis tööproduktiivsus tunduvalt, kusjuures töölise väsimus vähenes.

Kui varem valuosakonnas oli raskusi plaani täitmisega, siis vooltootmisel osutus võimalikuks plaani ületamine. Töölise töötingimused paranesid, ruu-

mide korrashoid ja koristamine muutus lihtsamaks ning täiesti kadusid põrandal vedelevad pooltoodete hunnikud, mis segasid osakonnas liikumist.

Tehnoloogiline protsess muutus ülevaatlikumaks. Töötati välja uut tüüpi alalised vormid, võeti tarvitusele moodsad tööriistad ja töövahendid. Vana meetod nõudis suurt defitsiitsete kinnitajate ja vormiliiva kulu. Vooltootmise üleminekul vähenes tunduvalt metalli kulu valepeade ja praagi protsendi vähenemise arvel, mis oli tingitud iganenud kroonide konstruktsioonist.

Mullast kroonid asendati alaliste metallist kroonidega. Sellega langes ära liiva ja kinnitajate kulu krooni valmistamiseks. Ka muudeti valepeade süsteem ja suurendati valutükkide arvu ühes vormis.

Tulemusi, mis saadi vooltootmisele üleminekul ja ajakohase tehnoloogia kasutusele võtmisega, iseloomustavad järgmised arvud:

	Vähendamise %
Inimtöötundide kulu töötükile	30
Omahind	33
Kärnivalmistajate arv	56
Valajate arv	33
Metalli kulu töötükile	21
Mulla kulu töötükile	64,3
Kinnitajate kulu töötükile	61
Dekstriini kulu	42

Mehhaanilises osakonnas toimus vooltootmisele üleminekul järgmiselt. Kõik tööpingid paigutati vastavalt tehnoloogilisele protsessile. Pooltoodete liikumine ühelt töökohalt teisele korraldati vankrikestega, mis liiguvad lattraudadel. Kogu transportseadeldis paigutati tööpinkide taha 500 mm kaugusele ja 600—750 mm kõrgusele. Valukuurist tulevad pooltooted tõstetakse mehhaanilisse osakonda jõudmisel eespool nimetatud vankritele kaheksaliste partiide kaupa. Esimene tööline töötleb järgemööda kõiki kaheksat detaili, asetab nad vankrile tagasi ja saadab vankri järgmisele töökohale. Vankrite liikumine töökohalt töökohale toimub raskustungi mõjul, tänu tee kallakusele. Iga töökoha juures on vankri peatamiseks seadeldis, mille avamisega vanker liigub ise järgmise töökoha juurde. Varem toimus töötükkide edasikandmine eriliste tööliste poolt või ka treialite ja lukuseppade eneste poolt, milleks neil kulus 20% tööajast.

Koos mehhaanilise osakonna üleminekul vooltootmisele muudeti ka lakeerimisosakonna tööd, kus pulveriseerimise asemel võeti tarvitusele ülevaalmise meetod, millega saavutati suur aja kokkuhoid.

Vooltootmisele üleminekul võimaldas sisse seada tunnigraafikut. Kogu tööpäeva jooksul registreeritakse igas tunnis töödeldud detailide hulk töökohtade kaupa.

Vooltootmisel saavutatud töötulemusi iseloomustavad järgmised arvud:

Töötootlikkus suurenes	20—25%
Inimtundide arv töötükile vähenes	20%
Omahind alanes	14%
Tööliste arv vähenes	16%

Valu- ja mehhaanilise osakonna üleviimine vooltootmisele nõudis võrdlemisi väikseid kulusid ega tekitanud üleminekul nimetamist väärset tööseisakut. Suurem osa vooltootmisele üleminekuks tarvilitust sisseseadest ehitati tehase

käigu ajal. Lõplikuks masinate ümberpaigutuseks jäeti tehas paariks päevaks seisma, mille jooksul suudeti ära teha kõik tarvilikud tööd.

Materjali kulu sisseseade täiendamisele ja vooltootmise üleminekuks oli minimaalne. Juhtteede ehitamiseks kulus vähemal määral lattrauda, vankrid valmistati nurkraudadest ja plekist, valuosakonna vankrite veoketi käivitamiseks kasutati ära vana käigukast, jne. Uue materjalina tuli juurde muretseda ainult mõningad kuullaagrid.

3. Konveier jalanõudetööstuses.

Käesolevas näites on käsitletud ühe Moskva oblasti jalanõudevabriku üleviimist pidevvooltootmisele.

Vooltootmisele üleminekul mehhaniseeriti jalanõudetööstus täielikult. Rohkem kui 80% operatsioone teostatakse masinatega. Samaaegselt mehhaanilise ja käsitsi ümbertöötamisega toimub terve rida keemilisi ja hüdrotehnilisi protsesse. Ühe jalanõu valmistamise protsess on jaotatud õige paljudeks üksikoperatsioonideks. Töomasinate vahele on rakendatud moodne konveier (vt. joon. 31), millel on viis liikumise kiiruse astet. Olenevalt konveieri liikumise kiirusest võib toota 175—320 paari jalanõusid tunnis.

Konveieri olemasolu jalanõude monteerimisosakonnas nõuab üksikute detailide täpset valmistamist, et võimaldada nende kiiret ja takistusteta monteerimist valmis jalanõuks.

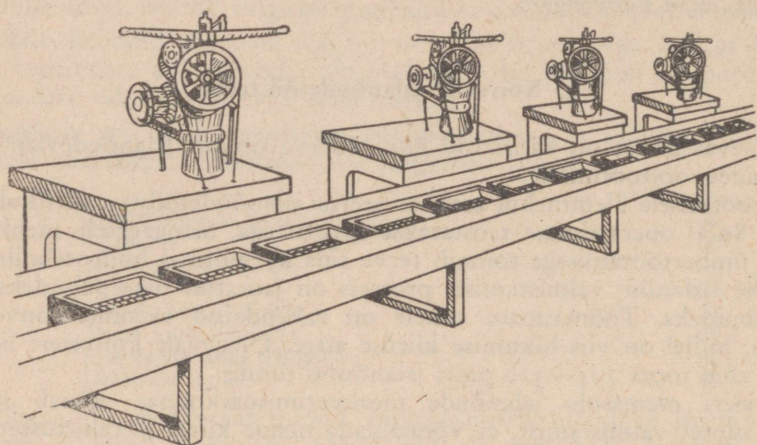
Vaadeldava tööstuse massilise tootmise iseloom, töö detailne jaotus, keeruliste töövahendite tarvitamine, tehnoloogilise protsessi normimine tingib pidevvooltootmise süsteemi rakendamist. Vooltootmine, nagu seda varem samas tehases rakendati, omas terve rea puudusi, nagu aeglane detailide käsitsi transportimine vagonettidel või vankritel, tööritmi reguleerimatus, suur pooleliolevate detailide maht, pikk tootmistsükkel ja suur põrandapinna tarvitus. Detailide töökohtadevahelise transportimise kindlustamiseks oli tarvis jätta üksikute masinate vahele suured vahed, seega oli osakonna põrandapind kasutatud väga ebaratsionaalselt.

Mõnedes jalanõudevabrikutes kasutati varem töökohtadevahelise transporti korraldamiseks rööbasteid ja linttransportööre, mis ei olnud sobivad jalanõudetööstusele. Rööbasteed olid mehhaniseerimata, vankreid pidid lükama töölisel ise. Linttransportööre käivitati mehhaaniliselt, mille tagajärjel kiirenes küll detailide liikumine, kuid peaülesanne — rütmiliselt organiseeritud pidevvooltootmine — osutus alles lahendamatuks. Jalanõudetööstuste organisatsioonilis-tehnilist tasapinda tõsta võimaldus alles siis, kui olid välja töötatud uued printsiibid pealesundiva pidevvooltootmise rakendamiseks.

Esimeses järjekorras võeti konveier tarvitusele monteerimisosakonnas, kusjuures detailide juurdetoomine ja valmiskauba äratransportimine toimub iseisivate linttransportööridega.

Sisseseade konstruktsiooni projekteerimisel arvestati detailide kuju ja mõõteid, tehnoloogilise protsessi nõudeid, soodsamaid detailide transportimise võimalusi ja põrandapinna otstarbekat kasutamist. Kuna detailide liikumise kiirusel on siin eriline tähtsus ja sellest oleneb kogu produktsiooni hulk, nähti ette detailide liikumise kiiruse reguleerimine.

Lõplik töökiirus konveieril kujunes nii, et igal töölisel oli võimalik õigeaegselt, kuid mitte kiirustades, võtta detail konveierilt, töödelda seda ja asetada tagasi konveierile vastavasse kasti edasiviimiseks järgmisele töökohtale. Võimaliku rütmist kõrvalekaldumise korral masinate reguleerimiseks, nende kuluvate osade vahetamiseks jne., on ette nähtud võimalus reguleerida konveieri kiirust. Kui see osutub aga vajalikuks, võib kiirust ka suurendada.



Joon. 31.

Konveier monteerimisosakonnas.

Selguse mõttes on töömasinad välja joonistatud ainult ühel pool konveierit.

Rütmiline konveieri töö saavutatakse sellega, et ettemääratud vaheegade järel lastakse konveierile järjekordne töötükk. Rütm, määratud raskema operatsiooni järgi, tingib rütmigi kogu voolusel. Olenevalt vajadusest määratakse operatsioonide sooritamiseks kahe-, kolme- või neljakordselt rohkem töökohti kui kergemate operatsioonide sooritamiseks. Kui ühe operatsiooni läbiviimiseks on ette nähtud mitu töökohta, siis peab olema kindlaks määratud, missugust konveieri lüli ehk kasti iga töökoht teenindab.

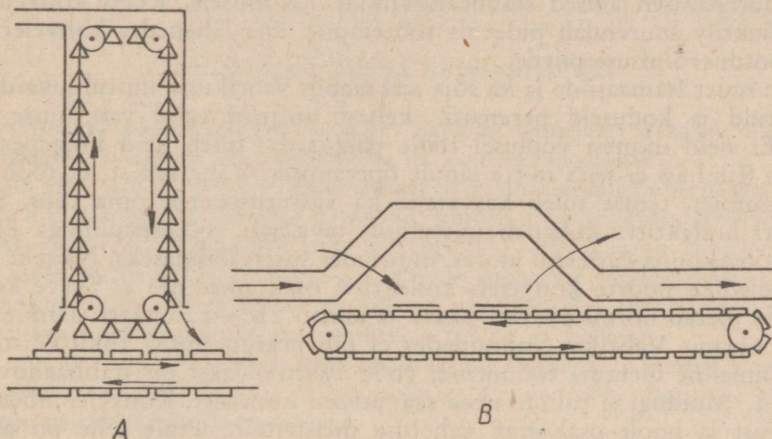
Näiteks kõnesolevas saapavabrikus on kõik konveieri kastid nummerdatud arvudega 1-st kuni 12-ni.

Kui teatud operatsiooni läbiviimiseks on ette nähtud üks töökoht, siis sellel kohal töötav tööline peab teenindama kõiki kaste ja kastide numeratsiooni ei oleks tarvis. On aga teatud tööoperatsiooni läbiviimiseks 2, 3, 4, 6, 12 töökohta ette nähtud, siis on kastide numeratsioon hädavajalik selleks, et iga tööline teaks, missugust kasti ta peab teenindama. Olgu teatud tööoperatsiooni läbiviimiseks ette nähtud kaks töökohta. Siis peab esimesel töökohal töötav tööline teenindama 1, 3, 5, 7, 9, 11, 1, 3 . . . ja teisel töökohal töötav tööline 2, 4, 6, 8, 10, 12, 2, 4 . . . kasti.

Vastavalt kolme töökoha puhul peaks tööline teenindama iga kolmandat, nelja puhul iga neljandat, kuue puhul iga kuuendat ja 12 töökoha puhul iga kaheteistkümnendat kasti.

Nagu selgub näitest, võib kahteistkümmelise kastide numeratsiooni puhul ühesuguste operatsioonide läbiviimiseks töökohtade arv olla selline, mis annab 1, 2, 3, 4, 6, 12 jagada, ei või aga olla 5, 7, 8, 9, 10, 11 töökohta, sest viimasel juhul ei saaks iga töökoha jaoks määrata kindla kasti teenindamist.

Et konveieri töö toimuks takistamatult ja plaanipäraselt, on vajalik alaline hästi väljaõpetatud tööliste kaader. Tuleb ratsionaalselt organiseerida töökohti konveieril, iga operatsiooni jaoks otsides vähem väsitavaid poose, konstrueerida spetsiaalset mööblit, töövahendeid ja tööriistu, ratsionaalselt asetada neid töökohtadele, parandada töökoha valgustust jne. Konveieri-süsteemi juures annab iga korrapäratus end kohe tunda. Seisak ühel töökohal mõjutab



Joon. 32.

kogu vooluse tegevust. Seepärast on väga tähtis organiseerida kindlat töö juhtimist, eeskätt vooluse varustamise teel vajalikkude materjalide ja töötükidega.

Et piirata üksikute töökohtade seisakute mõju ja hoolitseda katkestamatu töö eest, paigutati voolusele tagavaraks mitmesuguses töötlemisfaasis olevad 500 paari jalanõusid.

Enne voolutootmisele üleminekut analüüsiti üksikasjalikult kogu tehnoloogilist protsessi, kusjuures erilist tähelepanu pühendati normaliseerimisele, standardiseerimisele ja sünkroniseerimisele. Määrati kindlaks tehnoloogiliste protsesside järjekord. Liimimise, pressimise ja kuivatamise operatsioonid ühendati pidevoolusega.

Taldade, pinsoli ja pealsete külgeliimimine toimub üldkonveieril. Taldade pealsetele allapressimine pärast liimimist nõuab aga erisugust konveieri-taolist sisseseadet, mis on varustatud õhupadjadega.

Värskest liimitud tallaga saab asetatakse tühjale õhupadjale ja kinnitatakse tihedalt selle külge. Erikonveieri edasilikumisel täitub padi õhuga, pressides talla tihedalt saapale alla. Nimetatud konveieri lüli-padi tühjeneb saapa mahavõtukohale jõudmisel ja saab võetakse erikonveierilt maha.

Kuna viimatinimetatud erikonveier nõuab isesugust konstruktsiooni, siis ei saa teda vahenditult liita üldkonveieriga. Seetõttu kirjeldatavas saapavabrikus

on see küsimus lahendatud joon. 32-B kohaselt, kus üldkonveier liigub silla-taoliselt üle erikonveieri.

Kuivatuskapid on asetatud kas konveieri kohale või konveieri kõrvale, vastavalt antud olukorrale. Kuivatuskappides liiguvad erilised vertikaaltransporditööriid, vt. joon. 32-A, mis transpordivad detailid läbi kuivatuskapi.

Tähtsamates vooluse punktides on ette nähtud kontrollpunktid, kus kontrollitakse detailide kvaliteeti, praagitakse vooluselt välja defektsed detailid ja asendatakse need kontrollpunktis tagavaras olevate korralikkude detailidega.

Defektsete detailide lõplik töötlemine toimub spetsiaaltööliste poolt.

Pidevvoolootmisele üleminek tõstis märgatavalt osakonna töödistsipliini ja lõi suurepäraseid alused stahhaanovlikule liikumisele. Kogu konveieri tööliste kollektiiv suurendab pidevalt töötempot, üha lähenedes konveieri arvestatud tootmisvõimsuse piirile.

Peale suurt Isamaasõda ja ka sõja ajal saabus vabrikusse uustulnukaid, demobiliseeritud ja koduseid perenaisi, kellest mitmed tulid vabrikusse esimest korda. Et neid inimesi voolusel tööle paigutada, tuleb neid kõigepealt välja õpetada. Kuid asi ei seisa mitte ainult õpetamises. Vähe sellest, et tööline teab oma ülesannet, temas tuleb kasvatada ka vastutustunnet oma töös. Sattudes konveieri kollektiivi kohaneb uustulnuk tavaliselt töödistsipliiniga kiiremini kui vana osakonna-süsteemi juures, muutudes varsti lööklaseks. Näiteks võtame kommunistlike noorte konveieri kollektiivi osakonnas nr. 3. Terve konveieri kollektiiv ületab normi päevast päeva ja annab 200—220 paari jalanõusid päevas üle normi. Vabriku osakondades ei ole praegu ühtki tükitöölise, kes ei oleks võimeline ületama töönorme; 70% tükitöölisest on stahhaanovlased ja lööklased. Muidugi ei tulnud need saavutused isendast. Konveier nõuab suurt painduvust ja hoolt osakonna vahetuse meistritelt. Peale selle on äärmiselt tähtis hoolitseda töövahendite ja masinate õigeaegse ja korraliku plaanipärase remondi eest.

Osakondade konveieriseerimine andis suurepäraseid tagajärgi. Tootmisvõime suurenes peaaegu kahekordseks. Väljalask suurenes 90,7%, samal ajal jäi põrandapind endiseks, samuti ka masinate park. Tootmistsükli pikkus lühenes ainult monteerimisosakonnas 5 korda. Tunduvalt vähenes ka pooleliolevate detailide hulk.

ПОТОЧНЫЙ МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА

В настоящей работе рассматриваются вкратце принципы поточного производства, и даются указания для приложения их к проектированию.

Ввиду того, что в металлообрабатывающей промышленности встречаются самые сложные и разнообразные формы поточного метода производства, объектом нашего внимания является главным образом механический сектор этой промышленности, откуда затем проведены параллели и к другим отраслям промышленности.

В первой главе рассматриваются общие понятия поточного производства, а также приводится подразделение потоков и режим их работы.

Во второй главе рассматривается организация потоков, и даются указания для формирования потоков в цехе и на участке. Кроме того, здесь же подробнее разобрано движение деталей в потоке.

В третьей главе в общем виде излагаются принципы расчёта поточного оборудования, в частности рассматривается приложение их к реконструированию потоков, а также к серийному потоку.

В четвёртой главе разобрано распределение рабочей силы в поточном производстве. Даны основы расчёта норм обслуживания и числа операторов, и наконец рассмотрен порядок обслуживания станков.

В пятой главе рассмотрены резервы, необходимые для потока. В отдельности рассмотрены резервы неоконченных изделий, инструментов и рабочей силы.

В шестой главе рассмотрено планирование поточной линии и транспортные средства, применяемые в потоках.

В последней главе излагаются некоторые примеры применения поточного метода производства в металло- и обувной промышленности.

KASUTATUD KIRJANDUS.

1. Г. Л. Арсерешевал и М. П. Осепольский, Пути к ритмичной работе.
2. С. Бегохин, Поточное производство инструмента.
3. Ф. Гопошкин, Поточный метод производства.
4. А. Н. Ефимов, Организация потока в машиностроении.
5. Инж. С. П. Лысников, Сборка машин непрерывным потоком.
6. А. Лосев, Э. Разамат, Многостаночная работа в машиностроении.
7. Н. Д. Наумов, Поточный метод производства.
8. Академик В. Н. Образцов, И. К. Кигигин, П. И. Лисевич, И. Р. Лифонов, Д. П. Морек, Единый технологический процесс на транспорте.
9. Доц. С. Н. Шемякин, Внутренний транспорт деревообрабатывающих предприятий.
10. Журнал „Станки и инструмент“ 1944, пр. 9.
11. Журнал „Автомобиль“ № 1, 1944.

SISUKORD.

	Lk.
Sissejuhatus	3
I. Vooltootmise üldised mõisted	5
1. Vooltootmise sisu	5
2. Vooltootmise režiim	7
3. Vooluste liigitus	8
II. Vooluste organiseerimine käitises	11
1. Osakonna moodustamine	11
2. Jaoskonna moodustamine	13
3. Detailide liikumine	16
III. Vooluse sisseseade arvutuse aluseid	19
1. Uue vooluse arvutuse aluseid	20
2. Vooluse rekonstrueerimise arvutuse aluseid	24
3. Seeriavooluse arvutuse aluseid	26
IV. Tööjõu jaotus voolusel	32
1. Teenindamisnormid	32
2. Operaatorite arvu määramine	35
3. Tööpinkide teenindamise järjekord	35
V. Reservid vooltootmisel	41
1. Sisseseade reservid	41
2. Lõpetamata toodete reservid	42
3. Tööriistade reservid	44
4. Tööjõu reservid	44
VI. Vooluste planeerimine ja transport	46
1. Sisseseade asetus	46
2. Transport- ja koormatõste sisseseade	47
VII. Näiteid vooltootmise rakendamisest	51
1. Hobuseraua tootmine voolusel	51
2. Vooltootmine masinaehitustehases	55
3. Konveier jalanõudetööstuses	57
Резюме: Поточный метод производства	61
Kasutatud kirjandus	62

Vastutav toimetaja D. Palgi. Tehniline toimetaja R. Taru. Ladumisele antud 13. IV 46. Trükkimisele antud 17. V 46. Paberi kaust 67×95. 1/16. Trükipoognaid 4. Autoripoognaid 3,66. Arvestuspoognaid 4,62. MB 01897. Laotihedus trpg. 57 900. Tiraaz 3200. Trükikoja tellimus nr. 387. Trükikoda „Noor-Eesti“, Tartu, Kastani t. 38. Hind rbl. 10.—

А. Ритсо, Поточный метод производства.

На эсмонском языке. Эгосиздат „Научная Литература“, Тарту.

Rbl. 10.—

A-16089

6