

A. Berg

Küberneetika

ja töökindlus

A-28057 III

Akademiik A. I. BERG

KÜBERNEETIKA JA TÖÖKINDLUS



KIRJASTUS „VALGUS“ TALLINN 1966

10341

Miss
 külasa matukey

Tõlkinud K. LEPPIK

Kaane kujundanud E. TALI

Akadeemik A. Bergi brošüür on kirjutatud 3 aastat tagasi (venekeelne I trükk ilmus 1963. a., teine, täiendatud trükk 1964. a.), s. o. ajal, kui küberneetika oli alles võitmas eluõigust majanduselu juhtimisel. Mõõdunud aja jooksul on meie riigi majanduselus toimunud olulisi muudatusi. Põhjalikult on ümber korraldatud tööstuse juhtimine, parandatud planeerimise korda, algatatud üldriiklikku võitlust toodangu kvaliteedi tõstmise eest jne. Sellest tingituna on mitmed autori poolt ülestõstetud küsimused kaotanud oma aktuaalsuse või üldse ära langenud. Õeldule vaatamata peaks aga brošüür pakkuma huvi laialdasele lugejaskonnale, kuna autor on osanud tootmise teadusliku juhtimise vajaduse ning sellega seotud probleemid esitada populaarses, ka mittespetsialistidele mõistetavas vormis.



120 165

1980

SUURED ÜLESANDED JA KIIRE ARENG

Veel kunagi kogu oma paljusajandilise ajaloo vältel ei ole inimkond võtnud endale selliseid grandioosseid ülesandeid, nagu on püstitanud nõukogude rahva ette NLKP XXII kongressil kinnitatud Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programm.

Programmis on kavandatud perspektiivid ennenägematu võimsusega tootlike jõudude loomiseks meie maal. Kahekümne aastaga luuakse kommunismi materiaal-tehniline baas ja Nõukogude Liit saab maailma esimeseks industriaalriigiks.

Selle suurejoonelise ülesande lahendamisel omandab järjest suuremat, paljudel juhtudel aga otsustavat tähtsust ajategur. Kuitahes kiire oleks ka meie rahvamajanduse areng, võib see meid homme juba mitte rahuldada. Kogu rahvamajanduse arengutempo tõstmine sõltub esmajärjekorras tööviljakuse — s. o. töö efektiivsuse kasvust. Sotsialistliku ja kapitalistliku süsteemi vaheline majanduslik võistlus taandub lõpuks sellele, kummas süsteemis inimese töö kujuneb viljakamaks, efektiivsemaks. Me mäletame hästi Lenini sõnu: «Tööviljakus on lõppkokkuvõttes uue ühiskondliku korra võiduks kõige tähtsam, kõige peamine.» See Vladimir Iljitši mõte kajastub selgelt partei programmis, kus kirjutatakse, et kõrgeim tööviljakus on meie võidu põhitingimuseks ja rõhutatakse sellise täiusliku, teaduslikult põhjendatud töö organiseerimise vajalikkust, mis tagaks töö maksimaalse efektiivsuse.

Töö efektiivsuse tõstmise mõõduks võib olla mingi teatud ülesande lahendamiseks vajaliku aja, inimtööjõu, energia ja materjalide hulga vähendamine. Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programmis on öeldud: «Kommunismi materiaal-tehnilise baasi loomine nõuab määratu suuri kapitaalmahutusi. Ülesanne seisab selles, et neid kasutataks kõige ratsionaalsemalt ja ökonoomsemalt, maksimaalsete tulemustega ja aega võites.»

Kuidas siis tagada ühiskondliku töö kõrgeim efektiivsus? Kuidas saavutada, et meie rahvamajandus, toetudes sotsialistliku ökonoomika eelistele, areneks mitte ainult plaanipäraselt, vaid ka maksimaalse tasuvusega, vähimate kulutuste ja kadudega?

On täiesti silmanähtav, et selleks tuleb järevalt parandada planeerimist, pidevalt täiustada **juhtimissüsteemi**.

V. I. Lenin viitas geniaalse läbinägelikkusega juhtimise otsus-

tavale osale kommunismi ülesehitamisel. 1918. a. kevadel Vladimir Iljitš esines artikliga «Nõukogude võimu järjekordsed ülesanded». Selles ta kirjutab, et «... põhiülesandeks... Venemaa sotsialistlikus revolutsioonis on positiivne ehk loov töö selleks, et luua nende uute organisatsiooniliste suhete äärmiselt keeruline ja peen võrk, mis hõlmaks kümnete miljonite inimeste olemasoluks vajalike saaduste plaanipäraselt tootmist ja jaotamist». «Meie, bolševike partei, oleme Venemaa veennud. Meie oleme Venemaa võitnud — rikastelt vaestele, ekspluataatoritelt töörahvale. Nüüd me peame Venemaad valitsema. Ja kogu käesoleva momendi omapära, kogu raskus seisab selles, et mõista rahva veenmise ja ekspluataatorite mahasurumise peaülesandelt valitsemise peaülesandele ülemineku iseärasusi.» (Teosed, 27. kd., lk. 212, 215, 216.)

Kui lõppes kodusõda ning partei asus majanduse taastamisele ja GOELRO plaani elluviimisele, V. I. Lenin, olles juba raskelt haige, püstitas jälle kogu teravusega ülesande riigi juhtimise põhjaliku parandamise vajalikkusest. Artiklis «Pigem vähem, aga paremini», viimases tema poolt trükitud artiklis, väljendas V. I. Lenin rahutust seoses noore nõukogude vabariigi riigiaparaadi ebatäiuslikkusega. Lenin oli arvamusel, et uus organisatsioon — Töölise-Talupoegade Inspeksioon, peab saama selle aparaadi parandamise vahendiks. Ta soovitas tõmmata kaasa laitmatuid kommuniste ja töölisi, pöörates erilist tähelepanu sellele, et nad «... peavad sooritama katse meie riigiaparaadi teooria põhialuste tundmises, valitsemise, asjaajamise jne. põhialuste tundmises». (Teosed, 33. köide, lk. 49.)

Vladimir Iljitš oli mures heade õpikute puudumise pärast ja soovitas: «Tuleks kohe välja kuulutada võistlus kahe või rohkema õpiku koostamiseks üldse töö ja eriti valitsemistöõ organiseerimise alal.» Ta nõudis visalt, et juhtijate kohuseks oleks «selle töö organiseerimise õppimine, millele nad kavatsevad ennast pühendada...» (Sealsamas, lk. 452.)

Täites V. I. Lenini juhendeid, pühendavad meie partei ja tema Keskkomitee väga suurt tähelepanu kogu riikliku ja majandusliku juhtimissüsteemi täiustamisele. Meil uuritakse ja otsitakse pidevalt paremaid juhtimisviise, -meetodeid ja -vahendeid kooskõlas kiirelt areneva rahvamajanduse vajadustega. Juhtimismeetodid, -vormid ja -vahendid, mis on täiesti sobivad teatud tingimustes, osutuvad mittetäielikeks tootmise ja elanikkonna vajaduste kiire kasvu juures, kogu elutempo tõustes, ja partei püüab neid alati asendada täiuslikumatega.

Rahvamajanduse juhtimise küsimused on NLKP programmis tähtsal kohal, kus neile on pühendatud eraldi osa «Rahvamajanduse juhtimine ja planeerimine». Selles öeldakse: «Kommunismi materiaalse tehnilise baasi loomine nõuab majanduse juhtimise ja planeerimise pidevat täiustamist. Kõigis planeerimise ja majan-

duse juhtimise lülides tuleb peatähelepanu koondada materiaalsete, tööjõu- ja finantsressursside ning loodusrikkuste kõige racionaalsemale ja efektiivsemale kasutamisele ning üleauruste kulu- tuste ja kadude likvideerimisele. Saavutada ühiskonna huvides kõige suuremaid tulemusi kõige väiksemate kulutustega — selline on majandusliku ülesehitustöö vankumatu seadus. Rahvamajanduse juhtimise täiustamisega peab kaasnema administratiivaparaadi igakülgne lihtsamaks ja odavamaks muutmine.

Plaanipärane juhtimine ülalt kuni alla peab olema suunatud kiirele uue tehnika arendamisele ja rakendamisele.»

Rahvamajanduse arenedes, tootmistehniliste protsesside ning poliitilisest ja majanduslikust tegevusest osavõtivate inimgruppide vaheliste suhete keerulisemaks muutudes, järjest suurema hulga materiaalsete vahendite ja energeetiliste ressursside kaasahaaramisel tootmisse ilmneb viimaseil aastail järjest selgemini juhtimis- ülesannete lahendamiseks kasutatavate tehniliste vahendite ja meetodite ebasobivus.

Mistahes keerulise protsessi juhtimine nõuab suure informat- sioonihulga ümbertöötamist, tohutut hulka mitmesuguseid arvu- tusi. Et juhtida tootmisettevõtet, tuleb iga päev analüüsida kõigi tema alljaotuste tegevust nii kvantitatiivsete kui ka kvalitatiiv- sete näitajate alusel. Suures ettevõttes tuleb iga päev opereerida ligikaudu 600 tuhande arvuga. Kas on võimalik praeguse arvel- dussüsteemi ja saabuva informatsiooni käsitsi töötlemisel edukalt toime tulla numbrite «himaalajatega», sellise pidevalt saabuva andmete laviiniga?

Sama esineb ka kaasaegses tehnikas. Laiaulatuslike energiasüs- teemide, ülikeeruliste agregaatide, helikiirust ületavate lennukite, kontinentidevaheliste ja kosmiliste rakettide, Maa kunstlike kaas- laste, «Vostok» tüüpi kosmoselaevade loomine, aatomienergia rahulikuks otstarbeks kasutamine, ülikeeruliste keemiliste reakt- sioonide juhtimine — see kõik ei nõua ainult kolossaalset hulka keerulisi arvutusi, vaid ka tohutu hulga tingimuste *hetkelist* ana- lüüsi ja kõige otstarbekohasema otsuse *valikut*. Kui selle üles- ande esimene osa on lahendatav — kuigi ebaökonoomselt ning tohutu aja- ja töökuluga — suure arvutajate armee abil, siis teine osa — protsesside juhtimine vajaliku kiirusega — on ilma uue tehnikata võimatu.

Kas olid matemaatikud ja kahurväelased varem võimelised arvutama mürsu trajektoori? Jah, olid, kuid selle arvutuse kestus oli nii suur, et ei olnud isegi võrreldav mürsu lennuajaga. Seetõttu oli võimatu kasutada arvutusi mürsu juhtimiseks lennu vältel.

Kosmoselaeva või -raketi kiirus ületab kahurimürsu kiiruse mitmekordselt. Nende lennutrajektoorid on võrreldamatult keeru- kamad. Ja ikkagi õppis inimene juhtima kosmoselaevade lendu. Selle ülikeeruka ülesande eduka lahendamise aluseks oli elekt- ronarvutite kasutamine, mis arvutavad välja kosmoselaeva või

-raketi lennutrajektoori märgatavalt lühema aja vältel, kui kulub nende lennuks.

Arvutustehnika, juhtimisvahendite ja -meetodite mahajäämus võib meie päevil pidurdada rahvamajanduse arengut ja tehnilist progressi. Tulevased põlvned murravad kindlasti pead mõistatuse kallal: kuidas küll meie eelkäijatel õnnestus planeerida rahvamajandust nii primitiivsete arvutusvahendite abil?

Elu tõi üha järjekindlamalt esile nõude — anda juhtimise teenistusse kõik tänapäeva teaduse ja tehnika saavutused. Juhtimisele tuligi abiks uus teadusharu — **küberneetika**, mille tehniliseks aluseks said **elektronarvutid**.

UUS TEADUS OPTIMAALSEST JUHTIMISEST — KÜBERNEETIKA

Küberneetika on üks kõige noorematest teadusharudest. Tema sünniaastaks loetakse 1948. a., kui ameerika matemaatik Norbert Wiener kirjutas raamatu «Küberneetika ehk juhtimine ja side loomades ning masinates». Küberneetika ilmumine ei olnud muidugi juhuslik — kõik tõelised teadused ilmuvad vastuseks tunnetatud vajadusele. Juba Engels kirjutas: «Kui ühiskonnal tekib tehniline vajadus, siis see viib teadust rohkem edasi kui kümme-kond ülikooli.»

Tootmise tohutu kasv, tootmise mehhaniseerimise ja automatiseerimise vajadus, riikide tööstusliku võimsuse kasv ja vajadus tõsta ökonomiliste arvutuste kvaliteeti, rahvastiku kasv ja tervishoiu osatähtsuse suurenemine — kõik see tekitas vajaduse paremaks juhtimiseks. Just nimelt selle vajaduse tõttu sündiski teadus juhtimisest — küberneetika.

Küberneetika sündis tänapäeva teaduse ja tehnika kõigi saavutuste baasil ja esmajoones matemaatika, elektroonika ning automaatika baasil. Meenutagem Marxi tuntud sõnu: «Teadus saavutab ainult siis täiuslikkuse, kui tal õnnestub kasutada matemaatikat.»

Kui endistel aegadel matemaatika oli elust ja praktikast irdunud teadus, siis nüüd on olukord põhjalikult muutunud. Eranditult kõik teadusharud järk-järgult eemalduvad kirjeldavatest, ebatäpsetest meetoditest ja lähevad üle järjest enam arvuliste ja täpsete matemaatiliste sõltuvuste ja seaduspärasuste kasutamisele.

Matemaatiline analüüs on kasutatav isegi sellistes teadustes, nagu bioloogia ja arstiteadus ning, kui kummaline see ka ei näi, isegi mitmesugustel kunstialadel. Sada aastat tagasi Ivan Mihhailovitš Setšenov oma suurepärasel tööl «Peaaju refleksid» kirjutas: «Kõik ajutegevuse välised avaldused on tõepoolest viidavad lihaste liikumisele... me teame, et muusiku käsi toob hingetust instrumendist välja helid, mis on täis elu ja kirge, ning et skulp-

tori käe all ärkab kivi ellu. Ometi nii muusiku kui ka skulptori käsi, mis loob elu, on võimeline tegema ainult puhtmehaanilisi liikumisi, milliseid, rangelt rääkides, võib isegi allutada matemaatilisele analüüsile ja väljendada valemiga.»

Sama mõtet väljendas järjekindlalt ka akadeemik I. P. Pavlov: «...kogu elu lihtsaimatest kuni keerulisimate mehhanismideni, inimene muidugi kaasa arvatud, on pikk rida ülimal määral keerulisi kohastumisi väliskeskkonnaga. Tuleb aeg, kui matemaatiline analüüs, toetudes loodusteadusele, valgustab ülevate valemite ja võrranditena neid kohastumisprotsesse.»

Tänapäeva teadus sündis Leibnitzi ja Newtoni esimestes kõrgema matemaatika alastes töodes. Ainult diferentsiaal- ja integraalarvutuse juurutamine teadusesse avas aja jooksul võimaluse üle minna «kirjeldamiselt» ja kvalitatiivsetelt karakteristikutelt täpsete matemaatiliste, kvantitatiivsete seaduspärasuste määramisele ja järelikult mitte ainult nähtuste ja faktide konstateerimisele, vaid ka katsetele inimese vahelesegamiseks välismaailma nähtustesse.

Teadlased avastasid diferentsiaalvõrrandite koostamisel esimesel momendil kummalisena näiva asjaolu: võrrandid, mis olid koostatud kõige erinevamate protsesside kohta, osutusid samasugusteks. Seda omapära märkis V. I. Lenin oma töös «Materialism ja empiriokrititsism: «Looduse ühtsus avaldub erinevate valdkondade nähtuste kohta käivate diferentsiaalvõrrandite «hämmastavas analoogilisuses»».

Vaatamata elusas looduses, tehnikas ja ökonoomikas esinevate juhtimisprotsesside konkreetsete väljenduste erakordsele mitmekesisusele on need protsessid põhiliselt universaalse iseloomuga ja toimuvad ühise skeemi järgi. Nende ühtsus avaldub selles, et juhtimisoperatsioonid on kirjeldatavad samasuguste matemaatiliste seaduspärasustega.

See lõi eeldused üldise ja universaalse juhtimisteooria väljatöötamiseks, mis on ühtemoodi kasutatav kõige erinevates inimtegevuse valdkondades.

Teise maailmasõja lõpuks oli matemaatilise loogika, matemaatilise statistika, tõenäosusteooria ja järjekorrasteooria, mis moodustavad keeruliste süsteemide matemaatilise juhtimisteooria aluse, väljatöötamisel saavutatud märgatavat edu. See aitas kaasa küberneetika teoreetiliste aluste loomisele.

Võrdselt matemaatika edusammudega omasid küberneetika tekkimises ja arenemises otsustavat tähtsust saavutused elektroonikas, eriti aga elektronautomaatikas. Kui matemaatika võimaldas luua küberneetika teoreetilised alused, siis küberneetika tehnilised alused andis elektroonika. Elektroonikal põhinevad aparaadid ja masinad arenevad ja täiustuvad kiiresti. Nad tungivad inimtegevuse kõikidesse valdkondadesse, aidates inimesel sooritada juhtimisoperatsioone. Küberneetika ei oleks ilma elektroonikata

saanud areneda, läbi töötada suurt statistilist materjali ega täita muid tähtsaid juhtimisoperatsioone. Nendel põhjustel elektroonika osutus eriti tähtsaks juhtimisteguriks iga keerulise protsessi korral.

Elektroonika osa oli määratud mitte ainult tehnika arengu loogikaga, vaid ka sotsiaalse seaduspärasusega, mis on seotud arengutempode kiirenemisega ühiskondliku organisatsiooni vormide täiustamisel: materiaalse süsteemi organiseerituse tõstmine viib tema arengu kiirenemisele.

Meie ajale on iseloomustavad kõrged tempod — töötada, otsustada, lugeda, arvesse võtta tuleb kiiremini kui enne. Elektroonikas aga ongi meil tegemist eriti kiirete protsessidega, kuna elektromagnetilised lained levivad valguse kiirusega — 300 000 km/sek. Elektronide liikumise kiirus elektronaparaatides ja -masinai läheb sellele suurusele.

Elektroonika ja aparaadiehituse kiire areng lõi pinna elektronautomaatika vahendite ja arvutusmasinate loomiseks.

Esimesed elektronarvutid töötati välja Teise maailmasõja lõpus. Mõned aastad kulusid nende täiustamiseks. Alates 1952. a. algas matemaatikas, elektroonikas, automaatikas ja kõikides neile teadustele põhinevais teadusharudes uus ajajärk. Lõpuks ometi osutus võimalikuks püstitada ja lahendada vaimse töö efektiivsuse märgatava tõstmise ülesanne. Inimene sai oma loogilise tegevuse sfääris võimsa abilise.

Tohutud töökiirused — kuni sadu tuhandeid ja miljoneid operatsioone sekundis, kolossaalne mälu maht — väline kuni miljard ja operatiivne kuni miljon kahendkohta, võime lahendada matemaatilisi ja loogilisi ülesandeid, suurendades sellega inimaju töö tootlikkust ja efektiivsust, tegid elektronarvutite kasutamist praktiliselt piiramatuks.

Elektronarvutite võime mitte ainult sooritada kümneid tuhandeid aritmeetilisi tehteid sekundis ja lahendada etteantud programmi järgi erakordselt keerulisi matemaatilisi ja loogilisi ülesandeid, vaid ka täita kuitahes keerulisi rangelt määratud eeskirjadele alluvaid informatsiooni töötlemise operatsioone, tuli ilmsiks juba nende tekkimise koidikul. Teisiti öeldes, ilmsnes võimalus kasutada elektronarvuteid mitte ainult juhtimisega seotud arvutusteks ja ülesannete lahendamiseks, vaid ka põhilise juhtimisvahendina. Seda funktsiooni täitvaid masinai nimetataksegi juhtivaiks arvuteiks.

Juhtivad arvutid võivad töö õige organiseerimise ja kõrgetasemelise tehnoloogia korral anda suurimat tootmiserfekti. Nad on võimelised töötama sellise programmi järgi, mis tagab optimaalse tootmisprotsessi. Siin nad teevad rohkem kui mistahes teised tehnilised vahendid.

Tehniline progress võimaldab ehitada üha keerulisemaid ja täiuslikumaid elektronarvuteid. Inimene loob juba arvuteid, mis

on spetsiaalselt määratud tööks muutuva programmiga, kusjuures arvuti võib ise mõjutada oma tegutsemise iseloomu. Need on iseõppivad masinad, masinad-optimisaatorid.

Kuna inimaju võimed on piiratud, hakkab inimene jätma edaspidi elektronarvuti hooleks järjest enam ka selliseid operatsioone, milliseid arvuti olevat igaveseks kinnistatud ainult inimajule. Siin ei ole mingeid piire.

Kuid kas tähendab see seda, et elektronarvutid võivad ise «mõtelda»? Kui käesoleval ajal leidub inimesi, kes seda kinnitavad, siis nad «avastavad Ameerika». Toome sõnumi, mis trükiti viiskümmend aastat tagasi ajalehes «Русские ведомости»:

«Mõtlemismasin. Laupäeval, 19. aprillil toimub Polütehnilise muuseumi suures auditooriumis prof. A. N. Štšukarevi loeng teemal «Tunnetus ja mõtlemine». Loengu ajal demonstreeritakse mõtlemismasinat — aparati, mis võimaldab mehaaniliselt reprodutseerida inimese mõtlemisprotsessi, s. o. teha järeldusi püstitatud eeldustest. Masina ehitas esmakordselt matemaatik Jevons ja seda täiustas loengu autor. Masina operatsioonide tulemused saadakse ekraanil sõnadena.»

Kui uskuda seda sõnumit, siis «mõtlevate» masinate probleem oli lahendatud professor Štšukarevi poolt juba peaaegu pool sajandit tagasi.

Olen veendunud, et mitte mingid masinad ei mõtle ega saa ka kunagi mõtlema. Mõtelda võivad ainult inimaju moodustavad elavate närvirakkude kombinatsioonid. Need rakud on seotud väliskeskkonnaga ja inimkeha sisemaailmaga, nad elavad, hingavad ning toituvad, muudavad oma keemilist koostist mällu talletamisel ja mõtlemisel. On kindlaks tehtud, et välismaailmast saabuva informatsiooni ajutine täielik katkemine viib aju normaalse töö desorganiseerimisele ja pöördumatutele keemilistele reaktsioonidele, mis hävitavad närvirakud. Aju ja mõtlemisvõime arenevad ainult inimese suhtlemisel teiste inimestega. Inimene üksikult ei saaks mõtelda nagu inimene.

Inimene omab psüühikat ja teadvust, mis loomulikult on seotud aju ainega, kuid ei lange sellega kokku. Järelikult inimene mõtleb täiesti teisiti kui tema poolt ehitatud masinad, kuitahes tarkadeks need ka osutuksid. Ma ei näe mingit vajadust vaadelda matemaatiliste ja loogiliste operatsioonide sooritamist masinas inimaju tegevusena. On küllaldane, et tark inimaju lõi masinad, mis kompenseerivad tema nõrkust. Esialgu on asjaolud sellised, et inimene lõi temale vajalikud masinad, aga mitte vastupidi. Kui eksisteeriks masinühiskond, vaevalt tekiks tal vajadus inimese loomiseks. Ei tohi asetada võrdsusmärki mõtleva aju ja tema poolt antud ülesandeid täitva elektronseadme vahele.

Mitte mõtlevad masinad, vaid mõtlevad inimesed ehitavad kommunismi ja ka saavutavad selle.

Kas selline vaatekoht vähendab elektronmasinate perspektiive?

Loomulikult mitte. Koos masinatega hakkavad arenema ka paljud teised inimestele vajalikud aparaadid ja riistad. Kiire tehniline progress on ilma elektronmasinateta mõeldamatu. Nimelt kiiretoimeliste elektronmasinate ilmumine mängis küberneetika tekkimises otsustavat osa. Nende arenguga täideti ammu tunnetatud tühimik juhtimisteaduses.

Saavutused matemaatikas, elektroonikas, elektronautomaatikas ja arvutustehnikas tagasid tõelise pöörde teaduses. Osutus võimalikuks kasutada teadust juhtimise efektiivsuse tõstmiseks.

Vastuseks ühiskonna nõudmistele ilmus uus teadus juhtimisest — küberneetika. Me räägime «uus teadus» seepärast, et see teadus ei tegele tavaliste, lihtsate protsesside juhtimisega. Enamikul juhtudel on inimestel tegemist kindlate põhjuslike seostega ja lihtsate vastastikuste mõjudega, kus juhtimine toimub elementaarsete käskluste abil, mille tulemused on varem teada. Sellistes tavalistes tingimustes küberneetika ei ole üldse vajalik. Vajadus uue juhtimisteaduse järele tekib, kui lihtsatel juhtudel kasutatavad vanad meetodid lakkavad toimimast. Küberneetika ülesandeks on keeruliste dünaamiliste süsteemide juhtimisprotsesside või operatsioonide uurimine.

Iga tsehh, iga tehas on keeruline dünaamiline süsteem. Riigipank, Rahandusministeerium, Riiklik Plaanikomitee, majandusrajoon, hüdrometeoroloogia teenistus jne. on keerulised dünaamilised süsteemid. Nende organisatsioonide tegevust ei või katkestada mitte kuigi pikaks ajaks. Kõik nad töötavad, neid juhitakse sihipäraselt ja, sõltuvalt paljudest põhjustest (näiteks juhtimise kvaliteedist), annavad nad kas üht või teist efekti. Ka elusorganism on keeruline dünaamiline süsteem, mis koosneb vastastikku seatud ja alati koos töötavatest lihtsamatest spetsialiseeritud süsteemidest.

Võib eristada järgmisi kolme juhtimise valdkonda.

Esimene valdkond — masinate süsteemide, tootmisprotsesside ja üldse selliste protsesside, mis on loodud looduses esinevate ainete sihipäraseks mõjutamiseks inimese poolt, juhtimine. Juhtimisobjektideks võivad olla tsehhid, automaatliinid, terved tehased, tööstusettevõtete grupid. Nendeks võivad olla üksikud tehnoloogilised protsessid või nende kombinatsioonid. Need võivad olla üksikud või laiakshargnenud automaat- või dispetšerjuhtimisega elektrienergia ülekande süsteemid. Need võivad olla ka sõjalised kaitseobjektid, mis koosnevad sõjatehnikast ja seda teenindavatest inimkollektiividest.

Teine valdkond — mingeid ülesandeid lahendavate inimkollektiivide organiseeritud tegevuse juhtimine. Selline on näiteks plaani-, varustus- või finantsorganite tegevus organiseeritud riigis. See on majanduslikke funktsioone täitvate, transporti, sidet ja kaubandust organiseerivate ning muude, otseselt mitte materiaalseid väärtusi tootvate kollektiivide tegevus.

Kolmas valdkond — protsesside juhtimine elusorganismides. Sii kuuluvad otstarbekohased füsioloogilised, biokeemilised ja biofüüsikalised protsessid, mis on seotud organismi elutegevusega ja suunatud selle säilitamiseks muutuvais olekutingimustes.

Kõigis nendes valdkondades me näeme keerulisi dünaamilisi süsteeme, milles kas iseendast või sunnitud toimuvad juhtimisprotsessid. See, mis on ühine nende valdkondade juhtimisprotsessides või operatsioonides, moodustabki küberneetika aine.

Küberneetika iseloomustavaks eriomaduseks on tema baseerumine täiesti erinevates inimtegevuse valdkondades toimuvate juhtimisprotsesside aluseks olevate seaduspärasuste ühtsusel. Kõik need protsessid toimuvad küberneetika seisukohalt vaadates keerulistes dünaamilistes süsteemides, mis kujutavad juhtimisobjekte.

Küberneetika põhiideeks on tootmisprotsesside või inimkollektiivide tegevuse juhtimisel sooritatud operatsioonide sarnasus operatsioonidega, mis leiavad aset elavas looduses. See sarnasus ilmneb järgnevas: kõikidel juhtudel võib juhtimisoperatsioone kirjeldada samasuguste matemaatiliste seaduspärasuste abil; erinevate objektide juures kasutatavad tehnilised vahendid põhinevad elektronautomaatika samadel printsiipidel; selline juhtimine peab alati olema sihipärane ja optimaalne, see tähendab, et siht saavutatakse minimaalse töö-, aja- ja vahendite kuluga.

Seega võib uut teadust keeruliste protsesside või operatsioonide juhtimisest, selle sisu ja ainet formuleerida järgmiselt: küberneetika on teadus keeruliste dünaamiliste süsteemide optimaalsest, sihipärasest juhtimisest.

Termini all «süsteem» me mõistame omavahel seotud ja teatud kindlaid funktsioone täitvate struktuurielementide organiseeritud hulka. Kui need elemendid muudavad oma olekut, siis me ütleme, et süsteemis toimub protsess. Struktuurielementide oleku mõjutamist nimetatakse juhtimiseks.

Küberneetikas eristatakse juhtimisobjekte, s. o. selliseid keerulisi dünaamilisi süsteeme, milliseid me tahame viia ühest olekust teise, ja juhtimisobjekte, s. o. seadmeid, milliseid kasutatakse objektile mõjuva juhttoime väljatöötamiseks ja realiseerimiseks. Juhtimisobjektideks ehk juhitavateks süsteemideks võivad olla elava looduse, inimühiskonna ja tööstusliku tootmise objektid. Juhtimisobjektideks ehk juhtivateks seadmeteks, mille abil realiseeritakse juhtimiskäskluste väljatöötamine ja väljaandmine, on enamasti elektronautomaatika seadmed ja elektronarvutid.

Sihipärase juhtimise ülesandeks on viia dünaamiline süsteem ühest olekust teise. See üleviimine võib olla realiseeritav kas suurema või vähema aja-, töö-, aine- või energiakuluga. Optimaalseks juhtimiseks nimetatakse süsteemi sellist üleviimist uude, tema jaoks määratud asendisse, mille juures aja-, töö-, aine- või

energiakulu on väiksem. Paljudel juhtudel otsitakse optimaalset lahendust mitme või isegi paljude parameetrite järgi.

Kõigi erineva olemusega objektide või protsesside juhtimine viiakse alati läbi ühtse skeemi järgi: esmalt toimub alginformatsiooni kogumine juhtimisobjekti või selle osa oleku kohta; edasi seda informatsiooni süstematiseeritakse (klassifitseeritakse) edasiseks kasutamiseks või säilitamiseks pikema või lühema aja vältel; seejärel informatsioon töödeldakse (kodeerimine, šifreerimine, tõlkimine, kirjutamine lindile) ülekandmiseks sidekanali kaudu, kodeeritud informatsioon kantakse üle vastuvõtupunktidesse, dešifreeritakse (dekodeeritakse) ja lõpuks töötatakse välja ja realiseeritakse juhtimiskäsud. Automaatjuhtimise korral kasutatakse informatsioonilise tagasisidestusprintsipi.

Kuigi selline süsteem võib muutuda sõltuvalt lahendatavatest ülesannetest, on talle alati iseloomustav informatsiooni kogumine, töötlemine ja väljaandmine.

Küberneetika sündimisega hakkas mõistele «informatsioon» lisanduma uus teaduslik sisu. See, et mitte kõik andmed, teated ja mõõtmised ei ole täisväärtuslikud, oli teada juba ammu enne termini «informatsioon» ilmumist teadusesse ja tehnikasse. Uueks oli see, et leiti võimalus seda informatsiooni mõõta ja anda talle arvuline väärtus. Kui seda ei oleks tehtud side alal, oleks see kaua kinni hoidnud elektronarvutite arengut, mille funktsiooniks ongi informatsiooni töötlemine.

Kuid elektronarvutid ja juhtimismasinad võivad ainult töödelda neile antavat alginformatsiooni ja muuta seda juhtimiskäsklusteks, aga täiustada kõlbmatut või vigast informatsiooni nad ei suuda. Masin ei saa kunagi olla kasulik, kui temasse antav alginformatsioon on ebarahuldav. Nüüd mõistavad kõik, et täisväärtusliku informatsioonita, kõrgekvaliteediliste ja õigeaegsete andmeteta, mis ei ole vasturääkivad, on täpsed, tulevad eri kanalite kaudu ja täiendavad üksteist, ei ole võimalik orienteeruda, võtta vastu arukaid otsuseid ning sihipäraselt juhtida. Täisväärtusliku informatsioonita ei ole progressi.

Progress on alati sihikindel, suunatud, orienteeritud. Ei saa olla progressi üldiselt. Meie oludes teaduslik-tehniline progress peab olema suunatud ühiskonna liikmete kasvavate vajaduste rahuldamisele. Need vajadused peavad olema uuritud ja teaduslikult põhjendatud, lähtudes sotsialistliku ülesehitustöö kogemustest.

Teaduse keeles rääkides, meil peavad olema täisväärtuslik informatsioon olukorrast maal käesoleval momendil ja teaduslikud ning tehnilised vahendid selle informatsiooni ümbertöötamiseks, selleks et ekstrapoleerimise teel anda kommunistliku ühiskonna vajaduste põhjendatud prognoos.

Küberneetika on teadus tulevikust, ta vaatab ette, soovitab eelneva kogemuse uurimisel saadud lahendusi. Kui informatsioon

oleviku ja mineviku kohta ei ole täisväärtnuslik, siis küberneetika meid ei abista.

Kõik küberneetika poolt lahendatavad probleemid võib jagada kolme gruppi. Esiteks teoreetilised probleemid, mis haaravad matemaatika, matemaatilise loogika ja metodoloogia probleeme. Teiseks informatsiooni kogumise, säilitamise, ülekandmise, töötlemise ja väljastamise vahendite, eriti elektronautomaatika seadmete ja küberneetiliste masinate loomise probleemid. Kolmandaks teoreetiliste väidete ja meetodite ning ka küberneetika tehniliste vahendite kasutamise probleemid inimtegevuse erinevates valdkondades: elava looduse objektide ja nende mõjutamise uurimisel; teaduslikku või rahvamajanduslikku informatsiooni töötlevate inimkollektiivide tegevuse juhtimisel; energeetiliste, transport- või tootmissüsteemide juhtimisel.

Selline probleemide alajaotus on iseloomulik paljudele loodus-teadustele. Näiteks astronoomias eristatakse teoreetilisi ja metodoloogilisi probleeme, mitmesuguste efektiivsete informatsiooni kogumise ja töötlemise vahendite — astronoomiliste aparatuuride loomise probleeme ja lõpuks teooria ning aparatuuride kasutamise probleeme mitmesugustes praktilise astronoomia osades.

Küberneetika edusammud tema lühikese olemasolu kestel on üldtuntud. Mida suuremad on need edusammud, seda seaduspärasemaks saab küsimus: millega võib küberneetika meid aidata NLKP programmis püstitatud suurte ülesannete lahendamisel?

KÜBERNEETIKA OSA KOMMUNISMI MATERIAAL-TEHNILISE BAASI LOOMISEL

NLKP programmis öeldakse: «Erinevalt kõigist eelmistest sotsiaal-majanduslikest formatsioonidest ei kujune kommunistlik ühiskond välja stiihiliselt, vaid marksistlik-leninliku partei poolt juhitud rahvahulkade teadliku ja sihikindla tegevuse tulemusena. Ühendades oma ridadesse tööliklassi, kogu töörahva kõige eesrindlikumad esindajad, olles tihedalt seotud rahvahulkadega, omades rahva hulgas piiratud autoriteeti, tundes ühiskonna arenemise seadusi, tagab Kommunistlik Partei kogu kommunistliku ülesehitustöö õige juhtimise, annab sellele tööle organiseeritud, plaanipärase, teaduslikult põhjendatud iseloomu.»

Nõukogude rahva **majanduslikuks peatülesandeks** on kommunistliku materiaali-tehnilise baasi loomine. See tähendab kogu maa täielikku elektrifitseerimist ja selle alusel tehnika, tehnoloogia ning tootmise organiseerimise täiustamist; tööstuse ja põllumajanduse tootmisprotsesside kompleksset mehhaniseerimist ja automatiseerimist; keemia laiaulatuslikku kasutamist rahvamajanduses; uute, majanduslikult efektiivsete tootmisharude ja uute energia-

liikide ning materjalide tootmise igakülgset arendamist; looduslike ressursside igakülgset ja ratsionaalset kasutamist; teaduslik-tehnilise progressi kõrget tempot.

Nende ülesannete lahendamisel omandab esmajärgulise tähtsuse juhtimisprotsesside kõige efektiivsem organiseerimine, alates üksikutest tsehhidest ja automaatliinidest ja lõpetades kogu rahvamajandusega.

Üks tähtsamaid ja perspektiivsemaid küberneetika kasutusalasid on majandus. Kuid küberneetika kasutamise sfäär ja võimalused kapitalistliku ühiskonna majanduses ja sotsialistliku ühiskonna majanduses erinevad üksteisest teravalt. Kapitalismi juures, kus kehtib eraomandus tootmisvahendeile, kaasneb tootmisprotsesside rängele organiseerimisele ühe eraldi võetud ettevõtte või monopolistliku ühenduse piires konkurents ja tootmise anarhia kogu ühiskonnas. See vähendab küberneetika rakendamise efektiivsust ja kitsendab kasutusala. Kapitalismi juures on küberneetika kasutatav ainult rahvusliku majanduse eraldiolevate, olgugi et suurte, osade juures. Oleks suurim naiivsus arvata, et küberneetika kasutamine võib kapitalistlikule süsteemile anda plaanipärase iseloomu.

Juba küberneetika rajaja Norbert Wiener ei saanud jätta nägemata küberneetika kasutamise võimaluste piiratust kapitalistlikus majanduses. Vaadeldes küberneetika kasutamisevõimalusi sotsiaalsete protsesside ja nähtuste juures, pidi ta tunnistama sihipärasuse puudumist kodanliku ühiskonna arenemises ning seetõttu ka küberneetilise lähenemise võimatust ühiskonna juhtimisele kapitalismi tingimustes. Varjamata oma sümpaatiat kodanlikule demokraatialle, Wiener kirjutab, et sihipärasuse puudumine on otseses vastuolus juhtimise efektiivsuse printsiibiga.

Täiesti teine olukord on sotsialistlikus ühiskonnas. Sotsialistliku ühiskonna arengul on sihipärane iseloom. Tuginedes tootmisvahendite ühiskondlikule omandile, areneb sotsialistlik majandus üldise plaani järgi ja on seetõttu vaadeldav tervikliku objektina küberneetiliste meetoditega. Ainult sotsialistlikus ühiskonnas luuakse võimalused kõigi küberneetika võimaluste kasutamiseks majanduse arendamisel.

Kaugelenägevamad ameerika äriühingute esindajad hakkavad samuti aru saama küberneetika kasutamise eelistest sotsialistlikus plaanimajanduses. 1962. a. tõlgiti USA-s Nõukogude Liidus välja antud kogumik «Küberneetika kommunismi teenistusse». Retsensioonis kogumiku tõlkele leidub üsna ilmikas tunnus:

«Arvestades meie traditsioonilist ameerikalikku tööstuse ja valitsuse eraldatust ja samuti ka ühiskonna põhikihtide soovi võimalikult vähe kokku puutuda riikliku vahelesegamisega, ei ole raske veenduda, et kui mingi maa oskab jõuda täiesti ühendatud ja juhitava rahvamajanduseni, kus mitmesuguste eesmärkide saa-

utamiseks kasutatakse küberneetilisi printsiipe, siis NSV Liit saavutab sellise olukorra varem kui USA. On lihtne ette kujutada, et kui kusagil saavutatakse selline teaduslike pingutuste organiseeritus, siis selle tulemuseks on teaduse ja selle meetodite efektiivne kasutamine riiklike ülesannete lahendamisel ja riiklike eesmärkide saavutamisel. Ei ole kahtlust, et oluliselt efektiivsem ja tootlikum nõukogude rahvamajandus kujutaks endast suurt ohtu läänemaailma majanduslikele ja poliitilistele eesmärkidele.»

Majanduse plaanipärane areng on sotsialistliku süsteemi suurimaks eeliseks. Sotsialismi tingimustes on maa majandusliku arengu määrajaks ja juhtijaks riiklik rahvamajandusplaan. See tõttu küberneetika peamiseks rakendusobjektiks sotsialistlikus majanduses on **rahvamajanduse planeerimine**.

Partei programmis on öeldud, et kõigis planeerimise ja majanduse juhtimise lülides tuleb peatähelepanu koondada materiaalsete, tööjõu- ja finantsressursside kõige efektiivsemale kasutamisele, saavutada ühiskonna huvides kõige suuremaid tulemusi kõige väiksemate kulutustega. Parimad võimalused ühtse riikliku optimaalse ja pideva rahvamajanduse planeerimise tagamiseks on just meie tingimustes.

Kuid võttes arvesse kogu mitmekesise rahvamajanduse tohutuid mastaape ja eriti selle edasise arengu kõrget tempot, tuleb tunnistada, et inimkonna ajaloo vältel ei ole juhtimisorganite ette veel kunagi seatud nii keerulisi ja raskeid ülesandeid. Kas küberneetika suudab aidata lahendada neid ülesandeid? Ei ole mingit kahtlust, et mitte ainult võib, vaid abistab märgatavalt juba praegu ja edaspidi, ulatuslikumal elektronarvutite ja arvutuskeskuste kasutamisel see abi osutub otsustavaks.

Tõepoolest, rahvamajanduse optimaalseks planeerimiseks ja efektiivseks juhtimiseks tuleb hoolikalt analüüsida ja töödelda kolossaalsel hulgal mitmesugust informatsiooni. Me juba rääkisime, et isegi ainult ühe ettevõtte juhtimisel tuleb iga päev opereerida rohkem kui poole miljoni arvuga.

Kogu rahvamajanduse juhtimine on mõõtmatult keerulisem. See on pidev protsess, mis nõuab määratu informatsioonihulga pidevat saabumist ja õigeaegset töötlemist. Et leida kogu rahvamajanduse huvides optimaalsed lahendusvariandid, tuleb omavahel kooskõlastada suur hulk üksikuid, sageli vastukäivate tendentsidega lahendeid, võtta arvesse omavahel seotud majandusharude vastastikust mõju, rajoonide looduslikke tingimusi, rääkimata juba poliitiliste tegurite ning sotsialistlike maade ja maailmamajanduse arenguperspektiivide õigest kvantitatiivsest hinnangust. See viimane tegur omandab järjest suuremat tähtsust ja laiendab oluliselt optimaalsete lahenduste otsingute sfääri.

Andmete hulk, mida tuleb arvesse võtta planeerijatel ja ökonomistidel, kasvab koos tootmise kasvu ja täiustumisega. Juhtimine muutub üha keerulisemaks. Enne kui valida mingi variant palju

dest võimalikest, tuleb koguda piisavalt informatsiooni, seejärel kogu see tohutu pidevalt täienev informatsioon edasi anda, töödelda ja analüüsida. Seetõttu kasvab arveametnike, raamatupidajate ja plaanijate armee pidevalt.

On iseloomulik, et isegi kapitalistlikes maades, kus kogu rahvamajanduse sihipärane juhtimine ei ole võimalik, ületab administratiiv-juhtivpersonali kasv tootmistööliste kasvu. USA kongressi majandusliku stabiilsuse alamkomisjoni andmete järgi kasvas aastail 1947—1955 tootmistööliste arv elektrotehnika tööstuses 20%, aga majanduslik ja juhtiv personal — 40%.

Nõukogude Liidus töötab administratiiv-juhtimisaparaadis 10 miljonit inimest. Kui püüda lühidalt iseloomustada nende tegevust, siis võib öelda, et nad koguvad, kontsentreerivad ja üldistavad kõige mitmekesisemat informatsiooni. Töödelduna ja mõtestatuna muutub see informatsioon plaaniülesanneteks, mitmesugusteks arvestusteks, projektide eelarveteks jne.

Kuid 90% või enamgi sellest tohutust informatsioonist töödeldakse käsitsi. Selle töötlemise peamisteks tehnilisteks vahenditeks on tavaline arvelaud ja muud kõige primitiivsemad arvutustööde mehhaniseerimise vahendid. Kuid kas on võimalik ehitada kommunismi, sooritades kõik majanduslikud arvutused mahajäänud tehnika abil, Ivan Julma aegsetel arvelaudadel?

Loomulikult ei suuda isegi tohutu juhtimisaparaat sellise arhailise arvutustehnika abil täielikult ja õigeaegselt töödelda kogu vajalikku informatsiooni. Ukraina NSV Teaduste Akadeemia Küberneetika Instituudis tehti huvitavad kokkuvõtted. Need näitavad, et meie majanduse planeerimise ja juhtimise sfääris töötav aparaat suudab ühe aasta jooksul teha tööd, mis on ekvivalentne ligikaudu 10^{12} aritmeetilisele operatsioonile. Aga juba praegu oleks vajalik majanduse optimaalseks juhtimiseks teha 10^{16} aritmeetilist operatsiooni aastas. Järelikult suudab majanduse juhtimisaparaat käesoleval ajal sooritada kümme tuhat korda vähem operatsioone kui vajalik!

Kuid isegi see osa informatsioonist rahvamajanduse faktilise olukorra kohta, mida juhtiv aparaat suudab omandada, töödeldakse mitmekuulise hilinemisega. Loomulikult raskendab see plaanide õigeaegset korrigeerimist ja nende täitmise operatiivset juhtimist.

Kuigi meil on rahvamajanduse juhtimisele haaratud palju kõrgeltkvalifitseeritud spetsialiste, ei ole sageli neilgi jõukohane leida neis tingimustes ainuõigeid lahendusi, määrata kõige arukamalt plaanilisi ülesandeid. Rahvamajandus muutub pidevalt keerulisemaks. Meil on sadu tuhandeid mitmesuguseid tööstusettevõtteid, ehitisi, kolhoose, sovhoose. Neid juhtida ja koordineerida ning planeerida tootmist vana viisi, silma järgi, lootes oma teadmistele ja kogemustele, on juba võimatu.

Eelnevatel aastatel varjati puudusi juhtimistöo automatiseerimises ja mehhaniseerimises administratiivpersonali suurendamise

abil. Kuid rahvamajanduse arenedes ja keerulisemaks muutudes see tee muutub üha vastuvõtmatumaks. Arvutused näitavad, et olemasoleva planeerimis-, juhtimis- ja arveldussüsteemi säilitamisel peaks 1980. aastal sellega tegelema Nõukogude Liidu kogu täiskasvanud elanikkond. See on loomulikult ebareaalne. Samal ajal mistahes vead planeerimises, varustamises, transpordis ja teaduslikus uurimistöös põhjustavad rahalist kahjumit, asjatut aja, töö ning materiaalsete ja vaimsete jõudude kulutamist.

Ka siin **tuleb juhtimisele appi küberneetika** koos oma võimsate tehniliste abilistega — elektronarvutitega.

Elektronarvutite kasutamine muudab olukorda põhjalikult. Need masinad on endistest arvutusvahenditest sadu ja tuhandeid kordi kiiretoimelisemad. See vähendab järsult plaaniarvutuste kestust isegi nende mahu mitmekordsel suurenemisel. Saab võimalikuks töödelda kogu vajalikku informatsiooni, arvutada mistahes nõutav hulk plaanivariante ja järelikult valida neist parim.

Teiste sõnadega, luuakse võimalus üle minna halvalt, kaasaja nõuetele mittevastavalt planeerimiselt kõige ratsionaalsemale, efektiivsemale, optimaalsemale juhtimisele ja planeerimisele.

Majandusliku tegevuse seisukohalt on erinevus praktikas sageli esineva halva juhtimise ja küberneetilisel teaduslikul alusel ning kaasaegse raadioelektronika baasil väljatöötatud juhtimise vahel üsna suur.

Esimesel juhul juhtimine toimub ebatäpse, mittetäieliku ja alati hilineva informatsiooni alusel, mida töötleb suur administratiivjuhtimisaparaat, s. o. inimesed, kes kasutavad igivana tehnikat. Neis tingimustes isegi head juhtijad on asetatud raskesse olukorda, kuna tuleb vastu võtta otsuseid ja anda korraldusi, s. o. juhtida enamasti huupi, ainult kogemuste ja harjumuste alusel. Sellisel juhtimismeetodil ei saa kaasaegset tehnikat efektiivselt kasutada ei tootmises, ei transpordis, ei põllumajanduses ega ka teaduses. Võib tuua palju ajakirjanduses avaldatud näiteid, millest nähtub, et ebatäiuslikud planeerimis-, arveldus- ja juhtimismeetodid on alati vastuolus meie vajadustega ega vasta meie rahvamajanduse kõrgetele kasvutempodele.

Teisel juhul, kasutades kaasaegse teaduse ja tehnika meetodeid ning vahendeid, eriti küberneetilisi ja elektronmasinaid, on võimalik juhtida keerulisi, vastastikku seotud protsesse täpse, täieliku ja õigeaegse informatsiooni alusel, mis on küllaldane (kuid mitte ülearune), et vastu võtta põhjendatud otsus protsessi mõjutamise kohta juhtimise abil, mille realiseerimine samuti toimub kiirelt, täpselt, ühtselt ja sihipäraselt.

Elektronarvutite juurutamine rahvamajanduse planeerimisse ja juhtimisse võimaldab mitte ainult järsult vähendada administratiivjuhtivat aparati (välismaine kogemus näitab, et näiteks elektronarvutite kasutamine materiaaltehnilise varustuse süsteemis võimaldab vähendada sellel alal töötavat juhtivat personali

80—90% võrra), mitte ainult automatiseerida ja kiirendada informatsiooni töötlemist, planeerimist ja juhtimist, vaid ka optimeerida vastavaid otsuseid, s. o. saavutada maksimaalset majanduslikku ja tehnilist efekti töö ning materiaalsete vahendite minimaalse kuluga.

Saab reaalseks planeerida mitte episoodiliselt, alati hilinevalt, vaid pidevalt. Mitmesuguste rahvamajandusprotsesside matemaatiline mudelerimine leiab laia kasutamist. Juba on välja töötatud nõndanimetatud lineaarse programmeerimise meetodid, mis võimaldavad leida matemaatilisel teel protsessi kvaliteeti määravate parameetrite optimaalsed väärtused. Samuti on välja arenenud ka dünaamilise programmeerimise (planeerimise) meetodid.

NSV Liidu Teaduste Akadeemia juurde on organiseeritud Majandusmatemaatika Keskinstituut ja loodud majandusmatemaatika laboratooriumid. On välja töötatud ja kontrollitud rida majandusmatemaatilisi meetodeid vedude optimaalse planeerimise, tööstusharudevahelise bilansi koostamise ning tööstusettevõtete paigutuse ja spetsialiseerimise alal. On alustatud rahvamajanduse optimaalse perspektiivplaani väljatöötamist perioodiks kuni 1970. aastani.

NSV Liidu Teaduste Akadeemia Siberi osakonna Majanduse ja Tööstusliku Tootmise Organiseerimise Instituudi majandusmatemaatiliste uurimiste laboratooriumis on elektronarvutite abil kindlaks määratud Kuzbassi kaevanduste arendamise optimaalsed variandid aastateks 1963—1970 ja Siberi ning Kaug-Ida tsemenditehaste optimaalne paigutus ja spetsialiseerumine 1970. aastaks.

Usbeki NSV Teaduste Akadeemia Arvutuskeskus töötab välja ja üldistab mehaanika, füüsika, ökonoomika ja tootmise juhtimise ülesannete lahendusmeetodeid ning teeb suurt rahvamajanduslikku tähtsust omavaid arvutustöid.

Võib tuua väga palju näiteid neist suurtest eelistest, mida annab elektronarvutite kasutamine mitmesuguste plaaniarvutuste tegemisel. Näiteks perspektiivplaneerimisel on esmajärgulise tähtsusega materiaalsete tootmiskulude näitajate väljatöötamine. Neid näitajaid, materiaalse tootmisliku tarbimise norme, töötatakse meil välja juba ammu. Kuna rahvamajanduses valmistatakse tuhandeid erinevaid tooteid, siis täiskulude tabeli arvutamiseks tuleb lahendada tuhandest võrrandist koosnev võrrandisüsteem, sooritades seejuures miljoneid ja isegi miljardeid arvutustehteid.

Suhteliselt mitte suure (20 tööstusharu lõikes) kulunormide tabeli koostamiseks kulutas vilunud arvutaja, kasutades aritmeetrit, peaaegu pool aastat. Samasuguse tabeli koostamiseks NSV Liidu Teaduste Akadeemia Juhtimisarvutite Instituudi elektronarvutil kulus kõigest umbest 15 minutit; seega tabeli koostamise kiirus tõusis mitu tuhat korda.

Materiaal-tehnilise varustuse planeerimisel tuleb tegemist teha kümnete ja sadade erinevate hankijate ja tarbijatega. Sealjuures tuleb sooritada miljoneid arvutustehteid. Nii näiteks Juhtimis-arvutite Instituudis läbiviidud kivisöe optimaalse hankeskeemi (30 leiukohta ja 98 tarbijat) arvutamiseks sooritati 8 miljonit arvutustehet. Arvutusteks kulus üks tund. Elektromehaanilisel aritmomeetril töötaval kogenud arvutajal oleks selleks kulunud 5 aastat.

Vaatame sellist ülesannet, nagu mägist maastikku läbiva mõne-saja kilomeetrilise raudtee projekteerimine. Ukraina NSV Teaduste Akadeemia Küberneetika Instituudis läbiviidud uurimised näitavad, et tavalisel käsitsi projekteerimisel kuluks selle ülesande ainult ühe osa — optimaalse profileerimise — nõutud täpsusega lahendamiseks 50 aastat! Elektronarvuti kulutab selle ülesande lahendamiseks ainult mõne tunni.

Rahvamajanduse mastaapide kasv nõuab planeerimise, projekteerimise, arvelduse ja statistika teadusliku taseme tõstmist, kasutades sel eesmärgil kõiki kaasaegse tehnika saavutusi. Selleks tehnikaks on esmajärjekorras elektronarvutid.

Küberneetika kasutamisvõimalused rahvamajanduses ei piirdu ainult planeerimise, arvelduse ja statistikaga. Küberneetika laialdase kasutamise valdkonnas on ka inimese tootmistegevus. Selles valdkonnas küberneetika areneb **mehhaniseerimise** ja **automatiseerimise** baasil eesmärgiga tõsta efektiivsust ja tööviljakust.

Tehnoloogia täiustamine, parimate masinate kasutamine, protsesside intensiivsuse ja kiiruse tõstmine, kadude ja praagi vähendamine, toodete töökindluse tõstmine ja optimaalse pikaajalise saavutamise — sellised on teaduslikud probleemid, millised tuleb lahendada meie teadlastel koostöös inseneride ja ökonomistidega. Need ülesanded on laiemad kui lihtsalt tööviljakuse tõstmine. Need on sihipärase töö efektiivsuse, resultatiivsuse tõstmine ja töö optimeerimine, mille juures eesmärk saavutatakse vähima aja, tööjõu, materjalide ja energia kuluga. Töö efektiivsuse tõstmine on nii tööstuses kui ka põllumajanduses esmajärguliseks ülesandeks.

Töö efektiivsuse tõstmise tähtsaimaks tingimuseks on mehhaniseerimine ja automatiseerimine. Loomulikult tuleb enne tootmisprotsesside automatiseerimisele asumist need mehhaniseerida. Käsitööd automatiseerida ei saa, olgugi et selliseid katseid on meil vahel tehtud. Mehhaniseerimise all mõistetakse inimtöö asendamist masinate tööga. Mehhaniseerimist nimetatakse osaliseks, kui sellega on haaratud ainult põhilised tootmisoperatsioonid. Kompleksel mehhaniseerimisel (Marxi järgi) mehhaniseeritakse mitte ainult põhi-, vaid ka töömahukad abioperatsioonid, moodustades seega omavahel seotud ja kooskõlastatud masinate ja mehhanismide süsteemi.

Meie tööstuses, transpordis, põllumajanduses, ehitustegevuses

ja teistel tootmisaladel on ligikaudu 50% tööstest mehhaniseeritud, kusjuures sõltuvalt tootmisalast see protsent muutub 20-st kuni 60-ni. Tavaliselt ei ole mehhaniseeritud nõndanimetatud abitööd: peale- ja mahalaadimine, vaheoperatsioonid, pooltoodete ja tooraine etteandmine ning ümberpaigutamine jne. Pääaegu üldse ei ole mehhaniseeritud ka tehasesisene asjaajamine — arveldus, kontroll, varustamine, tootmise arvestus, praagi arveldus jne. On levinud illusioon, et need abitööd, võrreldes põhitootmisega, on vähem tähtsad ja vähem töömahukad. Nii võivad väita ainult inimesed, kes kas teadlikult moonutavad tõde või üldse ei tunne tootmist. Tootmises ei ole tähtsaid või mittetähtsaid töid. On ainult suuremat täpsust nõudvad, kiireloomulisemad, vastutusrikkamad, töömahukamad tööd. Suure tootlikkusega tööpinkide automaatiin ei tohi seista ei organisatsiooniliste häirete, ei edasist töötlemist vajavate toodete etteandmises esinevate viivituste tõttu! Need viivitused aga just ongi seotud käsitsitööga.

Tootmise mehhaniseerimine, eriti kompleksne, tagab tööviljakuse olulise tõusu. Kahjuks ei ole seni üldtunnustatud ja teaduslikult põhjendatud meetodikat mehhaniseeritud ja füüsilise töö tootlikkuse võrdlemiseks. Kuid võib läbi viia lihtsatel energeetilistel kaalutlustel põhineva ligikaudse arvutuse. Füüsilise tööga tegelev tööline suudab 6—8 tunni vältel arendada keskmist võimsust 40—70 W, lühema aja vältel aga kuni 150—200 W. Rahvusvaheliste normide järgi loetakse, et tööilise poolt aasta vältel tehtud töö on 150 kWh, mis 300 tööpäeva korral aastas annab päevaseks tööks 0,5 kWh. See tähendab, et 8 tunni vältel ta peab arendama keskmist võimsust 62,5 W, mis vastab $\frac{1}{12}$ hj-le. Võrdleme nende andmete alusel lihtsa arvutuse abil mehhaniseeritud ja käsitsitöö efektiivsust. Statistika Keskvalitsuse aastaaraamatus «NSVL rahvamajandus 1959. aastal» lk. 138 on öeldud, et 1959. aasta keskmine tööstustööliste arv oli 17 miljonit. Ligikaudselt võib võtta, et neist pooled (s. o. 8,5 miljonit inimest) tegelesid käsitsi-, s. o. mittemehhaniseeritud tööga. See käib põhiliselt abi- ja laadimistöodega tegelevate tööliste kohta. Kui lugeda, et igaüks neist aasta vältel tegi tööd 150 kWh (mis tõenäoliselt on liialdatud), siis 8,5 miljoni inimese töö moodustas $150 \times 8,5 \times 10^6 = 1,275$ miljardit kWh. 1959. a. toodeti elektrienergiat 265 miljardit kWh. Sellest $\frac{2}{3}$, s. o. 176 miljardit kWh tarbis tööstus. Oletame, et 26 miljardit kWh läks kadudeks ja tööstuse omatarbeks, aga 150 miljardit kWh kulutati 8,5 miljoni mehhaniseeritud tööga tegeleva tööilise poolt mehhanismide liikumapanemiseks ja tehnoloogilisteks vajadusteks. 150 miljardi kWh suhe 1,275 miljardisse kWh-sse iseloomustab seda, mis 1959. a. saadi mehhaniseerimise (käesoleval juhul energiaga varustamise) tagajärjel. See suhe on 118. Ühe mehhaniseeritud tööga tegeleva tootmistöölise tööviljakus oli ligikaudu 120 korda suurem kui mittemehhaniseeritud tööga tegeleva tööilisel.

Just mehhaniseerimise tagajärjel suurenev tööviljakus võimaldab meil aasta-aastalt kiires tempos suurendada toodangu tööstuslikku väljalaset, kusjuures tööliste arv kasvab palju aeglasemalt.

Mehhaniseerimisel tööline vabaneb raskest füüsilisest tööst ja tema tegevus piirdub masinate töö juhtimisega. Loomulikult, võimsaid masinaid juhtiva tööliste osa erineb tunduvalt selle poolest, mida ta täitis tootmise arengu algstaadiumis, kui ta käsutuses olid ainult lihtsamad töövahendid ja puudusid ta füüsilisi võimeid mitmekordselt ületavad energiaallikad.

Varsti pärast aurumasinate praktilise kasutamise algust tekkis vajadus ratsionaliseerida ja kergendada tööliste tegevust, kes pidi sõltuvalt koormuse ja auru rõhu muutumisest reguleerima masina tööd. Esialgu see reguleerimine seisnes aurumasina pöörete või katla veetaseme ja aururõhu hoidmises konstantsena. Lihtsaim reguleerimine seisnes seega reguleeritava suuruse hoidmises antud piirides.

Edaspidi töötati välja abinõud reguleeritava suuruse muutmiseks ajast sõltuva programmi järgi ja lõpuks loodi keerulised reguleerimismeetodid ning -vahendid, mis lahendasid automaatreguleerimise ülesande lõplikult. Juba K. Marx annab «Kapitalis» järgmise automatiseeritud ettevõtte määrangu: «Kui töömasin teeb inimese kaasabita kõik tooraine töötlemiseks vajalikud liigutused ja vajab ainult inimese järelevalvet, siis on meil automaatne masinate süsteem, mida aga saab alati detailides täiendada.» («Kapital», 1949. a., I köide, lk. 330).

Automatiseerimise edukas läbiviimine eeldab kõrget töökultuuri, täiuslikku tootmise organisatsiooni ja tehnoloogiat, kõrget mehhaniseerimise ja energiaga varustatuse taset. Automatiseerimist tuleb vaadelda kui mehhaniseerimise kõrgeimat astet, pidades meeles, et viimase arenemisega kompleksseks ei pea niivõrd kaasnema automatiseerimine, kuivõrd ta ise peab eelnema automatiseerimisele, ja et protsesside kompleksne mehhaniseerimine erinevates rahvamajandusharudes jääb endiselt esmajärguliseks ülesandeks.

Automaatika mängib otsustavat osa seetõttu, et kujutades endast kõige progressiivsemat tootmise organisatsiooni, nõuab ta ka kogu tehnikakompleksi vastavat arengutaset. Ei tohi unustada, et automatiseerida võib ainult täiuslikku tehnoloogilist protsessi, et automatiseerida vananenud tehnoloogiat, tööpinke ja tehnikat ei ole mõtet. Vanale tehnoloogiale «külge poogitud» automatiseerimine ei anna efekti. Selline automatiseerimine ei ole kellelegi vajalik. Kahjuks leidub inimesi, kes ei saa sellest aru.

Automatiseerimise juurutamine kõige uuemal tehnilisel ja organisatsioonilisel alusel on vajalik ka seetõttu, et sotsialismi oludes toob ta kaasa töötajate töötingimuste paranemise ja töö iseloomu muutumise, soodustab erinevuse kadumist füüsilise ja vaimse töö vahel ning põhjustab kardinaalseid nihkeid elukutsetes.

Tööpingitöölisi asendavad automaatseadmete, -tööpinkide ja -vooluliinide juures insenerid, tehnikud, operaatorid ja seadistajad, eriti keeruliste protsesside korral aga ka teadlased. Inimese osa automatiseeritud tootmises ja kõigis teistes tegevussfäärides tõuseb järsult. Programmjuhtimisega tööpink töötab seda paremini ja efektiivsemalt, mida loogilisem ja kvalifitseeritum on inimese poolt loodud programm. Luues tingimused töölise tehnilise ja kultuuritaseme tõstmiseks, nõuab automatiseerimine ühtlasi tööliselt ka kõrget kvalifikatsiooni, tõsiseid teadmisi matemaatikas, elektroonikas, füüsikas, mehaanikas ja majanduses.

Automatiseerimine, samuti kui mehhaniseeriminegi, võib olla osaline või kompleksne. Üleminekul üksikute tööpinkide, masinate ja agregaatide automatiseerimiselt tootmise komplekssele automatiseerimisele toimub kvalitatiivne hüpe. Komplekselt automatiseeritud tootmissüsteemide hulka kuuluvad automaatiinid, -tsehhid ja -tehased ning automaatsed transportsüsteemid, kus automatiseeritakse nii põhi- kui ka abioperatsioonid.

Kompleksse automatiseerimise edasiseks arenguetapiks on vabrikute, tehaste ja ettevõtete gruppide ühendamine ühtseteks, omavahel seotud suurteks komplekselt automatiseeritud ettevõteteks.

Kompleksne mehhaniseerimine ja automatiseerimine on võtmeiks meie maa majanduse edasise arendamise põhiliste probleemide lahendamisel, milleks on maksimaalne ajavõit võistluses kapitalismiga, tootmise võimas tõus, tööviljakuse ja töö efektiivsuse ning rahva elatustaseme tõus.

Ainult kompleksel automatiseerimisel ja mehhaniseerimisel on võimalik arendada uusi ja kõige progressiivsemaid tootmisharusid — sünteetilist keemiat, aatomienergeetikat, elektroonikat ja teisi harusid, mis nõuavad kiiret reageerimist, erilist täpsust ja ei luba inimese vahetut osavõttu tootmisprotsessist.

Suhteliselt lihtsaid operatsioone sooritava agregaadid või masina automatiseerimiseks piisab ühest või mõnest automaatregulaatorist, programmseadmest jne. Kompleksel automatiseerimisel ei ole enam võimalik piirduda lihtsalt automaatikaseadmete arvu suurendamisega. Tekib vajadus lahendada uusi, keerulisemaid loogilisi, arvutus- ja teisi ülesandeid, mis on seotud tootmisprotsessi optimeerimisega koondparameetrite järgi. Seega automatiseeritud tootmise arenedes tekib vajadus kasutada juhtimisel küberneetilisi masinaid.

Automatiseerida võib mehaaniliste, pneumaatiliste, hüdrautiliste, magnetiliste, elektriliste ja elektroonsete riistade baasil. Põhjustel, millest oli juttu juba eespool, on rohkem levinud elektronautomaatika riistad, seadmed ja meetodid. Erilise tähtsuse on omandanud elektronautomaatika uus haru — universaalsed ja juhtivad elektronarvutid. Kompleksne automatiseerimine koos universaalsete ja juhtivate elektronarvutite kasutamisega ongi

üheks küberneetika rakendusala, mille abil saavutatakse töövõime tõus.

Küberneetika rakendamise teiseks küljeks tööstuses on antud tootmisolukorras kõige kasulikuma tehnoloogia realiseerimine, minimaalsete kadude ja praagi tagamine, kõrgeima kvaliteedi ning üksikute protsesside ja nende kombinatsioonide suurima ökonoomsuse saavutamine. Üldistatult nimetame seda **tootmise optimeerimiseks**.

Paljudes tööstusharudes on matemaatikute, tehnoloogide, ökonomistide ja automaatika ning küberneetika spetsialistide ühised pingutused suunatud optimaalsete režiimide realiseerimisega seotud kulude ja saadava kasu määramisele. Mõnedes tehastes juba realiseeritakse praktiliselt optimeerimise ideid ja meetodeid.

Elektronarvutite tohutule osale kõige kasulikuma tehnoloogilise protsessi tagamisel viidati juba NLKP XXI kongressi otsustes. «Kaasaegsete elektronarvutite kasutamine tootmisprotsesside juhtimiseks,» öeldakse nendes otsustes, «võimaldab automaatselt valida ja juhtida tehnoloogilist protsessi soodsaimas režiimis.» Praktika on seda täiendavalt kinnitanud.

Tootmisprotsesside kompleksne automatiseerimine ja juhtivate elektronarvutite kasutamine võimaldab saavutada sellist kiirust, täpsust, parameetrite konstantsust ja kokkuhoidu, mida inimene vahetult ei suuda tagada. On protsesse, mida inimene ei ole üldse võimeline vahetult juhtima.

Juhtivad elektronarvutid mitte ainult ei juhi tehnoloogilisi protsesse mingi etteantud programmi järgi. Nad on ise võimelised otsima ja valima parimaid režiime, kohanema muutuvatele tootmistingimustele ning talletama kogemusi, et mitte korrata tehtud vigu, ja parandama oma tööd.

Ukraina NSV TA Arvutuskeskuses töötab УМІІІН¹ — laialdaste ülesannetega universaalne elektronarvuti mitmesuguste protsesside juhtimiseks. Seda arvutit on kasutatud bessemeriahju juhtimiseks terasesulatamisel, keemiakombinaadis ja laevaehitustehases. Neil täiesti erinevatena näivatel protsessidel olid ühised jooned, mis võimaldasid kasutada ühte masinat.

Dneprodzeržinski Metallurgiatehase konvertorile asetati andurid, mis registreerisid temperatuuri ning leegi läbipaistvust ja spektraalseid karakteristikuid. Võeti ka õhuproove ja oli olemas ajaandur. Andurite signaalid anti pärast muundamist juhtmete kaudu arvutuskeskusesse Kiievis. Arvuti võrdles andurite näite tema mallu talletatutega ja töötas välja signaalid konvertori juhtimiseks. Saadud efekt nagu ei oleks suur — masina poolt juhitud protsessi sulatusaeg vähenes 1—3 minuti võrra, kuid nende minutite arvel hoitakse aastas kokku miljoneid rublasid.

1961. a. novembris viidi läbi katse, kus eemalt juhiti keerulist

¹ Универсальная машина широкого назначения.

keemilist protsessi pidevalt 48 tunni jooksul. Elektronarvuti juhtis Slavjanski Soodakombinaadi agregaadid tööd 630 km kauguselt. Numbriline seade tehase dispetšeripunktis andis abonenttelegraafi kaudu Kiievisse informatsiooni ühe keemilise kolonni (kus toimub sooda moodustumine) töö kohta. Nende andmete alusel elektronarvuti, asendades kolonni teenindavat töölist, sooritas kõige kasulikumat tehnoloogiat otsides üle miljardi arvutuse ja andis vastavad käsklused kombinaati.

Iga aastaga astub meie maal rivisse järjest rohkem juhtivaid elektronarvuteid, mis automaatselt tagavad hüdroelektrijaamade, keemiliste aparatuuride, masinaehituse vooluliinide, terasesulatusahjude jne. optimaalsed töörežiimid.

Järjest rohkem hakatakse elektronarvutustehnikat kasutama tehastes. Nii näiteks paljudes Moskva tehastes on loodud informatsiooni- ja arvutuskeskused ning vastavad osakonnad ja bürood, mis on varustatud elektronarvutitega. Sellisteks on tehased «Kaliiber», «Freaser», Ordžonikidze-nimeline ja rida teisi. Suur arvutuskeskus on loodud Lihhatšovi-nim. tehases, kus töötab elektronarvuti «Era», millel lahendatakse insener-tehnilisi ja planeerimisülesandeid. Tehases «Kalibr» arvutatakse elektronarvutil tootmisülesanded tsehhidele, määratakse materjalide vajadused ja lahendatakse muid ülesandeid.

Elektronarvutid kergendavad ka inseneride tööd. NSV Liidu Teaduste Akadeemia Leningradi Arvutuskeskuse teadlased aitavad projekteerida elektrigeneraatoreid ja turbiine, töötavad ümber füüsikaliste eksperimentide ja agregaatide katsetamiste andmeid. Elektronarvuti arvutas 60 tunni jooksul tehasele «Elektrosila» ühe generaatori 153 tuhat varianti ja andis välja kõik vajalikud andmed enam õnnestunud variantide kohta. Inseneride ülesandeks jäi ainult valida neist kõige sobivam.

Elektronarvutite laialdane ja üldine kasutamine tööstuses tähis- tab üleminekut tehnilise progressi kvalitatiivselt uuele astmele, kus kõigi protsesside juhtimine ja kontrollimine toimub automaatselt, ilma inimese otsese osavõtuta.

Tootmise automatiseerimine ja mehhaniseerimine tõstavad tööviljakust. Kuid mitte mingisugune mehhaniseerimine ei ole mõeldav ilma vastavate energiaallikateta. Inimese füüsilise tööga väljatöötatud energiat ei jätkuks isegi tema elementaarsete elutarbeliste vajaduste katmiseks.

Käesoleval ajal kulub ühe inimese elutarbeliste vajaduste rahuldamiseks aastas 4800 kWh energiat. Sellest tarvitatakse kütteks ligikaudu 3000 kWh, vee soojendamiseks (nõude- ja pesupesemine, hügieeniliseks tarbeks jne.) ligikaudu 1300 kWh, toidu valmistamiseks ligikaudu 300 kWh, valgustuseks, raadiovastuvõtjatele, televiisoritele, külmutuskappidele ja elektriaparatuuridele — ligikaudu 200 kWh. Seega päevane energiakulu ühe inimese kohta on umbes 13 kWh. Kui võrrelda seda nende 0,5

kWh-ga, mida inimene on võimeline ise välja töötama ööpäevas, on vahe tohutu: ainult oma elutarbeliste vajaduste rahuldamiseks vajab inimene energiat üle 25 korra rohkem, kui võimaldavad tema füüsilised võimed.

Oma füüsilise töö tootlikkuse ja efektiivsuse suurendamiseks asus inimene alistama stiihilisi loodusjõude, allutama oma tahte nende energiat. Eriti suured muudatused toimusid viimasel sajandil. Kas sada aastat on suur ajavahehemik? Osutub, et energieetika seisukohalt on erakordselt suur. 1852. a. langes kogu inimkonna käsutuses olevast energiast 94% inimeste ja koduloomade lihastejõule (15% andsid tööliste ja talupoegade, 79% koduloomade lihased) ja ainult 6% energiast andsid vesirattad, tuuleveskid ja aurumasinad. Mehhaniseerimine oli kõige algelisem, automatiseerimisest ei saanud praktiliselt olla juttugi.

1952. a. maailma energiabilansis langes inimeste ja loomade lihastejõule 1%. Ülejäänud 99% saadi järgmistest allikatest: kivi- ja pruunsüsi ning ligniidid — 45,9%; nafta ja looduslik gaas — 35,8%; hüdroenergia — 1,4%; küttepuit — 15,9%. Siit näeme, et kuni möödunud sajandi keskpaigani ei saanud tekkida inimese töö energiavarustatuse küsimust selle sõna kaasaegses tähenduses. Nüüd aga on energiavarustatus tööviljakuse otsustav tegur.

Kuid me kasutame saadavat energiat veel väga halvasti. Vähe-malt $\frac{3}{4}$ kogu maakeral toodetavast energiast kulutatakse inimestele täiesti kasutult. Ühe energialiigi muundamine teiseks toimub täiesti mitterahuldava kasuteguriga. On küllalanda tuletada meelde tohuid energiakadusid tööpinkides, aurumasinates, elektrijaamades, autodes, traktorites ja teistes tehnilistes seadmetes.

Elektrienergia on jaotamise ja teistesse liikidesse muundamise seisukohalt kõige mugavam energialiik. See annabki elektrifitseerimisele erilise tähtsuse.

Meie partei on maa elektrifitseerimisele pööranud alati suurt tähelepanu. 1920. a. töötati välja esimene Nõukogude Venemaa rahvamajanduse arendamise generaalplaan, mis ka nüüd säilitab perspektiivse riikliku rahvamajandusplaani eeskujuna tohutu tähtsuse.

GOELRO plaani ülesannete püstitamise julgust saab hinnata ainult siis, kui võtta arvesse olukorda aastail 1919—1920. Kui 1913. a. toodeti Venemaal 1,9—2,0 miljardit kWh elektrienergiat, siis 1920. a. toodeti 4 korda vähem — ligikaudu 0,5 miljardit kWh. Samal ajal USA tootis 50 miljardit kWh, s. o. 100 korda rohkem. Neljakümne aasta pärast oli pilt järsult muutunud. 1960. a. Nõukogude Liit tootis 292 miljardit kWh, aga USA ligikaudu 900 miljardit kWh (elektrijaamade puhastoodang), s. o. ainult 3 korda rohkem.

NLKP programmis öeldakse: «Elektrifitseerimine, mis on kommunistliku ühiskonna majanduse rajamise peateljeks, etendab

juhtivat osa kõigi rahvamajandusharude arenemises, kogu tänapäeva tehnilises progressis. Sellepärast on tarvis tagada **elektrienergia** tootmise kõige kiirem kasv. Meie maa elektrifitseerimise plaan näeb ette: suurendada lähemal aastakümnel töö elektrienergiaga varustatus tööstuses peaaegu kolmekordseks; ulatuslikult arendada odava elektrienergia baasil elektrimahukaid tootmis-harusid; massiliselt elektrifitseerida transporti, põllumajandust ning linna- ja maaelanikkonna kodust majapidamist. Teisel aastakümnel viiakse kogu maa elektrifitseerimine põhiliselt lõpule.»

Vastavalt NLKP programmi ülesannetele toodetakse Nõukogude Liidus 1970. a. 900—1000, aga 1980. a. — 2700—3000 miljardit kWh elektrienergiat. See tähendab elektrienergia toodangu kolmekordistamist iga kümne aasta jooksul. Selle programmi täitmisel toodab Nõukogude Liit 1980. a. elektrienergiat ligikaudu võrdsest USA-ga.

Suure hulga elektrienergia tootmine kaasaegsetes võimsates elektrijaamades on raske ülesanne. Mitte lihtsam, aga võib-olla veel keerulisem probleem on selle elektrienergia jaotamine paljude tarbijate vahel.

Elektrienergiat vajavad nii suured tarbijad (linnad, suured tööstusettevõtted, transport) kui ka väga paljud väikesed ja laiali-pillatud tarbijad. Kõigil neil tarbijail on üks tunnus — nad vajavad elektrienergiat õigeaegselt ja tavaliselt ka pidevalt.

Selleks luuakse elektrienergia jaotamise süsteemid, kõrgepingelised elektri ülekandeliinid ja keerulised juhtivad süsteemid paljudes elektrijaamades toodetud energia jaotamiseks, võttes sealjuures arvesse ööpäevaseid ja sesoonseid koormusgraafikuid, vajalikke reserve ning teisi asjaolusid.

Viimaseil aastail pööratakse suurt tähelepanu elektrijaamade automatiseerimisele ja seejuures on saavutatud tähelepanuväärseid tulemusi. Edukalt on lahendatud ja lahendatakse ülesandeid, mis on seotud suurte energiasüsteemide automaatjuhtimisega. Me läheneme tähtsaima ülesande lahendamisele — Nõukogude Liidu Euroopa-osa ühtse energiasüsteemi tsentraalse dispetšerjuhtimise loomisele. Lähemas tulevikus asutakse lahendama kogu Nõukogude Liidu ühtse energiasüsteemi loomise ja selle optimaalse juhtimise probleemi. Räägitakse ka rahvademokraatiamaade rahvuslike ja Nõukogude Liidu energiasüsteemide ühendamisest ühtseks tervikuks. Loomulikult kerkib üles ja nõuab lahendamist selliste keeruliste süsteemide optimaalse ja töökindla juhtimise probleem. See aga ongi tüüpiline küberneetika probleem, mille lahendamiseks kasutatakse edukalt elektronarvuteid.

Energeetikas formuleerub uus teadusharu, mida võib nimetada **elektrisüsteemide (ehk energiasüsteemide) küberneetikaks**. Sellele teadusharule on iseloomulik tihe side matemaatilise analüüsi ja füüsikalise eksperimendi (tegelikkuses või mudelitel) vahel. Võttes arvesse energeetika kiiret arengut Nõukogude Liidus, on seda

protsessi võimatu ette kujutada energiasüsteemide küberneetika meetodite kõige laiem ja sügavam kasutamiset.

Küberneetika on juba võimaldanud lahendada mõningad energetilise probleemi juurde kuuluvad konkreetset ülesanded. Nii on välja töötatud variantide võrdlemisel põhinev meetod 6—10 kV pingega elektriliinide juhtmete optimaalsete ristlõigete valimiseks. Ukraina NSV TA Küberneetika Instituudis on koostatud programm elektriijaamade ehitamise optimaalse plaani arvutamiseks, mida Ukraina NSV ehitusorganisatsioonid juba kasutavad.

Kommunismi materiaal-tehnilise baasi loomisel omandab järjest suuremat tähtsust keemia areng.

«Üheks suuremaks ülesandeks,» rõhutatakse NLKP programmis, «on igati arendada **keemiatööstust**, kõigis rahvamajandusharudes täielikult ära kasutada tänapäeva keemia saavutused, mis tohutult laiendavad rahva rikkuste suurendamise võimalusi.»

Küberneetika rakendamine mängib tohutut osa keemiatööstuse ja -toodangu arengus. Kuivõrd möödapääsmatuks on kujunenud vajadus kasutada keemias laialdaselt matemaatikat, automaatikat ja küberneetikat, saab otsustada selle järgi, mida on sellele probleemile pööratud välismaal. Küberneetika kasutamisel keemias on kaks iseloomulikku suunda:

keemiliste tootmisprotsesside informatsiooniline juhtimine nende optimiseerimise eesmärgil;

keemia-alase teadusliku, tehnilise, patendialase ja muu informatsiooni otsimine, kogumine, töötlemine jne.

Keemiateadus ja -tööstus arenevad üha kiiremini. Sellega kaasnevad kõrged rõhud ja temperatuurid, reaktsioonide suured kiirused, paljude tehnoloogiliste protsesside inimesele kahjulikkus ja ligipääsmatus teevad tootmise mehhaniseerimise ning automatiseerimise keemiatööstuses möödapääsmatuks. Paljude protsesside eriline keerukus avab võimaluse kasutada juhtimisel küberneetika kaasaegseid meetodeid. Sealjuures on põhinõueteks tehnoloogiliste protsesside kulgemise optimiseerimine ja nii tehnoloogiliste seadmete kui ka juhtimiseks kasutatavate automaatikaseadmete suur töökindlus.

Keemiatööstuses kasutatavad küberneetilised seadmed mitte ainult ei hoia toodetava produkti maksimaalset saagist tagavaid tehnoloogilise protsessi parameetreid etteantud optimaalsetel väärtustel, vaid ka analüüsivad informatsiooni protsesside muutumise kohta mitmesuguste tegurite mõjul ja seega leiavad «iseõppimise» printsiibi alusel ise protsessi kulgemise optimaalsed režiimid.

Keemiateaduses on kogunenud tohtu hulk mitmesuguseid andmeid keemiliste ühendite omaduste ja muundumiste kohta. Kirjeldatud ühendite arv läheneb miljonile. Mitmesuguste protsesside arv, kus toimub nende ühendite muundumine üksteiseks, väljendub kümnetes miljonites. Seetõttu ei ole üllatav, et kogu-

tud informatsiooni hulgest on keemia teiste teadusharude seas üks esimesi. Keemia-alane kirjandus moodustab peaaegu ühe kolmandiku kogu siiani trükitud teaduslikust kirjandusest.

Kuid vaatamata juba kogutud informatsiooni tohutule hulgale on keemias veel palju valdkondi, mis vajavad edasist uurimist. Järelikult keemia arenedes mitmesuguse informatsiooni hulk ei vähene, vaid, vastupidi, kasvab kiiresti. Neis tingimustes ilmneb üha teravamini karjuv vastuolu keemia-alase informatsiooni hulga pideva kasvu ja selle töötlemise ning kasutamise iganenud viiside ning meetodite vahel.

Mistahes teadusliku uurimise korral, mistahes teoreetilise probleemi lahendamisel tuleb kõigepealt tutvuda kõigi eelnevate uurimiste tulemustega, mis on seotud antud teemaga või sellele lähedased. Kuid vajalike andmete leidmiseks ja süstematiseerimiseks kulub järjest rohkem aega ning see muutub vanade meetoditega võimatuks. Nagu näitasid hiljuti USA-s läbiviidud keemikute-uurijate tööaja bilansi statistilised uurimised, kulub vajaliku teadusliku informatsiooni otsimiseks keskmiselt 33,4% tööajast, mõningail juhtudel aga isegi 61,4%.

Seetõttu ongi kõigi erialade spetsialistid eriti huvitatud informatsiooni otsimise automatiseerimisest spetsiaalsete informatsioonilis-loogiliste masinate abil. Sellega on seotud keemia tarbeks informatsioonilise masina keele loomise probleem, mis seisneb keemiliste ühendite üldtuntud struktuurivalemite keele vastavas muutmises sümbolite lineaarseks järjestuseks. Seda ülesannet võib lahendada spetsiaalsete masinate abil, millised ise muudavad keemia tavalise keele vastavaks masina keeleks. Siin avanevad huvitavad võimalused panna informatsioonilis-loogilised masinad «keemiliselt mõtlema», s. o. lahendama veel mitte kirjeldatud keemilise ühendi optimaalse sünteesimismooduse valiku ülesannet. Edaspidi sellised masinad muutuvad «iseõppivaiks». Kõik see kergendab märgatavalt keemikute tööd.

Ei ole kahtlust, et partei poolt keemiateaduse ja -tööstuse ette püstitatud tohutud ülesanded täidetakse seda edukamalt, mida laiemat ja julgemat kasutamist leiavad sealjuures küberneetika meetodid ning vahendid.

NLKP programmis öeldakse: «Rahvamajanduse kasv nõuab **kõigi transpordiliikide** kiirendatud arendamist. Transpordi alal on tähtsamateks ülesanneteks: laiendada transpordi- ja teedehitust ning täielikult rahuldada rahvamajanduse ja elanikkonna vajadused iga liiki vedude alal; edasi arendada raudtee ja muud liiki transpordi tehnilist rekonstrueerimist; märksa suurendada liiklemiskiirust raudteel, mere- ja jõeteedel; arendada kooskõlastatult kõiki transpordiliike kui ühtse transpordivõrgu koostisosi.»

Transport on väga keeruline ja suur rahvamajandusharu, mis tarvitab ligi veerandi kogu toodetavast metallist ja kütusest. Transpordi alal töötavad miljonid inimesed.

Kui võtta arvesse Nõukogude Liidu territooriumi mõõtmeid, tööstuse ja põllumajanduse kiiret arengut kogu maal, maavarade kaevandamise uute rajoonide kasutuselevõtmist, vedude kiirendamise ja nende otstarbekuse ning ohutuse tagamise vajalikkust, ei ole raske mõista, et transpordiprobleem ei ole vanade meetoditega lahendatav.

Küberneetika uurib keerulisi dünaamilisi süsteeme. Transport on gigantse väga keerulise dünaamilise süsteemi iseloomulikuks näiteks. Selle süsteemi optimaalne juhtimine on väga raske ülesanne, mille lahendamiseks on vajalik tohtu informatsioonihulk.

Olemasolev süsteem, mis kogub ja töötleb informatsiooni transpordivoogude liikumise kohta, on kohmakas ja väga töömahukas. Seetõttu vaatamata operatiivsete (päeva ja vahetuse) plaanide koostamiseks kulutatavale suurele tööle, rikutakse neid plaane väga sageli ja nad ei ole kasutatavad transpordi juhtimiseks.

Kogu transpordis kasutatava informatsiooni õigeaegset ja täisväärtuslikku töötlemist saab tagada ainult numbriliste elektronarvutite laialdase kasutamise ja vastavate arvutuskeskuste loomisega. Vaatleme rea konkreetsete näidete varal, milliseid eeliseid annab **küberneetika vahendite ja meetodite kasutamine transpordiülesannete lahendamisel.**

NSV Liidu Teaduste Akadeemia ja Ukraina NSV Teaduste Akadeemia arvutuskeskustes lahendati ainult 1961. a. vältel 100 raudtee- ja autovedude optimaalse planeerimise ülesannet. Töötati välja optimaalsed plaanid metsamaterjalide veoks Valgevene NSV-s, jahu veoks veskitest mitmesugustesse Tšehhoslovakkia linnadesse, peetide laialiveoks Ukraina NSV oblastites. Iga päev koostatakse optimaalsed marsruudid autodele, mis veavad raudbetoontooteid Moskva oblasti ehitustele. Autode tühijooks vähenes elektronarvutil planeerimise esimese kuu jooksul 100 000 km võrra. Elektronarvutil leitud plaan pinnase äravedamiseks Moskva ehitustel töötavate ekskavaatorite juurest arutus 40% ökonoomsemaks inimese poolt elektronarvutita leitud plaanist. Selle tagajärjel hoiti 10 päeva jooksul kokku üle 100 000 rubla.

Küberneetika kasutamisel transpordis on põhiliseks ülesandeks tagada kogu transpordisüsteemi ja tema koostisosade töötamine optimaalses režiimis. See on optimiseerimisteooria tüüpiline ülesanne, mille õige lahendamisega kaasneb tohtu majanduslik efekt.

Täiesti põhjendamatult arvatakse, et matemaatika, veel enam aga elektroonika ja rääkimata juba küberneetikast, on peaaegu kasutatud põllumajanduse taseme tõstmisel. Esiteks, põllumajanduse progressiks tuleb parandada töötulemuste arveldust ja esmajärjekorras **informatsiooni kogumise** kvaliteeti ja õigeaegsust ning saadud informatsiooni töödelda matemaatilise statistika meetoditega. Teiseks, **matemaatiliste meetodite kasutamine agrobioloogias** on sama vältimatu nagu bioloogias üldse. Fotosüntees — füüsikaliskemiline protsess, mis on kogu elu aluseks maakeral — allub

tuntud seaduspärasustele. Kunstlikes tingimustes õnnestub kiirgusenergia paremal ärakasutamisel märgatavalt tõsta taimede viljakust. Loomulikes tingimustes ei ületa päikesekiirguse ärakasutamine 1—2%. Kolmandaks, on olemas matemaatilised seaduspärasused, mis seovad viljakust pinnasesse viidavate väetiste koguse ja kvaliteediga. **Elektronarvutite kasutamine põllumajanduses** võimaldab muldade analüüsi ja väetiste vajaduse süstemaatilise uurimise alusel jagada kõige ratsionaalsemalt külvipinnad ning jaotada mineraalväetisi rajoonide vahel, põhjustades sellega põllumajanduse produktiivsuse olulise tõusu. Neljandaks, põldude harimine traktorite abil ei ole kaugeltki ideaalne meetod, kuna sellega kaasneb pinnase tihendamine ja selle struktuuri lõhkumine. Maaviljeluse intensiivsuse tõstmine nõuab täiuslikumaid meetodeid. Viiendaks, on tingimata vajalik tagada stabiilne ja kõrge saak sõltumata ilmastikutingimustest ja isegi kliimast. Teaduslikul lähenemisel sellele keerulisele probleemile ning kasutades maakuivenduse ja niisutamise täiuslikke meetodeid, eriti nende protsesside distantsjuhtimist õigeaegselt kogutud ja töödeldud informatsiooni alusel, on see ülesanne täiesti reaalne.

Võiks veel märkida seemnete ja paljunemisorganite mõjutamist soovitud omaduste (isegi looma soo) saamiseks ning tööviljakuse tõstmise hädavajalikkust põllumajanduses tootmisprotsesside automatiseerimise ja mehhaniseerimise abil. Kuid juba öeldustki on küllalt selle mõistmiseks, et matemaatiliste meetodite ja kaasaegete automaatikavahendite, eriti aga elektronarvutite abil võib toimuda ja kindlasti ka toimubki lähemate aastate jooksul «tööstuslik revolutsioon» põllumajanduses.

Tohutu suur on elektronarvutite osa **teaduses**. Teaduse ja tehnika arenedes muutuvad teadlaste ning inseneride ette kerkivad ülesanded järjest keerulisemaks. Nende lahendamiseks on vajalikud üha keerulisemad ja töömahukamad **arvutused** ning **analüüsid**, mis isegi kaasaegete töömeetodite juures nõuavad väga suurt aja- ja töökulu ning kõrge kvalifikatsiooniga spetsialistide suurt kollektiivi. Ja ikkagi on paljudel juhtudel optimaalse lahenduse leidmine elektronarvutiteta võimatu. Samal ajal keeruline probleem, mille optimaalseks lahendamiseks käsitsi arvutades kuluks kümneid aastaid, on elektronarvuti abil lahendatav mõne tunniga. Nii näiteks suure keerulise silla tehnilisteks arvutusteks kuluv aeg elektronarvutil oli ligikaudu 250 korda väiksem võrreldes ajaga, mis kulus arvutusteks arvutuslükati ja aritmomeetri abil.

Inglise matemaatik Shenks vajas peaaegu 15 aastat arvu π väljaarvutamiseks 707 kohaga. Elektronarvuti leidis vähem kui 24 tunniga selle arvu 2048 kohaga peale koma, parandades ühtlasi Shenks'i vead.

Elektronarvutid abistavad oluliselt raadiofüüsikuid elektromagnetiliste võnkumiste teooria küsimuste, raadiolainete vabas

ruumis ja tõkestatud keskkondades levimise võrrandite ning elektiriliste ja mehaaniliste võnkumiste teoorias esinevate ebalineaarse mehaanika probleemide lahendamisel. Nad võtavad osa stabiilsuse ja automaatreguleerimise ülesannete lahendamisest. Paljud magnetismi, soojuse levimise ning aero- ja hüdrodünaamika probleemeid ei ole lahendatavad elektronarvutite abita.

Elektronarvuteid kasutatakse harmoonilisel analüüsil, lineaar-algebra ülesannete lahendamisel, katsetulemuste statistilisel töötlemisel, diferentseerimisel, interpoleerimisel, numbrilisel integreerimisel, algebraliste võrrandite süsteemide lahendamisel, ridade summeerimisel ja korrutamisel, maatriksite ning determinantide arvutamisel jne.

Küberneetiliste meetodite ja vahendite kasutamine võib omada väga suurt tähtsust peaaegu kõigil majandusaladel ning mistahes rahvamajandusharus. Partei ülesannetest majanduslikus ülesehitustöös on kirjutatud NLKP programmis:

«Kiireneb ülitäiuslike automaatjuhtimise süsteemide rakendamine. Ulatuslikult rakendatakse tööstuse, ehitustööstuse ja transpordi tootmisprotsessides, teaduslikus uurimistöös, plaani- ning projekteerimis- ja konstrueerimiskalkulatsioonides, arvestuse ja juhtimise sfääris küberneetikat, elektronarvutus- ja juhtimis-masinaid.»

Me ehitame kommunismi, kasutades kõige laiemalt elektronarvuteid, mis on võimelised töötleva lühima ajaga tohutut hulka majandus-, tootmis- ja muud informatsiooni. Need nõndanimetatud küberneetilised masinad muudavad juba meie päevil põhjalikult (ja muudavad lähematel aastatel veel palju rohkem) vastutusrikaste otsuste vastuvõtmist, võimaldades seda teha täisväärtusliku informatsiooni alusel. Lähema tuleviku elektronarvutid grupeerituna arvutuskeskustesse, mis on tehnoloogilise side automaatliinide abil ühendatud tootmisega, transpordiga, energetikaga ning põllumajandusega, **tagavad pideva ja optimaalse planeerimise ning juhtimise ülesannete lahendamise.**

Me teame, et paljude ülesannete hulgas, mida peab lahendama meie teadus, tehnika ja tootmine, ei ole tähtsamat ülesannet kui elektronautomaatika kiireim rakendamine rahvamajandusse. Eriti olulised on mitmesugust tüüpi küberneetilised masinad, mida kasutatakse statistilise materjali ümbertöötamiseks, plaani ja majanduslikeks arvutusteks, keeruliste tehnoloogiliste protsesside juhtimiseks tootmises, tootmisettevõtete paigutusülesannete optimaalseks lahendamiseks, transpordi- ja sidevahendite efektiivseks kasutamiseks.

Kui praegu töötab kogu maailmas veidi üle 20 000 elektronarvuti, mis on veel suhteliselt aeglased, kohmakad ja mitte eriti töökindlad, siis lähima kahe-kolme aastakümne jooksul olukord muutub põhjalikult. Miljonid elektronarvutid hakkavad töötama tohututel kiirustel, sooritades kümneid ja sadu miljoneid operat-

siioone sekundis. Oskus neid õigesti kasutada määrab teaduse ja tehnika arengutempo. On aeg selleks valmistuda.

Mõistes arvutustehnika rahvamajandusse juurutamise ja optimaalsele planeerimisele ülemineku suurt riiklikku tähtsust, võtsid NLKP Keskkomitee ja NSVL Ministrite Nõukogu vastu otsuse, mis määrab ära esmased ülesanded sellel alal. On ette nähtud moodustada Arvutustehnika Juurutamise Peavalitsus, luua ühtne arvutuskeskuste võrk, ehitada üha kiirematoomelisemaid elektron-arvuteid.

Automatiseeritud informatsiooni- ja arvutuskeskuste võrk, mis on ühendatud töökindla, automaatselt tegutseva keerulise sidesüsteemiga, saab majandusinformatsiooni kogumise ja töötlemise tehniliseks baasiks ning tagab rahvamajanduse planeerimise, arvelduse ja juhtimise meetodite olulise ratsionaliseerimise.

Küberneetika kujunemisperiood on Nõukogude Liidus lõpule jõudnud. Me oleme astunud ajajärku, kus, tuginedes materialistlikule ideoloogiale, anname teaduslikult põhjendatud soovitusi küberneetika kasutamiseks kõigile organisatsioonidele ja asutustele, mis võtavad osa majanduse, teaduse ja tehnika arendamisest, ning küberneetika kasutamiseks kommunistliku ühiskonna üleshitamiseks.

KÜBERNEETIKA RAKENDAMINE BIOLOOGIAS JA MEDITSIINIS

Vaatamata küberneetika suurele osale majanduse arengus, ei ole sellega tema kasutusala veel kaugeltki ammendatud. Küberneetika vahendid ja meetodid leiavad üha laiemat kasutamist kõige erinevates teaduse ja kultuuri valdkondades. Väheselst, paljudel juhtudel kujuneb just küberneetika kasutamine vastava teadusharu edasise arengu peatingimuseks, hädavajalikuks eelduseks.

Me juba käsitlesime eespool elektronarvutite osatähtsust keemiataaduse arengus. Mitte väiksem, aga võib-olla isegi suurem, on nende osa bioloogias ja meditsiinis.

Bioloogia ja meditsiin on iidset teadused, kuigi neid möödunud aegadel nimetati teisiti. Bioloogia ega ka meditsiin ei saa areneda ilma täiusliku informatsioonita elusorganismide elutegevuse kohta, kuid selle informatsiooni kogumise vahendist tunti alati puudust. Aastatuhandete vältel on kogutud tohutu materjal. Kuid milliste meetoditega koguti seda materjali, milliseid tehnilisi vahendeid kasutati informatsiooni kogumiseks ja nende maailmas tuntud kõige keerulisemate protsesside ning nähtuste uurimiseks? Mida võis kuni XX sajandini teadus ja tehnika pakkuda bioloogidele ning meedikutele? Mitte üheski inimtegevuse valdkonnas ei ole esinenud sellist teaduslike ja tehniliste vahendite ja uuri-

tavate nähtuste ning protsesside komplitseerituse vastuolulisust.

Töös «Peaaju refleksid» avaldas I. M. Setšenov rahulolematust mikroskoopide mitteküllaldase suurenemise ja eraldusvõime suhtes: «Kahjuks mikroskoop, mis on osutanud nii suuri teeneid loomade kudede uurimisel, osutus jõuetuks just meie küsimuste lahendamisel: ta ei ole siiani võimeline määrama närvirakkude vaheliste sidemete vormi. Seetõttu vaadeldakse teaduses selliste sidemete olemasolu mitte kui tõestatud fakti, vaid kui loogilist möödapääsmatust.»

Meditatsioonile tuli appi elektroonika. Viimase kümne aasta jookul kasutatakse meditsiinis eluprotsesside kohta alginformatsiooni saamiseks üha laialdasemalt kõige mitmesugusemaid elektronmõõteriistu. Nende eelisteks, võrreldes vanade mõõteriistadega, on suur tundlikkus, võimalus võimendada väga nõrku signaale, lihtsalt genereerida raadiosageduslikke signaale väga laias diapasoonis, registreerida, üles kirjutada ja säilitada vaatlusandmeid.

Elektronmõõteriistad võimaldavad uurida südamegevust (elektrokardiograaf), ajutegevust (elektroentsefalograaf) ja lihaste tööd (elektromüograaf). Siia kuuluvad ka endoraadiosondid — allaneelatavad raadiosaatjaga varustatud miniatuursed andurid, mis registreerivad ja teatavad mao ning soolestiku happesust, aluselisust ja temperatuuri, mis on väga tähtis põletikuliste haiguste diagnoosimiseks seedetraktis. Siia kuuluvad ka elektronmikroskoobid, televisioonmikroskoobid, röntgen-televisiooni aparaat ja värvilise televisiooni kasutamine kirurgias.

Suurt edu on saavutatud raadiotelemõõtmiste kasutamisel füsioloogilistes ja meditsiinilistes uurimustes. Selle abil on alustatud mitmesuguste varem uurimistele kättesaamatute inimese dünaamiliste funktsioonide uurimist: sportlase ja töötava inimese südameveresoonkonna töö, hingamise ja aju bioelektrilise aktiivsuse registreerimist. Kõigile on teada, kui laiaulatuslikult kasutatakse biotelesüsteemi meie kosmonautide lendude juures, kus kosmosest saadud andmed antakse otse elektronarvutisse.

Kuid võimaldades üha sügavamalt ja mitmekülgsemalt uurida inimorganismi, meditsiinilised elektronseadmed mitte ainult ei abista arste haigete ravimisel, vaid, nii paradoksaalne kui see ka on, teevad arsti töö märgatavalt keerulisemaks.

Višnevski-nimelise Kirurgiainstituudi küberneetika laboratooriumi juhendajad akadeemik I. Artobolevski, NSVL Meditsiiniteaduste Akadeemia akadeemik A. Višnevski ja professor M. Bõkovski kirjutasid ühes oma artiklis, et kasutades paljusid peeni ja teravmeelseid mõõteriistu kõige mitmesugusemates uurimustes ning saades nende abil väga suure hulga andmeid, veendusid nad, kui raske on arstil kasutada kõiki neid andmeid ja saada nende abil haigusest üldist ettekujutust. Haige seisukorda kirjeldavad sajad tunnused ja arst ei ole võimeline neid mitte ainult täielikult hindama, vaid isegi mitte ette kujutama.

Seetõttu pole üllatav, et isegi kõige kogenenumad arstid võivad keeruliste haiguste korral sattuda segadusse ja panna vale diagnoosi.

Üks tänapäeva kõige levinumatest haigustest on südamelihase infarkt. Briti Kuninglik Arstide Ühing otsustas hiljuti kontrollida arstlike diagnooside täpsust infarkti haigestumistel. Selleks valiti välja 1000 haiget, keda olid ravinud 8 inglise parimat ja tuntumat kardioloogi. Selgus, et 214 haiget surid diagnoosiga «müokardi infarkt», aga lahkamisel selgus, et tegelikult oli infarkt ainult 118 neist. Seega ka parimad arstid eksivad 45 juhul 100-st.

Tekib vasturääkiv olukord. Ühest küljest tuleb välja töötada uusi, üha täiuslikumaid inimorganismi uurimise meetodeid, et saada veel ammendamataid andmeid tema kohta. Kuid teisest küljest, kui arst ei suuda kasutada saadavat tohutu suurt informatsioonivoogu organismi seisukorra kohta, siis uued meetodid annavad tahes-tahtmata ainult tühiseid tulemusi.

Seda vastuolu suudab lahendada ainult küberneetika. Arstile tulid abiks elektronarvutid, mis on võimelised automaatselt töötlema, analüüsima ja hindama kogu saadavat informatsioonivoogu. Elektronarvutite mälu on praktiliselt piiramatult suur. Arvuti suudab mitte ainult arvesse võtta patsiendi haiguse sadu tunnuseid, vaid ka säilitada oma «meditsiinilises mälus» kogu maailma kliinilised kogemused, aidates seega õigesti diagnoosida iga haigusjuhtu.

Saadest haige uurimise tulemused ja võrreldes neid mälu andmetega, heidab masin kõigepealt kõrvale need haigused, mis antud kliinilise pildi juures ei ole võimalikud. Seejärel määrab ta iga ülejäänud võimaliku haiguse esinemise tõenäosuse.

Juba olemasolevad kogemused tunnistavad elektronarvutite kasutamise suuri eeliseid diagnoosimisel. Neli aastat tagasi asutati Višnevski-nimelises Kirurgiainstituudis elektronarvutitega varustatud küberneetika laboratoorium. Selles laboratooriumis koostati arvutile «Uraal-2» programm külgesündinud südamerikete diagnoosimiseks. Masin koostas aasta vältel ligi 200 külgesündinud südamerikete diagnoosi. Umbes 80—90 juhul sajast masina diagnoos osutus õigeks.

Paljudel juhtudel arvuti poolt esitatud hüpotees ei langenud üldse kokku haiget ravinud arstide arvamusel, kuid operatsioonil leidis kinnitust ikkagi arvuti diagnoos. Arvuti orienteerus hästi nõndanimetatud «segastel» juhtudel, kui sümptoomid lubasid oletada üheaegselt mitut haigust. Arvuti mälu võttis arvesse suure hulga väikesi tunnuseid, mille mõju oli arstil eriti raske hinnata. Tänu arvuti sellele omadusele on haiguste varane diagnoosimine nüüd märgatavalt edukam. Arvuti avastab organismi elutalitluse vaevaltmärgatavad kõrvalekaldumised ja võimaldab seega alustada ravi õigeaegselt.

Arstid, viies ühel haigel sondi südamesse haiguse diagnoosimiseks, oletasid vatsakeste vahelise seina defekti. Kuid sondeeri-

mise tulemused olid ebatäpsed ja diagnoosi resultaatide arutamisel taheti enne operatsiooni sondeerimist korrata. Kuid siiski otsustati enne viia saadud andmed arvutisse. Arvuti näitas ühe teise südamerikke olemasolu, mille ravimine nõudis teistsugust operatsioonitaktikat. Operatsioon kinnitas arvuti diagnoosi.

Kirurgiainstituudi küberneetika laboratooriumis on välja töötatud ja rakendatud töösse meditsiiniline informatsioonisüsteem, mis võimaldab koguda arstide kogemusi ja mistahes momendil neid kasutada analoogiliste juhtude otsimiseks, aga ka saadud materjali matemaatiliselt töödelda ja määrata seos haiguse ning selle sümptomide vahel. See süsteem võimaldab luua ulatusliku «meditsiinilise mälu», mis hõlmab ühe või isegi mitme riigi paljude kliinikute kogemused. Käesoleval ajal haarab see süsteem üle kolme tuhande haigusloo ainuüksi külgesündinud südameriketest. Lõpetatakse materjalide ettevalmistamist maksahaiguste diagnoosimiseks; edaspidi süsteem hakkab koguma andmeid ka teiste haiguste kohta. Selle töö lõppresultaadiks peab olema universaalne diagnoosimismasin, mis koosneb erinevate haigusklasside meditsiinilise mälu blokkidega varustatud üksikute diagnoosimissüsteemide võrgust.

Elektronautomaatika kasutusala meditsiinis ei piirdu ainult õige diagnoosi panemisega tunnuste grupi järgi. Küberneetiliste masinate kasutamine kirurgias haige seisukorra kiireks hindamiseks operatsiooni ajal on ainult üheks etapiks keerulisemast ülesandest, mille eesmärgiks on organismi elufunktsioonide juhtimise täielik automatiseerimine: arteriaalse vererõhu, narkoosi kulgemise, kunstliku vereringe aparadi (mis lülitab pikaks ajaks välja inimese südame), kunstliku neeru jne. reguleerimine. Kirurg tegeleb oma vahetu tööga, kuid haige seisundit hoiab nõutud tasemel küberneetiline masin.

Aparaat «Kardiomonitor» koosneb elektrokardiogrammi pideva registreerimise, defibrilaatori ja südametegevuse elektrilise stimulaatori blokkidest. Selline aparaat registreerib haiglas lebava südamehaige südametegevust pidevalt ja sõltuvalt kardiogrammi muutusest hakkab automaatselt tööle kas defibrilaator või stimulaator ning lisaks sellele antakse häiresignaali valvearstile.

Südame elektriline stimuleerimine kasvab meditsiinilise küberneetika uueks, erakordselt huvitavaks alaks. Südamesse viidud või selle välispinnale paigutatud elektroodid toidavad südamelihaseid nende tööd stimuleerivate rütmiliste energiaimpulssidega, mille pinge (väliselektroodide korral) on mõnikümmend volti. Juba on loodud taskuskantavad patareitoitega südame stimulaatorid, millistega haiged elavad mitu aastat.

NLKP programmis on öeldud: «Täielikult rahuldatakse linna- ja maaelanikkonna vajadused igat liiki kvalifitseeritud **arstliku teenindamisega.**» Nõukogude meditsiini ees seisvate suurte ja austavate ülesannete lahendamisel omab väga suurt osa kübernee-

tika. Ei ole liialdamine, kui öelda, et matemaatilised meetodid ja automaatika, elektroonika ning küberneetika vahendid põhjustavad bioloogias ja meditsiinis täieliku pöörde.

Suhteliselt lähedas tulevikus hakkab kogu meie maa elanikkond perioodiliselt käima kliinilistel järelevaatustel, mille tulemused tõlgitakse masina keelde. Haiguslood kujutavad siis endast mitte enam pakse kaustu, kust raviarstil on raske leida vajalikke andmeid, vaid perfokaartide pakki või magnetlinti, mida arvuti loeb kiiresti ja täpselt.

KÜBERNEETIKA JA PEDAGOOGIKA

Üha uusi võimalusi avab küberneetika ka pedagoogika ees. Pedagoogika on üks vanemaid ja austusväärsemaid teadusi. Selle ajalugu Venemaal ja Nõukogude Liidus on ere, täis tähelepanuväärseid kordaminekuid, avastusi ja muudatusi. Nõukogude pedagoogid, innustatuna Leniniist, on palju teinud rahva haridustaseme tõstmisel. Nende saavutused ja teened on hindamatud. Kogu maailm on hämmastunud, et mahajäänud maa muutus veidi rohkem kui nelja aastakümne vältel täieliku kirjaoskusega maaks. Nõukogude Liidus on ette valmistatud miljoneid kesk- või kõrgema kooli lõpetanud spetsialiste kõigil rahvamajanduse ja kultuuri aladel.

Nõukogude pedagoogide ees seisvad ülesanded kasvavad aasta-aastalt. Nendest ülesannetest suudavad anda ülevaate järgmised arvud: Nõukogude Liidus on 220 000 kooli, 742 kõrgemat õppeasutust ja ligi 8000 kesk-eriõppeasutust ning kutsekooli. Kõigi õppimise liikidega on haaratud ligikaudu 65 miljonit inimest: iga kolmas üle seitsme aasta vana inimene õpib.

Partei programm näeb ette üldise kohustusliku keskhariduse. Lähemal aastakümnel kehtestatakse üldine ja polütehniline kesk-koolikohustus kõigile kooliealistele lastele.

Õppimine keskkoolis peab andma kindlad teadmised teaduste alustes ning tööalase ja polütehnilise ettevalmistuse kooskõlas teaduse ja tehnika arengutaseme tõusuga. Teadmiste maht ja sügavus, mida õpilased peavad omandama keskkoolis ja kõrgemas koolis, kasvavad pidevalt. Selle omandamiseks on vaja üha rohkem aega. Kursuse pikkuseks keskkoolis on juba 11 aastat, kõrgemas koolis — 6 aastat. Kõrgemate koolide kasvandikud saavad olla kasulikud alles 25-aastaselt. Kuid isegi 6 aasta jooksul ei õnnestu alati anda noortele kõiki vajalikke teadmisi. Teadus ja tehnika arenevad sellise tempoga, et instituutides ja laboratooriumides tehtavate teaduslike tööde maht kahekordistub 7—10 aasta jooksul.

Sageli avaldatakse pedagoogide ja ühiskonnategelaste, literaa-

tide ja teadlaste artikleid, keda teeb rahutuks klassikursust kordamajäämine, väljalangemine keskkoolist, aga sageli ka kõrgemast koolist. Koolikursuse omandamisel jõuab suur osa õpilasi halvasti edasi. See kõik loomulikult kutsub esile rahutust.

Igaühele, kes on õpetanud kõrgemas või keskkoolis, on tuttav pedagoogi tunne, kes on sunnitud otsima mingit keskmist oma kuulajate või õpilaste ettevalmistusest, tähelepanelikkusest ja võimetest. See on suur kunst, mis nõuab suurt jõu- ja energiakulu, auditooriumi ja õpilaste isiklike omaduste pidevat uurimist.

Kuid ükskõik kuidas ka püütaks kohaneda antud auditooriumiga, ikkagi leidub süstemaatiliselt mahajääjaid ja teistest ettejõudjaid. Pedagoogi ideaaliks on tegeda igaühega eraldi, individualiseerida õppe- ja kasvatusprotsessi.

Tavaliselt on auditooriumis või klassis kümned õpilased või üliõpilased. Kontrollida omandatud teadmisi, eriti veel iga päev, on praktiliselt võimatu. Kõige raskem on luua õpetaja ja õppijate vahel efektiivset otsest ning tagasisidet. Seni on enamikul juhtudel ainult ühesuunaline side teema ettekandjalt vastuvõtjatele ja reeglina tagasiside kuulajailt lektorile puudub.

Kuid ilma pideva teadmiste omandamise kontrollita ei ole võimalik õpetamist individualiseerida. Õpetamise individualiseerimine muutub aga üha vajalikumaks.

Kuidas siis leida väljapääs sellest keerulisest olukorrast?

Sageli meenutavad mitmesugused ettepanekud nende tööstuse tegelaste üritusi, kes kulutavad aega, jõudu ja vahendeid vana- ning madala tootlikkusega tehnoloogiliste meetodite ja tootmisvahendite osaliseks täiustamiseks.

Siin ei aita ainult osalised parandused ja täiendused. Tuleb otsida uusi meetodeid ja vahendeid, kasutada kõiki teaduse saavutusi.

Õpetamisprotsess on juhtimisprotsess, mis on seotud teatud kvaliteedi ja mahuga informatsiooni üleandmisega pedagoogilt õpilasele. On kätte jõudnud aeg varustada pedagoog tehniliste vahenditega informatsiooni ulatuslikumaks ja kiiremaks edasiandmiseks õppijatele, õppeprotsessi paremaks kontrollimiseks ning õpetamise individualiseerimiseks. Tänapäeval peab pedagoogikateadus tuginema matemaatika, matemaatilise loogika, elektroonika, informatsiooniteooria, inseneripsühholoogia ja küberneetika saavutustele, kuid säilitama oma spetsiifika. Küberneetiliste vahendite kasutamine õppeprotsessis viib selleni, et elektronmasinate abil mudeleeritakse süsteem «üks õppija — üks õpetaja», säilitades sealjuures õpetamise massilisuse. Selle tagajärjel tõuseb pedagoogilise protsessi efektiivsus järsult.

Avaneb võimalus õppusi paremini kavandada. Programmeeritud õpetamine ei tähenda loengutest loobumist. Kuid loengud peavad olema sellised, et need jääksid kõigile meelde ja et kõik

hästi omandataks. Kuulaja peab töötama, aga mitte lihtsalt viibima loengul, ta peab kursuse läbi töötama koos õpetajaga, temast maha jäämata.

Programmeeritud õpetamisel jagatakse kursus osadeks, mille üksikuid lõike võib nimetada elementideks, blokkideks jne. Õpetajal avaneb võimalus kontrollida, kuidas iga üksik kuulaja jälgib ja omandab esitatud materjali. Kuid see on juba kontroll masinate abil.

Õpetamismasina mällu viiakse optimaalsed õpetamise programmid, mis on koostatud üksikute peatükkide, osade või tervete distsipliinide õpetamise kogemuste alusel. Õpilane või väike grupp õpilasi töötab koos masinaga, loeb tekste, saab vastuseid küsimustele, lahendab masina poolt antud ülesandeid, ühe sõnaga, suhtleb masinaga nagu õpetajaga. Õppimise tempo määratakse sõltuvalt õpilase iseärasusest. Just see loob lõppkokkuvõttes võimalused aja võitmiseks, kuna praegu suurem osa õpilaste poolt klassis veedetud ajast kulub kasutult. Õpetamismasinal töötab õpilane temale sobivas tempos.

Nagu on näidanud mitmetes Moskva ja Leningradi õppeasutustes läbiviidud katsed, muutub pedagoogiline protsess programmeeritud õpetamisel efektiivsemaks.

Ühes Leningradi instituudis on küberneetiline masin «Uraal-1», mis esitab võõrkeele kursust ja kontrollib õppeedukust. Selle tagajärjel üliõpilased omandavad kursuse palju paremini kui varem.

Sõjaväeakadeemiade lõpetajate auks korraldatud vastuvõtul Kremli 1963. a. juunis räägiti, et nagu on näidanud mõnede kõrgemate sõjaväe õppeasutuste kogemused, avab elektroonikale tuginev programmeeritud õpetamine uued võimalused õpetamise kvaliteedi parandamisel: See meetod võimaldab tõsta õppijate aktiivsust, suurendada nende iseseisva töö erikaalu ja annab kuulajatele võimaluse saada ettenähtud aja vältel sügavamaid teadmisi suuremas mahus. Seetõttu tuleb veel laiemalt ja julgemini juurutada programmeeritud õpetamist sõjaväelistes õppeasutustes ja sõjaväeosades.

Sellisel õpetamisel saavutatakse kõige olulisem: mitte ainult otsene, vaid ka tagasiside õpetaja ja õppija vahel. Õpetaja tunnetab pidevalt, milline on auditooriumi aktiivse jälgimise, omandamise ja mõtlemise tase. Kontrollitakse mitte ainult õppimise tulemust, vaid, mis on eriti tähtis, õppimise käiku ennast.

Elektronmasinad võimaldavad üheaegselt õpetada sadadele kuulajatele sama materjali mitmete erinevate meetoditega sõltuvalt sellest, kuidas reageerib antud meetodile üks või teine grupp. Võib teha muudatusi mistahes grupi õpetamises, esitada materjal erineva kiirusega, varieerida järjestust ja sisu.

Nii avanevad võimalused teha lõpp teadmiste omandamise «keskmistele» näitajatele ja algab individualiseeritud õpetamise

ning pedagoogide poolt masinate abil juhitava iseõppimise ajajärk.

Me oleme veendunud, et õigesti organiseeritud õpetamine küberneetiliste masinate kasutamisega võimaldab lühendada õppimise kestust koolides või siis praeguse kestuse juures anda õpilastele rohkem kindlaid teadmisi. NLKP programmis püstitatud ülesanne — igal meie maa kodanikul peab 1980. a. olema keskharidus — saab edukalt täidetud, kui pedagoogika omandab uued meetodid ja võtab kasutusele elektronmasinad, küberneetika, matemaatilise loogika ning teaduse ja tehnika teiste harude saavutused.

Ma ei saa peatuda kõigil teistel rohkearvulistel ja mitmekesistel küberneetika kasutusaladel. Tahaks ainult veel kord alla kriipsutada järgmist. Küberneetika ja küberneetiliste masinate ülesandeks on inimest tema tegevuse keerulistes tingimustes abistada. Inimest abistada, kuid mitte teda asendada. Lõpuks ravib ju inimest arst, õpetab pedagoog, teadust ja tehnikat viivad edasi teadlane ning insener. Küberneetika kasutamine mitte ei vähenda inimese osa tema mitmekülgse tegevuse mistahes alal, vaid, vastupidi, suurendab seda mõõtmatult, varustades inimest uute vahenditega, mis palju kordi suurendavad tema võimalusi ümbritseva maailma mõistmisel ja selle mõjutamisel.

II OSA. TÖÖKINDLUS JA TEHNILINE PROGRESS

KÜBERNEETIKA JA TÖÖKINDLUSE SEOS

Selles peatükis me tahaksime pöörata tähelepanu ühele ülesandele küberneetika esmajärguliste ülesannete hulgast, mille lahendamine on vahetult seotud rahvamajanduse eduka automatiseerimisega. Me peame silmas juhtimise usaldatavuse ehk töökindluse probleemi.

Tehnika keerulisemaks muutudes ja kasutades ühes või teises süsteemis üha suuremal hulgal omavahel seotud detaile ja sõlmi, kerkib üles selle süsteemi kui terviku töökindluse ülitõsine probleem. See probleem esineb kõigis uue tehnika harudes, kuid puudutab eriti teravalt (on ka arusaadav, miks) elektronautomaatika vahendeid, eriti aga elektronarvuteid. Tõepoolest, elektronarvutid sooritavad mõningate probleemide lahendamisel kuni 10 miljonit korrutustehet, aga elementaarakte on seejuures ligikaudu 10^{10} . Kui tehnilise rikke tõttu mistahes elementaarakt sooritatakse valesti, näiteks kusagil läheb kaduma mingi impulss, siis võib ka lõpptulemus osutuda valeks.

Universaalarvutil võib tulemuste õigsuse kontrollimiseks sooritada samu arvutusi mitu korda, kuid juhtivates ja spetsialiseeritud arvutites ei ole see võimalik. Siin on ülesande püstitus ühene ja selge — kas arvuti on täiesti töökindel (või vähemalt töökindlam inimesest, keda ta asendab) või teda ei saa üldse kasutada.

Järelikult automaatide kasutamisel kontrollimiseks, reguleerimiseks või juhtimiseks ei ole oluline mitte ainult tööviljakuse ning töö efektiivsuse tõstmine, töötingimuste parandamine jne., vaid need automaadid peavad antud tingimustes ka olema töökindlamad inimesest.

On ilmne, et raadioelektronika aparatuuri kasutamiseks juhtimisfääris peab selle aparatuuri töökindluses toimuma kvalitaatiivne hüpe.

Mis määrab elektronarvutite töökindluse? Kõigepealt kogu kasutatava informatsiooni vastuvõtmise, töötlemise ja väljaandmise täpsus. Kui arvuti ei ole informatsiooni töötlemisel töökindel ja seetõttu tekivad vead, moonutused ning seisakud, ei ole mõtet selliseid arvuteid kasutada.

Seetõttu töökindluse probleem esineb mitte ainult materiaalses sfääris, s. o. uute materiaalsete väärtuste loomisel, vaid ka informatsioonilistes protsessides. **Informatsiooni usaldatavus, täisväärtuslikkus ja kõrvutatavus omandavad meie elus üha suuremat tähtsust.**

Meie töö on suunatud inimese vaimsete ja füüsiliste vajaduste rahuldamisele. Kui inimese füüsilised vajadused on looduse poolt ette määratud ja neid on raske muuta, siis inimese vaimsed vajadused on ühiskonnas muudetavad kasvatuse abil. Meie hindame oma tööd, see pakub meile suuremal või vähemal määral rahuldust sõltuvalt selle efektiivsusest, s. o. sõltuvalt sellest, milliste pingutustega, milliste aja, energia ja materiaalsete kulutustega me saavutame püstitatud eesmärgi. Me püüame eesmärgi poole optimaalset teed pidi, kuid see ei ole alati teostatav. Loomulikult teeb see meid rahutuks ja me otsime paremaid lahendusi. Kuid mis tähendab parem või halvem? Mis tähendab rohkem või vähem? Mis on nende hinnangute mõõdupuuks?

Dialektiline materialism õpetab, et maailm on nii ajas kui ka ruumis lõpmatu ja et maailmas ei ole midagi muud peale liikuva materia. Välismaailm on primaarne, me tajume seda tundeorganite abil ning säilitame mälus ja teadvuses objektiivselt eksisteeriva maailma peegeldust.

Kaasaegset terminoloogiat kasutades võime öelda, et maailm koosneb materias (energiast ja ainest), mis on informatsiooni kandjaks ja allikaks. Kui me ütleme «materias», siis me peame silmas ainet või energiat ehk teiste sõnadega informatsiooni sellest materias: tema füüsikalisi ja keemilisi omadusi, temas toimuvaid protsesse jne. Kui me räägime «liikuvast materias», siis see on materia olukorra mingi karakteristik, seega samuti informatsioon materias.

Seega kõik, mida me teame materias, on tema kohta käiv informatsioon, mida võtavad vastu meie tundeorganid ja mis peegeldub meie teadvuses või mida võtavad vastu spetsiaalsed primaarse informatsiooni kogumise, säilitamise ja töötlemise vahendid, mille ülesandeks on viia primaarne informatsioon meie tundeorganeile vastuvõetavasse vormi.

Maailmas eksisteerib informatsioon, mille kandjaks ja allikaks on materia, ning see informatsioon eksisteerib objektiivselt sõltumata sellest, kas me seda vastu võtame või mitte, ja sõltumata sellest, kui suurel määral meie kujutis välismaailmast, s. o. subjektiivne informatsioon, vastab originaalile.

Beethoveni sonaat ja Liszti rapsoodia eksisteerivad objektiivselt ja nendes sisalduv informatsioon on kodeeritud muusika sümbolitega — nootidega. Sõltuvalt esituse kvaliteedist, kontserdisaali või meie kuulmisorganite akustilistest omadustest, me võtame vastu moonutatud informatsiooni nendest geniaalsetest teostest. Seejuures võtab iga kuulaja seda informatsiooni vastu erinevalt,

subjektiivselt. Kuid Beethoven ja Liszt eksisteerivad sõltumata sellest, kuidas meie neid vastu võtame. See on objektiivne informatsioon.

Õeldust järeldub, et informatsioon tuleb tunnistada sama tähtsaks filosoofiliseks kategooriaks kui materia, mis on tema allikaks, kandjaks ja edasiandjaks. Seetõttu kerkib loomulikult informatsiooni kvalitatiivse ja kvantitatiivse hindamise ning usaldatavuse tagamise probleem.

Me nimetame informatsiooni täisväärtuslikuks, kui ta saabub õigeaegselt, on piisavalt täpne, ei ole moonutatud häiringutest ja müradest ning kui eri kanaleid kaudu saabuv informatsioon on adekvaatne. Informatsioon peab tingimata olema vastandatav. Informatsiooni mitteametlikkus raskendab äärmiselt arvutite tööd. Kuid meie poolt kasutatav informatsioon on väga sageli mitteametlik ja seetõttu tegelevad praegu kõikvõimalikud komisjonid informatsiooni koodide ja klassifikaatorite loomise probleemide uurimisega.

Informatsiooni adekvaatsust peab aitama tagada standardiseerimine. Informatsioon võib olla kõige erinevama iseloomuga. Toome mõningaid informatsiooni tüüpe: teatavaks tegev informatsioon — mitte kellelegi kohustuslik; seadusandlik, direktiivne informatsioon, mis on kohustuslik ja mille mittetäitmine on seadusega karistatav; kontrollinformatsioon jne. Standardid peavad kõike seda haarama. Kogu seda informatsiooni tuleb koguda ja kasutada rahvamajanduse juhtimiseks.

Juba ainuüksi see ülesanne — tagada saadava vajaliku informatsiooni adekvaatsus — määrab standardiseerimise tohutu riikliku tähtsuse.

Inimene võtab väliskeskkonnast temale vajalikku informatsiooni oma tundeorganite või mingite riistade abil. Inimese tundeorganid võtavad vastu ainult teatud füüsikalisi ja keemilisi protsesse. Suurem osa objektiivselt eksisteerivast informatsioonist on meie tundeorganeile kättesaamatu. **Seepärast me kasutame primaarse informatsiooni kogumiseks ja meile vastuvõetavaks muundamisel mitmesuguseid riistu.** Näiteks meie poolt mittetajutava informatsiooni kiirguse ja kiirgusväljade kohta me muudame nägemis- või kuulmisinformatsiooniks. On loomulik, et siin on väga suur tähtsus mõõteriistade kvaliteedil.

Informatsiooni täielikkus ja usaldatavus on vahetult seotud andurite kvaliteedi ja töökindlusega. Väikese tundlikkusega, suure inertsiga ja ebastabiilsete andurite kasutamine automaatsüsteemides ei taga õiget informatsiooni süsteemi või protsessi kontrollitavate parameetrite muutmise kohta. Keskkonna mehaaniliste, soojuslike ja keemiliste mõjutuste või mingi kiirguse suhtes ebastabiilsed andurid muutuvad kiiresti kõlbmatuks. Paljude andurite halb töökindlus on üheks peamiseks automaatjuhtimissüsteemide häirete ja seisakute põhjuseks.

On huvitav märkida, et elusorganismidel on eriti töökindlad just informatsiooni kogumise andurid. Nii näiteks meie silma võrkkestas on ligikaudu 100 miljonit vastuvõtvat rakku, millest informatsioon antakse edasi ajusse ainult ühe miljoni närviiniidi abil. Seega iga sideelement — närviiniit — teenindab ligikaudu 100 andurit. Valeinformatsiooni saamise tõenäosus mõne anduri rikke tõttu on täiesti tühine. Sellisele tõenäosusele lähenemiseks tuleks tänapäeva informatsiooni valiku ja ülekandmise süsteemide töökindlust suurendada mitmeid miljoneid kordi.

Koos andurite ebarahuldava tööga mõjutavad keerulise automaatsüsteemi töökindlust ka paljud teised põhjused. Automaatjuhtimissüsteemide sagedaste tõrgete üheks levinud põhjuseks on lülimisaparatuuri, kommutaatorite, releede ja potentsiomeetrite kontaktide halb töökindlus. Peale selle, et avanevate ja libisevate kontaktidega seadmetel on madalam töökindlus kui samu funktsioone täitvatel kontaktivabadel seadmetel, vähendab töökindlust veel mittesobivate materjalide valik, ebarahuldav konstruktsioon ja halvasti valmistatud kontaktid.

Kaugeltki alati ei ole töökindlad ka automaatjuhtimissüsteemide täiturmehhanismid. Keskkonna korrodeeriva või abrasiivse tegevuse tagajärjel tekkiv hõõrdemomendi suurenemine põhjustab mehaanilise ülekoormuse, mis võib kutsuda esile servomehhanismi elektrimootori ülekuumenemist, käigupiirajate mittetöötamist juhitava organi äärmistes asendites, purunemisi servomehhanismis ja vahel ka tehnoloogilistes seadmetes.

Automaatjuhtimissüsteemi kui terviku töökindlus sõltub tema tegutsemise dünaamika vastavusest tehnoloogiliste seadmete karakteristikutele kõigil lubatud töörežiimidel. Nende faktorite mitteküllaldane arvestamine nii automaatjuhtimissüsteemide projekteerimisel kui ka eksploateerimisel viib viimaste normaalse tegutsemise rikkumiseni ja raskete tagajärgedeni.

Automaatsüsteemide töökindluse tõstmise ülesandel on mitu aspekti ja lahendusi otsitakse erinevates suundades: luues töökindlamaid elemente ja parandades paljudest osadest koosnevate masinate struktuuri. Elektronarvutite töökindluse tõstmisele avaldab eriti suurt mõju pooljuhtide (lampide asemel), külmkatoodiga türatronide, ferromagnetiliste ja ferroelektriliste elementide ning uute mäluelementide (näiteks baarium-titanaadi kristallide baasil) kasutamine.

On loomulik, et mida töökindlam ja kvaliteetsem on iga üksik-element, seda töökindlam on masin tervikuna. Kuid töökindluse tõstmise võimalused sel teel on piiratud. Mis näiteks võiks olla töökindlam puhtast, ebatavaliselt vastupidavast pooljuhi monokristallist? Kuid isegi sellised kristallid ei talu temperatuuri üle 60—70°C. Tulevikus loodetakse saada pooljuhte, mis taluvad temperatuuri üle 100°C. Aga mis saab edasi, kui on saavutatud üksiku elemendi töökindluse piir?

Kui keerulise süsteemi iga lüli või elemendi töökindlus ei ole küllalt kõrge, siis süsteemi kui terviku rikke tõenäosus osutub märksa suuremaks tema mistahes üksikelemendi rikke tõenäosusest. Oletame, et vooluliinis on viis tööpinki, millest igaühe töökindluse näitaja on 95% ehk 0,95. Et määrata vooluliini kui terviku töökindlust, korrutatakse omavahel kõigi viie tööpingi töökindluse näitajad. Tähendab, antud juhul tuleb 0,95 korrutada iseendaga viis korda, s. o. võtta viiendasse astmesse. See korruktis on ligikaudu 0,78. Teiste sõnadega, liini kui terviku rivist välja langemise tõenäosus on 17% võrra (0,95—0,78) suurem kui üksiku tööpingi rivist väljalangemise tõenäosus. Selgub, et süsteem tervikuna on vähem töökindel kui tema lülid või elemendid.

Kas on võimalik ette kujutada teistsugust olukorda? Meid ümbritsevas looduses on suurepäraseid näiteid väga töökindlatest süsteemidest, mis koosnevad tohutust hulgast vähem töökindlatest, sageli isegi äärmiselt ebatöökindlatest elementidest. Need süsteemid on elusorganismid.

Tehniliste seadmete töökindluse tõstmiseks luuakse sageli vastupidavuse varu elementide dubleerimise abil. Näiteks lennukit ei varustata mitme mootoriga mitte ainult võimsuse tõstmiseks, vaid ka reserveerimiseks. Samal eesmärgil paigutatakse elektrijaamadesse täiendavad generaatorid. Isegi auto tagavara-ratast võib lugeda omapäraseks reserveerimise vormiks.

Ka loodus kasutab reserveerimist, kuid mitte nii lihtsal viisil. Lisa töökindlus tekib looduses seetõttu, et elama jäävad ja tugevnevad ainult need organismid, mille osadevaheline koostöö on kõige otstarbekam. Milles siis seisneb see suurim otstarbekus? Selles, et kaitseabinõude kasutuselevõtmiseks kuluv aeg on vastav keskkonna tingimustele ja ohtlike mõjutuste liikidele.

Kahtlemata on organismi tingimata reflekside, instinktide ja kaitsereaktsioonide väljatöötamine tingitud vajadusest võita aega ning kasutada kaitseabinõusid silmapilkselt. Kui kaitsereaktsioon toimib aeglasemalt ohu kasvamisest, organism hukkub. Maakeral elu kogu olemasolu vältel toimunud tingimata reflekside täiustamine seisnebki sisuliselt kaitsereaktsioonide kiirenemises. Kaitsereaktsioonid toimuvad otstarbekalt ja õigeaegselt: mitte pärast avariid, vaid enne seda, selle vältimiseks.

Võtame inimese silma, mis talub liigset eredust väga väikestes piirides. Kuid sealjuures silm reageerib väga hästi välisärritustele. Hädaohu korral kogu organism asub kaitsma silma. Kuid ka silm ise on teiste organite kaitsmiseks teraselt valvel. Selles osas on inseneridel eluslooduselt palju õppida.

Elektronmasinad luues õpib inimene looduselt samuti, kui ta õppis füüsilise töö vahendeid luues. Kuid aju on lõpmatult keerulisem kätest ja jalgadest ning seetõttu on tema mudeleerimine võrreldamatult raskem. Esialgu veel on aju oma paljude karakteristikute poolest meile kättesaamatuks ideaaliks.

Loomulikult on inimajul nagu mistahes looduses esineval organil peale heade omaduste ka teatud puudusi. Aju töötab niivõrd aeglaselt, et see ei rahulda inimest. Mälu maht on mitteküllaldane ja sageli aju unustab vajaliku. Üleväsimus ja mitteküllaldane toitumine rikuvad tema töövõimet. Ta ei talu põrutusi ja lööke, sageli esineb patoloogilisi muudatusi. Pannes osa aju funktsioone elektronmasinatele, inimene parandab mõningad tema puudused. Peamiselt saavutatakse sel teel suurem töökiirus.

Kuid ka mistahes kõige täiuslikumal elektronmasinal on inimajuga võrreldes üks suur puudus — võrratult väiksem töökindlus. Aju suur töökindluse varu, väike energiakulu ja eriti väike maht ja kaal on lausa hämmastavad.

Meie teadmised aju struktuurist, koostisest ja funktsioonidest on veel üsna kaugel täiuslikkusest ja suures osas on tegemist ainult oletustega. Kuid juba see, mida me teame aju ehituse otsustavast osast, on lausa hämmastav. Alles hiljuti arvati, et inimajus on ligikaudu 14—15 miljardit primaarset rakku — neuronit. Nüüd on saadud uued, esimesel pilgul fantastilistena tunduvad andmed: üksnes aju üks osa — väikeaju, mis korrigeerib ja häälestab kesknärvisüsteemi tööd, sisaldab peaaegu 100 miljardit närvirakku.

Mille arvel siis saavutatakse aju lausa hämmastav töökindlus sellise tohutu hulga neuronite korral? Kas iga neuroni väga suure töökindluse arvel? Osutub, et ei. Üksiku neuroni töökindlus on väiksem kui paljudel tänapäeva elektronmasinate detailidel. Kuid kui mistahes elektronmasin kõigi temas kasutatavate detailide järjestikühenduse korral katkestab oma töö mistahes bloki või isegi ühe elemendi rivist väljalangemisel, siis inimorganismi töövõime säilib ka mitme miljoni neuroni rivist väljalangemisel.

Näiteks on teada, et kuulus mikrobioloog Pasteur tegi oma kõige tähelepanuväärsemad avastused siis, kui tal üks aju pool oli verevalumi tagajärjel juba halvatud ja töötas ainult teine pool.

Kõik teavad, et N. A. Ostrovski kirjutas oma suurepärase teose «Kuidas karastus teras», olles halvatuses aheldatud voodi külge ja kaotanud nägemise.

Tänu erakordselt otstarbekale organiseeritusele, mis põhineb hulgal reservelementidel ja -sidemetel, osutub inimorganismi töökindlus märgatavalt suuremaks tema iga üksiku organi töökindlusest.

I. P. Pavlov kirjutas: «Inimene on loomulikult samasugune süsteem (või veel jämedamalt — masin), kui kõik muugi looduses, alludes ühtsetele ja paratamatutele loodusseadustele; kuid see süsteem on kaasaegse teaduse vaatepiiril oma kõrge isereguleerimise taseme poolest ainulaadne.»

Just see isereguleeruv ja tänu sellele eriti töökindel süsteem võib paljuski olla eeskujuks keeruliste tehniliste süsteemide loomisel.

Kas ei saaks ajult üle võtta tema struktuuri? Ajus ei ole eraldi kondensaatoreid, induktiivsusi ja takisteid, ei ole vaakuumi. Aju koosneb keerulistest orgaanilistest valkainetest, mis moodustavad närvikoe. Kas ei saaks ka tehnikas kasutada selliseid elemente, mis omaksid üheaegselt mahtuvust, induktiivsust ja takistust ning saaksid neid vajaduse korral muuta? Võib-olla saab üksikud elemendid üldse kõrvale jätta? Võib-olla saab kasutada erinevatest ainetest koostatud monoliitseid blokke, millest igaüks täidab radioelektroonse aparatuuri mingi sõlme funktsioone? Selline elektroonika haru — molekulaarelektronika — juba areneb. Molekulaarse elektroonika ülesandeks on luua sellise molekulaarse struktuuriga aine, mille omadused võimaldaksid juhtida laenguga osakeste vooge sõltuvalt püstitatud eesmärgist. Selleks kasutatakse pooljuhtide ülipuhtaid kristalle, milles vastava töötlemise tulemusena esineb väga väikesel hulgal vajalikke keerulisi lisandeid ja struktuuri anomaaliaid. Mahtuvuste, induktiivsuste ja takistite osas on siin elektronspinnid, väljad jne.

Ma ei peatu siin teistel mikrominiaturiseerimisalastel ideedel ja töödel, kuid rõhutan, et need võivad avada uue ajastu radioelektronikas.

Vajadus luua töökindlaid süsteeme vähem töökindlatest elementidest muutub üha olulisemaks ning köidab seetõttu nii meie kui ka välismaa nimekaimate matemaatikute ja füüsikute tähelepanu. Sel alal meil tehtavad tööd on kahtlemata väga väärtuslikud. Kuid neid töid tuleb märgatavalt laiendada ja tihedamalt siduda elektronarvutite ning muude tehniliste seadmete ja süsteemide rakendamise praktiliste vajadustega.

Seega siis on neid tohutuid eeliseid, mida tootab küberneetika rakendamine, võimalik kasutada ainult siis, kui küberneetika tehnilised vahendid — elektronautomaatika ja esmajoones elektronarvutid, on piisavalt töökindlad.

Kuid kui töökindluse tõstmine soodustab küberneetika võimaluste rakendamist, siis küberneetika omakorda aitab edukalt lahendada töökindluse probleemi. Siin on tegemist otsese ja vahetu mõlemapoolse mõjutamisega.

Töökindluse teooria tähtsaimaks ülesandeks on tehniliste seadmete ja süsteemide tõrgete prognoosimise meetodite väljatöötamine. Kuid edukalt prognoosida on võimalik ainult siis, kui on olemas kõige täpsem, usaldatavam ja ammendavam informatsioon tehniliste süsteemide ja seadmete käitumise kohta tegeliku ekspluatatsiooni tingimustes või spetsiaalsetel töökindluse eksperimentidel. Seetõttu statistilise informatsiooni kogumine tõrgete kohta ja selle analüüs on esmasel ülesandel võitluses mistahes tehnilise seadme või aparatuuri töökindluse tõstmise eest.

On selge, et mida täielikum ja ulatuslikum on informatsioon tõrgetest, seda usaldatavam on aparatuuri tegeliku töökindluse hinnang. Kuid mida täiuslikum ja ulatuslikum on saabuv infor-

matsioon, seda keerukam ja aeganõudvam on selle töötlemine ning analüüs. Siin nüüd tulevadki appi elektronarvutid, võimaldades tohutuid informatsioonihulki töödelda väga lühikese ajaga.

Elektronarvutite kasutamine tõrgete kohta käiva statistilise informatsiooni töötlemisel võimaldab järsult lühendada selleks kuluvat aega ning suurendada aparatuuri eksperimentaalsete töökindluse karakteristikute hulka ja parandada nende kvaliteeti.

Väga oluline on tehniliste seadmete ja toodete töökindluse katsete ja normaalse eksploatatsiooni **matemaatiline mudelerimine** elektronarvutite abil.

Katsete mudelerimine on vajalik, kuna paljud seadmed, mida katsetatakse töökindlusele, kas purunevad või kaotavad osaliselt oma töövõime. Sellega võib leppida seeriatootmisel, kus katsetatavate toodete hulk on võrreldes kogu seeriaga väike. Kuid väikeste seeriade ja unikaalsete toodete korral on see lubamatu.

Eksploatatsiooniprotsessi mudelerimine on kasulik seepärast, et tavaline eksperiment oleks liiga pika kestusega, töömahukas, kallis jne. Mudelerimine võimaldab eksperimenti läbi viia lühikese aja jooksul (minutid kuude ja aastate asemel), uuesti korrata, muuta eksperimendi tingimusi. Peale selle on mingil määral võimalik uurida ka projekteeritavaid elemente ja süsteeme.

Eeltoodust selgub, et küberneetika meetodid ja vahendid suudavad töökindluse probleemi lahendamisele palju kaasa aidata.

Rääkides juhtimise töökindluse probleemist, tuleb rõhutada, et ükski lahendus, mis ei arvesta inimese tegevust, ei saa olla õige. On mõttetu rääkida, et automatiseerimise ajastul automaat «asendab inimest». Tehniline progress vabastab inimese raskest füüsilisest tööst, kuid asetab eriti ranged nõuded vaimsele tööle, inimese töökindlusele uutes tingimustes.

Mistahes juhtimissüsteemis, nii kõige lihtsamas kui ka kõige keerulisemas, on inimene ja automaat ühendatud üheks tervikuks. Süsteemis inimene-automaat ei ole inimene ainult lüliks, milleta süsteem ei saa töötada. Inimene on kõige tähtsam lüli, sest otsust teeb just tema.

Seetõttu määrab laialdase automatiseerimise tingimustes juhtimise töökindluse mitte ainult kasutatava tehnika töökindlus, vaid **inimese ja automaadi ühine töökindlus**, peamise lüli töökindlus. Järelikult automatiseeritud juhtimissüsteemide töökindluse tagamiseks tuleb nende projekteerimisel ja valmistamisel maksimaalselt arvestada inimese funktsionaalseid võimeid.

Kahjuks aga projekteeritakse veel siiski keerulisi masinaid ja juhtimissüsteeme, teenindava personali vaimseid ja füüsilisi võimeid arvestamata. Nende seadmete teenindamine käib sageli operaatorile üle jõu.

Automatiseeritud juhtimissüsteemide üldise töökindluse tagamiseks tuleb inimene asetada võimalikult soodsasse olukorda. Ta peab ainult jälgima kontroll- ja mõõteriistade korralikku tööd,

juhtima (mitte ise sooritama) kontrolloperatsioone, mitte tegelema analüüsi ja arvestustega. Analüüsimine ja arvutamine ning samuti ka rikete ennetamine on automaatide enda funktsioon. Seadmed peavad olema konstrueeritud nii, et operaatori ebaõige tegutsemise tõenäosus oleks minimaalne ja et blokeeringud väldiksid avarii tema eksimise korral.

Viimastel aastatel pööratakse üha suuremat tähelepanu uuele teadusele, mida nimetatakse ergonoomikaks ehk inseneripsühholoogiaks. Nüüd juba mitte ainult arstid, vaid ka automaatika-spetsialistid uurivad ühes psühholoogidega inimese organismi ja närvisüsteemi võimeid, otsivad parimaid teid inimesele kõige soodsamate töötingimuste loomiseks automatiseeritud juhtimis-süsteemides nende suurima töökindluse tagamiseks.

Normaalsetes tingimustes ei saa inimeselt nõuda erakordseid pingutusi. Kuid töö raskus ei ole alati silmanähtav. On palju operatsioone, mis nõuavad inimeselt tohutut närvienergia kulu või on seotud suure riskiga ja vastutusega.

Nii on tänapäeva elektriijaamade juhtimine maksimaalselt automatiseeritud. Juhtimispuldi taga istuva operaatori ülesanne seisneb põhiliselt selles, et jälgida mõõte- ja kontrollriistu ja mingi avarii korral võtta tarvitusele abinõud jaama normaalse töö kiireimaks taastamiseks. Inimese vahelesegamist nõudvaid avariiid juhtub harva. Seetõttu võib näida, et operaatori töö on väga kerge. Kuid võimalike avariide ootamine ja suur vastutustunne jaama normaalse töö eest nõuavad operaatorilt sellist närvisüsteemi pinget, mis kutsub esile mitte väiksema kurnatuse kui välist palju raskem töö.

Operaatori töömaht sõltub suurel määral töötlemist nõudva informatsiooni hulgest. Inimene suudab ajaühikus informatsiooni vastu võtta ja töödelda ainult piiratud hulgal. Seetõttu saabuva informatsiooni hulk peab rangelt vastama ajale, mida operaator võib kulutada selle töötlemiseks.

Kasutatava signaali liik sõltub operaatorilt nõutavast töökiirusest (eriti neil juhtudel, kui aja mikrointervallid võivad mängida otsustavat osa). On teada, et inimese reageerimisaeg erinevatele ärritustele ei ole sama ja muutub piirides 0,15—1 sek. Kui sisulist informatsiooni võtab inimene kõige paremini vastu nägemismeelega, siis mitmesuguste hoiatavate signaalide vastuvõtmiseks võib kasutada ka kuulmismeelt.

Signaali iseloom peab samuti vastama nõutavale töökiirusele. Nii näiteks väga pingelise tempo juures on numbrilised signaalid ebasobivad. Sellistes tingimustes on märksa efektiivsem kasutada signaalideks mitmesuguseid kujundeid ja värve, eriti aga nõnda nimetatud «juhendsignaale», mis vahetult näitavad operaatorile vajalikku tegevust.

Inimene ja masin on harilikult seotud juhtpuldi kaudu. Seetõttu mõjutab automaatsüsteemi või protsessi juhtpuldi konstruktsioon,

riistade kuju ja asetus, skaalade iseloom jne. suurel määral operaatori töökindlust.

Ameerika psühholoogid näiteks kinnitavad, et 70% lennukatastroofide põhjuseks ei ole mootoririke, vaid piloodi eksitus mõõteriistade näitude lugemisel. Skaala loetavus sõltub numereerimise iseloomust, jaotustevahelisest kaugusest, tähtede kujust ja paljudest muudest tingimustest.

Väga sageli peab operaator jälgima suurt hulka riistu korraga. Enamikul juhtudel aga ei ole niivõrd oluline lugeda üksikuid skaalasad kui kiiresti avastada ükskõik millise osuti minek üle lubatud piiri. Kogemused näitavad, et kui kõigi puldil asuvate mõõteriistade osutid on samas asendis (näiteks kõik näitavad «kell 9»), siis 45 mõõteriista ülevaatamiseks kulub vähem kui sekund. Kui osutid on erinevates asendites, suureneb lugemisaeg 9—10 korda.

Projekteerijad ja konstruktorid peavad olema tuttavad tööpsühholoogia põhiliste seaduspärasustega ja neid keeruliste automaatsüsteemide loomisel rangelt arvestama.

Inimesele optimaalsete töötingimuste kindlustamine süsteemis «inimene-automaat» on meie maal eriti oluline. Meie partei on alati rõhutanud, et sõltumata tootmise mehhaniseerimise ja automatiseerimise tasemest jääb esikohale ikkagi inimene. Inimesele parimate töötingimuste loomise eesmärgiks ei ole ainult keeruliste automatiseeritud süsteemide töökindluse tõstmine, vaid ka töötingimuste kergendamine.

TÖÖKINDLUSE PROBLEEMI OLEMUS JA TÄHTSUS

Me rääkisime probleemi tohtu suurest tähtsusest küberneetika laialdasel kasutamisel. Kuid oleks täiesti vale piirduda töökindluse probleemi käsitlemisel ainult elektronautomaatika ja küberneetika vahendite vaatlemisega. Kõikide tehnikaliikide arenedes ja keerulisemaks muutudes omandab töökindluse probleem üleüldise tähtsuse. Liialdamata võib öelda, et kõikidest tehnilise progressi küsimustest muutub praegu töökindluse probleem kõige tähtsamaks.

Töökindlus on tehnika kvaliteedi kõige üldisem näitaja. Partei programmis on püstitatud ülesanne muuta nõukogude ettevõtete produktsiooni kvaliteetsemaks parimate kapitalistlike ettevõtete omast.

Mistahes tehnilise seadme kõige tähtsam ja üldisem kvaliteedinäitaja on töökindlus, mis iseloomustab ühtlasi ka paljusid teisi näitajaid.

Tehniline progress toob paratamatult kaasa tehniliste seadmete ja nende töörežiimide keerulisemaks muutumise. Tehnika areng

ning täiustamine saavutatakse, kasutades suuri kiirusi, kõrgeid temperatuure, rõhke ja pingeid, radioelektronikat, tuumareaktioone elektrienergia ja uute materjalide saamiseks, tehnoloogiliste protsesside intensiivistamist, rahvamajanduse kompleksset mehhaniseerimist ja automatiseerimist jne. Need tegurid on viimase kümne aasta jooksul põhjalikult muutnud meie arusaamisi tehniliste seadmete kvaliteedist.

Tühine metalli või keevisliite defekt kõrgetel rõhkudel töötava tänapäeva aurukatla ühel paljudest torudest võib esile kutsuda suure elektrijaama avarii. Ühe lüliti tõrge automaatliini mingis lülis peatab suure tehase tootmisprotsessi; keemiatööstuses tuhandetest siibrimest ühe kinnisööbimine võib põhjustada katastroofi; elektrimootorite isolatsiooni rikete tõttu seisab üle maa tohtu hulk elektrijamiga varustatud ehitus-, kaevandus- ja muid masinaid; sagedased detailide purunemised viivad enneaegselt rivist välja autosid ja traktoreid ning suurendavad nende eksploatatsioonikulusid.

Seetõttu on kaasajal masinate, aparaatide ja riistade peamiseks kvaliteedinäitajaks nende töökindlus.

Töökindluse all mõistetakse tavaliselt mistahes tehnilise seadme (või tööstustoote) tõrgeteta töötamise tõenäosust vastavalt tema otstarbele etteantud aja vältel ja spetsiaalselt ettemääratud tingimustes. Enamiku masinate töökindluse põhiliseks näitajaks on täisväärtuslik, ressursidele vastav toodang minimaalsete remondikulude juures.

Sõltuvalt masinate otstarbest võib nende töökindluse hindamisele läheneda erinevalt. Nii näiteks tuleb lennuki juures saavutada minimaalne rikete esinemise tõenäosus kogu reisi vältel. Lennuki iga, s. o. eksploatatsioonis püsimise aeg, astub siin tagaplaanile.

Rahvamajandus kannab suurt kahju, kui traktorid, kombainid ja muud põllumajandusmasinad, omades suurt iga, hakkavad sageli töö ajal tõrkuma mingisuguse osa purunemise tõttu või teistel tehnilistel põhjustel. Külvi- ja koristustööde perioodil remondiks raisatavat aega ei saa korvata traktori või kombaini eaga.

Seetõttu on taoliste masinate peamiseks töökindluse näitajaks nende tõrgeteta töötamise tõenäosus ettenähtud aja vältel.

Teistel juhtudel võib masinate pidev ja tõrgeteta töö olla mitte nõutav. Vajaduse korral võib masinat peatada, kiiresti remontida ja uuesti käivitada. Selliste masinate töökindluse hinnang peab sisaldama nii tõrgeteta töötamise tõenäosust antud aja jooksul kui ka vajaliku remondi kestuse tõenäosust ja optimaalset pikaalisust.

Kui uus tehnika ei ole suure töökindlusega, ei suuda ta tagada tehnilist progressi. Iga tehnilise seadme kõik muud kvaliteedinäitajad — täpsus, võimsus, tootlikkus ja teised kaotavad mõtte, kui

seade ei ole töökindel. Töökindlus — see on seadme kõigi teiste kvaliteedinäitajate säilimise tõenäosus antud aja vältel.

Kuid töökindluse probleem ei ole ainult tehniline, vaid ka üli-tähtis majanduslik probleem. Käesoleval ajal kasutatavad meeto-did masinate ja seadmete efektiivsuse hindamiseks ning nende omahinna alandamiseks kasutatavate abinõude otstarbekuse mää-ramiseks, mis ei võta arvesse masinate ja seadmete töökindlust ning sellega seotud eksploatatsioonikulusid, ei võimalda leida tegelikku rahvamajanduslikku efekti.

Ebarahuldav töökindlus põhjustab mitte ainult asjatut, kümne-kordselt esialgset kaalu ja hinda ületavaid metalli ning vahendite kulutusi, mitte ainult masinate seisakutest põhjustatud tohutut materiaalselt kahju, vaid on ka oluliseks takistuseks tootmise meh-haniseerimisel ja automatiseerimisel ning ka seadmete eksplua-terimise ja remontimise mõistliku süsteemi loomisel.

Meie tööstuse poolt väljalastavate seadmete, riistade ja muude toodete madal töökindlus põhjustab veel sageli tööviljakuse järsku langust, rahvamajanduse ressurside tohutuid kadusid ja aeglustab lõppkokkuvõttes kommunismi materiaalse tehnilise baasi ülesehitamise tempot.

Seetõttu võitlus töökindluse tõstmise eest kujuneb tänapäeval üheks tähtsamaks majanduslikuks ja poliitiliseks ülesandeks. Ta on ühtlasi kogu meie tööstustoodangu kvaliteedi eest peetava võitluse ühisrinde üheks peasuunaks.

Keeruliste süsteemide ja seadmete kõrge töökindluse tagamine on üks raskematest ülesannetest teaduses ja tehnikas. Töökindluse probleemi insenerlik olemus on erinevates rahvamajandusharudes erinev. Seetõttu tehniliste seadmete ja toodete mitteküllaldase töö-kindluse ja pikaealisuse konkreetseid põhjusi ning nende suurendamise praktilisi teid on mõtet vaadata ainult konkreetse tööstus-haru ulatuses, võttes arvesse antud seadme otstarvet ja eksplua-tatsioonitingimusi.

Energeetikas on kõige olulisem tarbijate katkematu varus-tamine stabiilse sageduse ja pingega elektrienergiaga ning kõrge võimsusteguri tagamine. Soojuselektrijaamades sõltub elektri-energia genereerimise pidevus paljudest asjaoludest, alates juba toitevee ja kütuse ettevalmistamise kvaliteedist. Kõrgete auru-parametritega katlad on väga tundlikud mitte ainult katlavee summaarse soolasisalduse suhtes, vaid ka üksikute komponentide, eriti aga kalkuse soolade suhtes, mis tekitavad suurte tempera-tuuripingetega küttepindadel katlakivi. Automatiseerimata keeru-line veepuhastus ei taga elektrijaamades küllaldast katlavee kvaliteeti. See vähendab tunduvalt katelde töökindlust. Kütuse ettevalmistamise mehhaniseerimine ja automatiseerimine jääb tun-duvalt maha katelde põlemisprotsesside automatiseerimisest ja blokkisüsteemi korral muudab kogu katla bloki ja turbiini bloki ebatöökindlaks.

Katelde töökindlusele avaldab mõju ka katla detailide halb kvaliteet. Katla torude terase madal löögitugevus võib individuaalse kontrolli puudumisel põhjustada kõrge ja ülikõrge rõhuga jaamades aurujuhtmete avariisid.

Mitte kõik kõrg- ja ülikõrgrõhuturbiinid ei vasta töökindluse ja kiire käivitamise nõuetele nende kõrgrõhusilindri väliskorpuse kuumenemise hilinemise tõttu sisekorpuse ja rootori suhtes. Ebaühtlane kuumenemine põhjustab turbiini võlli paindumist. Paljudel juhtudel ületavad vibratsioonid lubatud piire ja võivad saada avarii põhjuseks. Turbiinitsehhide abiseadmete töökindlus on tavaliselt oluliselt madalam põhiseadmete töökindlusest. Kõik see vähendab tõsiselt elektrijaamade soojusliku osa töökindlust ja pidurdab blokkseemide arengut.

Eriti tähtis on konstruktsioonide mehaaniline püsivus, mis nõuab vastupidavamaid teraseid rootorite ja bandaažide jaoks ning paremaid materjale keerdudevaheliseks ja kere isolatsiooniks.

Kuigi meie hüdroturbiiniehituse üldine tase on kõrge, esineb siiski pööratavate labidega turbiinidel õli väljavoolamist labide tappide ja töörataste vaheliste tihendite kaudu, mis ulatub vahel mitme tonnini ööpäevas. Piisavalt töökindlad ei ole ka juhtaparaatide labade tihendid; mitteküllaldase kulumiskindlusega on veeturbiinide voolusuunajad.

Elektrienergiaga varustamise katkematus sõltub suurel määral veel jaotusseadmete, transformaatorite, elektriülekanaliinide ja -võrkude töökindlusest. Selle põhilisteks näitajateks on jaamade ja liinide seadmete ning ehituste mehaaniline ja elektriline vastupidavus, sest lühiste korral mõjuvad nendele suured dünaamilised ja termilised ülekoormused. Peale selle toimivad neile ka atmosfääri ja kommutatsiooni liigpinged.

Põhilisteks ebatöökindlateks elementideks suurte energiasüsteemide jaamade ning alajaamade jaotusseadmetes on kõrgepinge võimsuslülitid. Need kõrgete tornide taolised mitmesaja kilovoldiliste pingete ja suurte võimsuste lülitid taluvad lühiste väljalülitamisel selliseid tohutuid tõukeid, mis on võimelised purustama kogu seadme. Võimsuslülitid väljatöötavates teaduslikes uurimisinstituutides ja tootvates tehastes ei ole aga võimalik neid sellistes režiimides katsetada, kuna puuduvad vastavad katseseadmed ja ka vastavad tohutud võimsused. Loomulikult põhjustab see suuri ebameeldivusi energiasüsteemide ekspluateerimisel.

Elektriülekanade õhuliinide juhtmetele, isolaatoritele ja mastidele mõjuv tuulesurve (eriti juhtmete jäätmisel) põhjustab sageli nende purunemist. Äike põhjustab sageli mitte ainult ülelööke liini ja jaama isolaatoritel, vaid ka transformaatorite isolatsiooni läbilööke.

Peale selle ei pöörata töökindlate lahendite juurutamisele, mis peale isolatsiooni kaitsmise läbilöögi eest võimaldavad ka läbilööginge madaldamise arvel vähendada isolatsiooni, eriti

transformaatorites, küllaldast tähelepanu. Automaatkaitse ja -juhtimise süsteeme avariide kiireks lokaliseerimiseks, samuti aga ka kaugjuhtimis-, kaugsignalisatsiooni- ja kaugmõõtmise seadmeid, mille kasutuskoeffitsient «Mosenergo» süsteemis on juba 96—99%, juurutatakse teistes energiasüsteemides lubamatult pikaldaselt.

Metallurgias sõltub põhiagregaatide töökindlus peamiselt abiseadmete töökindlusest. Nii näiteks rikuvad häired toitemehhanismides sageli kõrgahjude normaalset tööd. On esinenud juhtumeid, kus tõstemehhanismi väljalülimisautomaatide vähene töökindlus põhjustas trosside katkemist ja skipptõstukite allalangemist. Hoob- lõpplülite mittetöötamine on põhjustanud valukraanade traaver-site ja plokkide purunemisi, sulametalliga täidetud koppade kukkumisi, vormide võllide ja hammasrataste purunemisi, sildkraanade trosside katkemisi jne.

Kõrg- ja martäänahjude tsehkhides on õhus palju tolmu ja agressiivseid gaase ning esineb suuri temperatuurikõikumisi, mille tagajärjel kontrollmõõteriistad ja regulaatorid langevad sageli rivist välja, mis loomulikult raskendab sulatuse juhtimist ja häirib tehnoloogiliste seadmete tööd.

Blumingute peajamite automaatika mittetöötamine kõrgendatud survest tingitud ülekoormuse korral põhjustab valtside ja spindlite purunemist. Kontaktautomaatika ebatäpne töö transpordikäru lähenemisel programmis ettenähtud kohale võib põhjustada transpordikäru ja rullteede avarisiid. Valtsitavate profiilide mõõtmete ja defektide heade kontrollseadmete puudumine, mis oleksid võimalised neid pidevalt mõõtma, vähendab märgatavalt valtsmetalli kvaliteeti.

Naftatööstuses raskendab töomahukate puurimise ja naftatootmise operatsioonide automatiseerimist terve rea sõlmede — sügavpumpade varraste, rull-puksajamkettide, mudapumpade vahetus-silindrite mittepiisav töökindlus.

Varraste peamine vaenlane on korrosioon. Korrosioonväsimum põhjustab sagedasi varraste katkemisi ja seetõttu on nafta sügavpumpamisel väsimustugevuse suurendamine üheks olulisemaks ülesandeks naftatööstuse arendamisel.

Kogemused näitavad, et varraste rull-puksajamkettide ja vahetussilindrite tugevuse tõstmisel annab suurt efekti mitmesugustel meetoditel tugevdamine. Nii näiteks kahe millimeetri sügavune pindkarastamine suurendab vastupidavust korrosiooniväsimumele 2,5 korda. Pesemispumpade vahetussilindrite kulumiskindluse tõstmisel osutus väga efektiivseks nende katmine booriga.

Keemiatööstuse seadmete ebapiisav töökindlus mitte ainult vähendab nende tootlikkust ja produktiooni kvaliteeti, vaid viib sageli ka tootmisseisakuid põhjustavate avariideni. Seadmete suurenenud kulumine agressiivse keskkonna ja kõrgete rõhkude ning temperatuuride mõjul loob võimalused mürgiste, põlevate ja plahvatusohtlike produktide väljaimbumiseks pumpade ja komp-

ressorite tihendite, armatuuri tihendite ning masinate ja aparaatide torujuhtmete ühenduskohtade kaudu. Lekkimiste mitteõigeaegne avastamine töökindla signalisatsiooni puudumise tõttu ja kiire kõrvaldamisvõimaluse puudumine põhjustab raskeid tagajärgi. Samal ajal aga automatiseerimine, mis paremini tagab tootmise ohutuse ja toodangu kõrge kvaliteedi, levib keemiatööstuses veel aeglaselt.

Töötlemisele tuleva tooraine kvaliteedi pideva ja töökindla kontrolli puudumine on sageli seadmete optimaalse töörežiimi rikkumise põhjuseks. Universaalsed pneumaatilised regulaatorid langevad agressiivse keskkonna mõjul sageli rivist välja. Täiturmehhanismide tõrgete põhjusteks on mitteküllaldane kaitse korrosiooni vastu ja kinnijäämine tihedas massis.

Keemilise tootmisliini ühe aparaadi avarii viib kogu tehnoloogilise protsessi rikkumisele, põhjustades praaki ja suuri kahjusid. Nii näiteks suure tootlikkusega kunstiidi tootmise agregaadid, mille hind on 1,6% kogu vabriku väärtusest, ühe lüli ühepäevane avariiseisak põhjustab kahjumi, mille suurus on 5% agregaadid hinnast ehk 0,08% kogu tehase väärtusest.

Keemiaseadmete puudused on suures osas omased ka **toiduainete tööstuse** ja ühiskondliku toitlustamise ettevõtete seadmetele. Neid ümbritseb suure niiskusega õhk ja neile mõjuvad hapete ja soolade nõrgad, väga liikuvate ionidega lahused, mis söövad kiiresti läbi masinaid, tehnoloogilisi aparaate ja mahuteid. Kõigis pideva tehnoloogilise protsessiga toiduainete tööstuse harudes vooluliini mistahes aparaadi rike vähendab liini tööviljakust või katkestab toodangu väljalaskmise, sageli aga alandab kvaliteeti.

Ebasobivatest materjalidest valmistatud tööorganite ebanormaalselt kiire kulumine põhjustab nende sagedast vahetamist, mis oluliselt suurendab tootmiskulusid. Nii näiteks peedilõikajate süsinikterasest nuge teritatakse koos järgneva termilise töötlemisega iga paari kuu tagant. Pideva toimega õlieraldamispresside teod ja teotorud, mis on valmistatud terasest 20X, töötavad sageli ainult 3—6 kuud. Koorelahutajate enneaegse rivist väljalangemise põhjuseks on sageli 6—7 tuhat pööret minutis tegevate pronksist hammasrataste väike tööiga.

Süsinikterase kasutamine autoklaavide, vaakuumaparaatide ja keedukatelde valmistamiseks roostevaba terase asemel vähendab märgatavalt nende aparaatide tööiga. Süsinikterasest valmistatud gaaspliitide praeahjude tööiga on kaks korda väiksem kui kuumuskindlast terasest praeahjudel. Tavalisest malmist valmistatud elektripliitide keeduplaadid pragunevad kõrge temperatuuri ja niiskuse mõjul, mis läbi pragude tungides põhjustab kuumus-elementide kiiret läbipõlemist.

Külvi- ja koristustööde venimise põhjuseks on sageli paljude **põllumajandusmasinate** halb töökindlus. Nende masinate tööta-

mine rasketes välitingimustes, kus esinevad suured ülekoormused, löögid ja vibratsioonid, nõuab suurt tugevust, head kaitset abrasiivkulumise ja korrosiooni vastu. Kasutatavate materjalide mittevastavus nendele tingimustele vähendab märgatavalt töökindlust isegi parima konstruktsiooni korral. Esmajärjekorras käib see tööorganite kohta, mis eriti kiiresti kuluvad. Materjale tugevdavat töötlemist ei kasutata piisavalt. Iseterituvaid adrahõlmu ei valmistata. Kattelakkide ja -värvide kvaliteet on ebarahuldav. Kõik see põhjustab masinate madala keskmise sesoonse tööaja ja väga suuri kulutusi remondile ja tagavaraosadele. Sisepõlemismootoriga iseliikuvate põllumajandusmasinate töökindlus sõltub suurel määral mootori töökõlblikkusest. Nii näiteks pragude tekkimisel diislite silindriplokkidesse, plokikaantesse ja puksidesse, kolbide kriimustused ning purunemised, kepsude ja väntvõllide murdumised põhjustavad paljude masinate seisakuid ja muudavad nende ekspluatatsiooni kalliks. Selliseid masinaid enneaegselt rivist väljaviivaid konstruktsiooni ja valmistamise defekte tekib ka kerge kütuse mootoritel.

Masinaehituses määrab seadmete töökindlus toodete kvaliteedi ja on ka kompleksse automatiseerimise efektiivsuse peamiseks eelduseks. Seadmete enda ja nende abil toodetud masinate töökindlus sõltub suurel määral masinaehitustehastes kasutatavate põhimaterjalide kvaliteedist. Eriti tundlikud on materjalide kvaliteedinäitajate normist kõrvalekaldumise suhtes automaatseadmed. Automaatpinkidele ja -liinidele töötlemiseks saabuv valtsmetall, mille mõõtmised ja füüsikalised-keemilised omadused ei vasta sortimendile või mis ei ole vajalikult õgvendatud ja lõigatud, põhjustab tööpinkide purunemisi, enneaegset kulumist ning rikub nende häälestust.

Valu- ja sepatsehhide pneumaatiliste, hüdrauliliste ja elektromehaaniliste automatiseeritud seadmete töökindlusele mõjuvad tolmuohkus ja järsud temperatuuri kõikumised, mis kiirendavad kulumist ja häirivad juhtiva süsteemi täpset tööd.

Mitme lõiketeraga mitmepositsiooniliste automaatpinkide töö on ilma kulumise regulaatorite ja kompensatoriteta ning kiirestikulumise osade õigeaegset vahetamist tagavate seadmeteta vähetootlik. Automaatliinide töökindlus sõltub suurel määral koormamise viisist, operatsioonidevahelistest ülekoormustest ja liinisisestest transpordist ning samuti ka ajamite ja juhtimisaparatuuri häireteta tööst. Sageli seisavad automaatliinid just juhtiva süsteemi elementide rikete tõttu.

Vaatleme mõningaid seadmete töökindluse üldisi probleeme.

Rõhuv enamik tööstuse tootmismehhanisme käitatakse 0,6—100 kW võimsusega asünkroonmootoriga. Need mootorid tarbivad ligikaudu 40% kogu NSV Liidus toodetavast elektrienergiast. Kuid nende tööiga on väike: üle 20% nendest vajavad juba 3—4 aasta järel kapitaalremonti. Ligi 90% mootorite rivist

väljalangemise põhjuseks on halvast mähkimisest ja mittepiisavast immutamise kvaliteedist tingitud mähiste vigastused, isolatsiooni-materjalide madal kvaliteet, halvad avariirežiimide kaitsmed, valitud mootoritüüpide mittevastavus eksploatatsioonitingimustele ja muud taolised põhjused. Seetõttu on paljudes kaevandustes asutatud terved tsehhid kaevandustranspordi elektrimootorite ümbermähkimiseks.

Elektriamite paljude rikete põhjuseks on kontaktaparatuuri enneaegne kulumine. Kodumaiste vahelduvvoolukontaktorite garanteeritud mehaaniline kulumiskindlus on 5—10 miljonit töötükki, mõningatel välismaistel aga 30 miljonit töötükki. Tegelik töötüklite arv on aga ainult ligikaudu 20% garanteeritud. Kontaktide enneaegsete tõrgete peamiseks põhjuseks on hooletust valmistamisest tingitud purunemised.

Teekonna- ja lõpplülitite sagedased purunemised ja ebakindel töötamine on tohtu hulga avariide ning mitmesuguse tööstussisseade rivist väljalangemise põhjuseks.

Masinate töökindlust vähendab ka laagrite madal kvaliteet ja halb abrasiivkulumise ning ülekuumenemise vastane kaitse. Liugelaagrites kasutatakse vähe uusi, häid antifriksioonpaare moodustavaid sünteetilisi materjale. Ei toodeta kaasaegseid kõrgekvaliteedilisi liugelaagreid, sealhulgas ka kombineeritud, milliseid peavad välja laskma spetsialiseeritud ettevõtted. Veerelaagrite kandejõud ja liikide arv on mitteküllaldased. Nende nomenklatuur ei vasta masinaehituse nõuetele, mis sunnib kasutama mitte täiesti sobivaid tüüpsuursi. Puuduvad iseseaduvad laagrid, suurendatud kontaktpunktide arvuga radiaal-tugikuul-laagrid ja paljud teised.

Täiesti ebarahuldav on olukord määrdeainetega. Nende assortiment on äärmiselt kitsas ja kvaliteet madal. Toodetavad õlid ei vasta kaasaegsete masinate nõuetele, põhjustavad avariisid ja enneaegset kulumist ning on muutunud piduriks masinate edasisele arengule. Ei ole stabiilseid õlisid kõrgendatud viskoossusega, polaartingimustele vastavaid õlisid, õlisid, mis sisaldaksid lisandeid vajalike füüsikalise-keemiliste omaduste andmiseks sõltuvalt masinate otstarbest ja töötingimustest. Ebarahuldavalt toimub määrimine, vähe kasutatakse määrimist mahulise doseerimisega. Halvasti toimub õlipuhastus, paljudel masinatel ei ole peenpuhastust. Kõik see vähendab järsult masinate iga.

Õeldust on näha, et töökindluse probleem haarab laia ja mitmekesist küsimusteringi. Peatume mõnel neist lühidalt.

Mistahes seadme töökindlusele pannakse alus juba selle seadme idee tekkemomendil ning see sõltub paljudest teguritest, mis nõuavad efektiivset süstemaatilist kontrolli seadme projekteerimise, valmistamise ja eksploateerimise **kõikidel etappidel**.

Kõigepealt on väga oluline anda õige kriitiline hinnang otsinguliste uurimistöde käigus üleskerkinud tehnilistele ideedele.

Tuleb laial rindel arendada **teoreetilisi ja eksperimentaalseid uurimistöid kõigi töökindluse näitajate osas**, mis võimaldaksid leida kõige perspektiivsemaid lahendusi. Mitteküllaldaselt sügava teadusliku uurimistöö tulemuseks on sageli orgaaniliselt ebatöökindlad seadmed.

Välismaised firmad ei säästa raha uurimistööde finantseerimisel, kulutades selleks palju rohkem kui meie ettevõtted. Ilmselt on see kasulik. Uurimistööde ulatus ja hoogsus peab Nõukogude Liidus ja teistes sotsialismimaades olema suurem kui kapitalistlikes maa-ades, kuna sellest oleneb kogu tehniline progress.

Paljudel juhtudel ei võimalda uurimistööde killustamine paljude väikeste organisatsioonide vahel üheaegselt küllalt soliidset välja töötada ühe teatud suuna mitut tehnilist põhimõtet ja varianti, haarata sellesse töösse kaasa matemaatikuid ja ökonome, kasutada teoreetiliste oletuste kontrollimiseks numbrilisi ja analoogarvuteid, küllalt kiiresti läbi viia väljatöötatud printsiipide ja nendel põhinevate konstruktsiooniliste lahenduste võrdlusi ja vastavaid arvutusi. Probleemi killustamisel paljude väikeste organisatsioonide ja gruppide vahel on üldine lõppresultaat alati väiksem üksikute resultaate summast, kuna üksikud grupid alati mingil määral dubleerivad üksteist ja töötavad kooskõlastamatult. Ei ole juhuslik, et kõigis rahvamajandusharudes 30—85% teaduslike töid ja insenerlike lahendusi üksteist dubleerivad.

Luues ühes organisatsioonis paljude gruppide koostöökks vajalikud tingimused, võib lõppresultaat olla suurem üksikute liidetavate summast tänu kasulikele omavahelistele sidemetele ja vastastikusele inspireerimisele. Esimesel juhul, rääkides matemaatika keeles, on vektori üksikud komponendid alati omavahel faasis nihutatud (mõningad töötavad isegi vastufaasis), aga teisel juhul kõik vektorid ei ole mitte ainult samas faasis, vaid resulteeriv vektor võib tänu otse- ja tagasisidestusele olla suurem samafaasiliste vektorite summast.

Kuid ainult plaanide ja tööde koordineerimisest siin loomulikult ei piisa. Töökindluse ümber võib tekkida illusioon tööst, sagimine ja kõmu, kuid tõelist progressi ei tule seni, kuni see probleem ei kujune tugeva teadusliku uurimisinstituudi põhiliseks ja ainukeseks teemaks. Selline instituut tuleb luua ja tuua sinna tööle parimad spetsialistid.

See muidugi ei tähenda, et üksikud grupid paljudes tehastes ja vabrikutes ei ole vajalikud. See tähendab seda, et ainult nende gruppidega ei ole seda probleemi võimalik lahendada. On vajalik nii analüüs kui ka süntees.

Kavandatavate tehniliste seadmete kõrge töökindluse tagamiseks tuleb juba töö esimestel etappidel asjatundlikult kontrollida, kas on kasutatud eesrindlikke teooriaid ja arvutusmeetodeid, millega välditakse edaspidiseid ebaõnnestumisi.

Kõrge täpsusklassiga teaduslike aparaatide nomenklatuuri vae-

sus vähendab eksperimentaalsete tööde kvaliteeti ja muudab saadud tulemuste usaldatavuse kaheldavaks. Loodavate seadmete töökindluse tagamiseks tuleb laboratooriumid varustada täiuslike kateseadmetega.

Konstrueerimistööde kiirendamiseks, selle pidevuse ja minimaalse jõukulu tagamiseks tuleb projekteerimis- ja konstrueerimisbürood varustada kaasaegse tehnikaga ja arvutitega. Konstruksioonide staatiliste ja dünaamiliste karakteristikute ning projekteeritavate objektide tehnilis-ökonomiliste näitajate kontrollimiseks, mis aitaks juba varakult selgitada seadmete vajalikku töökindlust, on otstarbekas projekteerimis- ja konstrueerimisorganisatsioonid varustada elektronmudelitega.

Tõsiseks puuduseks on töökindluse põhjendatud normide ja standardite puudumine. See raskendab töökindluse näitajate arvesse võtmist konstrueerimisel ja takistab täpsete nõuete püstitamist projekteeritavatele seadmetele. Nende normide väljatöötamiseks tuleb uurida töökindluse tõstmise võimalusi ja selgitada fakte, mis võimaldaksid matemaatiliselt ennustada masina, aparaadi või riista tõrgeteta töötamise aega. Optimaalsete töökindluse tingimuste väljatöötamisel tuleb arvestada tehnilis-ökonomilisi kaa-lutlusi ja tehnoloogilisi võimalusi ning luua alus nõuete püstitamiseks iga uue tehnilise toote valmistamiseks.

Väga sageli on masinate madala töökindluse põhjuseks nende üksikute agregaatide, sõlmede ja detailide tööea suur erinevus. Näiteks traktoril MT3 on 39 erineva kulumisastmega detailide ja sõlmede gruppi, silokombainidel veelgi rohkem. Selline erinevus põhjustab masinate rivist väljalangemisi, suuri raha, metalli ja paljude defitsiitsete materjalide kulutusi.

Kulumist saab ühtlustada, kui teha kõik detailid **sama vastupidavusega**. Kuid see ei ole alati majanduslikult kasulik ja tehniliselt saavutatav, kuna paljudel juhtudel on mõnede osade liigne vastupidavus tingitud vajadusest tagada konstruktsioonide vajalik jäikus. Sellistel juhtudel on otstarbekam masina, aparaadi või riista optimaalse ea tagamiseks reglementeerida kulunud detailide vahetamine. Optimaalne iga tuleb määrata tehnilis-majandusliku analüüsi alusel, võttes arvesse nii füüsilist kui ka moraalset kulumist.

Tootmise tehnilise taseme ja toodete kvaliteedi tõstmisel on eriti suur tähtsus tööstuse **spetsialiseerimisel ja koopereerimisel** (eriti normaliseeritud detailide ja sõlmede tootmisel).

NLKP programmis on öeldud: «**Ettevõtete spetsialiseerimise ja koopereerimise arendamine ning samuti sõsarettevõtete otstarbekas kombineerimine** on üks tähtsamaid tehnilise progressi ja ühiskondliku töö ratsionaalse organiseerimise tingimusi. Ühetüübilise toodangu valmistamine tuleb koondada eelkõige spetsialiseeritud suurettevõttesse, nähes ette nende kõige ratsionaalsema paigutuse.»

Arendades komplekteeritavate toodete ning normaliseeritud detailide ja sõlmede tootmise spetsialiseerimist ning kooperaerimist, tuleb püüda selle poole, et spetsialiseeritud massilise toodanguga tehased saaksid konstruktoritöö täiustamise ja eksperimentaalsete uurimistöode keskusteks.

Paljude tehniliste seadmete üheks olulisemaks töökindluse näitajaks on nende **remonditavus**, s. o. kohandatus rikete ja tõrgete ennetamiseks, avastamiseks ja kõrvaldamiseks minimaalse aja ning vahendite kuluga. Suurtes seeriates toodetavate ja massiliselt kasutatavate masinate (näiteks autode) remontimine põhjustab töökindluse järsu langemise ja tagavaraosade ülekulu. Remondi kord ja perioodilisus tuleb kindlaks määrata juba seadme konstrueerimisel. Sealjuures tuleb ette näha ligipääs kõigi osade ülevaatuseks ja kulunud detailide kiire ning mugava vahetamise võimalus. Remondiprobleem peab olema pidevalt teaduslike uurimisasutuste ning konstrueerimis- ja projekteerimisorganisatsioonide vaateväljas. Neilt tuleb nõuda eesrindlikule tehnoloogiale ja ratsionaalsetele ning kaasaegsetele seadmetele tuginevaid teaduslikult põhjendatud normatiive ja soovitusi.

Projekteerimisel ja laboratoorsetes tingimustes saavutatud konstruktiivne töökindlus ei garanteeri veel reaalsele tootele samasugust tegelikku konstruktiivset töökindlust. Paljud konstruktsioonipeensused, mida joonistel ei ole võimalik arvesse võtta, avastatakse alles katseeksemplari valmistamisel. **Katseeksemplari igakülgne uurimine** mitmesugustel kriitilistel režiimidel ja võimalikel ebasoodsatel välistingimustel piisavalt täiuslike katseseadmete abil võimaldab leida paljusid konstruktiivseid puudujääke, mille kõrvaldamine suurendab töökindlust.

Järgnevad üksikute detailide ja sõlmede ning ka kogu konstruktsiooni **katsetamised spetsiaalsetel stendidel** kiirendatud meetoditega aitavad välja selgitada uusi konstruktiivseid töökindlust vähendavaid tegureid. Alles pärast nende kõrvaldamist võib valmistada näidiseksemplari konstruktsiooni lõplikuks viimistlemiseks.

Uut mudelit tuleb kontrollida ja lõplikult viimistleda tehases enne seeriaviisilisele tootmisele asumist. Sealjuures tuleb kontrollida mitte ainult töökõlblikkust, vaid ka töökindlust kestval töötamisel. Uute mudelite katsetamine ja eksperimentaalne viimistlemine on paljude teaduslike uurimisinstituutide ja konstrueerimisbüroode nõrgaks kohaks. Seetõttu esitatakse riiklikeks katsetusteks sageli viimistlemata näidiseid, mille katsetamise käigus tuleb muuta paljude tähtsate detailide ja sõlmede konstruktsiooni. Sealjuures aga siiski satuvad vahel seeriatootmisse viimistlemata masinad ning viimistlemine toimub alles tarbija juures.

Paljude tehaste juhtijad isegi püüavad sellist olukorda muuta seaduslikuks. Nad viitavad kaasaantavates instruktsioonides ja juhendites hulgale viimistlus-, kontroll- ja reguleerimisoperatsioonidele.

nidele, mida tarbija peab läbi viima pärast uue masina kättesaamist. Näiteks tehas «Ростсельмаш» soovib oma juhendis kombinini СК-4 enne eksploatatsiooni 70 tundi sisse sõita. Miks peab seda tegema tarbija, aga mitte tehas?

Tehastel peavad olema head **eksperimentaaltehnikad** täiesti kaas- aegse ja pidevalt uuendatava sisseseadega, mis võimaldaks kontrollida ja täpsustada projektis ettenähtud tootmistehnoloogiat, selleks et oleks võimalik rakendada uusimaid saavutusi töötlemise, seadistamise jne. alalt ning sel viisil kergendada ettevalmistusi massiliseks ja seeriatootmiseks. Lahutades tootmiseks ettevalmistatud näidise detailideks, sõlmedeks ja üksikuteks agregaatideks, saab eksperimentaaltehnika suhteliselt lühikese ajaga kontrollida kogu konstruktsiooni iga kava enne seda, kui saab valmis seade tervikuna. Sellise korra juures on võimalik konstruktsiooni **viimistlemine** kindlalt lõpetada juba katseksemplaril enne selle tootmise andmist.

Konstruktiiivne töökindlus on tihedalt seotud **tootmisliku töökindlusega**, mis tagab toote üldise töökindluse selle tööstuslikul valmistamisel. Uute tehniliste seadmete nõutavate omaduste säilitamine tööstuslikul tootmisel nõuab lähtetooraine ja -materjalide kvaliteedi stabiliseerimist ning antud töötlemisrežiimide ja tehnoloogilise distsipliini ranget säilitamist.

Et vältida mittepiisava kvaliteediga toorainete, materjalide ja komplekteerimisele kuuluvate detailide pääsemist tootmisse, on tehased sunnitud organiseerima nende kontrolli ja sorteerimist kohapeal, mida on kõige kindlam läbi viia ekspres-analüüsina pidevatoimeliste kontrollmõõteriistade ja sorteerimisautomaatide abil. Kõige otstarbekamad on sellised kontrollimis- ja analüüsivõimalused, mis põhinevad infrapunase, ultravioletse, röntgeni ja radioaktiivse kiirguse ning ultraheli, magnetdefektoskoopia ning teiste uusimate meetodite kasutamisel. Väga efektiivne on polarograafiline meetod, mis omab universaalsust ja suurt täpsust. Automaatne sorteerimine materjalide mõõtmete ja kvaliteedi järgi loob korra juba tehnoloogilise protsessi alguses.

Töötlemise käigus on praagi vältimiseks ja antud tolerantsidest kinnipidamiseks kõige kindlam kasutada pidevat automaatkontrolli otse tööpinkidel ja töötlevatel agregaatidel kontaktivabade (s. o. toodet mitte puudutavate) pneumaatiliste ja elektriliste andurite abil, mis mõjutavad juhtimissüsteemide täiturmehhanisme. Samuti on töötlemise käigus võimalik kontrollida toodete kvaliteeti, kasutades selleks magnetilisi, radioaktiivseid, induktsioon- ja teisi meetodeid.

Ebatöökindlate masinate, aparaatide ja riistade tarbijateni jõudmise vältimiseks on eriti oluline varustada tootmisest väljuvat mass- ja seeriatoodangut kontrollivad katsejaamad täiusliku sisseseadega. Kohmakad, mõõteriistadega üleküllastatud stendid, mis tingivad suurt ajakulu nii riistade jälgimisel kui ka näitude ana-

lүүsimisel, tuleb asendada arvutusseadmetega varustatud automaatsete katsemasinate ja analüsaatoritega, mis suudavad standardises vormis välja anda katsete lõplikud tulemused kõikide kontrollitavate näitajate kohta, märkides sealjuures täpselt kõiki kõrvalekaldumisi normidest ja fikseerides need tehnilistes passides. Need seadmed avastavad defekte detailide koostöös ja montaaži halba kvaliteeti, mille alusel toode vajaduse korral prakeeritakse.

Sellise kontrolli korral ei jõua praak tarbijani, millega välditakse tohutuid kadusid ja kahjumeid rahvamajanduses, mille põhjusteks on masinate ja seadmete töökatkestused ning enneaegne rivist väljalangemine, ning raskeid, inimohvritega seotud avariisid ja katastroofe. Osa sellisest kontrollitehnikast on meil juba loodud, suur osa on väljatöötamisel, kuid nende praktikasse juurutamine läheb lubamatult aeglaselt. On hädavajalik luua efektiivne süsteem, mis kontrolliks töökindlust tõstva uue tehnika kiiret juurutamist.

Toodete kvaliteedi ja töökindluse tõstmisel on peale automaatkontrolli rakendamise ja katsejaamade sisseseade täiustamise veel väga oluline kasutada statistilist kontrolli. Statistiline kontroll on tehnilise kontrolli kõige progressiivsem vorm. Ta võimaldab mitte ainult kontrollida toodangu kvaliteeti, vaid seda ka analüüsida ja mõjutada tootmisprotsessis. Statistiline kontroll aitab tootmist paremini organiseerida, kasutada täiuslikku tehnoloogiat ning tagada selle stabiilsust.

Tehniliste seadmete kõrge konstruktsiooniline ja tootmislik töökindlus väheneb märgatavalt nende ebaõigel säilitamisel, transportimisel ja kasutamisel; siin on meil juba tegemist **ekspluatatsioonilise töökindlusega**. Mittesobivates kohtades, tolmuses keskkonnas, vihma ja lume käes hoidmine ning lohakas, löökide ja põrutustega transportimine ei põhjusta igakord seadme purunemist ja rikkiminemist, kuid vähendab alati ja igal juhul nende ekspluatatsioonilist töökindlust. Säilitamiseks tuleb kasutada häid kaitsemäärdeid, hermeetilisi pakendeid, amortiseeritud ja soojustatud taarat, mõnede toodete korral aga spetsiaalseid laoruume ning transpordivahendeid. Igal juhul tuleb rangelt kontrollida kehtivate tehniliste seadmete transportimise ja hoidmise eeskirjade täitmist.

Masinate, aparaatide ja riistade kasutamine mitte antud otsarbel ja tingimustes põhjustab ootamatuid remonte ja enneaegseid rivist väljalangemisi. Tavaliselt on selle põhjuseks spetsiaalsete seadmete puudumine nomenklatuuris või turul, mis sunnib tarbijat rahulduma üldotstarbeks määratud seadmetega. Eriti hukutavalt mõjub see nende keeruliste seadmete töökindlusele, mille koosseisus leidub selliseid elemente. Sagedasteks häirete põhjusteks paljudel tootmisaladel on liigset tolmum, niiskust, soola, agressiivseid aineid ja gaase sisaldava ümbritseva keskkonna kah-

julik mõju, järsud temperatuuri kõikumised, vibratsioonid ja muud taolised tegurid, mis kutsuvad esile tavalise (mitte spetsiaalse) konstruktsiooniga elektrotehniliste ja muude komplekti kuuluvate seadmete purunemisi.

Keeruliste, eriti automaatsete, paljudest masinatest, aparaatidest ja mõõteriistadest koosnevate seadmete eksploatatsioonilise töökindluse tõstmiseks tuleb kasutada ainult spetsiaalseid, antud eksploatatsioonitingimustele vastavaid seadmeid.

Ekspluatatsiooniline töökindlus sõltub suurel määral ka õigest seadistamisest ja reguleerimisest, hooldamise regulaarsusest, eksploatatsioonimaterjalide kvaliteedist, plaaniliste profülaktiliste remontide korralikkusest ja nende tähtaegadest kinnipidamisest ning tehniliste seadmete õigest käsitlemisest, mille kohta peavad olema koostatud täpsed ühtlustatud eeskirjad.

Võitluses töökindluse tõstmise eest omab väga suurt tähtsust **süsteem, mis kogub ja analüüsib informatsiooni** tehniliste seadmete ja toodete käitumise kohta reaalses eksploatatsioonitingimustes. Sellele vaatamata on meil arveldus masinate, aparaatide ja mõõteriistade enneaegse rivist väljalangemise kohta organiseeritud halvasti, hankijatele ja tootjatele esitatud reklamatsioone riiklikus mastaabis ei analüüsita ega üldistata süstemaatiliselt.

Organisatsioonid, kelle ülesanneteks on uurida väljalastava toodangu tööstuslike katsetuste tulemusi ja eksploatatsiooni kogemusi, ei ole sageli võimelised vastama, milline on meil toodetavate tähtsamate seadmete töökindlus, miks see on mõnikord madalam kui analoogilistel välismaistel seadmetel, millised abinõud on vajalikud sellise ebanormaalse olukorra likvideerimiseks.

Sealjuures ei tohiks sotsialistlikus plaanimajanduses olla selle tööloigu otsustaval parandamisel erilisi raskusi; seda enam, et kogemused tehniliste seadmete töökindlust mõjustavate tegurite tsentraliseeritud arvelduse organiseerimisel on reas asutustes juba olemas. Nii näiteks on «Mosenergos» Kesk-Avarii-inspeksioon, mis registreerib ja uurib kõiki avariijuhtumeid Moskva ühendatud energiasüsteemis, aga NSVL Riikliku Plaanikomitee juures asuv inspeksioon üldistab ja analüüsib andmeid avariide kohta kõigis meie energiasüsteemides. Neid kogemusi tuleb levitada ka teistes rahvamajandusharudes.

Töökindlus, samuti nagu tehnilise seadme või toote mistahes teine kvaliteedinäitaja, ei ole saavutatav muidu, s. o. kulutusteta. Seetõttu on eriti tähtis välja töötada **toodete töökindluse suurendamise abinõude majandusliku efektiivsuse määramise teaduslikud meetodid** ja neid ka praktikas kasutada. Uute tehniliste seadmete projekteerimisel ja seejärel ka nende seeriatootmisel tuleb hoolsalt uurida selliseid tehnilis-majanduslikke näitajaid, nagu metalli hulk konstruktsioonis, materjalide, energia ja tööjõu kulu mitte ainult valmistamisel, vaid ka eksploatatsioonis. Samuti tuleb ka analüüsida masinate, aparaatide, riistade ja nende detailide lühi-

kesest tööeast ja vähesest töökindlusest põhjustatud kadusid ja kahjumit.

Kuid sellist tehnilis-majanduslikku analüüsi ei tehta kahjuks alati. Ja kui ka tehakse, siis ainult masinate, aparaatide ja riistade tootmise osas, jättes kõrvale eksploatatsiooni. Uue tehnika kasutamise majandusliku efektiivsuse määramine ainult tootmisega seotud kulutuste alusel ning nende eksploatatsioonikulude mitteamistamine põhjustab riigile tohutuid mittetootlikke kulusi.

Püüdes vähendada mingi masina valmistamiseks vajaliku metalli hulka, vähendavad tehased sageli seadme töökindlust. Masina töökindluse vähenemine põhjustab eksploatatsioonis sagedasemaid remonte ja sealjuures kulutatavate tagavaraosade hulga järsku suurenemist. Selle tulemusena ületab tagavaraosade valmistamiseks kuluv täiendav metalli hulk tunduvalt masina tootmisel kokkuhoitud metalli hulga.

Ei ole vajadust tõestada toodangu omahinna alandamise määratud tähtsust meie majanduse arengus. Kuid ka omahinna küsimusi ei või lahendada, arvesse võtmata toodete kvaliteeti ja töökindlust. Omahinna alandamine peab toimuma tootmise parema organiseerimise ja tehnoloogia täiustamise alusel. See ei tohi põhjustada toodangu kvaliteedi halvenemist, tööea ja töökindluse vähenemist.

Vahel aga just nii juhtubki. See on seotud **rahvamajanduse planeerimise ja tööstusettevõtete tegevuse hindamise süsteemi puudustega**. Kui toodangu suurendamise, tööviljakuse tõstmise ja omahinna alandamise arvulised näitajad kuuluvad rahvamajanduse plaani ning nad on lülitatud nende peamiste tehnilis-ökoonoomiliste näitajate hulka, mille abil hinnatakse iga ettevõtte tegevust, siis toodete töökindluse parandamist, mis määrab lõppkokkuvõttes nende toodete eksploatatsioonikulud rahvamajanduses, et lülitada planeerimissüsteemi, seda kellegi poolt ei arvestata ning see ei mõjuta millegagi ettevõtte tegevuse hinnanangut.

See loomulikult ei stimuleeri, vaid pidurdab ettevõtetes toodangu töökindluse ja tööea tõstmist. Toome konkreetse näite. Moskva tehases «Freaser» töötati välja abinõude plaan, mis pidi tagama toodetavate puuride vastupidavuse kahekordse suurenemise ja keermelõikurite ning keermepuuride vastupidavuse poolteisekordse suurenemise. Toodetava tööriista vastupidavuse suurendamine on samaväärne toodangu suurenemisega, kusjuures kulutused isegi vähenevad. Tööriista vastupidavuse suurendamisega kaasneb mõningane omahinna kasv. Kuid nende lisakulutuste tasuvusaeg on lühike ja riik hoiab kokku palju miljoneid rublasid. Järelikult selle plaani realiseerimise kasulikkus riigi seisukohalt on silmanähtav. Aga tehase seisukohalt? Tehas, kes annab riigile sellist suurt kokkuhoidu, mitte ainult ei saa selle eest kopikatki,

vaid talle ei tasuta isegi kulutusi, mis on seotud tööriista omahinna suurenemisega. Seega tehas saab toodangu kvaliteedi parandamise eest karistada!

Kõigi toodetavate masinate, aparaatide ja riistade töökindluse tõstmine ja optimaalse pikaealisuse tagamine on võimalik ainult siis, kui sellest on huvitatud iga neid seadmeid tootev ettevõtte ja kui ta huvid ka selles osas langevad kokku riiklike huvidega.

1964. a. augustis 15 Moskva Rahvamajandusnõukogu ettevõtet esinesid väärtusliku algatusega, mille kiitis heaks NLKP Keskkomitee. Nad kohustusid aastail 1964—1966 üle minema kõigi toodete kahjumita tootmisele ning saama sel teel täiendavaid vahendeid tootmise asendamiseks. Oma pöördumises kõigi Moskva tööliste poole nad kirjutavad: «Iga kollektiiv määras konkreetse tee selle vastutusrikka probleemi lahendamiseks, võttes arvesse toodangu kvaliteedi pidevat tõstmist.» (Minu sõnades — A. B.)

Selles algatuses on eriti väärtuslik ja väärrib laialdast levitamist selline riigi ja ettevõtete huvide ühendamine, kus iga toote rentaablus tagatakse koos pideva kvaliteedi ja töökindluse parandamisega, mis vähendab toote eksploatatsioonikulusid rahvamajanduses.

Partei programmis räägitakse: «Nõukogude ettevõtte toodangu kvaliteet peab olema märksa kõrgem kui paremates kapitalistlikes ettevõtetes. Selleks on tarvis rakendada ulatuslikke abinõusid, kaasa arvatud ühiskondlik kontroll, tõsta toodangu kvaliteedi näitajate osatähtsust planeerimises, ettevõtte töö hindamises, sotsialistlikus võistluses... On tarvis pidevalt parandada tehnilist normeerimist ning töötasu- ja premeerimissüsteeme, kontrollida rublaga töö hulka ja kvaliteeti...»

Meie majandusteadlaste tähtsaimaks ülesandeks on sellise planeerimise ja ettevõtte tootmistegevuse hindamise süsteemi organiseerimine, mis maksimaalselt võtaks arvesse toodangu kvaliteeti. Majandusteadlastel on aeg asuda nende kahjumite määramisele, mida saab rahvamajandus paljude toodete ebapiisava töökindluse tõttu, ja leida, mis läheb meile maksma selle üliolulise näitaja alahindamine. On tarvis kiiremini välja töötada masinate, aparaatide ja riistade sellised majandusliku efektiivsuse kriteeriumid, mis võtaksid arvesse töökindlust ja optimaalset tööiga, läbi mõelda vajalikud muudatused rahvamajanduse planeerimise ja ettevõtete tootmistegevuse hindamise süsteemis, mis stimuleeriksid toodangu kvaliteedi pidevat tõstmist.

Kahjuks tuleb tunnistada, et meie majandusteadlased reageerivad liiga aeglaselt sellele ülitähtsale riiklikule probleemile. Minu ees lebab raamat «Kui töötada ökonomikaga», mille on välja andnud kirjastus «Znanie» 1964. aastal. Raamatu maht on 15 trükipoognat. Ta sisaldab palju väärtuslikke ja huvitavaid materjale ja jutustusi mitmesuguste majandusküsimuste kohta. Kuid selles raamatus ei ole öeldud peaaegu ühtegi sõna töökindluse problee-

mist ega toodangu kvaliteedi tõstmise tohutust tähtsusest. Ja seda sel ajal, kui partei programmis rõhutatakse, et «...**toodangu kvaliteedi** süstemaatiline tõstmine on majanduse arengu kohustuslikuks tingimuseks».

Me oleme arvamusel, et majanduslik aspekt peab saama töökindluse kui teaduse tähtsamaks osaks. Vaevalt et praegu saaks keegi vastu vaielda võimalusele ja vajadusele luua uus teadusharu töökindlusest, mis, süstematiseerides ja üldistades materiaalsete fondide loomise ja ekspluateerimise praktilisi kogemusi mitmesugustes rahvamajandusharudes, võiks asendada teooriat ja anda konkreetseid soovitusi paljude tehniliste seadmete töökindluse tõstmise meetodika kohta.

Et tagada masinate, aparaatide ja riistade töökindluse tõstmist, tuleb kõigepealt välja selgitada need teaduslikud printsiibid ja tehnilised võtted, millele toetub **töökindlusega tegelev teadusharu**. Kõigil juhtudel, kui ei ole võimalik kindlaks määrata põhjuslikke seoseid nähtuste vahel ja nähtused ise esinevad massiliselt, on meil tegemist nõndanimetatud juhuslike suurustega. Seaduspärasusi, millele need alluvad, uurivad matemaatiline statistika ja tõenäosusteooria. Keerulise tehnilise seadme töökindluse näitaja sõltub paljudest omavahel seotud teguritest ja juhuslikest suurustest ning on seega tüüpiline statistiline parameeter. Seega peavad kõik töökindluse tõstmisele suunatud abinõud kõigepealt tuginema töökindlust mõjutavate tegurite statistilisele analüüsile. Arvesse tuleb võtta kõiki olulisi tegureid tehnilise seadme projekteerimisel, tootmisel, transportimisel, hoidmisel ja ekspluateerimisel.

Kasutades tõenäosusteooria ja matemaatilise statistika meetodeid, peab töökindluse teooria kindlaks määrama tõrgete tekkimise ja tehniliste seadmete ning nende elementide töövõime taastamise seaduspärasused, selgitama sisemiste ja väliste häiringute mõju seadmetes toimuvatele protsessidele. Ta peab looma alused töökindluse arvutamiseks ja tõrgete prognoosimiseks, aitama leida töökindluse tõstmise viise masinate, aparaatide ja mõõteriistade konstrueerimisel ja tootmisel ning vahendeid töökindluse säilitamiseks ekspluatatsioonil, andma meetodika töökindlust iseloomustavate statistiliste andmete kogumiseks ja analüüsiks. Töökindluse teooria olulisteks osadeks on tõrgete füüsikalise sisu uurimine ja teoreetiliste aluste väljaselgitamine töökindluse katsete läbi viimiseks kiirendatud korras, mis võimaldab lühikese ajaga hinnata toodete ekspluatatsioonilist töökindlust.

Töökindluse teooria kujunemisel on väga oluline ühtse, üldkasutatava terminoloogia kehtestamine. NSVL Teaduste Akadeemia Tehnilise Terminoloogia Komitee ning Raadiotehnika ja Elektroofonika Instituut andsid 1962. a. välja terminoloogia kogumiku, mis sisaldas 70 põhilist soovitatavat töökindluse teooria terminit raadioelektroonika alalt.

Kahtlemata oli see samm edasi, kuid ei kõrvaldanud vajadust

välja töötada töökindluse terminoloogiat, mis oleks sobiv kasutada ka teistes tootmisharudes, eeskätt masina- ja aparaadiehituses. Selline terminoloogia töötati välja NSVL Teaduste Akadeemia terminoloogia komisjoni ja Üleliidulise Teaduslik-Tehnilise Ühingu töökindluse ja kvaliteedi kontrollimise komitee poolt ja kinnitati 1964. a. Ei ole kahtlust, et ühtse terminoloogia kehtestamine aitab kaasa töökindluse tagamise nii teoreetiliste kui ka praktiliste ülesannete lahendamisel.

Tehniliste seadmete töökindluse tagamisel (nii nende loomisel kui ka ekspluateerimisel) on väga oluline **kaadri kvalifikatsioon**. Paljud teaduslikud töötajad, kes tegelevad uute masinate, aparaatide ja riistade loomisega, teavad sageli halvasti füüsika, keemia, mehaanika, aerodünaamika, elektrotehnika ja raadioelektronika tähtsamaid ja uusimaid saavutusi ning seetõttu loomulikult ei saa neid oma töös rakendada. Tänapäeval tehakse palju olulisi avastusi ja leiutusi erinevate teadusharude kokkupuutekohtades. Konstruktorite ja projekteerijate mitteküllaldased teadmised matemaatikas, majanduses ja kaasaegses tehnoloogias ning samuti suhteliselt kitsas spetsialiseerumine raskendavad sageli märgatavalt töökindlate ja majanduslikult efektiivsete konstruktsioonide väljatöötamist. Seadmete ebarahuldava töö põhjuseks on sageli ka ekspluatatsiooni- ja remondipersonali inseneriteadmiste ning üldise kultuuri madal tase.

Seetõttu tuleb märgatavalt parandada teadusliku, inseneritehnilise ja tööliste kaadri ettevalmistamist, andes neile teaduse ja tehnika tänapäeva tasemele vastavaid vajalikke teadmisi. Tuleb süstemaatiliselt tõsta kaadri kvalifikatsiooni seminaride, loengute ja näituste abil, organiseerida paremini töökindluse-alast teaduslikku ja tehnilist informatsiooni, viia tehniliste kõrgemate koolide ja tehnikumide õppeprogrammidesse töökindluse teooria kursused.

Väga vajalikud on vastavad õpikud ja käsiraamatud erineva kvalifikatsiooniga töötajatele, kes vastutavad toodangu töökindluse tõstmise eest. Otstarbekas on laialdaselt levitada töökindluse-alaste nõupidamiste ja konverentside materjale. Kaalumisel on spetsiaalse töökindluse ajakirja väljaandmine.

Kahjuks leidis töökindluse teooria ja praktika meie kõrgema ja kesk-erihariduse süsteemi õppeplaanides kuni viimase ajani väga nõrka kajastumist. Ainult mõnes üksikus õppeasutuses loeti töökindluse teooriat ja sedagi fakultatiivselt.

Ei ole mõtet nõuda, et kõigil tehnilistel erialadel loetaks tervet iseseisvat töökindluse teooria kursust, jätkub spetsiaalsetest osadest projekteerimise ja tehnoloogia kursustes. Kuid kindlasti on vajalik töökindluse teooria matemaatiliste aluste kursus, mis haaraks tõenäosusteooriat ja matemaatilist statistikat.

On tekkinud terav vajadus standardiseerimise kursuse järele kõigis tehnilistes õppeasutustes, nagu see on olemas paljudes

välisriikides. Sel juhul oleksid otstarbekad standardiseerimise ja toodangu kvaliteedi kontrolli aluste kursused.

Käesoleval ajal organiseerivad kaadrite töökindluse alast väljaõpet ja täiendamist peamiselt **ühiskondlikud organisatsioonid**. Ja peab tunnistama, et selles osas tehakse esmajärjekorras Üleliidulise Teaduslik-Tehnilise Ühingu töökindluse ja kvaliteedi kontrollimise komitee poolt suurt ja kasulikku tööd nii vastavate seminaride organiseerimisel kui ka töökindluse-alase kirjanduse väljaandmise hoogustamisel. Eriti tuleb alla kriipsutada töökindluse ja toodangu kvaliteedi kontrollimise Moskva seminari osa, mis juba viiendat aastat järjest peab regulaarselt üks kord nädalas loenguid Lomonossovi-nimelises Moskva Riiklikus Ülikoolis ja Üleliidulise Ühingu «Znanie» Kesklektoriumis. Nimetatud seminar on muutunud üleliiduliseks, kuna selle loengutest võtavad pidevalt osa 100 kuni 300 maa teistest linnadest Moskvasse sõitnud spetsialisti.

Spetsiaalselt tahaks ära märkida seminari juhtijate — Ukraina Teaduste Akadeemia liikme B. V. Gnedenko, tehniliste teaduste doktori J. B. Šori ja inseneri J. M. Sorini suurt ning tänuväärset tööd, kes on kulutanud palju aega ja jõudu, et muuta seminarid-konsultatsioonid toodangu kvaliteedi ja töökindluse tõstmisega küsimustega tegelevatele teaduse ja tööstuse töötajatele võimalikult efektiivseks.

Peale selle töötab Moskvast NSVL TA Küberneetika Teadusliku Nõukogu Töökindluse Sektsiooni juures regulaarselt veel üks seminar, mida juhatab akadeemik H. G. Grujevitš. Sellel seminaril vaadeldakse mitmesuguseid töökindluse ja täpsuse probleemiga seotud küsimusi, eriti neid, mis kuuluvad masinaehituse valdkonda. Seminari tööst võtavad osa Moskva teadusliku uurimise instituudi ja konstrueerimisbüroode paljud töötajad. Tähelepanu, mida endale tõmbavad töökindluse seminarid Moskvast ja teistes linnades, kinnitab ainult seda, et need küsimused peavad tingimata leidma sügava kajastuse kõrgema ja kesk-erihariduse kogu süsteemis.

Ühiskondlike organisatsioonide initsiatiivil on viimasel ajal välja antud terve rida töökindlust käsitlevaid populaarteaduslikke raamatuid ja brošüüre, millest tahaksin nimetada kirjastuse «Znanie» väljaandel 1964. a. ilmunud J. M. Sorini ja A. V. Lebedevi raamatut «Vestlusi töökindlusest».

Raamat haarab kogu töökindluse probleemi juurde kuuluvat põhiküsimuste ringi, on kirjutatud lihtsalt, huvitavalt ning aitab kahtlemata kaasa töökindluse probleemi õigele mõistmisele ja selle edukale lahendamisele.

Rääkides töökindluse küsimusi käsitlevast kirjandusest, tuleb eriti esile tõsta 1964. a. lõpus ilmunud venekeelse kogumiku «Küberneetika kommunismi teenistuses» teist osa, millises käsitletakse töökindluse küsimusi. Enamik artikleid on teoreetilise

iseloomuga ja nende eesmärgiks on praktikas üleskerkivate probleemide uurimismetoodika väljatöötamine.

Kogumik on jagatud kuueks osaks: ülevaateartiklid, töökindluse tõstmise meetodid, mitmesugused töökindluse teooria küsimused, sündmuste voogude uurimine, järjekorrateooria, matemaatiline mudeleerimine elektronarvuteil.

Kuivõrd kogumiku artiklid on kirjutatud erineva teadusliku suunitlusega autorite — inseneride ja matemaatikute poolt, siis on artiklite iseloom, uurimise alla võetud füüsikalised skeemid ja hüpoteesid, tööde matemaatiline läbitöötlus järsult erinevad. Mõned artiklid tunduvad lugejatele väga keerulised.

Selle kogumikuga tutvumine oleks huvitav ja kasulik kõigile, kes tõsiselt tegelevad töökindluse ja kvaliteedi küsimustega.

1964. a. lõpus ilmus kirjastuse «Sovetskoje radio» väljaandel samuti väga huvitav ja sisukas raamat «Töökindluse teooria alused ja raadio-elektrontechnika eksploatatsioon», mille on kirjutanud N. A. Šišonok, V. F. Repkin, L. L. Barzinski.

Töökindlusalase kirjanduse hulk ei kasva mitte üksnes meil, vaid ka välismaal. On huvitav märkida, et USA-s anti ainult 1962. a. välja üle 300 töökindluse tagamise teooria ja praktika erinevaid küsimusi käsitleva töö.

Paljud neist on ka meil tõlgitud. Viimastest tõlketest väärrib tähelepanu D. Lloyd'i ja M. Linovi raamat «Töökindlus», mille andis välja kirjastus «Sovetskoje radio». Raamat haarab laia küsimuste ringi ning on kahtlemata kasulik ka nõukogude lugejatele.

Töökindluse probleem on endiselt **välismaiste teadlaste ja spetsialistide** huvi keskpunktis. Huvitav on töökindluse teooria arengu etappideks jagunemine USA-s. Tinglikult eristatakse nelja etappi: 1930.—1940. a. — standardite väljatöötamine; 1940.—1950. a. — toodangu kvaliteedi statistiliste kontrollimismeetodite väljatöötamine; 1950.—1960. a. — elementide töökindluse süstemaatiline uurimine; alates 1960. a. uuritakse süsteemide töökindlust alates projekteerimisest ja lõpetades eksploatatsiooniga.

Töökindluse probleemile pööratavast suurest tähelepanust USA-s annavad tunnistust iga-aastased rahvuslikud töökindluse sümposioonid. Kui esimestel sümposioonidel piirduti peaaegu eranditult raadioelektronika aparatuuri töökindluse probleemidega, siis viimaste sümposioonide tööst on hakanud üha laiemalt osa võtma ka masinaehitusega, aparaadiehitusega jne. tegelevad inseneride ühingud. 1964. a. jaanuaris Washingtonis peetud kümnenda sümposiooni ettekannete hulgas oli ka ettekanne «Massiliselt toodetavate laiatarbekaupade töökindlus».

Samuti kui eelmistel sümposioonidel, nii ka kümnendal sümposioonil pühendati palju tähelepanu töökindluse tõstmisega seotud majanduslike näitajate optimeerimisele. Rõhutati, et kõrge töökindlus tuleb saavutada kõige ökonoomsemate vahenditega.

Õhujõudude esindaja ettekandes pöörati tähelepanu sellele, et raadioelektronika seadmete mitteküllaldase töökindluse tõttu ületab nende remondi maksumus kogu eksploatatsiooni vältel 12-kordselt esialgse ostuhinna. Seoses sellega pöörati palju tähelepanu aparatuuri remondisobivusele. Sümpoosionil töötas remondisobivuse sektsioon, kus kuulati rida spetsiaalseid ettekandeid.

Teatati, et rida USA firmasid on andnud töökindluse gruppidele õiguse katkestada toodangu väljalaskmine, kui osutub vajalikuks rakendada täiendavaid abinõusid töökindluse tõstmiseks.

Huvi pakkus õhujõudude esindaja teadaanne laialdase side-liinide võrguga tsentraalse töökindluse teenistuse organiseerimisest, mis tagab rikete kohta käiva informatsiooni kogumise ja töötlemise lühima aja vältel. Ühtlasi antakse see informatsioon edasi ka rikete likvideerimisest huvitatud ettevõtjaile.

Samuti nagu eelmistelgi sümpoosionidel pöörati suurt tähelepanu töökindluse prognoosimisele ja tõrgete põhjuste väljaselgitamisele.

Kümnes sümpoosion näitas, et töökindluse probleemi peetakse USA-s, nagu teisteski eesrindlikes maades, eriti oluliseks.

Sellest annavad tunnistust ka paljud mitmesuguste USA firmade poolt läbiviidud tööd. Ühte sellist on kirjeldatud ajakirja «Computers and automation» 1964. a. juulikuu numbris.

Chrysleri korporatsiooni kolmes montaažitehases on antud eksploatatsiooni uus kvaliteedi kontrollisüsteem, kus kasutatakse elektronarvuteid. Selles süsteemis, mida nimetatakse «dünaamiliseks kvaliteedikontrollimise süsteemiks», kasutatakse igas ettevõttes arvutuskompleksi IBM-1710 ja alginformatsiooni kogumise aparatuuri IBM-357. Kompleks IBM-1710, mis saab kodeeritud informatsiooni montaažliini sõlmpunktidesse asetatud aparaatidelt IBM-357, esitab tehase juhtkonnale aruande montaaži kvaliteedi kohta minimaalse hilinemisega — see on praktiliselt montaaži käigus.

Chrysleri korporatsiooni asepresidendi Glassfordi avalduse kohaselt võeti «kvaliteedi elektroonne kontroll» 1965-ndast aastast alates kasutusele korporatsiooni kõigis montaažitehastes.

Mida see süsteem endast kujutab? Auto saabumisel kontrollsõlme viivad TKO kontrolörid läbi hoolsa kontrolli, selgitavad, kas kõik detailid on kohale asetatud ja töötavad vastavalt tehnilistele tingimustele. Kontroll on nii täpne, et juba mingi üliväikese kruvi mitteküllaldast kinnikeeramist vaadeldakse juba defektina. TKO kontrolörid märgivad defekti kogu montaaži käiku peegeldavale kaardile, tõmmates joone alla vastavale kaardil asuvale koodile. See informatsioon antakse tsentraalses juhtimispunktiis olevale arvutile. Arvuti informeerib defektist selle parandamiseks määratud süsteemi juba enne seda, kui auto jõuab montaažliini järgmisele lõigule.

Samaaegselt saadab arvuti signaali sellesse lõiku, mille töös

avastati defekt. See võimaldab defekti likvideerida tekkimiskohas ja defektid parandatakse enne, kui nad hakkavad laialt levima.

Uus süsteem tõstab märgatavalt kontrollimise kiirust ja operatiivsust. Ta tagab päevas 30 000 detaili defektide parandamise, kusjuures üheaegselt monteeritakse 2000 autot.

Süsteem on niivõrd efektiivne, et ta mitte ainult ei kontrolli kõikide monteeritavate autode kvaliteeti, vaid talletab montaaži-defektid endale mällu, kontrollib montaažiini lõpus, kas need on kõrvaldatud, ning teatab ühtlasi kõigest sellest montaažiini vastutavale töötajale ning korporatsiooni TKO-le ja keskjuhatusesele.

Korporatsioon kinnitab, et süsteem «ei unusta kunagi ühtegi autot», mis on tema tehastes monteeritud.

TOODANGU KVALITEEDI EEST VÕITLEMISE TÄHTSAIMAD KÜSIMUSED

Töökindluse probleemis ei saa küsimusi jaotada olulisteks ja mitteolulisteks. Toote töökindlusele võivad mõjuda konstruktori ja projekteerija vead, tehnoloogilise distsipliini rikkumine tootmisprotsessis, eksploatatsioonipersonali mitteküllaldane kvalifikatsioon jne.

Masinate, aparaatide ja riistade väljatöötamisel, valmistamisel ja kasutamisel saab alati leida abinõusid, mis suudavad kaasa aidata töökindluse tõstmisele. Enamik neist abinõudest on hästi tuntud ja leiavad kasutamist teaduslikes uurimisinstituutides, konstrueerimisbüroodes ning tööstusettevõtetes. Millega siis seletada, et ülikvaliteetsete toodete kõrval, mis märgatavalt ületavad välismaiste firmade parimad näidised, lasevad meie ettevõtted veel sageli välja madalakvaliteedilisi, halva töökindlusega ja lühikesee tööeaga tooteid?

Kuni viimase ajani meil puudus range, läbimõeldud süsteem võitluseks toodete kõrge kvaliteedi ja töökindluse eest. Loomulikult nii töölised ise kui ka konstruktorid, tehnoloogid, tehnilise kontrolli osakonna töötajad ja ettevõtte ühiskondlikud organisatsioonid võitlesid toodangu kvaliteedi tõstmise eest. Kuid iga grupp tegutses iseseisvalt, teistest eraldi; nende pingutused ei olnud ühendatud ega kooskõlastatud ja seetõttu on loomulik, et selline võitlus ei andnud sageli vajalikku efekti ega saavutanud püstitatud eesmärki.

Nüüd on selline rangelt läbimõeldud ja teaduslikult põhjendatud süsteem, mis ühendab kõigi osavõtjate ja tootmislülide pingutused, loodud. See on Saraatovi masinaehitustehastes loodud **süsteem defektideta toodangu valmistamise organiseerimiseks** ja selle üleandmiseks TKO-le või tellijale esimesel esitamisel.

NSVL rahvamajandusnõukogu ja NLKP Keskkomitee Vene NFSV büroo on selle süsteemi heaks kiitnud ja soovitanud laialdaselt levitada kõigis tööstusettevõtetes. Praegu töötavad selle süsteemi järgi juba mitmed sajad tehased kõikidest rahvamajandusharudest ja nende arv päev-päevalt kasvab.

Selle nn. saraatovlaste süsteemi sisust ja põhiteesidest on juba palju kirjutatud ajalehtedes ja ajakirjades ning seetõttu me sellel siin üksikasjaliselt ei peatu. Kuid milles siiski peitub saraatovlaste süsteemi tohutu edu ja suure efektiivsuse põhjus?

Süsteem kujutab endast omavahel tihedalt seotud ja üksteisest sõltuvate organisatsiooniliste, insener-tehniliste ja kasvatuslike abinõude kompleksi. Süsteemi põhi- ja lähtealuseks on iga töölise otsene vastutus tema poolt antava toodangu kvaliteedi eest, sest mistahes masinate, aparaatide ja riistade ekspluateerimist, tööstuslikku tootmist ja projekteerimist juhib inimese loov töö. Selle loova töö kvaliteedist sõltub esmajoones toodete kvaliteet ja töökindlus.

Seega kui meil õnnestuks saavutada teaduslike uurimisasutuste, projekteerimisorganisatsioonide ja konstruksioonibüroode iga töötaja, iga tööstuslikust tootmisest osavõtja töö kõrgema kvaliteeditaseme, kui me suudaksime tagada, et tooteid loovate inimeste mitmekülgses töös kunagi ei esineks loova mõtte mahajäämist teaduse ja tehnika tänapäeva tasemest ega defekte ning vigu, olekski saavutatud väljalastavate toodete kõrgeim kvaliteet kui kollektiivse defektideta töö summaarne resultaat.

Kuid kuidas hinnata iga töölise töö kvaliteeti? Kuni siiani puudus selleks lihtsad ja veenvad näitajad. Saraatovlaste süsteemi suur eelis ja teene seisnebki eelkõige selles, et ta annab arvulise, väga lihtsa ja sealjuures kujuka näitaja iga töölise töö kvaliteedi hindamiseks: selleks on töölisele usaldatud töö sooritamine ilma defektideta.

Selle näitaja tähtsus seisneb selles, et ta on kõige üldisema iseloomuga, et ta on ühte viisi kasutatav mitte ainult tootmises, kus ta väljendub defektideta toote valmistamises ja selle üleandmises esimesel esitamisel, vaid ka teaduslike uurimisasutuste, projekteerimis- ja konstrueerimisorganisatsioonide töös, kus ta tagab tehnilise dokumentatsiooni ja katseeksemplari defektideta valmistamise, ning ka ekspluatatsioonis, kus ta peab vältima vigu ja defekte teenindava personali tegevuses.

Tänu kõigele sellele levib saraatovlaste süsteem kiiresti mitte ainult laiuti, vaid ka sügavuti, s. o. hakkab üha järjekindlamalt juurduma teaduslike uurimisasutuste ja projekteerimis- ning konstrueerimisorganisatsioonide tööpraktikasse.

Kuigi tehnilise dokumentatsiooni väljatöötamise defektideta süsteemi efektiivsust on elu veenvalt kinnitanud, leidub veel üksikuid teaduslike uurimisasutuste ja konstrueerimisorganisatsioonide juhtijaid, kes on selle süsteemi juurutamise vastu. Sellised

inimesed tahes-tahtmata osutavad oma loomingu- lisele kollektiiv- vile karuteene, asetavad ennast uue vastaste, tehnilise distsipli- neerimatus ja kirjaoskamatus, lohakuse ning vastutustundetuse apologetide positsioonile, mis mõjub hukutavalt projekteerita- vate toodete töökindlusele ja eale. Nii naljakas kui see ka ei ole, kuid selline seisukoht leiab ka mõningate ettevõtete juhtijate toet- tust, kes loevad ebaküpsete konstruktsioonide viimistlemist teha- ses mingiks fataalseks paratamatuseks.

Kõik süsteemis kavandatud abinõud — iga töötaja otsene vas- tutus tema töös esineva defekti eest, töötajate kvalifikatsiooni tõstmine, tootmis-tehnilise baasi täiustamine jne. on suunatud sel- lele, et luua igale töötajale tingimused kvaliteetseks tööks ja seega tagada tema poolt antava toodangu kõrge kvaliteet.

Süsteem kasvatab igas töötajas isiklikku vastutust ja tõeliselt kommunistlikku töössesuhtumist. Samuti aitab ta kaasa tootmise järjekindlale täiustamisele ja paremale organiseeritusele.

Hiljuti oli mul juhus viibida terves reas Saraatovi ja Pensa ettevõtetes, kus juurutatakse defektideta toodangu valmistamise organiseerimise süsteemi. Vesteldes vahetult töölistega, konstruk- toritega, tehnoloogidega, partei ja ametiühingu töötajatega, ette- võtete ning rahvamajanduse nõukogude juhatajatega, tutvudes isiklikult ettevõtete tööga, ma veendusin, kui sügavalt muudab uus süsteem tootmise käiku, millised tohutud positiivsed tulemu- sed sellega kaasnevad. Uue süsteemi juurutamisel hakkas kõigis neis ettevõtteis toodangu kvaliteet kiirelt ja pidevalt kuust-kuusse kasvama.

Süsteem on auga vastu pidanud tegeliku elu kontrollile ja tema osa meie tööstuse toodangu kvaliteedi ja töökindluse tõstmisel on raske ülehinnata.

Häid tulemusi on selle süsteemi alusel töötades saavutanud üks meie maa suuremaid ja eesrindlikumaid ettevõtteid — Riia tehase VEF. Juba esimese seitsme kuu jooksul saavutati teatud edu. Järsult vähenes TKO poolt mitte vastuvõetud toodangu hulk ja samuti ka tarbijate reklamatsioonide arv. Suurenes tootmisdistsipliin. Süsteemi juurutamine mõjub kasvatavalt nii tehase juhtkon- nale kui ka töötajatele. Defektideta toodangu hulk, mis võeti TKO poolt vastu esimesel esitamisel, oli: radiolad «Latvija» 1963. a. lõpus 87%, 1964. a. keskel 90%; raadiovastuvõtja «Spidola» vas- tavalt 33% ja 73%; numbrivalijad — 55% ja 85%; telefoni-auto- maatjaamad — 77% ja 92%. Käesoleval ajal laiendatakse süs- teemi kasutamist ka teistele tehase osakondadele.

Sellised tulemused on iseloomulikud enamikele ettevõtteile, mis töötavad saraatovlaste süsteemi alusel.

On iseloomulik, et uus süsteem ei sündinud mitte «üleval», Riikliku Plaanikomitee või ministeeriumide kabinetides, vaid «all», otseselt tootmises.

Saraatovlaste süsteemi suureks eeliseks on, et ta ei välista või-

malust kasutada kõike uut ja väärtuslikku, mis sünnib kvaliteedi eest peetava võitluse käigus ning võimaldab seda täielikult kasutada.

Sõidul Gorkisse oli mul võimalus veenduda, et mõningates linna ettevõtetes kasutatakse juba mitu aastat keeruliste masinate ja agregaatide tootmise tehnoloogilise protsessi kontrollimisel ning juhtimisel raadioelektronikat. Suurt hulka mitmesuguseid raadioelektronika põhimõtetal ehitatud katsestende kasutatakse efektiivselt toodete viimistlemise ja seeriatootmise etappidel. See kõik on terve rea ettevõtete kollektiivide mitmeaastase suure loomingu- lise töö tulemus.

Gorkilased on välja töötanud oma süsteemi kvaliteedi ja töö- kindluse tagamiseks alates juba seeriatoodangu esimestest toodetest. Süsteem kannab lühendatud nime «Канарспи».¹ Milles seisneb selle süsteemi olemus?

Ükskõik kui hoolsalt ka ei projekteerita ega viimistleta nädis- eksemplare, ilmnevad paljud puudused alles kestval ekspluateeri- misel. Seetõttu tuleb sageli viimistlemist jätkata juba seeriatoot- mise käigus. Selline viimistlus võib kesta aastaid ja põhjustada suuri mittetootlikke kulutusi, ja mis peamine — asjatut ajakulu.

Gorkilaste süsteemi peamiseks ülesandeks ongi sellise viimist- lusperioodi maksimaalne lühendamine ja toodetavate masinate, aparaatide ning riistade stabiilse töö tagamine alates juba esimes- test eksemplaridest.

Suurt tähelepanu pööratakse selles süsteemis ekspluatatsiooni- listele katsetustele, mis peavad ennetama seeria väljalaskmist. Sellised katsetused võimaldavad välja selgitada ja kõrvaldada kõik konstruktsioonilised ja tehnoloogilised puudused ning väldi- vad nende tungimist seeriatoodangusse.

Kasutades suuremat osa saraatovlaste süsteemi printsiipe, hõl- mab süsteem «Канарспи» laialdast küsimuste kompleksi alates toodete konstruktsiooni täiustamisest ja lõpetades nende eksplua- teerimise tehnilise taseme tõstmisega.

Mõni sõna pideva planeerimise novotšerkasski süsteemist ja teiste linnade väärtuslikest kogemustest. Moskva tehase «Mano- metr» initsiatiiv, kes esimesena partei XXII kongressi eel võttis endale kohustuse tunduvalt tõsta tema poolt väljalastava too- dangu töökindlust ja kasutamisiga, mille partei Keskkomitee heaks kiitis, levis üle kogu maa. Võitlusesse töökindluse tõstmise eest haarati kaasa laiad tööliste, konstruktorite, tehnoloogide mas- sid. Viimaste loominguline aktiivsus viis selleni, et kohtadel tehti toodete kvaliteedi tõstmiseks palju uusi hinnalisi ettepanekuid ja algatusi.

Üldiselt tunnustatud ja laialt levinud on Novotšerkasskis välja töötatud tootmise pideva operatiivplaneerimise süsteem. Selle

¹ Lühend tähendab «качество, надежность и ресурс с первого изделия».

kasutamine tagab tootmise parema organiseerituse ja ettevõtte rütmilise töö ning aitab seega kaasa toodangu kvaliteedi tõstmisele.

Huvitav on Rjazani Elektrilambitehase algatus. Seal on töötasu viidud sõltuvusse valmistoodangu väljalaskmisest. Selle tulemuseks on kõigi tööliste kollektiivne huvitatus iga üksiku töölise töö kvaliteedist.

Tööstustoodangu töökindluse tõstmise ülesande lahendamisel on palju ära teinud leningradlased, jaroslavlased, volgogradlased ja teiste linnade töötajad.

Hoolikas tutvumine nii saraatovlaste süsteemiga kui ka Gorkis ja teistes linnades välja töötatud süsteemide ja ettepanekutega viib järeldusele, et saraatovlaste ja gorkilaste süsteemide alusel tuleb luua ühtne kompleksne toodangu kvaliteedi tagamise süsteem, mida peale igakülgset ja laialdast arutamist tuleb soovitada üldiseks juurutamiseks.

Erinevatel aladel läbiviidavad tööd, mis käsivad töökindluse, tööea ja tööstustoodete teiste kvaliteedinäitajate parandamist, tuleb ühendada ühise nimetuse alla «kvaliteedi juhtimise teaduslik organiseerimine».

Sellise teadusliku organisatsiooni väljatöötamisel tuleb kasutada viimaste aastate kogemusi tööstustoodete kvaliteedi ja töökindluse tõstmisel ning tootmise organiseerimisel, mis on saavutatud Moskva, Leningradi, Volgogradi, Jaroslavli, Novotšerkasski ja Rjazani ettevõtetes.

Seega on meil olemas sellise süsteemi alused, mis suunaksid konstruktoreid ja tootmiskollektiive kõrgekvaliteedilise ja suure töökindlusega toodangu väljalaskmisele. Kuid ainult sellest ei piisa töökindluse probleemi lahendamiseks. On vajalik toodangu kvaliteedi kontrollimise ja organiseerimise üldriiklik süsteem. Seoses sellega tuleb peatuda Riikliku Standardite Komitee töö, mille tohutut tähtsust meil kahjuks küllaldaselt ei osata hinnata.

Viimastel aastakümnetel on eesrindlikes tehnikamaades pööratud väga suurt tähelepanu **standardiseerimisele**. Sellesuunalised tööd toimuvad enamasti kõrgemate valitsemisorganite vahetul juhtimisel. Paljudes maades on välja antud seadused ja määrused, mis reglementeerivad ja määravad standardiseerimise edasise arengu. Standardiseerimist peetakse oluliseks teguriks toodangu kvaliteedi ja tootmise efektiivsuse tõstmisel ning tooraine kasutamise reguleerimisel. Paljudes maades on kehtestatud standardse toodangu riiklikud märgid, mis garanteerivad selle kvaliteetsuse.

Eriline tähtsus on standardiseerimisel sotsialistliku majandussüsteemi tingimustes. Majanduse ja tehnika areng sotsialismileeri maades on viimaseil aastail lahutamatu seotud suure standardiseerimisalase tööga.

Nii näiteks anti Saksa Demokraatlikus Vabariigis juba 1954. a. välja valitsuse määrus riiklike standardite kehtestamise ja stan-

dardiseerimisalaste tööde kohta. 1963. a. anti välja määrus tööstustoodangu kvaliteedi parandamise ja tehnilise kontrolli organiseerimise kohta.

Ungari Rahvavabariigis kehtestati 1959. a. valitsuse määrus standardiseerimise parandamise kohta, 1960. a. anti välja «Dekreet metroloogia seadusandlusest», 1963. a. — dekreet toodangu kvaliteedi kontrolli ja standarditest kinnipidamise kohta.

Nüüd, kus me viime ellu kommunismi materiaalse tehnilise baasi loomise programmi, omandab standardiseerimine eriti suure tähtsuse. Ilma standardiseerimiseta ei ole mõeldav kiirendatud tehniline progress ega ka tootmisprotsesside automatiseerimine ja mehhaniseerimine.

Standardiseerimise üheks tähtsaimaks ülesandeks on toodangu kvaliteedi tõstmine. Standardiseerimise peamiseks eesmärgiks peab olema toodete kvaliteedi, töökindluse ja pikaealisuse tõstmine.

Kahjuks aga ei vasta standardiseerimise mastap ja tase meie rahvamajanduse nõuetele. Ei saa nõustuda Riikliku Standardite Komitee esimehe V. V. Boitsoviga, kes korduvalt juhtis tähelepanu reale olulistele puudustele standardiseerimisel. Näiteks puudub seniajani ühtne tehniline dokumentatsioon, mis võimaldaks kehtestada ühtsed toodangu kvaliteedinäitajad ja karakteristikud ja nendeni ka jõuda. See põhjustab lubamatuid erinevusi toodangu kvaliteedis, pidurdab tootmise rütmilist ja plaanipärast arengut, takistab töökindla ja vastupidava toodangu väljalaskmist.

Riiklikud standardid ei oma veel juhtivat osa toodangu kvaliteeti, töökindlust ja iga määravas dokumentatsioonis. Käesoleval ajal kehtib Nõukogude Liidus toodangu tohtu nomenklatuuri juures ainult 9 tuhat riiklikku standardit. Mõningate toodanguliikide (eriti igasugused toorained ja materjalid) kõrval, mis on enamikus haaratud standarditega, on paljud toodanguliigid, eriti uutes kiirelt arenevais tehnikaharudes nagu keemia, raadioelektronika, automatiseerimisvahendid ja elektronarvutustehnika, standarditega täiesti haaramata või on haaratud ainult tühine osa. Samal ajal nende harude toodangu kvaliteet on paljudel juhtumitel selleks otsustavaks teguriks, mis määrab tehniliste seadmete ja süsteemide töökindluse ja ea.

Aasta-aastalt leiavad rahvamajanduses üha laiemat kasutamist mitmesugused plastmassid. Kuid standardid haaravad neist ainult 40%. Nõrgalt on riiklike standarditega haaratud ka tähtsaimad masinaehitusharud. Standardid ei haara põhilise soojusenergeetilise sisseseade (aurukatlad, auruturbiinid), raudtee veereva koosseisu (elektri- ja auruvedurid), rea ehitusmasinate, kaevandus- ja rikastamiseadmete katsetamise nõudeid ja metoodikat.

Uute standardite kehtestamise tempo ei rahulda meie rahvamajanduse vajadusi ja ei vasta aja nõuetele. Piisab, kui öelda, et Nõukogude Liidus kehtestatakse iga aasta ainult 500—600 stan-

dardit, samal ajal aga näiteks Saksa Demokraatlikus Vabariigis 2500—3000.

Kuna kehtivad standardid haaravad ainult osa masstootmise toodangust ja paljud neist ei sisalda kõiki vajalikke tehnilisi tingimusi ja kvaliteedinäitajaid, on paljudele toodanguliikidele koostatud kohalikud tehnilised tingimused, mis sageli dubleerivad üksteist ja siiski ei taga selliseid kvaliteedinäitajaid, mis on vajalikud seda toodangut tarbivas naaberharus.

Igasuguseid tehnilisi dokumente on tohtu hulk. Peale GOCT-ide on veel palju erinevaid tehnilisi tingimusi ja normaale. Käesoleval ajal kehtib meil üle 100 tuhande üleliidulise, vabariikliku ja kohaliku tähtsusega tehnilist tingimust ja üle 20 tuhande normaali tootmisharudes.

Ainuüksi mustas metallurgias on kasutusel ligikaudu 13 tuhat tehnilist tingimust. Viimastel aastatel tehaste-hankijate ja tarbijate poolt kinnitatavate tehniliste tingimuste hulk üha suureneb. Seetõttu on sama toodanguliigi kohta koostatud mitmeid erinevate nõuete ja karakteristikutega tehnilisi tingimusi.

Isegi GOCT-ide olemasolu korral kinnitatakse mõnikord omad, kohalikud tehnilised tingimused, mis näevad ette märgatavalt madalama toodangu kvaliteedi. Nii näiteks Alam-Volga Rahvamajanduse Nõukogu kinnitas gofreeritud papile tehnilised tingimused, mis lubavad märgatavalt madalamat kvaliteeti, kui on ette nähtud standardis.

Erineva rangusega kohalikud tehnilised tingimused võimaldavad «seaduslikult» valmistada madalakvaliteedilist toodangut.

Kuid asi ei seisne mitte üksnes uute standardite kehtestamise aeglases tempos ega ka selles, et kõik toodanguliigid ei ole veel standarditega küllaldaselt haaratud. Paljudel juhtudel teevad standardid toodangu madalad kvaliteedinäitajad seaduslikeks ja pidurdavad sellega tehnika arengut. Selle üheks põhjuseks on, et standardi väljatöötamisest kuni kinnitamiseni möödub sageli 5—6 aastat, mille vältel standardiga kehtestatud näitajad jõuavad juba aeguda.

Nii näiteks rahvamajanduses väga olulise termiliselt töödeldud armatuurtehase standard töötati välja 1959. a., kinnitati 1964. a. ja kehtestati alles 1965. a.

Peaaegu pooled kehtivatest standarditest on kinnitatud 10 ja enam aastat tagasi ning enamik neist vajavad uuesti läbivaatamist. Nii näiteks metallide standardite madal tase põhjustab rahvamajanduses miljonitesse tonnidesse ulatuvat terasekulu.

Paljudel juhtudel töötatakse standardid välja mittekompleksselt, arvestamata tooraine, materjalide, pooltoodete ning komplekteeritavate ja valmistoodete kvaliteedinõuete tootmisharude vahelise kooskõlastamise vajadust.

Standardiseerimise osatähtsuse tõstmiseks toodete kvaliteedi parandamisel tuleb lähemate aastate jooksul kehtivad standardid

uuesti läbi vaadata, selleks et viia nende näitajad vastavusse teaduse ja tehnika tänapäeva saavutustega.

Standardites ettenähtud kvaliteedinõuete tõstmist tuleb planeerida riiklikus mastaabis. Selleks tuleb riiklikesse teadusliku uurimistöo plaanidesse lülitada vastavad teaduslikud uurimused ja kutselised konstruktoritööd parandatud kvaliteedinäitajatega standardse toodangu näidiste väljatöötamiseks.

Tehniliste toodete põhilisteks kvaliteedinäitajateks on töökindlus ja iga. Samal ajal aga nende arvulisi suurusi standardites reeglina ei tooda. Ebanormaalne on ka see, et viimastel aastatel puudub uutes standardites osa «Toodangu vastuvõtmise eeskirjad». Välismaistes standardites esineb see osa tingimata.

Ka kõige progressiivsemate näitajatega standardi väljatöötamine ja kinnitamine ei ole veel kõik. Peamine on standardi õigeaegne juurutamine rahvamajandusse ja range kontroll sellest kinnipidamise üle. Kuid ka siin on meil veel palju puudusi. Standardite komiteed, tööstusharude riiklikud komiteed ja ministriumid ei valva standarditest tingimusteta kinnipidamise üle tootmises ja ei kindlusta tootmise õigeaegset ettevalmistamist standardse toodangu väljalaskmiseks.

Olemasolev kvaliteedi kontrolli organiseerimise süsteem ei kindlusta kvaliteedi pidevat tõusu. On olemas ligi 100 eraldatud, omavahel mitte seotud ametkondlikku kvaliteedi kontrollimise inspeksiooni, bürood ja laboratooriumi. Nende kõrval on 280 Riikliku Standardite Komitee oblastite ja kraide kontroll-laboratooriumi. Standardite Komitee kohalikud organid töötavad isoleerituna kvaliteediinspeksioonidest ja tehaste tehnilise kontrolli osakondadest.

Paljudes välisriikides on riiklik järelevalve standarditest kinnipidamise üle muutunud vahendiks, mis tagab toodangu kvaliteedi, ökonoomsuse ja konkurentsivõimelisuse. Paljude maade seadusandluses on ette nähtud tõsised sanktsioonid standarditest kõrvalekaldumisel.

Meil on riiklikul standardil seaduse jõud. Vene NFSV Kriminaalkoodeksi 152. paragrahv näeb ette, et riikliku standardi kuritegelikus rikkumises süüdiolijad võetakse kriminaalvastutusele ja neid võib karistada kinnipidamisega kuni 3 aastani. Kuid süüdlasi standardite jämedas rikkumises ja madalakvaliteedilise toodangu süstemaatilises väljalaskmises võetakse meil vastutusele väga harva.

Tuleb täielikult kasutada standardite seadusandlikku jõudu nii, et kogu standardiseerimise, planeerimise ja toodangu kvaliteedi kontrollimise süsteem tagaks vastupidava ja töökindla toodangu, mis vastaks kodu- ja välismaise teaduse ning tehnika eesrindlikele saavutustele.

Tööstustoodangu kvaliteet sõltub suurel määral nendest mõõteriistadest, mille abil tootmise erinevatel etappidel seda kvaliteeti

kontrollitakse. Kontroll-mööteriistade toodang kasvab meil aasta-aastalt. Kui näiteks 1955. a. toodeti 371 miljonit mööteriista, siis 1964. a. ulatus toodang juba 1890 miljoni mööteriistani.

Toodetavad mööteriistad peavad tagama näitude ühetaolisuse, täpsuse ja usaldatavuse. Mõõtude ja näitude ühtsuse eest peavad hoolitsema Riikliku Standardite Komitee kontroll-laboratooriumid. Kuid kahjuks nad käesoleval ajal ei kindlusta kõigi eksploatatsioonis olevate mööteriistade vajalikku kontrollimist. Näiteks Standardite Komitee ja Moskva Rahvamajanduse Nõukogu poolt organiseeritud kontrollimine näitas, et mõnedes tehastes kuni 50% mööteriistadest ei vasta nõuetele. Nii näiteks ei olnud Esimeses Kuullaagri Tehases kahest tuhandest temperatuuri, rõhu ja massi mõõtmiseks ettenähtud mööteriistast pooled töökorras.

Paljudes tööstusettevõtetes ei ole piisavalt katse- ja kontroll-seadmeid (eriti toodangu töökindluse ja ea määramiseks); samuti puudub ka meetodika toodangu kvaliteedi ja tehnoloogiliste režiimide kontrollimiseks.

Riikliku Standardite Komitee metrooloogiline töö ei vasta tööstuse tänapäeva kasvule ning seda tuleb märgatavalt parandada.

Nagu eelpool käsitletud, antakse sageli seeriatootmisse ebapiisavalt viimistletud näidiseid, millel on veel palju konstruktiivseid ja tehnoloogilisi puudusi. Selle üheks põhjuseks on seeriatootmisse minevate näidiste katsetamise ja vastuvõtmise ühtse kohustusliku riikliku süsteemi puudumine.

Tehniliste seadmete uute näidiste normaalse projekteerimise tagamiseks on väga oluline konstruktorite varustamine kõigi vajalike, rangelt kontrollitud andmetega lähtematerjalide, tooraine ja komplekteeritavate detailide omaduste kohta. Jutt on käsiraamatutest, mis reglementeeriksid konstruktsioonilised ja projektlahendused ning milles leidsid masinate, aparaatide ja riistade valmistamisel kasutatavate kõigi materjalide omaduste täpsed ning üheselt määratud andmed.

Kas meil on selliseid käsiraamatuid? Materjalide ja ainete omaduste määramisega tegelevad meil paljud organisatsioonid ja selleks kulutatakse tohutuid summasid. Kuid nende organisatsioonide omavahelise isoleerituse, karakteristikute mõõtmise ühtsete meetodite ja vahendite puudumise ning saadud andmete puudulikkuse tõttu tuuakse käsiraamatuis samade materjalide kohta sageli erinevaid, isegi vasturääkivaid andmeid.

Täpsete, üheselt määratud karakteristikute ja nende õigsuse piiride puudumine projekteerimisel valitud materjalide kohta põhjustab sageli raskeid tagajärgi. Nii näiteks Lenini-nimelises Nevski tehases valmistati varem gaasiturbiinide kettaid, mis hakkasid eksploatatsioonis kiiresti rivist välja langema. Kettaste halva töökindluse põhjuste uurimisel selgus, et terasel, millest nad olid valmistatud, olid hoopis teised karakteristikud, kui oli antud Mustade Metallide Teadusliku Uurimise Keskinstituudi poolt. Tuli teha

suuri jõupingutusi uute ketaste valmistamiseks vajaliku vastupidavusega materjalist ja purunenud ketaste nendega asendamiseks.

Käsiraamatu andmete ebatäpsus viib selleni, et paljud konstruktorid püüavad ise määrata kasutatavate materjalide omadusi, viies selleks läbi spetsiaalseid katseid, mis on seotud täiendava aja ja vahendite kuluga.

Teised projekteerijad toimivad lihtsamalt. Nad võtavad vajalikud andmed mõnest käepärast olevast käsiraamatust ja suurendavad seejärel kindluse mõttes näiteks sealt saadud mõõtmeid kaks-kolm korda. Loomulikult muudab see konstruktsiooni nii raske-
maks kui ka kallimaks.

Välismaal omistatakse käsiraamatu andmete määramisele erilist tähelepanu. Nii näiteks loodi USA-s 1963. a. standardsete teatmeandmete keskus, mille ülesandeks on nende väljatöötamine ja teatamine tarbijaile ning millel on ligi neli tuhat korrespondenti-organisatsiooni.

Ka meil oleks otstarbekas luua riiklik organisatsioon, mis koguks, töötaks välja, üldistaks ja levitaks materjalide ja ainete füüsikalisi omadusi ja karakteristikuid iseloomustavaid teatmeandmeid, mida saaks kasutada uute masinate, aparaatide, riistade ja teiste tehniliste vahendite projekteerimisel. Selline kõiki antud valdkonnas toimuvaid töid koordineeriv organisatsioon peab alluma Riiklikule Standardite Komiteele.

Tööstustoodangu töökindluse tõstmisel on väga suur osa töökindluse osakondadel. Neid on juba loodud tuhandetes ettevõtetes, konstrueerimisbüroodes ja teadusliku uurimise instituutides. Töökindluse osakondade 4—5-aastased töökogemused on näidanud, et seal, kus neid ei organiseeritud formaalselt, vaid komplekteeriti kõrge kvalifikatsiooniga spetsialistidega ning nende etteotsa pandi tõsised ja tahtekindlad juhatajad, on juba saavutatud märgatavat edu töökindluse tõstmisel.

Moskva, Leningradi, Saraatovi, Gorki ja paljude teiste tööstuskeskuste külastamisel oli mul võimalus veenduda, et töökindlus-alane teenistus mitte üksnes ei õigusta end, vaid on tõeliselt muutunud kõikide sellesuunaliste töökindluse ja kontrollialaste ürituste peastaabiks.

Õigesti tegid need rahvamajanduse nõukogud ja riiklikud komiteed, kes panid töökindluse osakondi juhtima autoriteetseid teadlasi ning häid spetsialiste ja andsid neile osakondadele vajalikud õigused, mis võimaldavad neil mitte ainult kontrollida töökindluse taset, vaid ka tõsiselt mõjutada selle kindlustamist toodete väljatöötamise, tootmise ja ekspluateerimise kõikidel etappidel.

Meil on juba terve rida ettevõtteid, kus töökindluse osakondade juhtijateks on ettevõtete juhatajate või peainseneride asetäitjad.

See, et paljude töökindluse osakondade eesotsas on tehniliste

teaduste doktorid ja kandidaadid, on õige mitte ainult seepärast, et tõstab nende osakondade autoriteeti, vaid peamiselt seepärast, et töökindluse osakondade jooksvas töös esineb selliseid keerulisi ülesandeid, mille uurimine nõuab tõsist teaduslikku lähenemist. Piisab, kui nimetada selliseid küsimusi, nagu elementide tõrgete ja materjalide vanenemise füüsikalise olemuse uurimine, kiirendatud katsete organiseerimine elementide tööea määramiseks jne.

On palju uurimata küsimusi, mille lahendamine on vahetult seotud töökindluse probleemiga erinevates teaduse ja tehnika harudes. Igaüks neist võib anda huvitavat materjali kandidaadi-ja isegi doktoridissertatsiooni jaoks.

Vaatamata töökindluse osakondade suurele osale ja tähtsusele ettevõtetes, teaduslikes uurimisinstituutides ning konstrueerimisbüroodes, ei koordineeri ega juhenda keegi nende tegevust. Oleks arukas panna nende metoodiline juhendamine Riiklikule Standardite Komiteele ja kasutada neid nende töökindluse näitajate välja-töötamiseks, mis kavatakse sisse viia standarditesse, ning samuti standarditest kinnipidamise kontrollimiseks.

Meie partei ja valitsus peavad standardiseerimist väga oluliseks. Kuid sellel alal saavutatud vaieldamatute edusammude kõrval on, nagu me nägime, ka olulisi puudusi.

Paljude puuduste üheks põhjuseks on, et Standardite Komitee, tema uurimisinstituutide ja kontroll-laboratooriumide õigused ja võimalused on praegu piiratud ega vasta nendele suurtele riiklikele ülesannetele, milliseid nad peavad lahendama.

Kuidas seda olukorda parandada? Paistab, et kõigepealt tuleb laiendada NSVL Riikliku Standardite Komitee õigusi ja tõsta tema osatähtsust toodangu kvaliteedi planeerimise ja järelevalvega seotud küsimuste lahendamisel.

Riiklik standardite süsteem peab tagama tooraine, materjalide, pooltoodete, komplekteeritavate detailide ja valmistoodangu kõrge kvaliteedi. Standardites peavad tingimata olema näidatud toodangu töökindluse ja ea arvulised näitajad ning samuti vastuvõtmise eeskirjad.

Tähtsamate toodanguliikide põhilisi kvaliteedinäitajaid tuleb kehtestada ja kontrollida samaväärselt rahvamajandusplaani teiste näitajatega. Lähtudes toodangu planeeritud kvaliteedinäitajate tasemest, tuleb plaanipäraselt välja töötada standardeid, luua uusi konstruktsioone, materjale, tehnoloogilisi protsesse, teha teaduslikke uurimisi, mis tagaksid planeeritud kvaliteeditaseme saavutamise. Riiklik standardiseerimine peab moodustama rahvamajanduse arendamise jooksva ja perspektiivplaneerimise lahutamatu koostisosa.

Riikliku Standardite Komitee tähtsaimaks ülesandeks on toodangu põhiliste kvaliteedinäitajate väljatöötamine ja kontroll.

Tuleb organiseerida ühtne riiklik süsteem, mis kontrolliks toodangu kvaliteedi vastavust riiklikele standarditele. Samuti tuleb

laiendada Standardite Komitee teadusliku uurimistöö ja tootmisbaasi. Standardite Komitee ülesandeks peab olema toodangu kvaliteedi inspekteerimise ja kontrollimise koordineerimine ning meetodiline juhendamine kõikides tööstusharudes.

On otstarbekas välja töötada ja kehtestada riiklik stimuleerimise süsteem, mis näeks ette materiaalsel hüvitust uute, kõrgemate standardite väljatöötamise ja nendele standarditele täpselt vastava toodangu väljalaskmise eest.

Meie rahvamajanduse arengu igal etapil on oma peasuund, ta on suunatud mingi peaülesande lahendamisele. Viisaastak 1966—1970 peab olema kvaliteedi viisaastak. Seetõttu kujuneb Riikliku Standardite Komitee osatähtsus eriti suureks. Standardiseerimine peab kujunema tööstustoodangu töökindluse ja kvaliteedi tõstmise tähtsaimaks hoovaks ja tagama loosungi «Nõukogude — see tähendab eeskujulik» elluviimise.

Lühikeses brošüüris on raske, pigem isegi võimatu puudutada kõiki küsimusi, mis on seotud töökindluse probleemi lahendamisega. Tuleb ainult pidada meeles, et kui me täna rahuldavalt lahendame töökindluse probleemi (kuid seda pole veel tehtud), siis homme kerkib ta uuel kujul ning nii ka edaspidi. See on igavene probleem ega ole lahendatav episoodiliste abinõudega.

KIRJANDUS

Кибернетику на службу коммунизму. Сборник статей под редакцией академика А. И. Берга, т. I. Госэнергоиздат, 1961.

Кибернетику на службу коммунизму. Сборник статей под редакцией академиков А. И. Берга, Н. Г. Бруевича и академика АН УССР Б. В. Гнеденко, т. 2. Издательство «Энергия», 1964.

Академик А. И. Берг. Избранные труды, т. 2. Издательство «Энергия», 1964.

Вопросы точности и надежности в машиностроении. Сборник под редакцией академика Н. Г. Бруевича. Издательство АН СССР, 1962.

Н. А. Шишонов, В. Ф. Репкин и Л. Л. Барзинский. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники. Издательство «Советское радио», 1964.

Я. Б. Шор. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. Издательство «Советское радио», 1962.

Я. М. Сорин и А. В. Лебедев. Беседы о надежности. Издательство «Знание», 1964.

Д. Лойд и М. Липов. Перевод с английского под редакцией Н. П. Бусленко. Издательство «Советское радио», 1964.

В. Вейбул. Усталостные испытания и анализ их результатов. Перевод с английского. Издательство «Машиностроение», 1964.

SISUKORD

<i>I osa. Küberneetika kommunismi teenistuses</i>	3
Suured ülesanded ja kõrged tempod	3
Uus teadus optimaalsest juhtimisest — küberneetika . . .	6
Küberneetika osa kommunismi materiaaltehnilise baasi loomisel	13
Küberneetika kasutamine bioloogias ja meditsiinis . . .	32
Küberneetika ja pedagoogika	36
<i>II osa. Töökindlus ja tehniline progress . . .</i>	41
Küberneetika ja töökindluse seos	41
Töökindluse probleemi olemus ja tähtsus	50
Töödangu kvaliteedi eest võitlemise tähtsamad küsimused	71
<i>Kirjandus</i>	83

Берг Аксель Иванович. Кибернетика и надежность. На эстонском языке. Оформление Е. Тали. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja J. Ristoja. Kunstiline toimetaja R. Tungla. Tehniline toimetaja O. Mullari. Korrektorid V. Leibak ja H. Kahar.

Ladumisele antud 6. VII 1966. Trükkimisele antud 10. XI 1966. Paber 60×90. 1/16. Trükkpõgnaid 525. Arvestuspõgnaid 587. Trükiarv 3500. Tellimise nr. 1350. Trükikoda «Punane Täht», Tallinn, Pikk tn. 54/58. Trükpaber nr. 2 — Kohila Paberivabrik.

Hind 18 kop. 3—3—14.

18 kop.

A

28057

120 165

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00346673 9