
B. Ljapunov
VÕITLUS KIIRUSE EEST



«... Meie kord, nõukogude kord, annab meile sellise kiire edasiliikumise võimalused, millest ei või unistada ükski kodanlik riik.»

J. STALIN

A-20252 I

B. Ljapunov

VÕITLUS KIIRUSE EEST

Eesti Riiklik Kirjastus
TALLINN
1954

AUTORILT

Autor avaldab tänu akadeemik I. I. Artobolevskile, akadeemik S. G. Strumilinile, NSVL Teaduste Akadeemia korrespondeerivale liikmele I. A. Odingile, Artilleeriateaduste Akadeemia korrespondeerivale liikmele M. K. Tihhonravovile, tehniliste teaduste doktorile professor A. K. Djatškovile, tehniliste teaduste kandidaadile dotsent I. V. Abramovile, tehniliste teaduste kandidaadile dotsent V. B. Šavrovile, tehniliste teaduste kandidaadile dotsent A. A. Sokolovile ja tehniliste teaduste kandidaadile A. V. Hramoile abi eest, mida nad osutasid raamatu koostamisel.

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
24417

Originaali tiitel:
Б. Ляпунов.
Борьба за скорость.
Издательство ЦК ВЛКСМ
«Молодая гвардия».
1952.

Tõlkinud E. Landra.

EESSÕNA

Võitlus kiiruse eest on üks tänapäeva tehnika arenemise peamisi suundi. Nõukogude teadlased ja tootmisnovaatorid on saavutanud viimaste aastate jooksul sel alal uusi märkimisväärseid tulemusi.

Kiiruse kasvuga on tihedalt seotud ka teiste parameetrite kasv, mis on iseloomustavad paljudele tehnoloogilistele protsessidele: temperatuur, rõhk, pinge, sagedus ja võimsuse kontsentratsioon ühes agregaadis. Nii kasutatakse nõukogude energeetikas kõrge rõhuga ülekuumendatud auru. Kõrged temperatuurid on iseloomustavad gaasiturbiinidele, rakett-mootoritele ja mitmetele tehnoloogilistele protsessidele. Kõrged ja ülikõrged rõhud võimaldavad kiirendada keemilisi protsesse ja suurendada toodangu väljalaset.

Tehnoloogiliste protsesside intensiivsemaks muutmine, uue tehnoloogia ja tootmise organiseerimise uute meetodite kasutuselevõtmine on tänapäeva kõrgete parameetrite tehnika iseloomustavaks jooneks.

Parameetrite kasv esitab masinate materjalidele ja masinate valmistamise meetoditele rangemaid nõudeid. Masinaehituses kasutatavate metallide tugevus tõusis suhteliselt lühikesel ajavahemikul mitmekordseks. On loodud materjale, mis rahuldavad suure tootlikkusega kiirete masinate ekspluateerimise tingimustes ettetulevaid kõige mitmekesisemaid nõudeid. Laialt on levinud mitmesugused meetodid metalldetailide pinna tugevdamiseks, mis vähendavad kulumist, pikendavad masina iga ja tõstavad töökindlust.

Nüüdisaegsete kiirekäiguliste masinate valmistamise kõikides staadiumides juurutatakse eesrindlikku tehnoloogiat. Meie maa masinaehitustehaste käsutuses on nüüd uued valamismeetodid, sepistamine ja stantsimine, automaatkeevitus flussikihi all, kiirlõikamine, termiline töötlemine kõrgsagedusvooluga, töötlemine külmutusega, elektroerosioon-meetod metallide töötlemiseks ja veel rida teisi tehnoloogilisi protsesse.

Suurte kiiruste kasutamine nõudis uue, täiuslikuma kontroll-mõõteaparatuuri loomist, uusi materjalide ja masinate töö katsetamise meetodeid, elektroonika laialdast juurutamist ja kaasaegse füüsika, mehaanika ning rakendusmatemaatika saavutuste laialdasemat rakendamist.

Tootlikkuse ja töötlemistäpsuse suurenemine ning kõrgendatud nõuded detailide pinna kvaliteedi, detailide valmistamise ja masinate monteerimise meetodite suhtes viisid vajaduseni laialdaselt juurutada automaatset kontrolli. Kõrgete parameetrite tehnika ei ole mõeldav ilma automaatikata: tööstuses, transpordis ja energeetikas levib üha enam automaatne reguleerimine, kaitsmine ja juhtimine. Eredaks näiteks automaatika arenemise kõrgest tasemest kodumaa tööstuses on nõukogude teadlaste ja inseneride loodud automaatsed vooltootmisliinid ja automaat-tehased. Automaatika leiab laialdast kasutamist meie maa suurtel ehitustel.

Raske on ülehinnata kiiruste suurenemise tähtsust meie tööstuses. Suuremad kiirused tähendavad uut tööviljakuse kasvu, maa industriaalse võimsuse, heaolu ja kultuuri tõusu.

Nõukogude rahvas ehitab edukalt kommunismi.

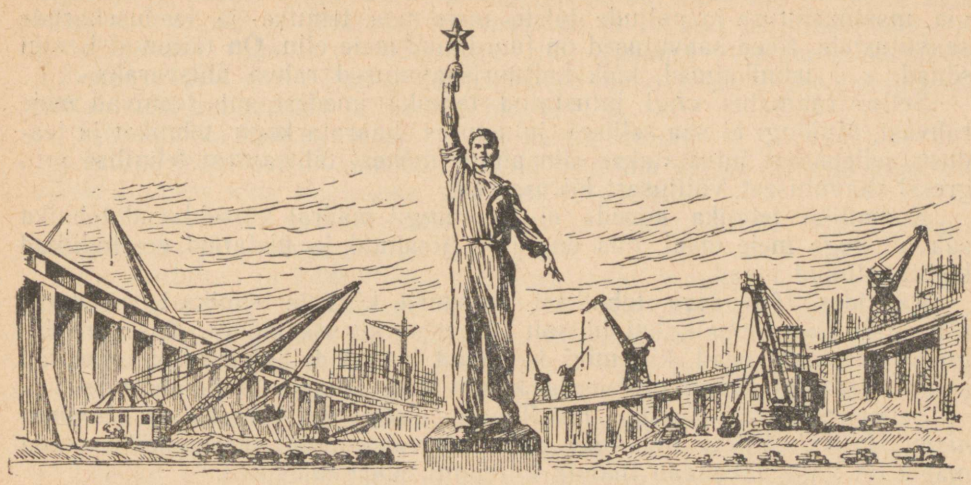
Viiendal viisaastakul peab tööstusliku toodangu tase tõusma umbes 70 protsenti. On ette nähtud masinaehituse arengu kiire tempo, mis on NSV Liidu kõigi rahvamajandusharude uue, võimsa tehnilise progressi aluseks. 1955. aastal suureneb mitut liiki seadmete toodang 1950. aastaga võrreldes kaks korda, 1913. aastaga võrreldes aga 230 korda. Maailma ajalugu ei tunne niisuguseid temposid.

Võitlus kiiruse eest nüüdisaegses nõukogude tehnikas on B. Ljapunovi raamatu põhiteema. Autor püstitas ülesande jutustada meie suurte kiiruste tehnikast, suurte kiiruste saamise teedest ja nende rohkete uute probleemide lahendamise meetoditest, mida esitavad suured kiirused. See ülesanne on kahtlemata raske. Meie kirjanduses ei puudunud üksnes populaarteaduslikud, vaid ka tehnilised raamatud, mis üldistaksid tohutut faktilist materjali nõukogude tehnika arenemise tendentsidest. Vajadus selliste raamatute järele on erakordselt suur. Kiiruse probleemi esitamise tähtsus laiale lugejaskonnale on silmanähtav. Tuleb märkida, et autoril on täielikult õnnestunud püstitatud ülesande lahendamine: luua populaarteaduslik, elavalt ja kujukalt kirjutatud raamat nõukogude tehnikast, suurte kiiruste ja kõrgete parameetrite tehnikast.

Võitlus kiiruse eest põhineb peamiselt nõukogude teadlaste, inseneride ja tootmise eesrindlaste — Stalini preemia laureaatide töödele ja saavutustele. See näitab meie insener-tehnilise mõtte suurt küpsust ning teaduse ja tehnika tihedat sidet, mis on nõukogude tehnilise progressi juhtivaks jõuks.

Maailma tehnika ei tunne veel nii julgeid tehniliste ja teaduslike ülesannete lahendusi, nagu on esitanud meie nõukogude inseneri mõte, meie eesrindlik nõukogude teadus. B. Ljapunovi raamat illustreerib hästi seda olukorda näidete varal teaduse ja tehnika mitmesugustelt aladelt, mis lahendavad tohutut sotsiaal-majandusliku ja poliitilise tähtsusega probleemi — võitlust kiiruse eest.

Akadeemik I. Artobolevski.



EILE JA TÄNA

SISSEJUHATUSE ASEMEL

Iga tund viib meid kommunismile lähemale. Kommunismi jooned on saanud juba nähtavaks. Tulevik muutub olevikuks. Meie tänases näeme homse päeva jooni. Homne päev paistab ka meie elus ja meie tehnikas.

Meie loome uue ennenägematu tehnika. See kergendab nõukogude inimese tööd ja säästab ühiskonna töövaeva.

«... Kusagil ei kasutata masinaid nii meelsasti kui NSV Liidus,» ütles J. V. Stalin, «sest masinad säästavad ühiskonnale tööd ja kergendavad tööliste tööd, ja kuna NSV Liidus ei ole tööpuudust, siis kasutavad töölised rahvamajanduses masinaid väga hea meelega.»

Uuel tehnikal on ka omad uued jooned. Tehnika ei seisa paigal, vaid täieneb kogu aeg. Vana asendub uuega, uus veelgi uuemaga. Ilma selleta ei oleks sotsialistliku tootmise kasv mõeldav.

Veelgi laialdasemalt kui varem kasutab tehnika eesrindliku nõukogude teaduse saavutusi. Teaduse ja praktika ühendamises ilmneb meie päevade tehnilise progressi suur jõud.

Veelgi rohkem kui varem tõusis tehnika osatähtsus. Kõrgema tehnika baasil areneb ja täieneb pidevalt sotsialistlik tootmine.

Veelgi rohkem kui varem tõusis inimese — uute masinate looja ja peremehe osatähtsus. Praegu kõlavad erilise jõuga J. V. Stalini sõnad selle kohta, et tehnika eesotsas inimestega, kes valdavad tehnikat, võib luua imesid.

Me võime õigusega uhked olla energeetika, keemia, füüsika, metallurgia, masinaehituse ja paljude teiste meie maa tehnika- ja teaduseharude saavutustele. Need saavutused on juurdunud meie ellu. On täitunud Lenini sõnad: «... tehnikaimed, kõik kultuurisaavutused rahva ühisvaraks».

Selles raamatus ongi jutustatud tehnika imedest, mis teenivad meie rahvast. Muidugi ei saa sellises jutustuses haarata kogu tehnikat ja teadust; sellepärast jutustatakse siin ainult mõnest tähtsamast tehnilise progressi saavutusest, võitlusest kiiruse eest.

Kodanliku tehnika «imed» ei ole mingil määral võrreldavad tehnika saavutustega meie maal, mis on järele jõudnud ja ületanud eesrindlikud kapitalistlikud maad.

Rääkides tänapäeva tehnikast — suurte kiiruste tehnikast, mõistame sõna «kiirus» laiemalt, kui lihtsalt liikumise kiiruse mõõtu. Kiiremini liiguvad masinate osad, kiiremini lendavad lennukid ja kiiremini toimuvad kõige mitmekesisemad protsessid kõige erinevamates tehnikaharudes.

Sellepärast ongi saanud hüüdlauseks: *«Suured kiirused on kommunismi stiiliks!»* Kiiremini — see tähendab valmistada rohkem kõike, mida maale on vaja, tähendab liikuda kiiremini edasi tulevikku.

Maailma-ajalooline Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XIX kongress andis oma otsustes maa rahvamajanduse uue võimsa tõusu suurejoonelise programmi. Partei plaani järgi toimub grandioosne looduse ümberkujundamine. Selle plaani järgi luuakse kommunistliku ühiskonna materiaal-tehniline baas. Kogu maa muutub suureks kommunismi ehituseks.

Ja kui mõelda, et iga samm võitluses kiiruse eest annab uued tonnid metalli, maaki, sütt, uusi masinaid ja tuhandeid teisi asju, siis saab arusaadavaks, missuguse määratu tähtsusega ülesande lahendab meie uus kiiruste tehnika — kommunismi tehnika.

Kuid see uus tehnika ei tekkinud korraga, ootamatult. Selle loomiseks oli vaja, nagu ütles V. M. Molotov, «kasutada kõike, mida on andnud kapitalism ja inimkonna eelnev ajalugu, ja telliskividest, mis on loodud inimeste tööga paljude sajandite vältel, ehitada uus hoone...»

Kuidas siis loodi meie sajandi tehnika? Missugustest «telliskividest» ta ehitati? Missugused suunad kavandati tehnika arenemiseks? Et seda mõista, on vaja korraldada väike matk minevikku.

*

Kahe sajandi vahetusel, üle poole sajandi tagasi toimus järjekordne maailmanäitus.

Kõigist maailma nurkadest voolas Pariisi ärimehi, ajakirjanikke, teadlasi ja uudishimulikke turiste. Seitsekümmend viis tuhat erinevate maade esindajat täitsid Pariisi keskuses arvukate paviljonide saale, kuhu oli vaatamiseks välja pandud kõik, mida oli saavutanud nende maade tööstus, tehnika ja kultuur. Prantslased värvisid näituse tõttu kiiresti üle «kuulsa pariisitari» — Eiffeli torni. Külaliste lõbustamiseks raisati kümneid miljoneid franke. Arhitektide rafineeritud fantaasia poolt loodud lossid,

gigantne gloobus, hiiglasuur teleskoop, liikuvad kõnniteed — mida kõike välja ei mõeldud, et üllatada, hämmastada ja rabada kujutlusvõimet.

«Sajandite vahetus on kaasaegse tsivilisatsiooni vahejaam,» kirjutasid ajalehed. «1900. aasta Pariisi näitus näitab meile, mida oleme saavutanud, näitab meie aja tehnika ja teaduse imesid . . .»

Jah, tehnika hakkas tol ajal tõesti looma imesid.

Suured tehnilised avastused muutsid maailma palge. Ärkasid jõud, mis võisid inimese teha hiiglaseks, planeedi valitsejaks.

Inimkond astus uude sajandisse, auru ja elektri, keemia ja metallurgia, automaatika ja lennuasjanduse sajandisse.

Auruturbiinid ja hüdrojõujaamad varustasid inimest miljonitesse hobujõududesse ulatuva võimsusega, andsid elu vabrikutele ja tehastele, valgust linnadele ning tehnikale selle jõu, mis kujundab ümber maailma.

Masinad töötasid kiiremini. Mitte sajad, vaid tuhanded pöörded minutis, ja mitte sajad, vaid tuhanded, miljonid kilovatid voolasid elektri-arterites. Elektrimootor, auruturbiin ja sisepõlemismootor muutusid tõepoolest progressi jõumasinateks ning aitasid inimesel võita kaugust ja aega.

Laevad ei olnud meredel ja ookeanidel, tuhandete kilomeetriteni laiuvatel veteavarustel enam tuule mängukannid. Ujuvad linnad, millest unistas Jules Verne, said tõelisuseks.

Ühendusteed lõikasid maid piki ja põiki. Rongid ja autod tegid üksteisest kaugel asuvad maad naabriteks. Algas lennuasjanduse võidukas tee ja õhu vallutamise ajajärk.

Tehnika ja masinad tungisid kõikjale, kus töötas inimene. Masinate pere kasvas iga aastaga. Ja juba on terve inseneride armee ametis üha uute ja uute terasabiliste loomisega inimesele.

Tehnika võidud muutsid aja mõõtu, nagu imepärane ajamasin Wellsi fantastilises jutustuses. Millele varem kulus aastaid, selleks vajati nüüd ainult kuid. Masinad, mehhanismid ja automaadid kiirendasid seninägematult sündmuste käiku, uuel sajandil sai deviisiks — kiiremini!

Mitte ainult ajal ei ole uus mõõt. Uued mõõdud on kõikjal: toodetud metalli ja kütuse kogusel, ehitatud masinate arvul ning hobujõudude hulgal, mis teenivad inimest.

Inimene-hiiglane käsutab tohutuid jõude, allutab suuri jõgesid, ühendab meresid ja ookeane, lõikab mägedesse tunneleid ja toodab tuhandeid kõige mitmesugusemaid esemeid.

Inimene teeb uusi suuri samme looduse tunnetamise lõputul teel, teadus aitab inimesel maailma ümber kujundada ja tehnikat edasi viia.

Keemia abiga muutub inimene aatomi valitsejaks. Naftast ja söest valmistatakse värve kõigis vikerkaare värvustes, ja isegi selliseid, mida looduses ei esine, valmistatakse arstimeid, mootorite toitu — bensiini ja veel arvutu hulk teisi saadusi.

Füüsika paljastab üha uusi saladusi: kiired, mis tungivad läbi esemete, ja kiired, mis võivad fotoplaati ka pimeduses valgustada, kiired, mis saabuvad maailmaruumist ja mida on märgatud kõikjal — kõrgel õhus ja sügaval maa all.

Algas teekond väikeste suuruste maailma — aatomisse, ja aatomis, mis näis aine jagamatu ehituskivi olevat, leiti veel terve maailm kõige väiksemaid osakesi.

Füüsika laiendab inimese maailma tunnetamise piire. Optilise seadmega varustatud silm tungib Universumi ja mikromaailma sügavustesse. Elektromagnetiliste võnkumiste pikas spektris avastatakse kummalgi pool nähtava valguse kitsast riba uute omadustega laineid, mis peidavad endas tõepoolest imeväärseid omadusi.

Valmistatakse ette pinda suurtele avastustele, mis laiendavad mõõtmatult inimese võimu looduse üle, mis teevad muinasjutud tõelisuseks ja fantaasia meie päevade reaalsuseks.

...Ja Pariisi näituse paleedes püüavad kõigi maailmajagude maad üksteist üle trumbata kõiges, mida neile andsid vabrikud ja tehased, šahtid ja kaevandused, töökojad ja laboratooriumid.

Maailma oli ilmunud uus jõud — elekter. Näitusel näidati elektrimasinaid, elektrisoojendust ja -valgustust, elektrometallurgiat ja -keemiat, telegraafi ja telefoni. Ere valgus ujutas üle Pariisi keskuse, kus oli korraldatud vana sajandi ülevaatus ja kus kõrgus «elektrigeeniuse» raidkuju.

Vaadeldes paviljonidesse kogutud väljapanekuid ja heites pilgu tagasi minevikku, ei saanud jätta imetlemata sajandi lõpu tehnika saavutusi.

Kuid kõik need imed, kõik kultuuri võidud olid kättesaadavad ainult tühisele vähemusele planeedi elanikkonnast.

Maailmas luuakse kõik miljonite lihtsate inimeste tööga. Nende vaeva vilja aga omandab käputäis rikkaid.

Ometi võisid tehnika, kultuuri ja tööstuse edusammud rikkaks ja õnnelikuks teha ning kaugele edasi viia kogu inimkonda.

Kapitalism äratab hiiglaslikke jõude, kuid ei suuda neid juhtida. Kodanlus sarnaneb nõiale, kes ei suuda enam valitseda tema poolt esilemanatud maa-aluseid jõude. Nii räägib piltlikult «Kommunistliku partei manifest».

Lenin kirjutas: «Kapitalistlik tootmine areneb hüpete ja puhangute kaupa. Kord tööstuse «hiilgav» õitseng, kord krahh, kriis, tööpuudus.»

Ainult ühes tööstusharus ei tunta kriisi. Seda näitas J. V. Stalin. «See haru on sõjatööstus. See kasvab kogu aeg, kriisist hoolimata. Kodanlikes riikides käib pöörane relvastumine ja ümberrelvastumine.»

See, mis oli, ja see, mis toimub praegu, kinnitab täielikult neid sõnu.

Kapitalistlike maade tehaste konveieritelt tuleb katkematu vooluna kahureid ja mürske, vintpüsse ja padruneid ning varustusesemeid, mis on vajalikud ainult sõja jaoks.

Sõda nõuab metalli, ja metallurgia annab tugevamad terasesordid soomuse ja mürskude, kahurite ja laevade jaoks.

Keemia — loov keemia — on muutunud mõrvariks, valmistades mitte enam arstimeid, vaid ennenägematu jõuga lõhkeaineid ja gaase, mis lämmatavad, pimestavad ning mürgitavad inimest.

Sõda on imperialismi vältimatu kaaslane.

Imperialism muudab tootlikud jõud vastupidisteks — hävitavateks jõu-

dudeks. Nii õpetab marksism-leninism, ja seda tõendab kogu kapitalismile alluva tehnika ajalugu.

Möödus vaid neliteist aastat sellest ajast, kui kapitalistlik maailm korraldas sajandite vahetusel Pariisis oma tehnika ülevaatuse. See, mis oli küpsenud salajastes laboratooriumides, uurimis-instituutides ja konstruktsiooni-büroodes, ilmus lahinguväljale.

Konserveeritud surm, mida hoiti sõjaväeladudes, miljonid tonnid terast ja lõhkeaineid pääsesid vabadusse, hävitades inimelusid. See, mis oli loodud paljude inimeste tööga, millele oli kulutatud metalli, energiat, raha, ja mis peaasi — vaimset pingutust, inimese tahet, see, mida kehastas eneses kõrge insenerikunst ja mitte ühe, vaid paljude teaduste edusammud, see hukkus mõne minuti jooksul. Hiiglaslikud ookeanilaevad läksid põhja. Fordid ja kindlused hävinesid. Ülikaugelaske-kahurväe mürsud purustasid vanaaja mälestusmärke ja hindamatuid kunstiteoseid.

Imperialismi tahtel paisati sõjaväljale lennuasjandus ja keemia, tankid ja allveelaevad, kümned kõige rafineeritumad tapmise, hävitamise ja purustamise moodused.

Kuid millised tohutud võimalused oleks võinud tehnika ja teadus avada inimkonnale eluks, loominguks, planeedi ümberkujundamiseks ja kõikide inimeste õnneks!

Oleks võinud veel palju jõgesid tõkestada tammidega ja anda palju miljoneid — ei, miljardeid hobujõude inimese teenistusse. Elutud kõrbelised maa-alad, mis võtavad maakeral enda alla ühe kolmandiku maismaast, ootasid vett, mis võiks neid elustada ja muuta nad õitsvateks aedadeks. Oleks võinud rajada uusi linnu, ehitada uusi tunneleid, künda merelaineid ujuvate linnadega ja tõsta taevasse reisiõhulaevade eskaadreid . . .

Inimese julge mõte töötas selleks, et raadiolained võidaksid kaugusi, et planeetidevahelised laevad väljuksid maailmaruumi avarustesse. Inimene püüdis tundma õppida uurimata õhuookeani kõrgusi ja kättesaamata meresügavusi, püüdis oma pilguga tungida sügavamale aine sisemusse ja kaugemale kosmosse. Ja juba said teatavaks esimesed, alles arad vihjed mateeriast saadava energia — aatomienergia, maailma suurima jõu — valdamise võimalustele.

Möödus veel umbes kakskümmend aastat.

Järjekordne ülemaailmne näitus avati New Yorgis.

Ameerika ajalehtede veerud, millesse lõikusid vasikavaimustuses pealkirjad nagu sügavad haavad, karjusid:

«Progressi sajand!», «Ülemaailmne näitus New Yorgis!», «Tuleviku maailm!», «Vana ja Uue Maailma tehnika imed!»

Tehnika oli teinud suuri edusamme. Palju, mis varem paistis ainult ähmaselt läbi aegade eesriide, muutus nüüd meie aja argipäevasuseks.

Lennuasjandus ja raadio, kino ja kaugnägemine, kõikjale tungiv elekter, mitmekesistes eredates värvides sätendav keemia, mis oli kasvanud paljude harudega toredaks puuks, see kõik ei pannud kedagi imestama, sest see oli juba elu ise.

Traadita kõne kogu planeedi ulatuses, reis lennukil ümber maakera

mõne ööpäevaga, hiigelhüpped läbi õhu ühelt kontinendilt teisele, matk ookeanisügavusse ja lend stratosfääri olid XX sajandi tehnikale täiesti jõukohased.

Olid loodud uued tehnika- ja teaduseharud, mida möödunud sajand ei tundnud.

Selliseks haruks oli elektroonika. Elektroonika pani alistatud elektroni inimest teenima «nõiduslikus» raadiolambis, kaugnägemisaparaatides, kinos, mis ei olnud enam «suur tumm», ja paljudes seadmetes, mis peavad olema suurema tundlikkusega ja tegutsema kiiremini, kui seda suudab inimene.

Selliseks haruks on rakett-tehnika, mis avas imeväärsed võimalused lennukiiruse piirituks tõstmiseks, võimalused suurima loodusjõu — raskusjõu — võitmiseks ja lennuks maailmaruumi, võimaluse Universumi vallutamiseks.

Aatomifüüsika alustas julgelt tormijooksu looduse kõige ligipääsmatumale kindlusele — aatomituumale, et tungida tuuma ja vabastada hiiglaslikud jõud, mis on suletud aatomi sisemusse.

Palju ruumi vajaks üksnes uute teaduste ja uue tehnika saavutuste loetelu, mis tekkisid XX sajandil. Inimene muutus mõõtmatult tugevamaks. Ta jõudis nii kaugele edasi, et ületas XIX sajandi kirjanike kõige julgema ohjeldamatu fantaasia.

Inimene hakkas juhtima kolossaalset energiat, millest sajandi alguse energeetikud ei võinud unistadagi. Võimsad elektrijaamad andsid uusi miljoneid hobujõude ja energia voolas planeedi kõige kaugematesse nurkadesse.

Elu pulss lõi kõikjal üha kiiremini — küll transpordis, tööstuses, linnades ja põllumajanduses. Inimese pilk tungis üha sügavamale ümbritsevasse maailma — miljonite valgusaastate kaugusele maailmaruumi, sentimeetri sajamiljondiku suurusesse osakesse, aatomisse.

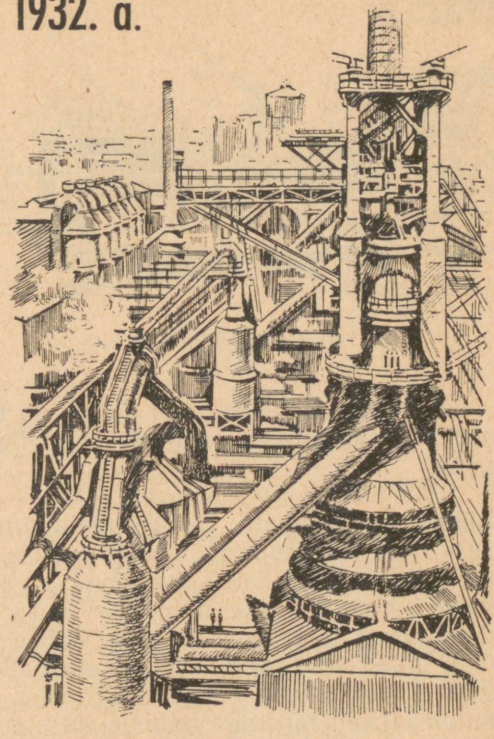
Laboratooriumides õpiti saavutama looduse äärmusi — sadade tuhandete atmosfääride ja atmosfääri miljondiku osa suurusi rõhkusid, tuhandetesse kraadidesse ulatuvaid ja absoluutse nullpunkti lähedal olevaid temperatuure. Neid ei õpitud ainult saavutama, vaid ka tehnikas ja teaduses kasutama.

Kõrged rõhud andsid keemikutele aine ümberehitamiseks uue relva ning laiendasid keemiku võimu molekulide ja aatomite üle. Madalaid rõhke oli tarvis elektron-seadmetes, et juhtida tühjuses kosmilise kiirusega tormavate elektronide voolu.

Aken elektromagnetiliste võnkumiste maailma avanes veelgi laiemalt: inimene uuris kõige pikemaid ja kõige lühemaid laineid, kosmilistest kiirtest kuni raadiolaineteni. Valgus, raadio, röntgenikiired ja aatomituuma kiired on inimese teenistuses.

Metallurgia ja soojustehnika nõudsid üha kõrgemate temperatuuride kasutamist, et kiiremini sulatada metalle, tugevamini kuumutada kateldes auru ja ehitada uusi mootoreid uutele kütuseliikidele. Maa peal tekitatud maailmaruumi külmust aga hakati kasutama gaasi muutmiseks vedelaks ja tahkeks aineks, mis avas füüsikutele aine uued, imepärased omadused.

1932. a.



Magnitogorski metallurgiakombinaat.

Ja New Yorgi näitusel võis imetella kõige uuemaid «progressi sajandi» tehnika saavutusi.

Vaataja silmade all sündisid autod ja vedurid, kõigi nende üksikosade tooraine tootmisest kuni valmismasinateni. Elektrotehnika ja automaatika imesid võis näha köögis, kus lõuna valmis iseenesest ja nõud pesid ennast ise puhtaks.

Mitmesugused firmad reklaamisid kõige huvitavamaid tehnilisi uudsusi — kaugnägemist, raadiot, kino, telefoni, päevavalguselampe.

XX sajandi inimesed tahtsid, enesest kauge tuleviku jaoks jätta mälestusmärki. Nii täideti «ajapomm» — teraskest, mis oli määratud järeltulevatele põlvedele, kes ta viiesaja sajandi möödudes välja kaevavad, — esemetega, mis kehastasid inimgeeniuse kõige väljapaistvamaid ameerikalikke saavutusi: elektrilisest habemeajamisaparaadist kuni moodsa daamikübarani, sigaretist kuni luksusväljaandes piiblini...

Pealetungivalt tikkusid silma jultunud reklaamid, mis hooplesid ohjeldamatult ameerika «tehnilise geeniuse» kuulsusega. Kuid need ei saanud kinni katta hirmu tuleviku eest, sest kapitalism oli astunud juba ammu oma elu viimasesse faasi, suurte vapustuste ajajärku.

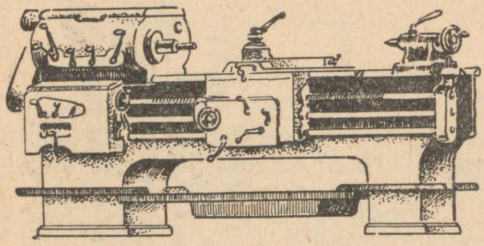
Maailm oli muutunud juba teiseks, oli lõhenenud kahte leeri. Umbes veerand sajandit tagasi sündinud uue riigi marmorist paviljonihoone paelus kõigi näitusekülastajate tähelepanu. Töölise kuju käes tõusis kõrgele taeva poole punane täht. Punasel marmoril oli Nõukogude Liidu vapp ja konstitutsiooni uhked sõnad: «Nõukogude Sotsialistlike Vabariikide Liit on sotsialistlik tööliste ja talupoegade riik.»

Ameeriklased uhkustasid sellega, et olles kõige noorem teiste kapitalistlike maade seas, oli Ameerika Euroopast ette jõudnud. Mitte asjata ei nimetata Ameerikat Uueks Maailmaks. Ameerika saavutas mõnesaja aastaga seda, millele Vana Maailm kulutas tuhandeid aastaid.

Kuid uue riigi — Nõukogude Liidu — veerandsajandi jooksul saavutatud tulemuste kõrval jäi paljukiidetud ameerikalik tempo hoopis kahvatuks.

Inglise kirjanik Wells, kelle julget fantaasiat ei saa tunnustamata jätta,

1932. a.



Treipink «ДИП-200».

nimetas mahajäänud Venemaa maailma eesrindlikuks maaks muutmise suurt leninlikku plaani utoopiaks. Fantaasia keeldus fantasisti teenimast. Tulevikust fantaseerides nägi Wells siiski ainult minevikku. Ühe tema romaani kangelane satub XXII sajandisse ja seal, selles edasisammuvas maailmas, uute, seninägematute masinate maailmas, kus on elektripäikesest üleujutatud linnad, seal on kõik samuti nagu varemgi: maailmas on kaks maailma — rikkus ja vaesus.

Mitte ainult Wells, vaid ka paljud teised kodanlikud kirjanikud, teadlased ja ajakirjanikud püüdsid heita pilku tulevikku, kuid ei suutnud seda näha.

«Tehnika ja inimene aastal 2000» — nii nimetas saksa kodanlik kirjanik Lübke oma raamatu. Laiade pintslitõmmetega maalib ta tulevasi kultuurisaavutusi. Ta ennustab uusi grandioosseid edusamme tehnika ja teaduse alal. Tuule ja loodete[1] jõud, maa ja päikesekiirte soojus ning lõpmatult väike aatomite ilm on inimese võimu all. Õhk ja vesi on muutunud ammendamatuteks tooraine allikateks. Lübke räägib kõigest — tuleviku transpordist, ülikiiretest rongidest, hiigellennukitest ja planeetidevahelistest laevadest. Ta ei unusta XXI sajandi piiril korterite kütmist ega valgustamist, automaatseid tänava-tolmuimejaid ega pneumaatilist posti, raadioajalehti ega kaugnägemistelefoni, kuid «unustab» ühe: inimese, kes on tema raamatu pealkirjas.

Inimkond ei jää üheks ja samaks. Marx ja Engels avastasid ühiskonna arenemise seadused. Nad tõestasid, et kapitalism ei ole igavene, vaid et ta läheb vältimatult vastu hävingule. Lenin, arendades Marxi õpetust, näitas, et imperialism on kapitalismi kõrgeim ja viimane staadium.

Kuid vana maailm ei lahku ilma võitluseta. Ta klammerdub elu külge ja tahab oma hukkumist edasi lükata.

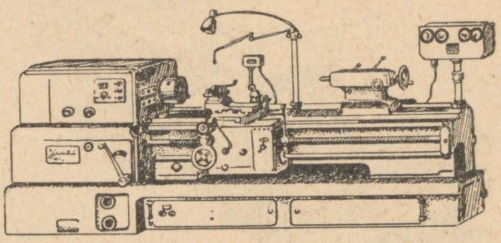
Kodanlus kinnitab silmi sulgedes kangekaelselt: «Vana kord on igavene.» Ja ei ole mitte juhuslik, et Lübke lõpetab oma raamatu jutustusega tulevikusõja tehnikast. Vana maailm ei saa ju püsida ilma sõjata, ilma röövimiseta ega vereta.

«Mineviku sõjad olid ainult kohmakad kahevõitlused ... Tulevikus istuvad laboratooriumides auväärsed härrad, külvates orgude, mägede, laevastike ja suurte abitute linnade kohale surmavaid mürke, mis ei purusta ainult keha, vaid laostavad teadmatuse ees tekkiva hirmu ja paanika abil ka hinge,» kordab ta kellegi ameerika «teadlase» Hilli sõnu.

---

[1] Looded — tõus ja mõõn. *Toim.*

1950. a.



Kõrgemat klassi universaalne treipink «1620».

Kuidas meenutab see teist kõige uuemasse formatsiooni kuuluvat ameerika inimsööjat! «Auväärne härra», Tampa linna ülikooli rektor Nance räägib: «Ma kiidaksin heaks bakterioloogilise sõja, gaaside kasutamise, aatomi- ja vesinikupommid ning kontinentidevahelised raketid...»

Ja veel üks teist tüüpi unistaja — Hans Günther. Ta fantaseerib oma raamatus «100 aasta pärast» tuleviku energeetikast. Me leiame tema raamatu lehekülgedelt grandioosseid projekte: küll kõigi loodusjõudude alistamisest, küll planeedi ilme ümberkujundamisest ja paljust muust, mida vaid söe, nafta ja muu nälja ohust segiaetud inimese fantaasia võib leiutada.

Aga ka Günther unustas, et kapitalistlik maailm ei ole igavene. Kuid niikaua, kui oleleb kapitalism, ei leidu seal kohta inimesele kasulike plaanide jaoks. Ja Güntheri unistus ei ole muud kui ilus utoopia, muinasjutt, millel ei ole ette nähtud teostuda.

Imperialism on kiskja, kelle jaoks on olemas üksnes kasum. Kasumi pärast kaupleb imperialism surmaga, kasumi pärast vapustavad sõjad maailma. Imperialismi tehnika teenib sõda. «Auväärsed härrad», kellest oli juttu Lübke raamatus, need on kapital. Kapitali kohta käivad tuntud sõnad, mis esitas Marx:

«Kapital pelgab kära ja tüli ning on kartliku loomuga. See on väga õige, aga see pole veel kogu tõde. Kapital kardab kasumi puudumist või liiga väikest kasumit, nii nagu loodus kardab tühjust. Kui aga kasum on küllalt suur, siis läheb kapital julgeks. Kindlustage talle 10 protsenti ja te võite kasutada teda igal pool; 20 protsendiga muutub ta elavaks, 50 protsendiga lausa hulljulgeks; 100 protsendi eest tallab ta jalge alla kõik inimseadused; andke 300 protsenti ja polegi enam säärast kuritegu, mida ta ei riskeeriks toime panna, isegi võlla ähvardusest hoolimata.»

Kodanluse fantaasia soovib järelikult näha maailma muutumatuna. Ja Wells, sõites Nõukogude Venemaale ning nähes vana varemeid, ei suutnud mõista, et siin sünnib uus, sünnib uus maailm, tuleviku maailm.

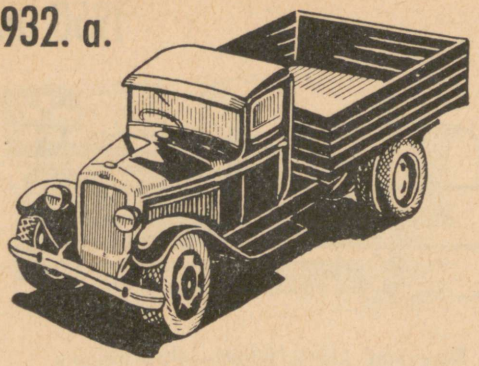
«Tuleviku maailm» — nii nimetati ühte tuhande üheksasaja kolmekümne üheksanda aasta New Yorgi näituse osakonda.

Seal oli silmale harjumatuid hooneid: maju-kerasid, maju-püramiide, ja kõik hiiglasuurte mõõtmetega. Sisemuses oli tulevikulinna makett paratamatute «s t r e e t'idega»[1] ja «a v e n u e'dega»[2], pilvelõhkujatega, autodega

[1] s t r e e t (häälda striit) — «tänav» inglise keeles. *Tõlk.*

[2] a v e n u e (häälda ävinju) — «puiestee», Ameerikas tähendab «laia tänavat». *Tõlk.*

1932. a.



Veoauto «ГАЗ-АА».

ja autoteedega — ameerika tsivilisatsiooni kõige suuremate saavutustega.

Kuid tegelikult ei olnud tuleviku maailm seal. Tuleviku maailm oli paviljonis, mille sissekäigu kohal säras pealkiri: «Nõukogude Sotsialistlike Vabariikide Liit».

Noor maa, mis oli kapitalistlikest maadest maha jäänud, lõi veerandsajandi jooksul oma tehnika ja rebis end progressi teel kaugele edasi. Venemaa muutus eesrindliku tööstusega elektrifitseeritud maailmariigiks.

See võib näida imena. Kuid maailmas ei ole imesid. Nõukogude riigis sai inimene-hiiglane, olles vaba kapitalistliku orjuse ikkest, oma saatuse peremeheks ja võis arendada kõiki oma jõude.

Kommunistlik partei ning partei juhid Lenin ja Stalin näitasid tee tulevikku ja juhtisid maad seda teed mööda.

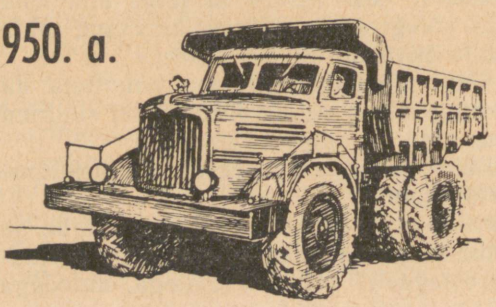
«Säärast enneolematut tootmise kasvu ei saa pidada lihtsaks ja tavaliseks maa arenemiseks mahajäänud olukorrast progressi poole,» ütles J. V. Stalin. «See oli hüpe, mille abil meie Kodumaa muutus mahajäänud maast eesrindlikuks maaks, agraarmaast industriaalmaaks.»

Kõik uuemad tehnika saavutused said meie omandiks.

Võlur elekter tungis kõikidesse elualadesse. Ühelgi maal maailmas ei olnud niipalju elektrijõul töötavaid masinaid.

Ühelgi maal maailmas ei olnud nii palju täiuslikke masinaid, mis kergendavad inimese rasket tööd. Masinad kaevandasid sütt ja maaki, tootsid metalli, ehitasid raudteid, elektrijaamu ja linnu, kaevasid kanaleid ja töötasid põldudel. Tekkisid «targad masinad» — automaadid.

1950. a.



Veoauto «МАЗ-525».

Ühelgi maal maailmas ei tunginud keemia nii sügavale kõikidesse elualadesse. Keemiatehastes valmistati kautšukit ja plastmasse, värve ja arstimeid, kütust ja kunstlikke kiudaineid ning palju muid saadusi, mis on vajalikud inimestele, masinatele ja põldudele.

Veerand sajandit andis maale palju uusi teaduse ja tehnika saavutusi.

Vene teadlased ja insenerid on alati silma paistnud oma julge ja



Suurehitusel.

laiahaardelise mõtteviisi poolest. Nende hindamatu panus oli ka selle hulgas, millega uhkustas maailma-tehnika. Nad tegid palju, et saabuks elektri ja raadio, automaatika ja elektroonika, keemia ja metallurgia, lennuasjanduse ja rakett-tehnika ajajärk.

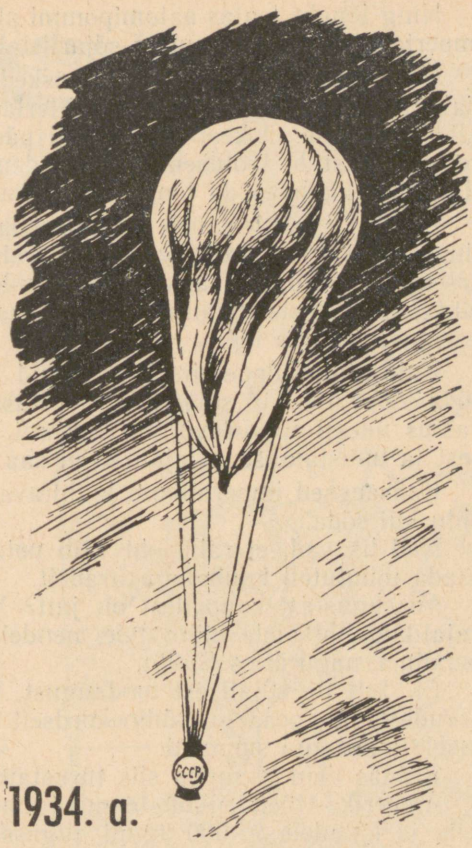
Kõige selle uue kontsentratsiooniks, mida annab tehnika ja teadus, on lennuasjandus. Ja meie maa noor lennuasjandus näitas, milleks ta on võimeline.

Nõukogude lendurid said kuulsaks võitlusega lennukiiruse eest, stratosfääri vallutamisega ja ainulaadsete kauglendudega, mis hämmastasid kogu maailma.

Niisugune oli noore nõukogude riigi tehnika maailm, elu nimel tehtava töö maailm.

... Algas Teine maailmasõda.

Jälle voolas veri. Jälle laskis imperialism lahinguväljadele lahti oma tehnika «imed».



Stratostaat «CCCP».

Prantsuse kirjanik Pierre Giffard (l.: pjäär žifaar), fantaseerides möödunud sajandil tuleviku sõjast, ennustas lendavat surma — lahinglennukite, elektri ja keemia kasutamist sõjas. Kuid Giffard ei võinud mõelda, et poole sajandi pärast tulistab suurtükivägi peaaegu ilma möödalaskmiseta, et mürsud jälitavad märki nagu jahimees metsloom, ning et vaenuliste lennukite ja laevade lähenemisest võib teada saada nii öösel kui ka udus. Kui Esimeses maailmasõjas said kohmakad teraskoletised — tankid — alles oma lahinguristsed, siis veerandsajandi möödudes otsustasid tankiarmeed lahingute saatuse. Ka lennuasjandus sai tollal alles oma esimesed lahinguristsed, kuid nüüd kees frontide kohal õhulahing, lennuarmeed kandsid sõda ja surma kaugele tagalasse.

Selles sõjas ilmusid uued relvad: rakettmürsud, lendavad pommid ja kaugvõitlus-raketid, reaktiivlennukid ja juhitavad torpeedod. Mobiliseeriti ülikõrgsageduslikud elektromagnetilised võnkumised, infrapunased kiired ja ultraheli, elektronide vood ja magnetväljad. Uued tugevad sulamid, uued kütuseliigid, uus automaatika ja uued aparaadid võimaldasid luua uusi mürske, pomme ja lennukeid.

Ning lõpuks teatas aatomipommi plahvatus uue energialiigi sünnist, mis imperialistide tahtel muutus sõjariistaks.

Meie kodumaale said osaks rasked katsumused. Ameerika-inglise imperialistide poolt üleskasvatatud hitlerlased tungisid salakavalalt Nõukogude Liidule kallale. Ookeani taga loeti päevi fašismi võiduni. Kuid loendamine venis. Fašistide lootused Nõukogudemaa välkkiirele purustamisele nurjusid. Suur Isamaasõda lõppes nõukogude rahva täieliku võiduga.

Sõja ajal võitles meie tööstus võidu eest. Tööstus andis kõike, mida rinne vajas — kõige moodsamaid relvi, laskemoona, kogu keeruka sõjaarsenali. Nõukogude tankid, nõukogude lennukid ja nõukogude rakett-miinipildujad osutusid maailma parimateks. Nõukogude tehnika saavutas võidu vaenlase tehnika üle.

Kuid ajaloo õppetunnid ei teinud imperialiste targemaks. Vaevalt oli sõda lõppenud, kui sõjatehased töötasid jälle täie hooga ning teadus rõivastus uuesti sõjaväevormi. Ookeani taga unistatakse maailma valitsemisest ja unustatakse, et ajalugu ei saa tagasi pöörata.

Kaasaegsed imperialistid kinnitavad, et rahu kujutab neile suuremat ohtu kui sõda.

Nad lisavad, et rahu oht võib neid ilma jätta kasumitest, mida võib saada tohututelt kaubatagavaradelt.

Missugustest kaupadest on jutt? Võib-olla nendest kaupadest, mis on vajalikud lihtsatele inimestele, nendele, kes toidavad ja rõivastavad kogu maailma, nagu ütles Stalin.

Ei. Jutt on sõjalisest toodangust, sõjaliste kulutuste astronoomilistest arvudest, mis peaaegu kümnekordselt ületavad sõjaeelsetel aastatel relvastusele kulutatud summad.

Kuidas neid «kaupu» siis turustatakse? Toome näite.

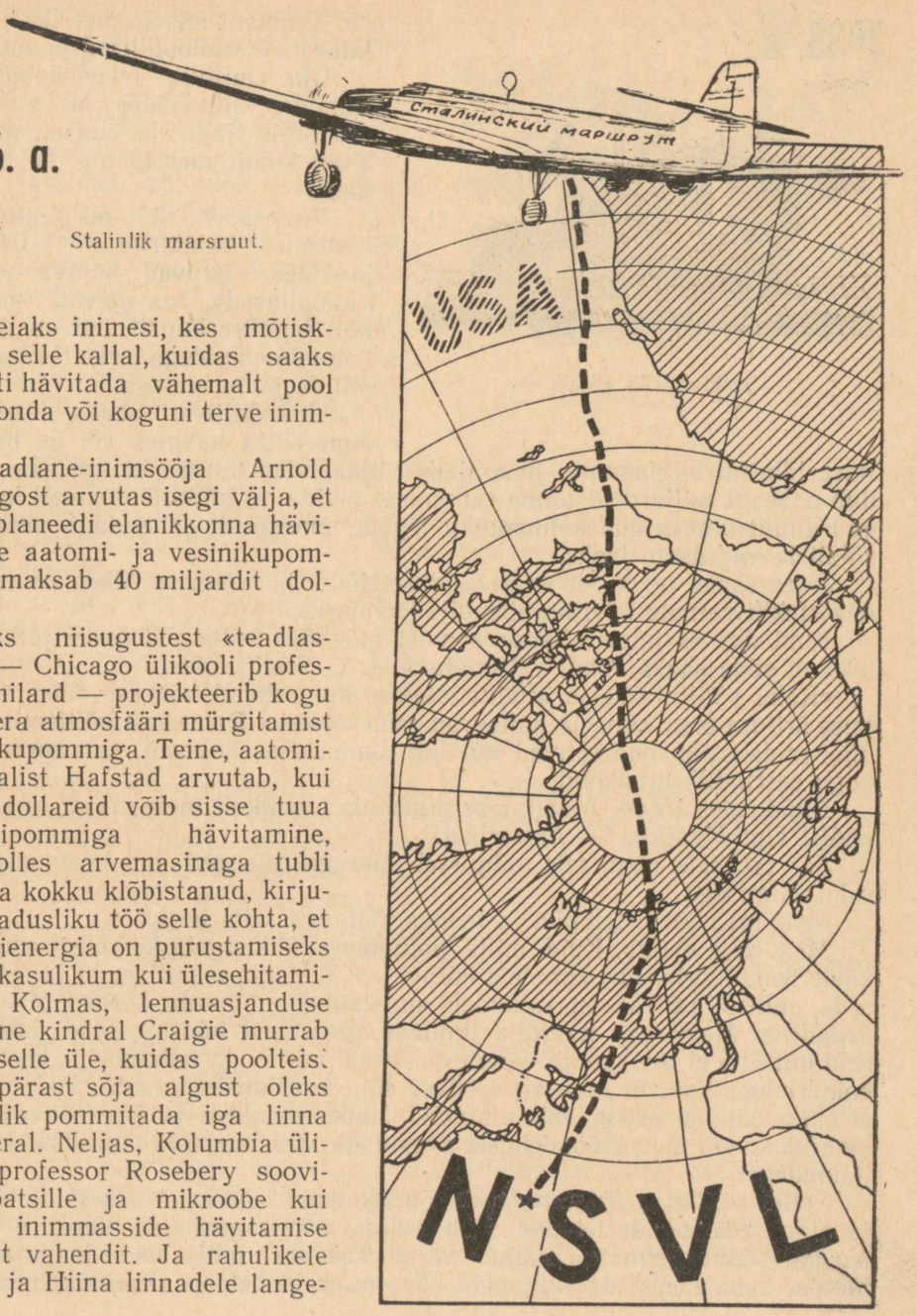
Ameerika Ühendriikide lennuvägi heitis esimesel sõja-aastal Korea linnadele ja küladele 97 000 tonni fugass-pomme, 254 000 rakett-mürsku, 35 miljonit liitrit napalmi... Agressorite sõjavägi tulistas välja 98 miljonit kuuli ja mürsku... Tagajärg — rohkem kui ühe miljoni Korea rahuliku elaniku hävitamine.

Ennenägematu õitsengu saavutanud tehnikat püütakse progressi sajandil muuta hävitussõja relvaks.

Kunagi kirjutas Swift omaaegse ühiskonna kohta hiilgava satiiri. Ta läkitas oma romaani kangelase Gulliveri liliputtide ja hiiglaste maale. Gulliver nägi seal absurdseid asju, mis olid iseloomustavad just Inglismaale. Kui Gulliver satuks nüüd Ameerikasse, kus sõja ettevalmistamiseks kulutatakse 7,5 miljonit dollarit tunnis, või Prantsusmaale, kus sõjale läheb tunnis 100 miljonit franki, või «vanale heale» Inglismaale, kus sõjalised kulud suurenesid kümne aasta jooksul 8 korda, siis ta näeks, kuidas teadlased leiutavad koletislikke surmariistu, selle asemel, et maapealse rahu ja õnne huvides töötada uute looduse saladuste avastamise kallal.

Ta ei kohtaks instituutides ja akadeemiates teadlasi, kes tegeleksid kurkidest päikesevalguse saamise viljatu probleemiga, nagu Laputas, küll

1936. a.



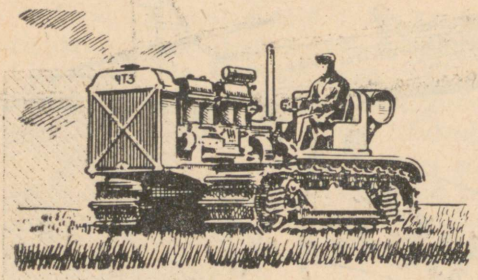
Stalinlik marsruut.

aga leiaks inimesi, kes mõtisklevad selle kallal, kuidas saaks kiiresti hävitada vähemalt pool inimkonda või koguni terve inimsoo!

Teadlane-inimsööja Arnold Chicagost arvutas isegi välja, et meie planeedi elanikkonna hävitamine aatomi- ja vesinikupommiga maksab 40 miljardit dollarit.

Üks niisugustest «teadlastest» — Chicago ülikooli professor Chilard — projekteerib kogu maakera atmosfääri mürgitamist vesinikupommiga. Teine, aatomispetsialist Hafstad arvutab, kui palju dollareid võib sisse tuua aatomipommiga hävitamine, ning olles arvemasinaga tubli summa kokku klõbistanud, kirjutab teadusliku töö selle kohta, et aatomienergia on purustamiseks palju kasulikum kui ülesehitamiseks. Kolmas, lennuasjanduse tegelane kindral Craigie murrab pead selle üle, kuidas poolteist tundi pärast sõja algust oleks võimalik pommitada iga linna maakeral. Neljas, Kolumbia ülikooli professor Rosebery soovitab batsille ja mikroobe kui suurte inimmasside hävitamise hõlpsat vahendit. Ja rahulikele Korea ja Hiina linnadele lange-

1933. a.



Traktor ЧТЗ «Stalinets».

sid Trumani käsul ameerika lennukitelt bakterioloogilised pommid.

Uus Gulliver leiaks laboratooriumides, ülikoolides ja instituutides palju jälki ja õudset, mis tekitab ainult meelepaha ja nördimust.

Professori rüü on tõmmatud kindrali mundrile... Ülikooli pinkides istuvad sõjaväe-vormis «üliõpilased», kes õpivad teaduse abil tapmise kunsti, õpivad tapma aatomipommidega, rakettidega, batsillide ja gaasidega.

Uus Gulliver saaks teada, et Ameerikas hävines või on hävinemise lähedal hiiglasuurte maa-alade viljakandev pinnas, et iga aasta kandub ookeani miljardeid tonne rammusat mulda, et hüdrojõujaamad kasutavad ainult umbes ühe kolmandiku jõgede energiast, ja sedagi peamiselt sõjaliste vajaduste jaoks.

Ja ta saaks teada, et kogu teaduse jõud ja võimsus läheb Ameerikas üha efektiivsemate hävitusvahendite loomiseks.

Kuid üksnes imperialistide soovist uut sõda valla päästa ei jätku selleks, et sõda saaks tõesti vältimatuks. J. V. Stalin ütles:

«Rahu säilitatakse ja kindlustatakse, kui rahvad võtavad rahu säilitamise ürituse oma kätte ja kaitsevad seda lõpuni.» Rahu eest võitlemise lipu alla, mida meie maa rahvad kindlalt oma käes hoiavad, on koondunud kogu eesrindlik inimkond.

Nüüd tuleb Uueks Maailmaks nimetada tegelikult meie maad, aga mitte endist Uut Maailma — Ameerikat.

See on meie maa, mis valgustab praegu planeeti uue valgusega — rahu valgusega.

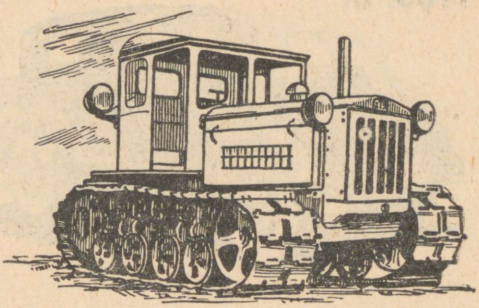
Meie maa jõud, tehnika ja teadus töötavad rahu heaks.

Meie maa ehitab. Kuid mitte polügoone ülikaugelaske rakett-suurtükiväele, vaid hiiglasuuri kanaleid kõrbetesse, et joota maad veega ja teostada seda, millest rahvas on sajandeid unistanud — muuta kõrbed õitsvateks aedadeks. Meie maa kaardile ilmuvad gigantsed hüdrojaamad, missuguseid inimene ei ole kunagi varem ehitanud, mitte aga aatomisõja, keemilise, bakterioloogilise või muu agressiivse sõja «uurimiskeskused». Meie rahvas ei ehita sõjalisi baase, mis ulatuvad ümber maakera ja ähvardavad kogu maailma, vaid metsavööndeid, et saavutada võit heitluses stiihiliste loodusjõududega.

Selles võitluses abistab rahvast nõukogude tehnika. Nõukogude tehnika ja ainult nõukogude tehnika võib aidata ennenägematult lühikese ajaga teostada ennekuulmatult palju: välja kaevata miljardeid kuupmeetreid mulda, kohale asetada miljoneid kuupmeetreid betooni, kaevata tuhandeid

kilomeetreid kanaleid, alistada suuri jõgesid, ümber kujundada hiiglasliku maa loodust...

1949. a.



Traktor «ДТ-54».

«Ma ei kahtle selles,» ütles J. V. Stalin 1946. aastal, esimesel pärastsõjaaegsel aastal, «et kui me osutame vajalikku abi meie teadlastele, siis suudavad nad lähemal ajal mitte ainult järele jõuda teaduse saavutustele väljaspool meie maa piire, vaid need ka ületada.»

Sellest ei ole möödunud palju aega, kui need ajaloolised sõnad lausuti. Ja me võime juba nüüd näha, kuidas nad elus on muutunud tegelikkuseks.

On raske isegi loendada nõukogude teaduse ja tehnika viimaste aastate saavutusi.

Nõukogude teadlased ja insenerid ehitasid maailmas esimese tehase, kus inimkäsi töötlemise vältel — ettevalmistusest kuni valmisdetailini — ei puuduta kordagi toodetavat eset. Nad lõid suure hulga uusi masinaid, et inimene muutuks tugevamaks ja tema töö kergemaks ning rõõmsamaks.

Uued tugevad sulamid, millistest tehnika võis varem ainult unistada, uued varemtundmatud ained, mis nüüd on meie kasutada — vaat milles seisab loova inimese tõeline võim maailma üle!

Kuid maailm ise, kus me elame? Seal on veel palju mõistatusi, meie aga sammume kõrvalekaldumatult ja kindlalt maailma tunnetamise teed.

Vene teadlased avastasid maailmade — tähtede ja planeetide tekkimise saladuse. Nad tungivad elusaine sünni saladusse, mis on looduse suurim mõistatus. Nad lähevad mikromaailma sügavustesse, nad ei uuri ainult aatomit, vaid ka kõige pisemaid aatomi koostisosakesi, mis aatomist enesest on sadu tuhandeid kordi väiksemad.

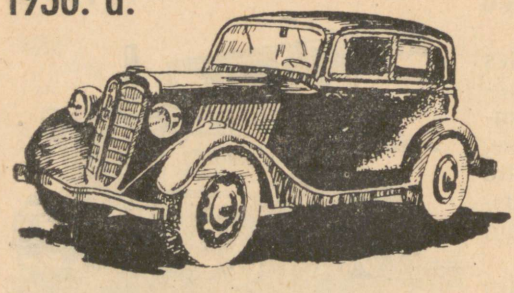
Nõukogude teaduse pealetung ulatub aatomite ja aastatuhandete sügavusse, kümnemiljardiku sentimeetri suuruste osadeni ja miljonite valgusaastate kaugusele maailmaruumi.

Aine muundumise, vedelike ja kristallide, soojuse ja valguse, raadiolainete ja kosmiliste kiirte saladused avab nõukogude teadus lehekülg lehekülje järele suures looduse-raamatus.

«Nõukogude õpetlased töötavad viljakalt maailmast uue füüsikalise pildi loomisel,» räägib akadeemik Skobeltsõn. «Meie, teadlased, saame hästi aru, et kõigil neil teadusliku mõtte üllatavatel saavutustel võib olla mõõtmatu, peaaegu piiritu tähtsus inimkonna heaoluks. Teadus ja töö võivad meie päevil, kahekümnenda sajandi keskel, anda inimkonnale materiaalse külluse, võivad igaühele kindlustada väga kõrge elatustaseme.»

Meie füüsika on vallutanud looduse ligipääsmata kindluse — aatomi-

1936. a.



Sõiduauto «M-1».

tuuma, ja tegeleb nüüd sellega, et rakendada aatomienergiat inimese abiliseks[1]. Füüsika alistab oma uurimistöödega aatomite maailma.

Seadmetes, mis sooritavad inimese võimetele üle jõu käivaid operatsioone, on füüsika tööle pannud elektronid.

Ja kõik need füüsika uuemad avastused, ja mitte ainult füüsika, vaid ka kõigi teiste teadusalade avastused saavad meil tehnika, praktika ja inimese omandiks.

Meie teadus areneb üha kiiremini; üha kiiremini areneb ka meie tehnika. On alanud tõelise progressi ajajärk, suurte avastuste ajajärk. Meie elame sel ajajärgul ja kasutame neid avastusi.

Kakskümmend neli aastat tagasi ütles Stalin:

«Meil pole jäänud enam palju: tundma õppida tehnikat, omandada teadust. Ja kui me selle teostame, siis saavutame sellise tempo, millest me praegu ei julge unistadagi.»

Suure juhi sõnad on täitunud.

Meie tempo, meie kommunismi poole liikumise kiirus ületab kõige julgemad unistused.

*

Viimastel aastatel võib nõukogude tehnikas märgata nelja peasuunda.

Elektrifitseerimine, mehhaniseerimine ning automatiseerimine, kemiseerimine ja suured kiirused — need ongi meie tehnilise progressi teed.

Ikka rohkem ja rohkem tungib meie ellu elekter. Me oleme harjunud, et vabrikutes ja tehastes on elektrimootorid masinate südameks, et elekter valgustab ja soojendab, võidab kaugused ning abistab metallurge ja keemikuid — aine käskijaid. Nõukogude teadlased tegid elektrisädeme tööriistaks, mis lõikab kõige kõvemaid sulameid, kõige tugevamat terast. Me oleme harjunud elektrirongidega maa peal ja maa all, ning juba ilmuvad meie jõgedele võimsad elektrilaevad.

Möödunud sajandil kirjutas kirjanik Robida romaani «Elektriline elu». Prantsuse kodanlase fantaasiast jätkus vaevalt, et endale ette kujutada elektrilisi muusika-instrumente ja muidugi ka elektri-sõjalaeva. Robida kirjutas veel kunstlikust vihmast ja kõrbete niisutamisest. Kuid ta ei võinud oletadagi, et elekter muutub poole sajandi pärast jõuks, mis on võimeline

[1] NSV Liidus on see küsimus praktiliselt lahendatud. 27. juunil 1954. a. anti ekspluatatsiooni esimene tööstuslik aatomielektrijaam. *Toim.*

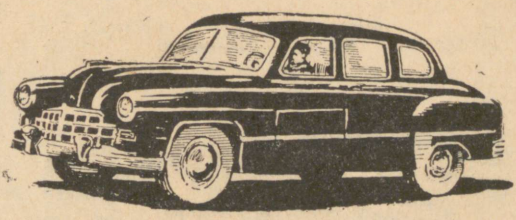
maailma muutma, terve maa loodust ümber kujundama; et tegelikkus ületab võrreldamatult unistuse ulatuse, kui rahvas kukutab kapitali valitsuse.

Me teostame seda, millest varem vaevalt juleti unistada.

Stalin ütles:

«Meil on vaja saavutada, et meie tööstus võiks toota iga aasta kuni 50 miljonit tonni malmi, kuni 60 miljonit tonni terast, kuni 500 miljonit tonni sütt, kuni 60 miljonit tonni naftat. Ainult sel tingimusel võib loota, et meie Kodumaa on kindlustatud igasuguste juhuste eest ... Kuid seda võib teha, ja me peame seda tegema.»

1950. a.



Sõiduauto «ЗИМ».

Malm, teras, süsi, nafta ...

See tähendab sadu uusi tehaseid, tuhandeid kilomeetreid uusi terasteid.

See tähendab uusi linnu.

See tähendab uut pealetungi loodusele.

See tähendab ka uut võitlust energia eest.

Energiat annavad uued hüdrojaamad meie kodumaa jõgedel. Nõukogude Liidu jõed omavad hüdroenergia ressursse, mille sarnaseid ei leidu kogu maailmas.

Mõne aasta pärast kerkivad Volgal ja Dnepril gigantsed energiavabrikud, mis on kõige suuremad maakeral.

Uutest elektrijaamadest annab igaüks rohkem energiat kui kaks kõige suuremat elektrijaama Ameerikas.

Mõne aasta pärast valmivad Volgal jaamad, mis annavad 10 korda rohkem energiat, kui kõik teised tsaariaegse Venemaa jaamad kokku.

Volga elektrienergiaga hakkavad tööle tehased Moskvas, Kuibõševis ja Stalingradis. Volga elektrienergia paneb liikuma raskekaalulised rongid ja põllutöömasinad ning annab vett niisutuskanalitesse.

Olles varustatud võimsate elektriliste relvadega, viime läbi rünnaku loodusele. Vesi ei anna ainult energiat. Vesi — see tähendab kõrbetes elu, see tähendab põuastes steppides suuri saake.

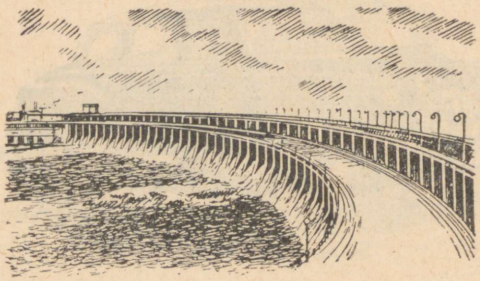
Hüdrojaamu ehitades võtame veelt kõik, mida ta võib anda. Odav elektrienergia elustab uuesti surnud kõrbemaad. Me võidame viljasaakide põlise vaenlase — põua.

Meie maal toimuvad praegu Volgal ja Donil seninägematud hiiglaslikud tööd. Siis tuleb järg veerikaste Siberi jõgede kätte.

Lenin nägi ette, et «elektrifitseerimine on Venemaa uuestisünd».

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei tegudes kehastub ka kõige julgem leninlik ettenägelikkus. Selle parimaks tõendiks on Volga ja Dnepri hüdrojaamad. Millisele teisele maale maailmas oleksid niisugused ehitused jõukohased!

1932. a.



V. I. Lenini nimeline Dnepri hüdroelektrijaam.

Üha tugevamini ja tugevamini haarab inimese tegevust enda kätte keemia.

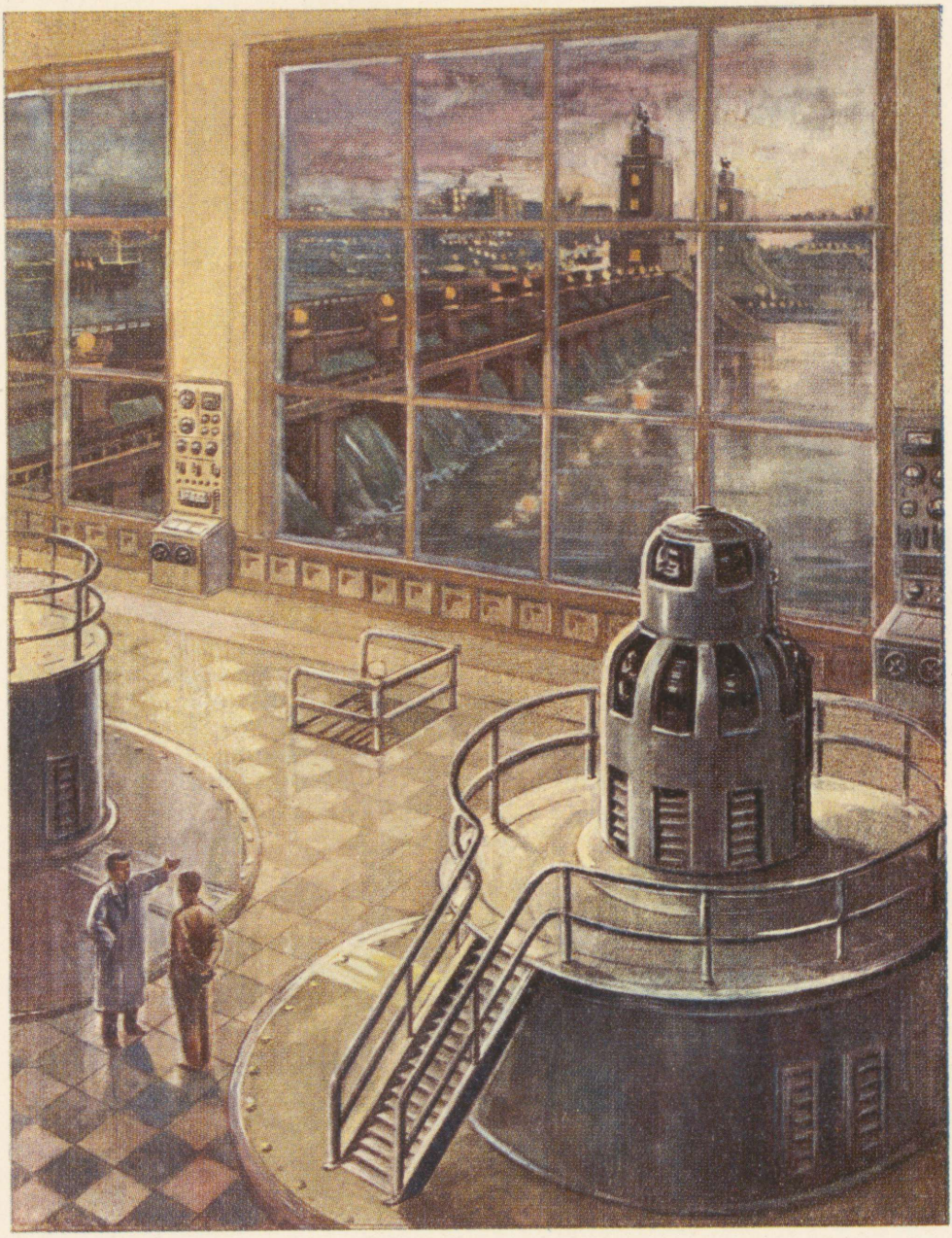
Keemia aitab meil üha paremini korraldada oma majapidamist meid ümbritsevas maailmas. Me kasutame ikka rohkem looduse laoruume, peaaegu kõiki Mendelejevi tabeli ruudukesi, kõiki tooraine liike — vett ja õhku, mineraale ja puitu, sütt ja naftat, gaase ja palju muud. Meil ei hävine midagi kasutult, isegi mitte jäätmed, sest keemikud muudavad need väärtuslikeks saadusteks. Saepurust ja klaasist saadud piiritus, suhkur ja riie on meie ajal igapäevased asjad. Plastmassid, tugevad nagu metall, kiudained ilma loomsete karvadeta, kummi ilma loodusliku kautšukita, kütus masinate armeele, arstimid ja värvid, väetised ja vitamiinid — kõik need ei ole enam ainult laboratooriumi saavutused, vaid tehaste tooted, nõukogude inimeste ühisvara.

Keemia on tehnika liitlane. Ilma keemiata ei oleks ennenägemata tugevusega sulameid, mis ei karda kuuma ega külma, happeid ega aluseid; ei oleks sulameid, mis on kergemad korgist või raskemad plaatinast; sulameid, mis on teemandist kõvemad või pehmed kui paber. Tänapäeval pikendab keemia masinate eluiga, tõstab viljasaaki, kiirendab terase ja malmi sulatamist, toodab meile vajalikke metalle ja produkte, muudab kivisõe maa all gaasiks.

Keemikutele alluvad Maa peal kunstlikult tekitatud kosmilised nähtused: tuhandetesse kraadidesse ulatuv temperatuur nagu hõõguvatel taevakehadel, külmus ja tühjus, nagu planeetidevahelises ruumis. Keemikud juhivad titaanlikke jõude — sadade ja tuhandete atmosfääride suuruseid rõhke, et aineid kiiremini ümber muuta.

Ikka sügavamale ja sügavamale tungib meie ellu automaatika. Rohkearvulised masinad kergendavad üha rohkem inimese rasket tööd. Suurtel ehitustel töötavad praegu võimsad pinnasekaevamise masinad, pinnasepumbad ja automaatsed betoonitehased. Masinad kaevandavad sütt, naftat ja maaki, masinad ehitavad teid, laadivad laevu ja raudteeronge, töötavad metsas ja põldudel.

Kas me sulatame metalli või toodame elektrienergiat, juhime bluumingut või rongi, ikka on meil ustavad abilised, kes ei väsi ega eksi, kes töötavad täpsemalt ja korralikumalt kui inimene. Meid aitab automaatika, XX sajandi tehnika suur saavutus. Isetöötavad masinad ei ole muinasjutt, vaid meie päevade reaalsus. Ühest fantastilisest romaanist võib lugeda, nagu oleksid planeetidevahelised rändurid leidnud kuul, väljasurnud planeedi maa-

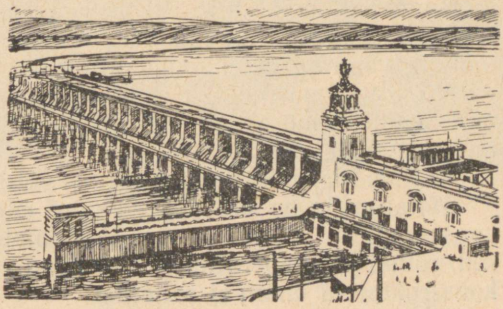


Energiavabrik.

aluses riigis masinaid, mis töötasid nagu kellad, olles ükskord igaveseks üles keeratud... Kuid nüüd ei olele inimesele alluvate masinate muinasjuturiik mitte üksnes fantaasia-maailmas: meil on tööpinkide automaatliinid, praegu aga ehitavad nõukogude insenerid automaat-tehaseid.

Masinad liiguvad üha kiiremini ja kiiremini, kiiremini töödeltakse metalli, kiiremini käib töö igal pool.

Meie maal kasvas metalli lõikamise kiirus poole sajandi jooksul rohkem kui 200 korda.



Tsimljanski hüdroelektrijaam.

Masinate kiirus tõuseb maa peal, taevas ja merel. Ja jällegi võetakse tehnilistes arvestustes kasutusele uued mõõdupuud — metalli lõigatakse kiirusega mitu tuhat meetrit minutis, valtsimismasinas tormab teras kiirrongi kiirusega, turbiinid teevad tuhandeid pöördeid minutis. Kaasaegse lennuki kiirus ületab tuhat kilomeetrit tunnis, raketid lendavad nüüd helist kiiremini. On aparaate, kus üksikosad teevad liikudes kümneid ja sadu ning isegi rohkem tuhandeid pöördeid minutis. On ka seadmeid, kus töötavad elektronid, mis kihutavad fantastilise, kümnetesse tuhandetesse kilomeetritesse ulatuva kiirusega sekundis. Me kohtame tänapäeva tehnikas kõrgeid ja madalaid rõhkusid, kõrgeid ja madalaid temperatuure, äärmiselt suuri ja äärmiselt väikesi suurusi. Ja see kõik koos automaatikaga ja masinatega kergendab tööd, mis on suunatud ainsa eesmärgi poole: valmistada kiiremini, valmistada rohkem, liikuda rutem edasi teel kommunismile.

Masinaid iseloomustavate suuruste — kiiruste, võimsuste, rõhkude ja temperatuuride kasvus paistavad tulevase kommunistliku ühiskonna tehnika jooned. Automaatikas — masinate alistamises inimesele, energeetika enneolematus arengus, inimeste varustatuses energiaga on näha tuleviku töösstuse prototüüpi, kommunismi tootmisbaasi. Tänapäeva tehnika ja teaduse, teooria ja praktika tihedas koostöös näeme me jõudu, mis viib olevikus ja tulevikus inimesi edasi maailma tunnetamise ja ümberkujundamise lõputut teed mööda.

Meie ajajärku võib nimetada suurte kiiruste ajajärguks, tehnika ja teaduse «imede» sajandiks.

*

Uus suurte kiiruste tehnika tähendab ka uusi raskusi, uusi ülesandeid. Suured kiirused ja suured koormused nõuavad väga tugevaid materjale. Neid vajavad konstruktorid suurte kiirustega masinate jaoks, kus sageli

on tegemist küll tugevasti kuumutatud gaasidega, mis kihutavad helist kiiremini, küll kõrgete rõhkude ja madalate temperatuuridega.

Konstruktorid vajavad neid kiirlennukite ja rakettide jaoks, kus on tarvis tugevaid, kuid ühtlasi ka kergeid materjale.

Konstruktorid vajavad neid ka rakettmootoritele, kus materjalil tuleb töötada väga kõrgetel temperatuuridel.

Nii võib ilma liialdamata öelda, et suurte kiiruste tehnika sõltub tunduvalt metallurgidest, nendest, kes täiendavad vanu ja loovad uusi materjale uutele masinatele.

Võitlus tugevuse eest on ühtlasi võitlus kiiruse eest.

Metallurgia on saavutanud suuri edusamme. Praegu on kiirete masinate konstruktorite käsutuses vajalikud materjalid. Kuid elu läheb edasi. Kiirused, rõhud ja temperatuurid kasvavad kogu aeg. Mis eile saavutati, see täna konstruktoreid enam ei rahulda.

Omada materjale ei tähenda veel kõike. Materjale on vaja töödelda, kuid niiviisi, et materjalid uutes, raskemates töötingimustes, suuremate kiiruste juures ei kaotaks ega muudaks oma omadusi, mis on saavutatud materjalide tugevusega tegelevate metallograafide (metalliuurijate), metallurgide ja teadlaste püsiva tööga.

Väga tugevad materjalid osutusid ka väga kapriisseteks. Juhtub, et pisike defekt, mida töötlemisel isegi raske märgata on, osutub masina töölehakkamisel avarii põhjuseks.

Suure tugevusega metallide kapriiside vastu võitlevad nii tehnoloog kui ka konstruktor, kumbki oma moodi. Viimastel aastatel on leitud uusi meetodeid materjalide uurimiseks, samuti masina detailide ja nende töö kontrollimiseks. Üha laiemalt kasutatakse uut tehnoloogiat, uusi metallitöötlemise viise.

Kogu masinate valmistamise protsessi jooksul, alates valutsehhist kuni monteerimisosakonnani, püütakse suurema kiiruse ja täpsuse poole. Valajad annavad valu, mis oma kujult ja mõõtmetelt läheneb maksimaalselt valmisdetailile. Masinate valmimist kiirendavad keevitamine, sepistamine-stantsimine ja kiirlõikamine. Elektrisädemeetod lahendab suure tugevusega sulamite töötlemise probleemi. Automaatika ja vooltootmine tungivad kõikidesse masinaehituse harudesse.

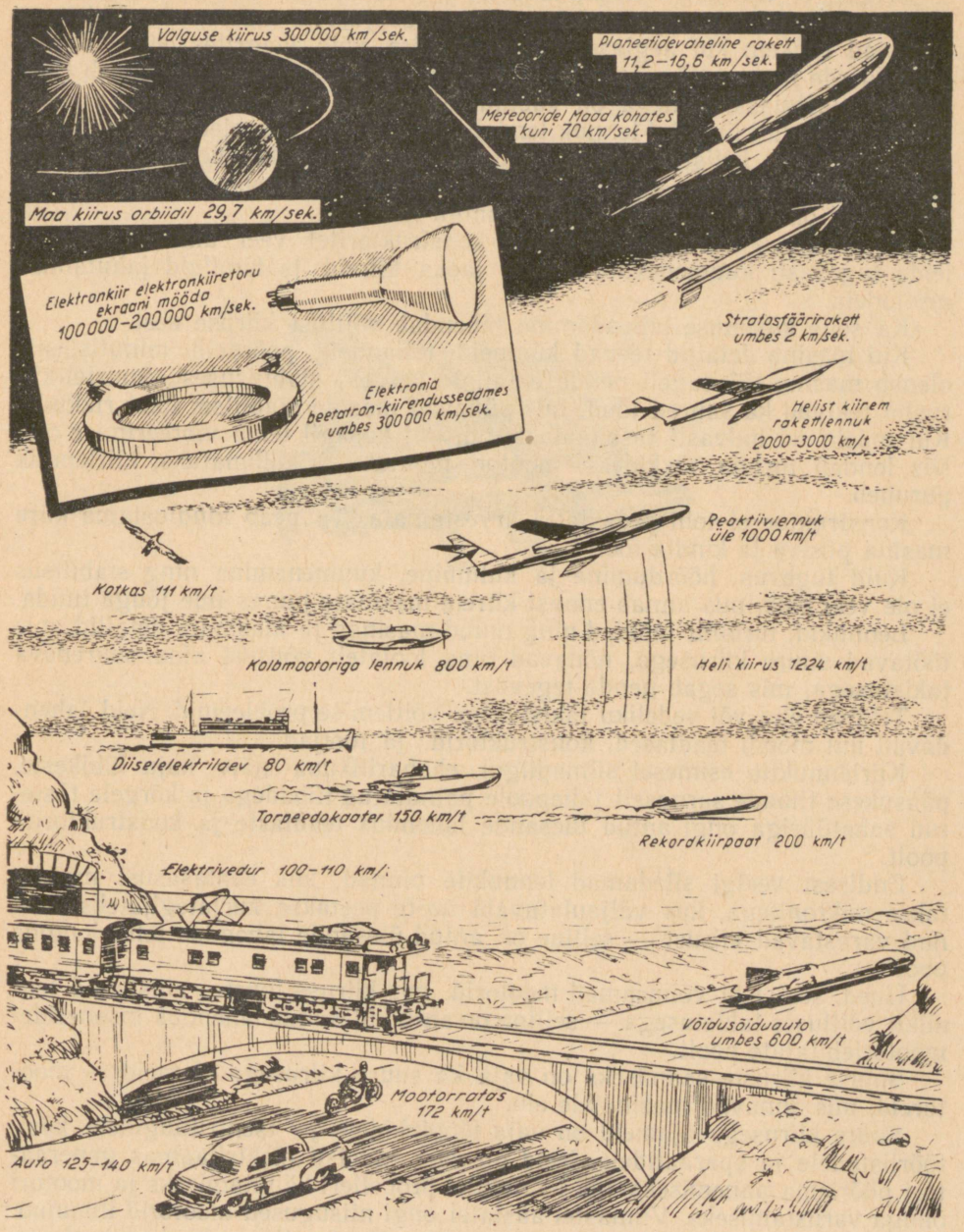
Suurtel kiirustel ilmnevad uut moodi ja teravalt ka hõõrdumine ja materjalide kulumine. Kulumine tõuseb järsult, detailide pinnad hõõrduvad kiiremini läbi. See lühendab masinate eluiga. Masinate pikk eluiga aga on masinate loojale seaduseks.

Insenerid-tehnoloogid leiavad uusi metallitöötlemise meetodeid, uusi meetodeid võitluseks kulumise vastu.

Ka võitlus kulumisega tähendab masinaehituses võitlust kiiruse eest.

Väike, kuid vajalik detail igal masinal, kus esineb pöörlemine, on laager. Kiiruse kasvades hakkab laager endast väga ebameeldivaid teateid andma. Töötamine suurtel kiirustel muutuvat tal raskeks, mõnikord isegi võimatuks.

Ülesanne seisab järelikult selles, et sundida seda kangekaelset detaili ka suurte kiirustega masinates töötama.



Kiirused tehnikas ja looduses.

Selgub, et võitlus paremate laagrite eest on ühtlasi võitlus kiiruse eest. Kiiruse suurenemisega eraldub rohkem soojust ja masina detailid kuumenevad rohkem kui aeglasel käigul. Määre võib laagrites süttida juba 5000 pöörde juures. Väga suurtel lennukiirustel kuumeneb ja pehmeneb läbipaistev plastmass, millega on kaetud lennuki kabiin, ning kabiinis läheb palavaks. Mida kiiremini lennuk lendab, seda enam ta soojeneb: oletatakse, et stratosfääris helist suurema kiirusega lendamisel kuumeneb õhu hõõrdumise tõttu tugevasti kogu lennuk. Senini tuli hoolitseda kabiini kütmise eest, nüüd on vaja mõelda, kuidas kabiini jahutada.

Nii on suure kiirusega masinate konstruktoritel veel üks ülesanne — leida tugevasti kuumenevate osade jaoks kiireid ja kindlaid jahutamise meetodeid.

Ka selle küsimuse lahendamine tähendab võitlust kiiruse eest.

Kui masina detailid teevad kümneid tuhandeid pöördeid minutis, siis oleneb masina töö sageli nende detailide koostöö stabiilsusest. Suurtel kiirustel tekivad ka suured jõud, mis püüavad masina stabiilset tööd rikkuda. Kui masin on halvasti tasakaalustatud, kui kusagil tekib vibreerimise oht, siis lendab turbiin tükkideks, mootor muutub töökõlbmatuks, kiirlennuk puruneb.

Konstruktor ei tohi seda jätta arvestamata. Ta peab kindlustama kiire masina püsiva ja kindla töö.

Kuid tugevus, hõõrdumine ja kulumine, kuumenemine ning stabiilsus ei ole veel kõik, mis annab ennast kiirete masinate juures uue jõuga tunda.

Lennukid, turbiini labidad ning muud masinad ja masinate detailid, mis töötavad suure kiirusega, nõuavad oma loojatelt võitlust aina suureneva takistusega, mis segab nende tegevust.

Tekivad õhu või vedeliku takistusega võitlemise probleemid. Neid lahendavad uut moodi teadlased, konstruktorid ja tootjad.

Kiirlennukite esimesel silmapilgul ebaharilikuna näiv kuju lühikeste, pääsukese tiibade sarnaselt tahapoole painutatud tiibadega ja kõrgele tõstetud sabatüüriga ongi antud ülesande lahendus teadlaste ja konstruktorite poolt.

Endisest veelgi siledamad lennukite pinnad, kus ebatasasusi mõõdetakse mikronitega, kus väljaulatuvaid neete peetakse kurjategijateks, sest nad varastavad kiirust — selline on antud ülesande lahendus tehnoloogide poolt.

Uued, senistest võimsamad mootorid, mis kiiruse tõustes abistavad lennukit võitluses takistusega — selline on antud ülesande lahendus inseneride-mootoriehitajate poolt.

Suurte kiiruste saamiseks on vaja ka suure kiirusega ajameid — mootoreid, mis annavad masinatele elu.

Suure kiirusega ajameid on vaja tööpinkidele ja tsentrifuugidele, käsitööriistadele ja aparaatidele. Neid on vaja niihästi elektrijaamas generaatori pöörlema panemiseks kui lennukitel propelleri käivitamiseks ja mootori õhuga varustamiseks. Viimastel aastatel ongi niisugused mootorid ilmunud. Nende loomisel ei tulnud vähe raskusi võita. Kuid palju raskusi on veel ees.

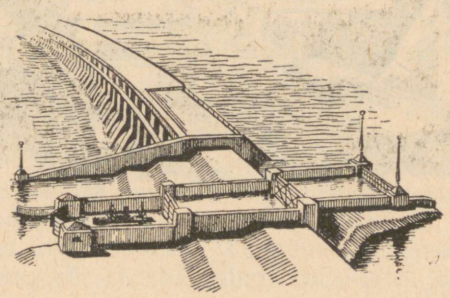
Suure kiirusega masinate loomine nõuab uute ülesannete lahendamist, milliseid varem üldse esile ei kerkinud. Uus tehnika nõuab ka uut teaduse tõusu. Ja selline tõus toimubki.

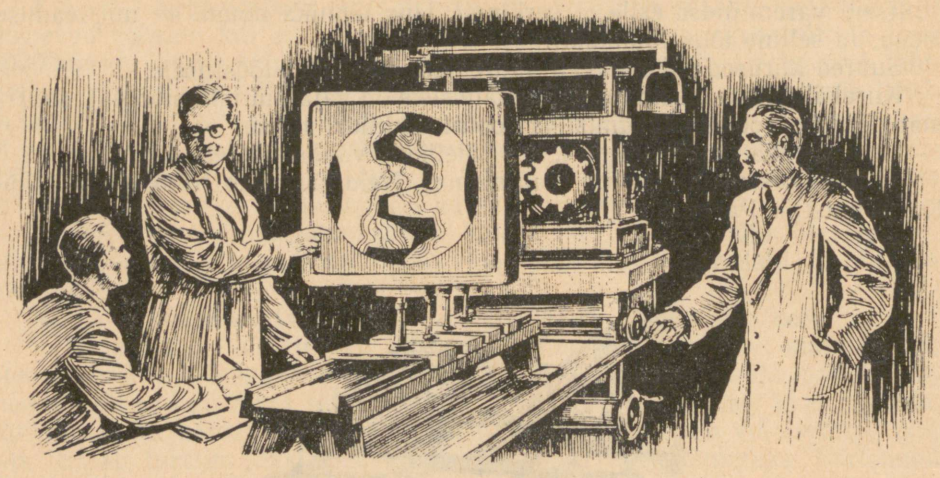
Suured kiirused tähendavad suuremaid nõudmisi tööstusele.

Kiirekäiguliste masinate valmistamiseks on vaja uut tehnoloogiat, suuremat täpsust, rohkem teadmisi ja tootmiskultuuri tõusu.

Uus tehnika nõuab inimesi, kes täielikult valdaksid tehnikat.

Ja niisuguseid inimesi on meil olemas. Neid kasvatab Nõukogude Liidu Kommunistlik Partei.





MATERJALI SÜND

Räägitakse, et paber kannatab kõike! Paberil võid konstrueerida ükskõik missuguse masina. Kord nägin inimest, kes ehitas paberil masinaid. Ta joonistas paberilehtedele kummalisi ülikiireid lennukeid, allveelaevu suurte sügavuste jaoks, fantastilisi planeetidevahelisi laevu ja koletisliku kiirusega masinaid.

See muinasjutuline masinate maailm, hoolikalt välja joonistatud ja värviliste pliiatsitega kaunistatud, ei sarnanenud siiski muinasjutule. Paistis, et seda on vaja ainult kehastada metallis ja ta elustub. Lennukid ja raketid sööstavad edasi nagu meteoorid, tööpingid ja turbiinid hakkavad pöörlema varemkuulmatu kiirusega, ookeani põhja väljub meie päevade «Nautilus»[1] ...

Inimest, kellest jutustasin, ei ole ma välja mõelnud. Ta istus raamatukogu lugemissaalis minu kõrval, kus ta ehitaski oma paberist masinate maailma. Arvatavasti oli see kunstnik, kes kavandas illustratsioone mingisugusele teaduslik-fantastilisele romaanile.

Niisuguse romaani autor jutustab oma raamatus tingimata «uuest äärmiselt tugevast sulamist», mille lõid tuleviku-insenerid uute imeliste masinate jaoks. Ning tal on õigus. Uued masinad, masinad suurte kiirustega tähendavad ka uusi metalle.

---

[1] «Nautiluse» nime kannab allveelaev Jules Verne'i romaanis «Saladuslik saar», mis on kirjutatud palju aastaid enne allveelaevade tegelikku ehitamist. *Tõlk.*

Mitte ainult masinad fantastilisest romaanist, vaid ka insener-projekteerija masinad jäävad paberile, kui ei ole midagi, millest neid võiks ehitada.

Tehnika ajaloos on niisuguseid juhuseid esinenud. Peaaegu poolteistsada aastat tagasi leiutati uus jõumasin — gaasiturbiin. Idee seisis selles, et kuuma gaasi juga paneb pöörlema labidatega turbiiniratta. Kavatsetud jõumasin oli väga lihtne: ei silindreid kolbidega, ei kepse väntvõllidega ega aurukatelt. Ja samal ajal kiirekäiguline, kuna selles esines ainult üks liikumine — pöörlemine.

Kuid möödus tervelt sada aastat, enne kui ehitati esimene gaasiturbiin. Ning veel kulus umbes pool sajandit, et anda talle kindel jalgealune ja teha ta tehnikas täieõiguslikuks jõumasinaks.

Miks kulus selleks siis nii palju aega?

Üheks põhjuseks oli asjaolu, et niisuguse jõumasina järgi ei olnud vajadust. Niikaua, kui vanad jõumasinad täidavad oma ülesannet, niikaua, kui uusi jõumasinaid ei ole tarvis, neid ka ei teki. Kuid oli ka teine tähtis põhjus: kui olekski tahetud, ei oleks olnud millestki uut jõumasinat ehitada. Selleks oli vaja uusi, tugevaid ja samal ajal kuumuskindlaid materjale, mis kõrgetel temperatuuridel on suurtele koormustele vastupidavad.

Aga isegi poolsada aastat tagasi ei olnud inseneril valikuvõimalus kuigi suur: malm, raud ja tavaline teras. Tänapäeva insener saab nendest vähe ehitada: meie kaasaegsete kiirekäiguliste masinate jaoks need materjalid ei kõlba.

Mispärast? Et sellele vastata, tuleb meenutada tugevust.

Mis on tugevus? Kuidas hinnata tugevust ja teada saada, kui tugev on metall?

Näib, et asi ei olegi keeruline. Kõis katkeb, kui teda otstest suure jõuga tõmmata.

Kui kõit pingutada, mõjub kõie ristlõike igale ruutsentimeetrile teatud jõud — pinge. Pinge kasvab kogu aeg, ning lõpuks saabub moment, kus välised tõmbejõud muutuvad suuremaks sisejõududest, molekulidevahelistest kohesioonijõududest. Kõis katkeb. Pinge muutus suuremaks lubatud pingest, sellest pingest, millele materjal veel purunemata vastu peab.

Koormused, mida masinate detailid taluma peavad, on mitmesugused: tõmme, paine, vääne, surve. Metallis kutsuvad nad kõik esile pingeid.

Võib välja arvutada, kui suured pinged tekivad. Aga kuidas saame teada, kas metall peab vastu?

Siinkohal antakse sõna teoreetilistele arvutustele, mida kontrollitakse katsetega. Metallist proovikeha kinnitatakse katsemasina haardeosade vahele. Pinge suureneb. Alguses paneb metall koormusele kindlalt vastu. Metallvarras pikeneb natuke, ta annaks nagu jõule järele, kuid side tema osakeste vahel on veel tugev, sisejõud on veel suured. Metall pikeneb veelgi, kuigi koormus ei kasva. Metallis toimuvad silmale nähtamatud protsessid. Ja äkki hakkab varras ühest kohast, peaaegu keskelt, peenemaks muutuma ja korraga katkeb.

Pinge, mille juures proovikeha katkes, on üles märgitud. See on tõmbetugevuse piir. Seda teades võib konstruktor masina tugevust tõsta. Ta

arvutab iga detaili nii, et tegelik pinge kusagil seda piiri ei ületaks. Sellest on veel vähe, konstruktor näeb tahtlikult ette «tugevuse tagavara», teeb masinaosad tugevamad kui vaja.

Küsimus, kui suur see tagavara võtta, ei ole sugugi lihtne. Ei saa ju arvutuses kõike ette näha. Mitte kaua aega tagasi nimetasid välismaa insenerid seda tagavara «teadmatuse koefitsiendiks». Ma ei tea, mis võib juhtuda, ja sellepärast kindlustan ennast avariide vastu — niisugune oli selle koefitsiendi tähendus.

Kuid minevikust ei maksa rääkida. Möödunud sajandi ja isegi käesoleva sajandi alguse kohmakad ja aeglasekäigulised masinad olid niisuguse ülekindlustamise tulemuseks. Põhjuseks oli teadmatus.

Siiski juhtus, et masinad läksid rivist välja, kuigi koormused ei ületanud lubatud piiri ja näis, nagu oleks tugevuse tagavara pidanud garanteerima igasuguste ootamatuste eest. Masinate detailid purunesid palju varem, kui arvati. Masina elu katkes ootamatult.

Hakati otsima põhjusi, ja leiti, et need peituvad masinate eneste töötingimustes.

Koormus ei jää kogu aeg ühtlaseks, vaid muutub küll suuruse, küll suuna poolest. Detail võib näiteks olla kord tõmmatud, kord surutud ning selliselt palju kordi masina töötamise jooksul.

Turbiini labidates muutub pinge 3000 kuni 200 000 korda minutis!

Ja metall «väsib». Nõrgad kohad, kus tugevus on väiksem kui mujal, hakkavad järele andma. Nõrku kohti leidub alati, sest metall koosneb suurest hulgast väga väikestest kristallikestest, mis omavahel ei ole kõik ühetugevuselt seotud.

Tarvitseb ainult mõnel nõrgemal ühenduskohal puruneda ja väsimuspragu hakkab kasvama, kuni lõpuks murdub kogu detail.

Nõukogude teadlased, kes uurisid metallide omadusi, tulid järeldusele, et väsimuspiir sõltub paljudest asjaoludest, mille hulgas on suur tähtsus pinna hoolikal töötlemisel. Ja siin on tehnoloogidel võimalus detaili pinna tugevdamisega leida vahendeid väsimuse vastu võitlemiseks.

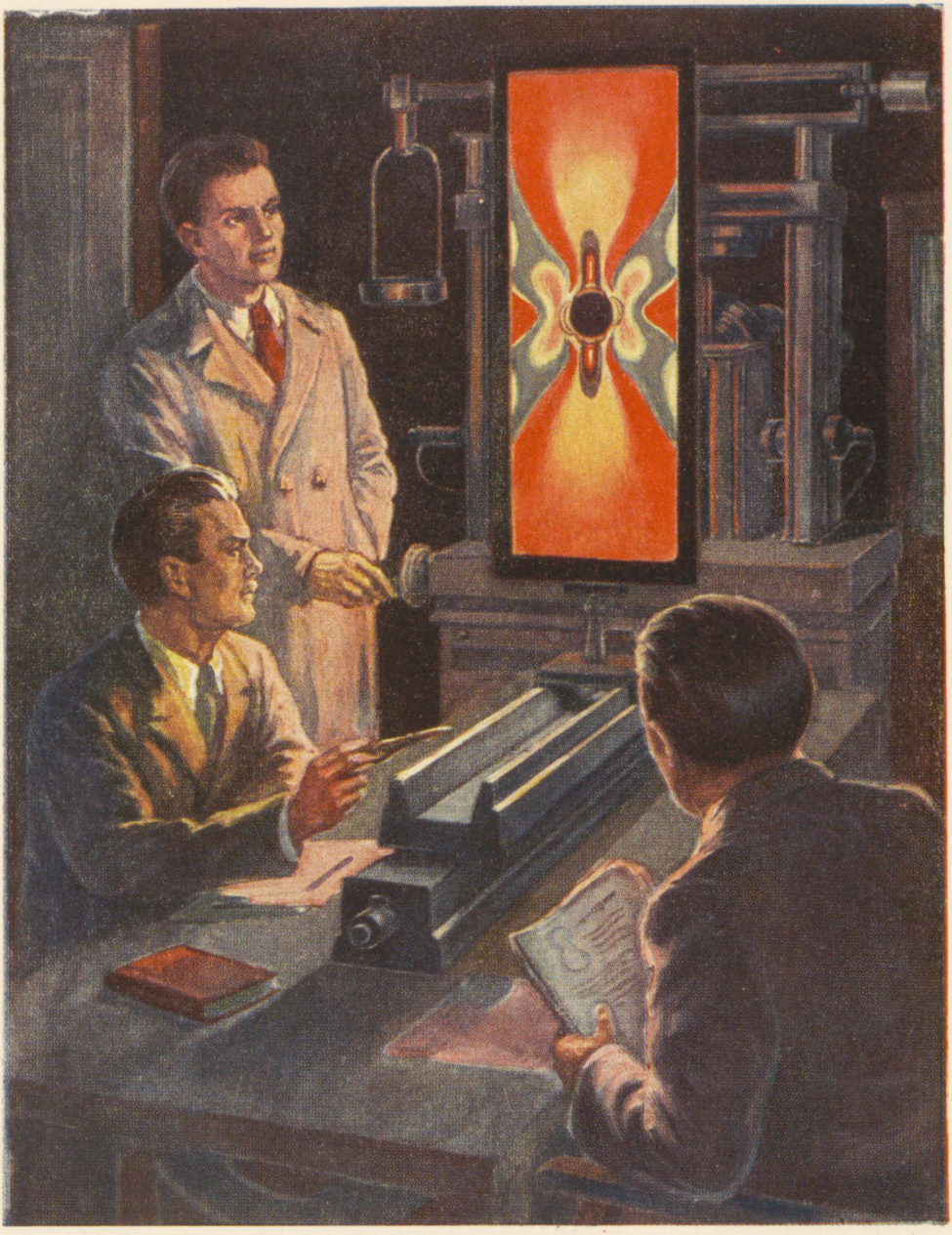
Nõukogude teadlaste tugevuse-alastel uurimustel on suur tähtsus võitluses masinate eluea pikendamise eest.

Võib liialdamata öelda, et uus suurte kiiruste tehnika võlgneb oma sünni eest paljuski tänu metallide tugevuse teaduse edusammudele.

Pinged suurenevad masinates aastast aastasse ja aastakümnest aastakümnesse.

Ei ole kaua tagasi, kui meil oli tegemist pingetega 1—2 tonni ruutsentimeetrile. Kuid juba praegu on pinge tõusnud kuni 4 tonnini, ning ei ole mägede taga aeg, kui ka see pinge suureneb 2—4 korda.

Pidevalt kasvavad masinates ka kiirused. Mõned masinaosad liiguvad propellerlennuki kiirusega. Möödub veel mõni aeg, ja masinaosad liiguvad reaktiivlennuki kiirusega. Ja kui möödunud sajandi insener prooviks ehitada nüüdisaegset masinat, kasutades tavalist marki terast, rauda ja malmi, siis lendaks see masin tükkideks. Näiteks võimsa auruturbiini töö-



Tugevuslaboratooriumis.

tamisel mõjub turbiini ratta labidatele kümnete tonnide suurune jõud, mis püüab labidaid ära rebida ja turbiini ratast purustada.

Ometi talub turbiini metall tohutut koormust. Peale selle töötab turbiin kõrge temperatuuri juures — aur juhitakse turbiini labidatele temperatuuriga umbes 500° või isegi rohkem. Võib arvata, et lähematel aastatel tõuseb auru temperatuur turbiinides 700—800°-ni, gaasi temperatuur gaasiturbiinides aga kuni 1000°-ni.

Aur ja gaas söövad metalli läbi, kuna nad mõjuvad talle keemiliselt. Kui aur jahtub, siis kulutavad ja purustavad metalli väga väikesed helist kiiremini lendavad veeosakesed.

Seejuures võivad turbiini labidad vibreerida, s. t. suure sagedusega võnkuda, kuna aur või gaas satub labidatele katkendliku joana.

Kui ma püüaksin kõike loendada ja selgitada, mida me turbiini metallilt nõuame, siis võtaks see enda alla küll terve peatüki. Kuid lühidalt võib seda öelda ühel real: tugevust — niihästi mehaanilist, keemilist, soojuslikku kui ka vibratsioonitugevust.

Tänapäeva inseneri käsutuses on selline tugev metall.

Tavaline teras peab vastu pingele kuni 2 tonni ruutsentimeetrile. Kuid praegu on olemas rauasulameid — teraseid, mis taluvad 20 tonni ruutsentimeetrile. Terase tugevust on õnnestunud tõsta 10 korda! Lennukiehituses kasutatavate tugevate ja kergete alumiiniumisulamite tugevus on 8 korda suurem kui puhtal alumiiniumil.

Kuumuskindlad sulamid kannatavad välja temperatuuri kuni 1000°. Külmakindlad sulamid ei kaota tugevust ka absoluutsele nullile, miinus 273°, lähedastel temperatuuridel. Tehnika vajab sulameid töötamiseks sadadesse ja tuhandetesse atmosfääridesse ulatuvate rõhkude juures, samuti kõrgel vaakuumil, kus rõhk on nulli lähedal, ning niisuguseid sulameid on nüüd olemas.

Seda loetelu võib tunduvalt pikendada.

Lühidalt öeldes on kaasaegsel inseneril mõõtmatult suurem valik, kui tema eelkäijatel. Tugevus, mis masinaehitajate jaoks on üks kõige tähtsamaid omadusi, kasvas põhilistel materjalidel 5—10 korda.

Kuidas saavutas tehnika niisuguse edu?

Metallurgidele, uute sulamite loojatele sai teednäitavaks tähiseks õpetus metallide omadustest ja käitumisest. Uued uurimise ja katsetamise meetodid andsid metallurgidele võimaluse pilku heita metalli «sisemaailma». Kõik see võimaldab praegu metalli «juhtida», muuta teadlikult tema omadusi meile vajalikus suunas.

Võib-olla, et sõna «juhtida» kutsub esile muige, kuna jutt ei ole masinast, vaid surnud metallist. Kuid missugune sõna võiks veel nii täpselt seda väljendada, mida metallurgid teevad!

Õhu tsentrifugaalkompressorites töötab metall kümnete tuhandete pööretega minutis. Sel metallil on väga suur tugevus madalamatel temperatuuridel.

Rakett-mootorite põlemiskambris töötab metall 1000° juures. See metall

on kuumuskindel madalamate koormuste juures, kuna kamber on ju liikumatu.

Aga kuidas muuta tugev metall kuumuskindlaks, kuumuskindel metall aga tugevaks? Kuidas luua kuumustugev sulam, mida on vaja turbiinidele?

Katseks ehitatud gaasiturbiinid arendavad minutis 60 000 ja rohkem pööret. Turbiini kettad kuumenevad seejuures punaseks, nii et nad pimeduses helendavad. Tsentrifugaaljõud püüab ketast puruks rebida, püüab labidaid oma pesadest välja kiskuda ja minema paisata nagu kive hiigellingult.

On juhtunud niisuguseid turbiini avariisid, kus purunenud masinate osi on leitud elektrijaamast mitmete kilomeetrite kauguselt. Tugev metall, mis on kuumenenud hõõguvpunaseks, ei ole enam tugev.

Iga uue sulami loomise ajalugu on jutustus loomingulistest otsingutest, terve inimeste kollektiivi ja samal ajal «teaduste kollektiivi» visast tööst, sest uute metallide loomisest võtavad osa füüsikud ja keemikud, tehnoloogid ja metallograafid.

Uues sulamis ei ole ainult keemilisi elemente. Sulamites ei ole üksnes kümnendikud protsendid süsinikku ja mangaani, molübdeeni ja koobaltit ning protsendid kroomi, niklit ja volframit. Sulamites peitub veel muud, mida ei saa protsentides mõõta ega keemiliste valemitega avaldada. See on nõukogude inseneride novaatorlus, teadlaste ja tootmistööliste koostöö, meie tehnilise progressi suur jõud.

Kuivõrd edukas on nende töö, sellest räägivad Stalini preemiad, mis igal aastal on märkinud teadlaste ja tootmistööliste saavutusi. Stalini preemia laureaatide hulgas on ka uute imeväärsete sulamite loojad.

Me oleme õppinud sulamite omadusi juhtima, oleme õppinud sulameid looma «tellimise peale», et ehitada suurt hulka meile vajalikke masinaid, mis töötavad üha kiiremini, mis ei karda kõige raskemaid, kõige vaevarikkamaidki töid.

... Imeväärne sulam! Varem oleks see paistnud tõesti imena.

Võtame näiteks kas või sellesama gaasiturbiini labidate sulami. Niisuguse sulami loomine on väga raske ülesanne.

See ei pea olema üksi kuumustugev sulam, teisiti öeldes tugev kuumutamisel. Ta peab olema tugev ka külmalt. Kuid võib juhtuda, et tõmbad noka lahti, aga saba jääb kinni: metall, mis kuumalt on tugev, kaotab külmalt oma tugevuse, muutub rabedaks ja hapraks.

Labidate sulamil peab olema võimalikult kõrge väsimuspiir, et ta väsiks võimalikult vähem.

Kas sellega lõpevad sulamile esitatavad nõuded?

Ei.

Kui juba aur söövitab labidaid, siis ei maksa rääkidagi kuumadest gaasidest, kus on lisaks veel hapnikku. Ka kõige kuumustugevam, kõrge väsimuspiiriga sulam ei pea vastu, kui temale suunatakse tuline õhujuga. Labidad kattuvad aegamööda tagiga. Tagi aga on paise metallil. Ainult väärismetallid on sellest vabad. Kuid turbiini ei saa ometi valmistada kullast

ega plaatinast! Teised metallid ja sulamid aga oksüdeeruvad. Seda ei saa lubada.

Kuid oletame, et tulime nende suurte raskustega toime. Kas nüüd on kõik? Ei, kaugeltki mitte kõik.

Tuleb meeles pidada, et uut sulamit on vaja töödelda — sepistada, stantsida, keevitada ja tööpinkidel lõigata.

Töötlemisel võivad ootamatused varitseda igal sammul.

Tavaliselt on tugevad sulamid oma koosseisult väga keerulised. Mõnikord on sellises sulamis kuni kümme erinevat elementi. Igaüks neist toob kaasa oma omadused: üks aitab oksüdeerimise vastu võidelda, teine kergendab sepistamist, kolmas suurendab väsimustugevust.

Ja üheskoos aitavad nad lahendada üht ülesannet: luua meie masinate jaoks vajalikke materjale.

Nüüd kerkib jälle küsimus: kas kõik? Ei. Küsimust ei saa lahendada ainuüksi keerulisemaks muutmisega. Appi tuleb veel teine sulami ja tema omaduste juhtimise meetod.

Selleks meetodiks on termiline töötlemine. See meetod on sama vana, kui metallid ise.

Karastada osati metalli väga ammu. Karastatud metall on juba teine metall teiste omadustega. Enne karastamist on metall pehme, pärast karastamist kõva ja rabe.

Termiline töötlemine, kuumutamine ja jahutamine, on metallide juhtimise võimas vahend. Varem tegutseti siin huupi. Termilise töötlemise saladused paljastasid vene metallurgid, kes tungisid metalli sisemaailma. Nende saladuste tundmine võimaldas valida õiget teed, võimaldas sõna tõsises mõttes juhtida metalli.

Karastatud — kuumutatud ja kiiresti jahutatud mõõgateraga võib läbi raiuda noore puu. Sellesama teraga, kui teda kuumutada ja aeglaselt jahutada, ei saa isegi vitsa katki raiuda.

Milles seisab siin saladus?

Metallid koosnevad kristallidest — terakestest. Selgus, et «kivikesed» — kristallid võivad kuumenemisel ja jahtumisel muuta oma kuju. Ühtlasi muutuvad ka metalli omadused.

Muidugi ei ole tegelikult kõik nii lihtne, nagu me rääkisime, kuid põhiline olemus on selline.

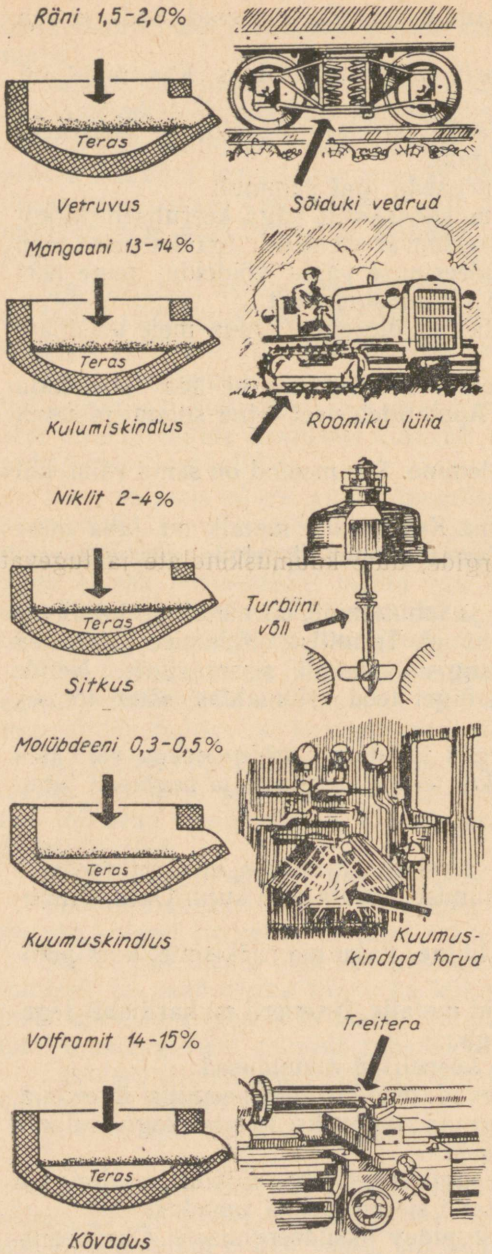
Tehnikas kasutatakse harva puhtaid metalle. Inseneril on harilikult tegemist metallide ühendustega, sulamitega.

Sulami sündimisel toimuvad väga keerulised muundused.

Juhtub, et metallide aatomid ühinevad, moodustades keemilisi ühendeid. Need ühendid võivad «tsementeerida» ja tugevaks muuta kogu sulami. Tugev alus on sulamis nagu luustikuks.

Mitmesuguste lisanditega ja mitmesuguste termilise töötlemise viisidega võib saavutada ka mitmesuguseid sulami siseehitusi ja omadusi.

On näiteks teada, et kroom on vastupidav oksüdeerumisele. Oksüdeerumisel tekib kroomil väga õhuke oksüüdi kiht. See on metalli «enesekaitse». Ta kaitseb ennast ise hävimise vastu — oksüdeerumine ei lähe kaugemale.



Legeerimislisandid kõrgekvaliteedilistes terasemarkides.

Lisades sulamile kroomi tõstame sulami vastupidavust. Sellepärast leidubki kroomi kõikides roostevabades terastes.

Volfram ühineb rauasulamites süsinikuga. Süsiniku ja volframi keemilised ühendid — karbiidid — annavad sulamile suure kõvaduse. Sellepärast kohtamegi volframit tööriistaterastes, kus esimeseks nõudeks on kõvadus. Niisugusest terasest teradega lõigataksegi metalli.

Kas ei ole hämmastavad need inimese tahtel toimuvad metallide muundused? Puhtaid metalle on teada umbes 70. Meie tehnika aga kasutab mitutsada marki kõige erinevamate omadustega sulameid.

Võib välja mõelda peaaegu kaalutuid sulameid, mis hõljuvad õhus nagu kork vees, samuti sulameid, mis on kümneid tuhandeid kordi terasest raskemad. See on muidugi kirjanike fantaasia.

Kui teie oleks viisteist aastat tagasi metallurgile öelnud, et on võimalik luua sulamit, mis töötab sadu tunde hõõguvpunase temperatuuril, oleks ta pidanud teid kindlasti fantaseerijaks.

Selliseid sulameid koostavad insenerid teadsid kogemuste põhjal, et niimitu protsenti niklit tagab suure tugevuse ja niimitu protsenti molübdeeni annab vastupidavuse kõrgetele temperatuuridele.

Nad teadsid, et kroomi ja räni lisamine kaitseb oksüdeerimise vastu madalatel ja kõrgetel temperatuuridel. Neile oli teada ka see asjaolu, et parema keevitatavuse ja sepistatavuse saavutamiseks on soovitav, et sulamis oleks vähe süsinikku.

Ja nad valisid sulami koostise. Kuid see oli alles töö algus.

Laboratooriumi ahjus tehti paar proovisulamit. Kõrgetel temperatuuridel saadi suurem tugevus kui teistel sulamitel.

Kuid osutus, et sepistada ja valtsida on uut sulamit väga raske. Takistuseks oli sulami liiga suur kõvadus.

Materjal, mida ei saa töödelda, ei kõlba kuhugi! Insenerid hakkasid uue sulami kõiki omadusi hoolikalt uurima.

Teda prooviti koormustel, millele ta praegustes turbiinides peab vastu pidama. Proovikeha «piinati» spetsiaalsetes masinates: teda tõmmati, painutati ja väänati igat moodi. Jälgiti, kuidas käitub materjal pideval töötamisel, paljude tundide vältel. Peab ju turbiin elektrijaamas töötama vahetpidamata 100 000 tundi — üksteist ja pool aastat!

Muidugi ei ole mõeldav proovikeha katsetada 11 aastat, kuid insenerid panid metalli siiski kestvuseksamile, et otsustada tema käitumise üle veel pikemat aega kestval töötamisel.

Ei ole võimalik saavutada seda, et materjal oma omadusi sugugi ei muudaks, kuid võib ja tuleb saavutada seda, et need muutused oleksid aeglased, märgatamatud, mis ei takistaks masinate tööd.

Ülesanne ei ole kerge, kuid meie metallurgid lahendavad selle.

Nad tungivad metalli sisemusse mikroskoobi ja röntgeniaparaadi abil ning uurivad termilise töötlemise mõju sulami ehitusele ja omadustele.

Insenerid ei ole seejuures üksi. Teadus varustab neid uute, täiuslike metalliuurimise meetoditega.

Metallurgide omandiks on saanud peale optilise mikroskoobi ka sajatuhandekordse suurendusega elektronmikroskoop. Elektronmikroskoobi abil võib näha isegi üksikuid molekule.

Elektron-aparaadid reedavad aine sisemuses toimuvate kõige peenemate, kõige keerulisemate muundumiste saladused.

Metalli sisemisi defekte võis varem kindlaks määrata ainult sel teel, et valutükk või detail lõigati puruks. Nüüd võime «vaadata» metalli sisse ilma metalli purustamata. Röntgeniaparaat, magnetiline ja ultrahelidefektoskoop on nendeks metallurgi silmadeks, mis näevad kõiki rikkeid, pragusid ja vigu, näevad metalli sisemist maailma.

Sulam kuumutatakse, hoitakse teatud temperatuuril ja pärast seda jahutatakse. Kuumutamist, temperatuuri hoidmist ja jahutamist teostatakse mitmeti. Ja katse ning teooria näitavad, kuidas seda kõige paremini tuleb teostada.

Sel viisil saadi jagu ka sellest «kangekaelsest» sulamist, millest me rääkisime. Ta muutus hästi töödeldavaks. Kui aga prooviti uut sulamit keevitada, siis tuli üle elada tõsiseid pettumusi. Keevitamisel tekkiv kuumus põhjustas liiga suurt rabedust ja kõvadust. Ja keevitusõmblused osutusid nendeks ohtlikeks kohtadeks, mida püütakse alati vältida.

Kõik olemasolevad keevituselektroodid tuli kõrvale heita ja valmistada uued. Ka keevitusprotsess ise kujundati ümber.

Tekkis vajadus ka uue jootemetalli järele, kuna olemasolevatest ei kõl-

vanud ükski kõrge temperatuuri jaoks. Kuid jootmisel, samuti nagu keevitamiselgi on masinate valmistamisel suur tähtsus.

Seejärel viidi uue sulami katsetamine laboratooriumist üle tehaste tsehhidesse.

Tehases teostati valamist suurima hoolikusega. Valajad teadsid, et sulam, mis töötab kõrgetel temperatuuridel, on väga tujukas. Ta on väga tundlik kõige väiksema koostise muudatuse suhtes. Mis vahe seal on, kas lisandeid on pandud sajandik või tuhandik protsenti rohkem! Mis vahe seal on, kas sulam on veidi üle või veidi alla kuumutatud! Kuid need väikesed vahed võivad olla suure erinevuse põhjuseks — sulam võib osutuda kõlblikuks või mittekõlblikuks.

Kuid tehase sulatusahjudest saadud sulam ei sooritanud kõigele vaatamata eksamit. Insenerid murdsid kaua pead, kuni leidsid põhjuse.

Selgus, et sulatamise juures sattusid sulamisse ahju vooderdusest kahjulikud lisandid. Lisandid jäid alles ka pärast valamist, tardusid, ja tulemuseks oli praak.

Metallurgid tulid toime ka selle õela vaenlasega. Nad õppisid puhast sulamit saama.

Kui on kuulda «erakordsete» omadustega sulamist, mille sarnast varem ei ole olnud, siis tuleb küsida: kas seda sulamit ka tööstuses kasutatakse? Kas toodetakse seda suurtes kogustes?

Ja kui teile vastatakse, et see on laboratoorne sulam, siis võite julgesti kahelda selle sulami erakordsuses.

Niisuguseid juhuseid on esinenud. Laboratooriumi ahjus saadud sulam käitus suurepäraselt. Nii tugevus, kõvadus kui ka muud omadused vastasid kõige karmimatele nõuetele. Kuid tehases olid tulemused teised ja sulamile ei saanud anda «tuusikut ellu».

Laboratooriumist tootmiseni on suur vahemaa. Ja see, et insenerid lahendavad ülesande lõplikult, et nad õpivad andma metalli, mis ei anna alla laboratooriumi proovidele, see on metallurgia suur saavutus, mida on raske ülehinnata.

Metallurgid saavad vajalike omadustega sulameid mitmesuguste lisandite kombineerimisega. Tihti muudavad mõnede elementide väga väikesed hulgad materjali järsku palju paremaks. Nimetus «homöopaatiline» metallurgia, väikeste lisandite metallurgia, mida insenerid intensiivselt rakendavad, on täht-tähelt, ilma jutumärkideta, õige.

Nad taotlevad sulami erakordset puhtust ja peavad ühtlasi ägedat võitlust iga soovimatu lisandi, iga kutsumatu külalise vastu, mis sulatamisel võib sulamisse sattuda.

Ja iga sulatist sunnitakse rasket eksamit sooritama.

Me mainisime juba, et masinaosasid ei saa valmistada kullast ega plaatinast. Kuid kas ainult kuld või plaatina on kallid? Muidugi mitte. On veel defitsiitsemaid, veel kallimaid elemente. Neid just ongi vaja suure tugevusega sulamite loomiseks.

Laboratooriumis ei kujuta see endast küll mingit probleemi. Seal võib katseid teostada kas või raadiumiga. Aga kui raadiumi on tarvis mitte väi-

kest grammi osa, vaid kilogramme ja kümneid kilogramme! Tahes-tahtmata tuleb raadiumist loobuda.

Tuleb välja, et kallite, väga defitsiitsete materjalide jaoks tuleb otsida aseaineid. Molübdeeni võib asendada näiteks kättesaadavama ja odavama mangaaniga.

Aga kas seda on lihtne teha? Sulami koosseisu muutmisel võib sulam niivõrd muutuda, et me ei tunne teda enam äragi.

Metallograafid teevad uute sulamite loomiseks ulatuslikke ja keerulisi uurimistöid. See kõlab võib-olla liiga tagasihoidlikult ja ebamääraselt. Aga kuidas võib siis see «ulatuslik» töö olla suurejooneline?

Oletame, et me tahame proovida kõiki kombinatsioone kahest, kolmest, neljast ja nii edasi, ütleme, kuni kümnest elemendist. Aga igas sellises kombinatsioonis muudame komponentide sisaldust 10 korda.

Kuipalju proove oleks vaja valmistada? Selgub: nii palju, et inimese elueast ei jätkuks vajaliku proovidehulga katsetamiseks.

Järelikult osutub see «ulatuslik» töö lõputuks, tähendab ka teostamatuks.

Ja meil ei ole mingit lootust seda tööd vähegi märgatavalt edasi viia, lõpetamisest rääkimata. Ei tule küsimussegi plaani või süsteemi võimalus, neid asendab juhus.

Et uurida ja katsetada ainult kahest metallist koosnevaid sulameid — binaarseid sulameid, selleks kulub palju aastaid. Et valmistada ja katsetada kolmik- ja neliksulameid, selleks on vaja sajandeid. Kõigi 10-est elemendist koostatud sulamite katsetamiseks kulub niipalju proovikehasid, et selleks ei jätkuks ka maakera suurusest metallimassist.

Kuid kas ei saa seda tööd kiirendada?

Sellele vastas nõukogude teadus: saab!

Professor S. A. Vekšinski töötas välja täiesti uue meetodi sulamite struktuuri ja omaduste uurimiseks.

Me võime Vekšinski meetodi tähtsuse üle otsustada alles siis, kui me teame, missugused ületamatud takistused seisid metallograafide ees.

Nimetatud tööd kõikides tema üksikasjades ei ole võimalik kirjeldada, kuid töö olemust ei ole raske mõista.

Teadus tegeles juba ammu tahkete ja vedelate metallidega. Metallograafide vaateväljast jäi aga eemale seesama metall gaasi, täpsemalt öeldes auru kujul. Selles seisiski Vekšinski poolt üles tõstetud küsimuse lahendamise võti.

Oli juba ammu teada, et metall kuumutamisel aurub. Metalliaatomid liiguvad siis üha kiiremini ja kiiremini. Nendest võib osa ületada naabrite külgetõmbejõu ja nad võivad end lahti kiskudes minema lennata.

Õhus ei lenda niisugune metallipinnast eraldunud aatom muidugi kuigi kaugele. Vastutulevad õhumolekulid «pilluvad» metalliaatomit siia ja sinna ning ta kaotab varsti oma kiiruse. Kui selle juures saaks näha tema liikumise teed, siis märkaksime kummalist murtud joont. Vaevalt õnnestub tal vastutulevate molekulide löökide all ümber pöörduda.

Lugu on hoopis teisiti tühjuses. «Tühjus» on muidugi suhteline mõiste. Meie kõrge vaakuumi tekitamise masinad võivad siiski saavutada hõren-

duse üks tuhande miljardik atmosfääri. Võrreldes Maa pinnal oleva õhutihedusega on see tõesti tühjus.

Tühjuses lendavad aurunud metalli aatomid segamatult sirgete kimpudena.

Oletame, et selline kimp kohtab oma teel klaasplaati. Sellisel juhul sadestuvad metalli aatomid plaadile väikese mäekesena, nagu jahu, mis kotist lauale pudenedes moodustab kuhjakese. Metalli aatomite kiht ei ole plaadil ühesuguse paksusega, mida kaugemale «mäekese» tipust, seda õhem ta on.

Aga nüüd suuname mitte ühe, vaid kaks või kolm erineva metalli aatomite kimpu plaadile. Aatomid segunevad, plaadile aga sadeneb kiht, mis koosneb erinevate aatomite «mäekestest».

Plaadi erinevates kohtades tekivad erineva koosseisuga kihid. Ühes kohas on näiteks rohkem niklit ja vähem kroomi, mingis teises kohas aga ümberpöördult.

Uurija saab plaadil terve komponentide ühenduste skaala, nende kõikvõimalikud kombinatsioonid. Seda võib saavutada ja Vekšinski viis selle läbi.

Niimoodi avaneb meie ees klaasplaadil sulam kogu oma mitmekesisuses. Väikesel plaadikesel näeme suurt maailma — tuhandeid erinevaid sulameid. Selleks tarvitseb plaadi peal ainult ühest kohast teise minna. Plaadil liikudes kohtame kogu sulamite skaalat, mille loomiseks oleks muidu kulunud aastaid pidevat tööd.

Kuid kas mitmesuguste metallide aatomitest koosnev kiht võib tõesti asendada tegelikku sulamit?

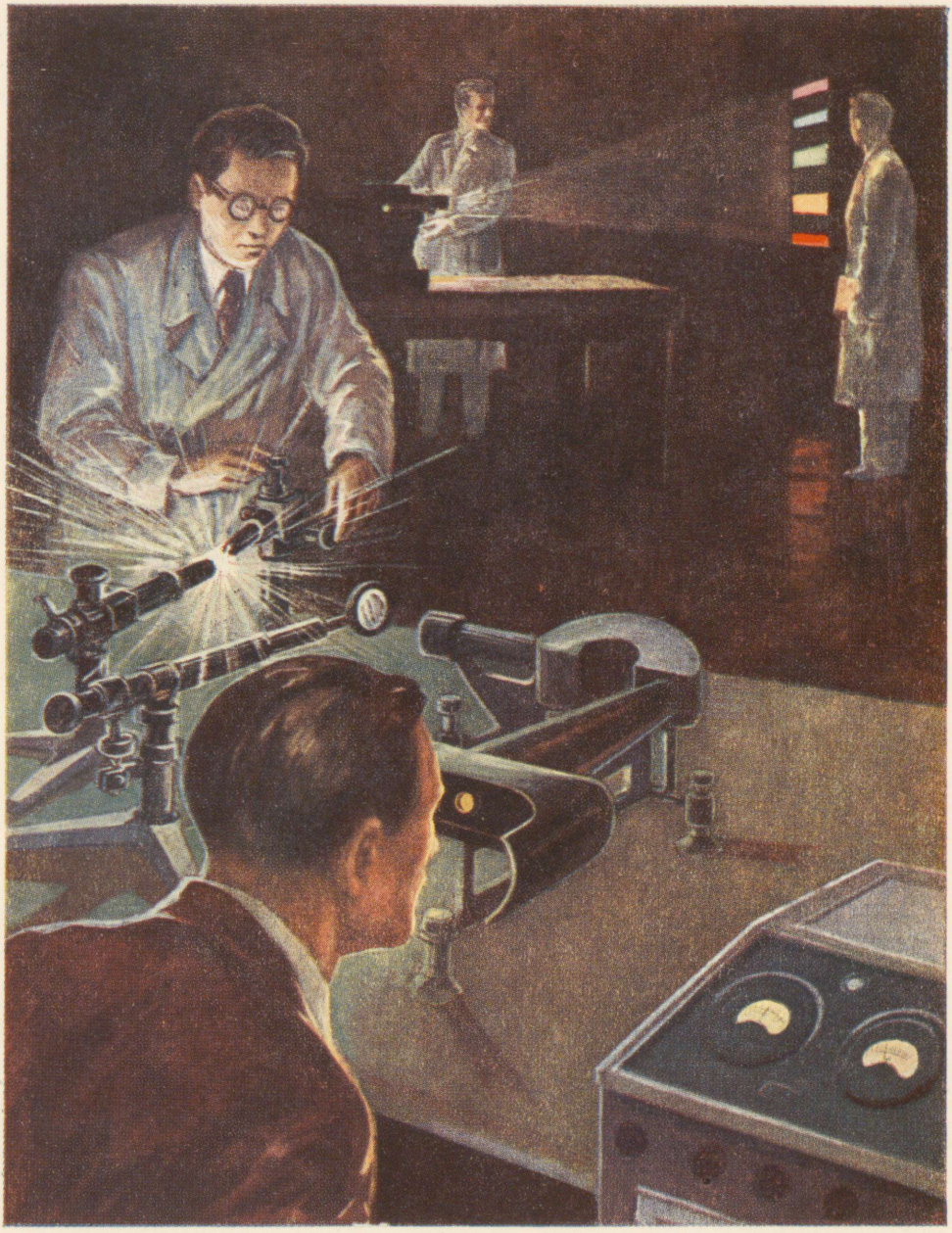
Kas plaadikesel olevat sulamit on tõesti võimalik samuti katsetada, nagu katsetatakse tegelikku sulamit?

Osutub, et klaasplaadil olev väga õhukene kiht võib uurijale tõesti asendada tegelikku sulamit. Osutub, et spetsiaalse aparatuuri abil on võimalik katsetada ja määrata mõned sulami omadused.

Kasutades Vekšinski meetodit võib ennustada, kuidas sulam käitub, kuidas mõjuvad talle mitmesugused gaasid, aurud ja vedelikud erinevatel temperatuuridel ja rõhkudel. Võib vaadelda näiteks seda, kuivõrd vastupidav on sulam niisugusele vaenlasele, nagu korrosioon ning aidata tal selle vastu võidelda. Võib kergesti näha, mis juhtub õhukese sulami kihiga kuumutamisel, elektrivoolu läbilaskmisel ja mitte ainult metallide, vaid keemiliste ühendite koosmõjul, teisiti öeldes — võib miniatuuris uurida, mis metalliga elus juhtub.

Niisuguse metalliuurimise laboratooriumi loomine, kus uurijate ees rullub lahti «suure väike» pilt, kus ei uurita kogukaid proovikehi, vaid aatomite «mäekesi», mille kõrgus ulatub millimeetri murdosani, oli loomulikult keeruline ja raske ülesanne.

Näiteks selleks, et tulevase proovi jaoks valmistada täiesti puhast metalli, tuli metall vaakuumis üles sulatada ja hoida küllalt kaua vedelana, sest muidu oleks metalli jäänud palju gaasi, kuid «gaseeritud» metall ei kõlba uurimiste jaoks. Auramine peab toimuma ühtlaselt, ning selle läbiviimine



Spektraalanalüüsi ekspress-laboratooriumis.

ei teinud vähe muret. Sageli oli aurustaja, metallkerakese, pind ebaühtlase aurumise tõttu nagu söövitatud ning sulam saadi ebaõige koosseisuga.

Töö lõpetati siiski edukalt ja seda hinnati 1946. aastal esimese järgu Stalini preemiaga.

On kasutusel ka teisi meetodeid sulamite omaduste kiireks määramiseks. Spektraalanalüüs avastab lisandeid tuhandiku, mõnikord isegi kümnetuhandiku protsendi täpsusega. Spektraalanalüüsil toimub see nii kiiresti, et teda hakati ekspress-analüüsiks kutsuma.

Nagu me teame, ei ole suure tugevusega sulami loomine kerge ülesanne. See on seda keerulisem, et tugevatel metallidel on omad erilised omadused, mida ei saa jätta arvestamata.

Missugused omadused need siis on?

Mõnest oli juba juttu, kui me kõnelesime kuumustugevate sulamite loomisest. Sulamid «avaldavad oma arvamust» tingimuste, koormuste, temperatuuride muudatuste kohta. On vaja saavutada, et need muudatused toimuksid sulamis väga aeglaselt ja ei avaldaks mõju masina töötamisele. See tähendab, et ei tohi enam piirduda lühiajaliste katsetega. Et ehitada täiesti töökindlaid masinaid, selleks on vaja pikemaajalisi katseid.

See ei ole veel kõik. Detaili üle võib otsustada mitte detaili enese, vaid metallitüki — proovikeha järgi. Sellisest metallist tehakse hiljem masinaosad. Ja kui proovikeha käitub hästi, pidades kõikidele katsetele vastu, siis ei tarvitse ka detaili pärast rahutust tunda.

Uutest sulamitest proovikehade katsetamine annab metallurgidele vastuse, missuguse sulami nad said ja kas sulamil on niisuguseid omadusi, nagu tootjad sellelt nõuavad.

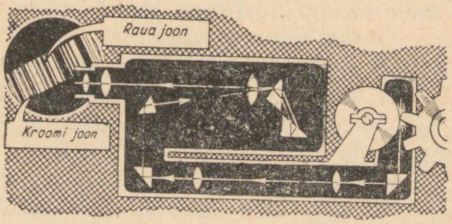
Vaatame, kuidas lahendasid ülesande professor I. I. Kornilov ja insener V. F. Prohhanov. Keeruliste ja kogukate prooviimasinate asemel on väike ketas. Kettal asuvad ringina metallvardad — proovikehad, nagu äkke pulgad. Ketas on paigutatud elektriahju, kus võib kõrget temperatuuri saada. Ketas pöörleb väga suure kiirusega.

Katsetamise ajal proovikehad kettal painduvad nagu peened puud tugevas tormis. Põhjuseks on tsentrifugaaljõud ja kõrge temperatuur. Ja selle järel, kuidas nad paindusid, võib otsustada sulami kuumustugevuse üle, tema vastupidavuse üle koormusele ja temperatuurile.

Aga kuidas võib näha proovikehi kettal, mis pöörleb kiirusega 2000 ja enamgi pööret minutis? Proovikehad sulavad kokku üheks helendavaks rõngaks.

Heidame pilgu ahju kaanes asuvasse väiksesse aknakesse. Me näeme proovikehi, mis... seisavad liikumatult paigal. Oleks nagu filmilint katkenud ja ekraanil kõik tardunud.

Seda teeb stroboskoop, optiline aparaat, mis «peatab» kiiresti pöörlevad



Terase spektraalanalüüsi aparaadi — stiloskoobi skeem.

esemed. Stroboskoobis valgustatakse eset ainult siis, kui ese oma pöörlemisel ilmub aknakese ette kogu aeg just ühele ja samale kohale. Kuna pöörlemine toimub väga kiiresti, siis ei märka silm valguse vilkumist, silma jaoks sulavad kujutused ühte, nagu filmikaadrid (üksikvõtted) ekraanil. Ja me näeme valgustatud eset nagu tardununa.

Stroboskoopi kasutatakse kiirekäiguliste mehhanismide uurimiseks. Stroboskoobis vaadeldakse näiteks laagrite tööd suurtel kiirustel. Proovimasinas aitab stroboskoop vaadelda kuumustugevatest sulamitest valmistatud proovikehade käitumist.

Sageli esineb vajadus katsetada mitte ainult proovikeha, vaid ka valmis detaile, mõnikord aga kogu masinat tervikuna tegelikes töötingimustes.

Kiirekäiguliste masinate katsetamine ei ole lihtne asi. On loomulik, et niisugustes masinates, kus detailid liiguvad väga suure kiirusega, on metalli omaduste muutumise jälgimine palju raskem kui aeglasekäigulistes masinates.

Praegu on teada palju katsemeetodeid. Nii saab kiirekäiguliste detailide pingeid vaadelda läbipaistvatel mudelitel.

Mudel, näiteks turbiini ketas, valmistatakse läbipaistvast plastmassist. Ketas asetatakse ahju ja pannakse suure kiirusega pöörlema. Plastmassist kettas tekivad samasugused pinged nagu tegelikus turbiinis. Optilised aparaadid aitavad neid pingeid nähtavaks muuta ja teada saada, mis masina töötamise ajal materjaliga toimub. Eredad vikerkaarevärvi joonised, nagu mingi troopilise liblika kummalised tiivamaalingud näitavad «pingejooni», ja nende joonte järgi võib otsustada, missugused pinged kusagil esinevad, kus on pinged suuremad, seega ka, kus on hädaohtlikud kohad.

Kuid tarvitseb ainult kõrvaldada koormus, kui kaob ka joonis. Joonist võib aga säilitada pingeid «külmutades». See ei ole kirjanduslik, vaid puhttehniline väljend. Pingeid «külmutatakse», kuid mitte külmaga, vaid soojusega ... Mudel valmistatakse sel juhul sõrestikust ja täiteainest.

Sõrestik — «luustik» — on kuumuskindel, ta ei sula kuumutamisel, kuid muudab oma kuju koormamisel.

Niisuguse «skeleti» sisse asetatud materjal sulab ja täidab selle omapärase vormi. Tardudes säilitab materjal sõrestikus toimunud muudatused. Nüüd võib mudelit jahutada ja vedel materjal muutub kõvaks. Pärast mudeli pöörlemise peatamist jääb üle ainult optilised aparaadid appi võtta ja meie ees on tardunud joonis nagu momentülesvõte.

On ka teine meetod.

Pinged kutsuvad esile materjali osakeste nihkumise: detail venib pikemaks, paindub, väändub. Need nihked, või nagu öeldakse — deformatsioonid, ei ole meelevaldsed, vaid on pingetega seotud. Kui on teada deformatsioonide suurus, siis võib määrata ka pinged.

Kuidas siis määratakse deformatsioone?

Selleks tuleb kasutada kaudseid teid. Nihked on ju niivõrd väikesed, et silmaga ei ole neid võimalik märgata ega mõõta, eriti veel kiirelt liikuvate detailide juures.

Sellele vaatamata tuleb need väga väikesed muudatused kinni püüda,

hiljem võib neid suurendada ja nähtavaks teha, siis aga võib nende järgi juba pingete üle otsustada.

Detail kaetakse erilise lakiga. Kui detail töötab, siis tekivad deformatsioonid ja lakk praguneb. Ohtlikud kohad, kus detail deformeerub kõige rohkem, kus pinged on kõige suuremad, annavadki ennast praokeste kaudu ära.

Detailile kleebitakse mitmesugustele kohtadele erilise liimiga õhukesi paberitükikesi. Paberile on omakorda kleebitud väga peened traadikesed, milledes kulgeb elektrivool.

Kui detail deformeerub, siis koos detailiga venitatakse pikemaks või surutakse kokku ka traadikesi, mis teevad kaasa kõik detaili liikumised. Traadikese pikkus muutub ja selletõttu muutub ka takistus, mis mõjub traadis kulgevale elektrivoolule. Neid vaevalt-märgatavaid muudatusi võimendatakse võimendajates. Nende muudatuste järgi saab otsustada pingete üle.

Sel moel «raporteerib» detail uurijale oma tööst.

Aru andma võib sundida ka kogu masina.

Seda tehakse näiteks aviotehnikas lennukite katsetamisel.

Lennuki mudel asetatakse torusse, kus tekitatakse kunstlikult õhu vool. Sellejuures kasutatakse, nagu mudelite igasuguse katsetamise juures, sarnasuse nähtust: mudeli käitumise järgi võib arvutusi appi võttes otsustada suure masina töö üle.

Õhuvoolu asetatud lennuki mudelil uuritakse, kuidas töötab tegelik lennuk ja kuidas sellele mõjuvad lendamisel tekkivad jõud. Teades nende jõudude suurust võib teha lennuki tugevusarvutuse. Pärast seda proovitakse üksikute lennukiosade ja kogu lennuki tugevust laboratooriumis. Katselennuk on määratud hukkumisele veel enne, kui ta õhku tõuseb. Kuid see lennuk ei hukku asjatult: konstruktorid teavad nüüd hädaohtlikke kohti, vaenlast tundes on aga palju kergem temaga võidelda.

Pöördume tagasi kiirekäiguliste masinate materjalide juurde. Missuguseid ootamatusi nad konstruktorile eneses veel peidavad?

Toome mõned huvitavad näited. On ilmnenud, et kõrgendatud tugevusega sulamitel on kõrgendatud tundlikkus detaili kuju järskude üleminekute suhtes. Mingisugune soon, rennike või ühelt läbimõõdult teisele üleminek kutsub nendes kohtades esile pingete suurenemise, tähendab, ka purunemise ohu.

Kuid detaili keeruline kuju selliste «ohtlike» kohtadega ei ole ju konstruktori tuju ega meelevaldsus.

Kuidas siis toimida? Uuest, suure tugevusega sulamist valmistatud proovikeha sooritab eksami «väga hea» peale. Kuid sellestsamast sulamist valmistatud detaili eest vastutada ei saa.

«Kust peenike, sealt ka katkeb,» ütleb vanasõna. Ja on esinenud juhtumeid, kus niisuguses «peenes», ohtlikus kohas purunesid turbiinide võllid, lendasid tükkideks kiirekäigulised elektrimootorid ning tsentrifuugid.

Sellepärast ei paista sugugi liialdatuna teadlaste väide, et tänapäeva suurte kiiruste ja kõrgete rõhkude ning temperatuuride tehnika üheks tähtsamaks ülesandeks, suure tugevusega materjale nõudva tehnika ülesandeks on vastuse leidmine küsimusele, mispärast ühest ja samast metallist proovikeha ja detaili tugevused on erinevad.

Pingete kahjulike «kuhjumiste» vastu leitakse ja kasutatakse mitmeid võitlusviise.

Konstruktorid projekteerivad masinad niimoodi, et ei oleks järske üleminekuid suurelt paksuselt vähemale või ühelt kujult teisele. Järskude üleminekute asemel on sujuvad üleminekud, nurgelist vormi asendavad ümardatud vormid. Vältida pingete kuhjumist, kontsentreerumist — selline on konstruktori deviis.

Kasutades sellist teed ja muutes võrdlemisi vähe ühe elektrimootori konstruktsiooni, võimaldus konstruktoritel suurendada mootori võimsust ilma mootorit kahjustamata poolteist korda.

Tehnoloogid on leidnud meetodeid metalli pinnakihtide tugevuse suurendamiseks. Detaili pinda tugevdades teevad nad metalli vastupidavamaks ja katavad ta justkui «soomusega». Nad ütlevad, et teevad sulami tugevamaks ilma koosseisu keerulisemaks muutmata. Tehnika kasutab praegu laialdaselt mitmesuguseid tugevuse tõstmise meetodeid, mis aitavad võidelda pingete kuhjumise kahjulike mõjudega.

Ohtliku koha kõrvale, mida kõige rohkem kardetakse, tehakse sisselõige. Esimesel silmapilgul paistab see võõrastavana: suurendamise asemel vähendatakse tahtlikult tugevust, ja veel kuidas! Mingisuguse sügava soone kõrvale tehakse teine, nagu detaili tahtlikuks rikkumiseks.

On tähele pandud, et isegi märk, mis lüüakse tugevast sulamist valmisdetailile, kahjustab toodet. Märgi koht võib osutuda selleks kõige nõrgemaks kohaks, mis põhjustab purunemise. Sellepärast märgib kontrollija vastuvõetud detaili erilise tindiga.

Koht, kus asub süvend, pragu või lohk, on haav, mis võib areneda paiseks. Mispärast siis detaili tahtlikult rikutakse?

Selgub, et süvendid on kõige ohtlikumast kohast pingete «kõrvalejuhtimiseks». Süvendid võtavad lõõgi endale ja vähendavad sellega pinget nendes kohtades, kus hädaoht on kõige suurem. On ju tõsi, et kiilu lüüakse välja kiiluga. Muidugi ei tehta süvendeid meelevaldselt, vaid nii, et nad detaili tegelikult ei kahjusta. Niisuguseid süvendeid ja sisselõikeid nimetatakse «koormusest vabastavateks» süvenditeks.

Konstruktori nõuded materjali kohta ei piirdu ainult tugevusega. Eredaks näiteks on lennuk.

Kusagil ei kerki küll materjali kerguse küsimus nii teravalt esile kui lennuasjanduses.

Lendava masina materjal peab olema tugev, kuid kerge. Lennukiehituses kasutatakse laialdaselt kergeid metalle.

Lennukiehitajate põhimaterjaliks on alumiiniumisulamid, mis on terasest peaaegu kolm korda kergemad. Nende sulamite tugevus võib olla sama suur kui süsinikterasel. Nad on küllalt vastupidavad metallide vaenlasele — korrosioonile.

Veelgi kergemad on magneesiumi sulamid. Praegu töötavad metallurgid selle kallal, et suurendada magneesiumisulamite tugevust ja korrosioonikindlust. Metallurgid lõid lennuasjanduse jaoks magneesiumist, tsingist, alumiiniumist ja mangaanist «elektroni»-nimelise sulami. Nad loovad veel

kergemaid, tugevamaid ja vastupidavamaid sulameid. Neile tulevad appi Mendelejevi tabeli teised elemendid.

Üheks niisuguseks elemendiks on näiteks berüllium — kerge, vastupidav ja tugev metall homse, osalt juba tänase lennuasjanduse jaoks.

«Berülliumi päralt on tulevik! Geokeemikud, otsige uusi leiukohti meie maa graniidimassiividest! Keemikud, õppige seda kerget metalli eraldama tema kaaslasest alumiiniumist! Tehnoloogid, valmistage ülikergeid sulameid, mis vees ei vaju põhja, mis on kõvad nagu teras, elastsed nagu kummi ja vastupidavad kui plaatina!» rääkis akadeemik Fersman.

Nõukogude metallurgid loovad ülikergeid, ülitugevaid, ülivastupidavaid ja ülikuumuskindlaid sulameid ülikiirete masinate jaoks.

Uus, suurte kiiruste tehnika ei kasuta ainult metalle, vaid ka mittemetallilisi materjale.

Plastmassid on praegu levinud nii laialdaselt, et see andis isegi tõuke nimetada meie ajastut — raadio, elektri ja aatomienergia ajastut — plastmasside ajastuks. Me kohtame plastmassist tooteid kõikjal: oma kirjutuslaual ja riietusel, toas ja tänaval.

Plastmassid leiavad ka masinaehituses ja kiirekäigulistes masinates oma koha. Toome ainult ühe näite, kus plastmassi kasutatakse sagedamini kui mujal.

Kas te olete kuulnud, missuguse raginaga hakkavad hammasrattad tööle, kui juht veoautol käigu sisse lülitab?

Hammasrataste töötamisel tekkiv müra suureneb koos kiiruse kasvuga. Tekkis uus probleem — võitlus kiirekäiguliste ülekannete müraga. Kiirekäigulisi ülekandeid esineb näiteks tööpinkidel. Iga aastaga viiakse üha rohkem ja rohkem tööpinke üle metallide kiirlõikamisele. Sellepärast ei ole ka see ülesanne nende hulgast, mida võiks unustada.

Selle ülesande lahendamiseks on mitu teed. Üks neist on müratute plastmassist hammasrataste kasutamine.

Kerged, kuid tugevad plastmassist hammasrattad võimaldavad suurte koormuste ülekandmist suurte kiiruste juures. Näib paradoksina, et plastmass on terasest tugevam, kuid nii see on.

Plastmass on malmist või terasest mitu korda kergem, sellepärast allub ta pöörlemisel hoopis vähem tsentrifugaaljõu mõjul tekkivale koormusele. Ja me kohtamegi kiirekäigulistes masinates plastmassist hammasrattaid kui ka laagrite osasid.

Kui rääkida niisugusest kiirekäigulisest masinast, nagu seda on lennuk, siis leiame seal palju plastmassist detaile.

Plastmassist valmistatakse kabiini klaasid, mis löögist ei purune, samuti juhtkang, propelleri tiib, elektriseadmete detailid, õli ja bensiini paagid ning palju muud.

Üha rohkem ja rohkem tungivad tehnikasse tooted, mis on valmistatud metallipulbrite pressimise ja paagutamise teel. Sama meetodiga valmistatakse keraamilisi tooteid, näiteks telliskive. Ja seda meetodit hakatigi metallokeraamikaks kutsuma. Metallokeraamikat kasutatakse kõvasulamite valmistamiseks.

Sulamite tugevuse tõusuga muutub nende töötlemine raskemaks. Metalli võib lõigata ainult vastupidavast metallist lõiketeraga. Ei saa lõigata sellesama terasega, mida on vaja töödelda.

Lihtsat, harilikku terast võib lõigata tööriistaterasega, legeeritud terasega, mis sisaldab suuremal hulgal süsinikku ja teisi elemente. Kuid sulamite tugevus üha tõuseb. Ilmusid kiirlõiketerased. Kuid ka nende kõvadusest ei jätkunud alati uute tugevate sulamite lõikamiseks.

Siis loodi neile abiks erilised sulamid lõiketerade jaoks. Neid valmistatakse pressimise ja paagutamise teel metallide (volfram ja titaan) raskestisulavatest karbiididest — metallide keemilisest ühendist süsinikuga, ja lisatakse koobaltit. Karbiidid justkui tsementeeritakse koobaltiga kokku.

Metallokeraamika annab nii kõvu lõiketerasid nagu teemant. Ta ei anna ainult lõiketerasid, vaid ka isemäärivaid laagreid väga väikeste pooridega — «õlikannudega», lennukite pidurdusklotse ja palju muud, mida tehnika vajab. On küllalt, kui öelda, et kaasaegsel suurel lennukil on sadu erinevaid detaile valmistatud metallipulbrist.

Suurte kiiruste tehnikale on metallokeraamikat vaja samuti kui teisigi kaasaegse metallurgia harusid.

Nõukogude teadlased ja insenerid loovad masinate jaoks uusi materjale. Meie maa metallurgia on saavutanud suuri edusamme. Toome näiteks vaid ühe Stalini preemia laureaatide töödest.

Tehase «Russki Dizel» insenerid ja ühe teadusliku uurimise instituudi töötajad lõid ülitugeva malmi. Sellest odavast malmist võib valmistada palju masinate detaile, mida kuni viimase ajani tehti terasest, nagu näiteks väntvõllid ja mõned muud kiirekäiguliste jõumasinate osad.

Malm sisaldab grafiiti. Grafiitlehekeste tükikesed nõrgendavad malmi, ja selle tugevdamiseks on vajalik keeruline, aeganõudev ja kallis termiline töötlemine. Termilisel töötlemisel õnnestub lehekesi kerakesteks muuta ning sel teel tõsta malmi tugevust.

Odavat ja suure tugevusega malmi luua ei olnud kerge.

«Vaevarikkad katsed ja eksperimendid, mida alustati väikestes laboratoorsetes ahjudes ja mis hiljem viidi üle valutsehhi, kestsid kaua,» jutustab tööde juhendaja, Stalini preemia laureaat B. S. Milman. «Lõpuks tehti kindlaks, et teatud tingimustel annab grafiidiosakestele malmi struktuuri lülitumiseks vajaliku kuju vedelale malmile lisatav magneesium või magneesiumi sulam.

Kuid seejuures põrkasime kokku uue raskusega. Asi seisab selles, et magneesium keeb sulamalmi temperatuurist madalamal temperatuuril. Vedelale malmile lisatud magneesium aurab kiiresti. Valumalmist eralduvad magneesiumi aurud võivad põhjustada vedela metalli valukopast väljapaiskumist. Malmi pinnale tõustes hakkavad magneesiumi aurud põlema ja tekitavad sealjuures pimestavvalge leegi.

Järgnevad katsed ja uurimised võimaldasid siiski magneesiumi valusse viimise küsimuse lahendada.

Töötati välja täiesti ohutu tehnoloogia tööstuslikes tingimustes suure tugevusega malmi saamiseks.»

Minu jutustus ei anna muidugi täielikku pilti. Ei ole võimalik rääkida kiirekäiguliste masinate jaoks materjalide loomise kõikidest raskustest ja viisidest. Ma tahaksin aga, et te teaksite, kui tähtis ja kui raske see on.

Tehnika võlgneb paljude edusammude eest tänu uute materjalide sünnile ja vanade materjalide paremaks muutumisele.

Pool sajandit tagasi kulus lennuki mootori poolt arendatava võimsuse iga hobujõu kohta 20 kilogrammi materjali. Praegused lennukimootorid arendavad võimsust kuni 3000 hobujõudu. Järelikult peaks niisugune mootor kaaluma 60 tonni! Kuid praegu kaalub ta ainult tonn. Seda on saavutatud tänu tugevatele, kuid kergetele materjalidele.

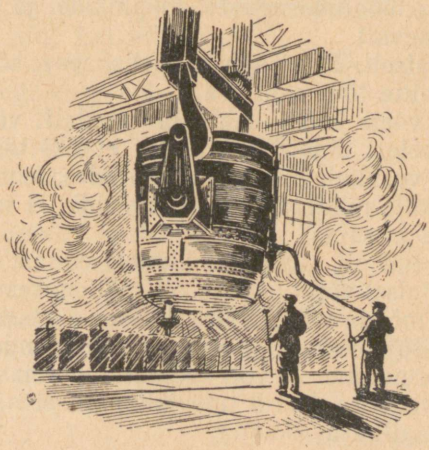
Diiselmootoreid on õnnestunud poole sajandi jooksul ligi 250 korda ja aurujõuseadmeid elektrijaamades 25 korda kergemaks muuta. Seda võimaldasid teostada tugevad, kuid kerged materjalid.

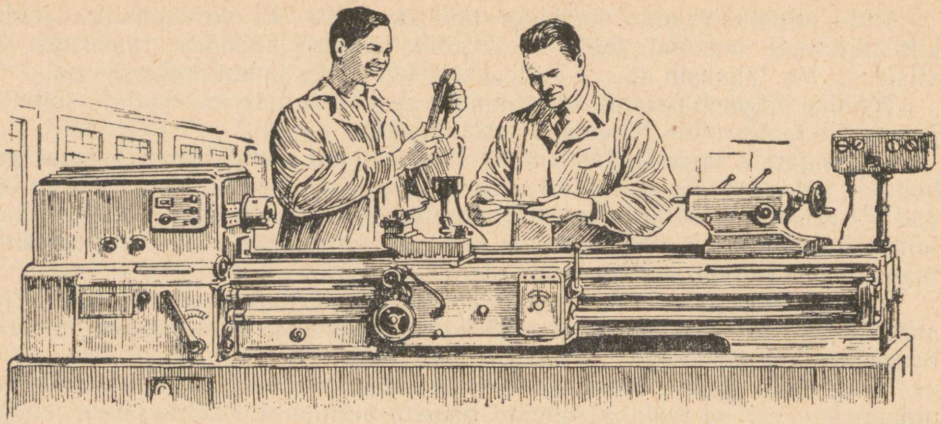
Ei ole kaua tagasi, kui gaasiturbiine kasutati ainult abijõumasinatena, praegu aga võivad reaktiivlennukid gaasiturbiinide abil helile järele jõuda. Selles on teeneid ka uute kuumustugevate sulamite loojatel.

Rakett-mootorid, mis arendavad poole miljoni hobujõu suurust võimsust kiirusel 5000 kilomeetrit tunnis, helist kiiremate lennukite mootorid ja tulevikus planeetidevaheliste laevade mootorid — see kõik ei ole ainult konstruktorite, vaid ka metallurgide, uute kuumuskindlate ja tugevate sulamite loojate saavutus.

Missuguse kiirekäigulise masina me ka ei võtaks — turbiinid või tööpingid, lennukimootorid või güroskoobid, ventilaatorid või elektrimootorid — nende kõikide loomisel on teiste teaduse- ja tehnikaharude esindajate kõrval teeneid ka metallurgidel, metallograafidel ja tugevusõpetuse teadlastel.

Nõukogude metallurgia edusammudele võime õigustatult uhked olla. Ilma metallurgia ja materjalide tugevusõpetuse saavutusteta ei oleks võimalik kaasaegse suurte kiiruste tehnika olemasolu.





VÕIT METALLI ÜLE

Ühe mootoritehase selles tsehhis, kus töödeldakse väntvõlli tappe, esines kord järgmine juhtum. Kaks töölist tegelesid võllide lihvimisega. Mõlemad töötasid ühtemoodi, detailid tulid kõrge kvaliteediga ja meister võttis mõlema käest töö vastu. Kui mootoreid kokku monteeriti, siis asetati mõlemad võllid oma kohale, seejärel aga hakati katsestendil mootoreid proovima.

Ning seal juhtus imelik asi. Võllid, mis olid valmistatud täiesti ühesuguselt, ühes ja samas tsehhis ühesugustel tööpinkidel ja olid ühtemoodi hästi lihvitud, käitusid erinevalt.

Üks töötas normaalselt. Teine aga «kapriisitses»: surus õli välja ja söövõbus — ühe sõnaga mitte töö, vaid praak.

Mootorid peatati, võeti koost lahti ja vaadati võlle. Töödeldud olid mõlemad võllid tõepoolest ühtemoodi, ainult et üks tööline võttis lihvimiskettaga laastu ketast vasakult paremale nihutades, teine aga tegi sedasama ketast paremalt vasakule nihutades. Võiks mõelda, et mis vahe seal siis on! Tulemus on ometi üks ja sama.

Kui aga võllidele tuli õli, siis pidas kumbki ennast omamoodi ülal: ühel võllil õli püsis, kuid teisel võllil jooksis õli töötlemisest jäänud vaevaltmärgatavaid spiraalikesi mööda välja. Spiraalikesed asetsesid nii, et nad avasid õlile väljapääsu, õli ärajooksmisega aga sai võimu enda kätte masinate hirmus vaenlane — hõõrdumine. Ja võll keeldus töötamast.

Selgub, et kui ei vaadata detaili tulevikku, kui ei nähta detaili töös, siis võib töötlemisega metalli ära rikkuda.

Vaadata tulevikku tähendab siinkohal esialgselt kindlaks määrata, kuivõrd karedaks jääb detail pärast «sissetöötamist», mille vältel hõõrdumine ei ole veel kahjulik, vaid kasulik. Kui sellele võllile, millest me rääkisime, oleksid kriipsud tehtud mitte ühes suunas, vaid kahes ristsuunas, siis ei oleks õli kohe välja voolanud ja kulumine ei oleks olnud nii suur.

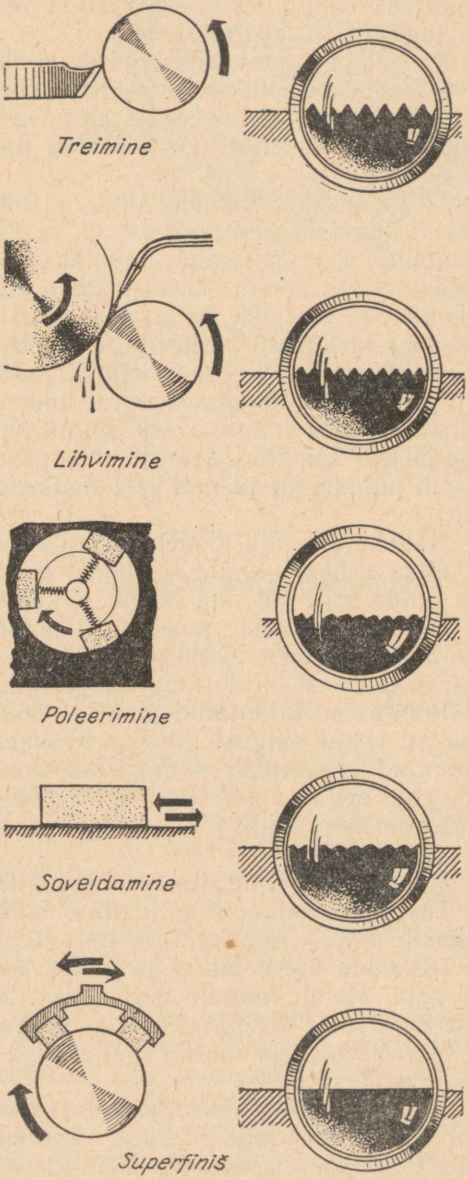
Töötlemine muudab metalli pinna omadusi. Kuidas saaks aga teada, missuguseks kujuneb pind töötamise ajal?

Sellele küsimusele vastas Stalini preemia laureaat professor P. E. Djatšenko. Ta töötas välja meetodi pinna kõige parema, või nagu öeldakse, optimaalse kvaliteedi määramiseks, mis aitab tehnolooge võitluses kulumisega.

On leitud meetodeid sileda metallipinna saamiseks.

Niisuguseid töötlemise meetodeid, mida nimetatakse puhastöötlemiseks, on nüüd mitmeid.

On tähele pandud, et detaili treimisel lõiketeraga suure kiiruse juures saadakse siledam pind. Eriti puhas pind saadakse siis, kui võetakse õhuke laast: siis ei jõua tera pindkihti kahjustada ega kuigi märgatavalt kuumendada. Nii toimub treimine peentreimis-pinkidel, kus töödeldakse näiteks reaktiivmootorite detaile. Töötlemine ei ole ainult peen, vaid ka täpne: detail pöörleb tööpingil kiirusega mõni tuhat pööret minutis ilma igasuguse võnkumiseta, tera lõikub metalli vähehaaval ja sujuvalt. Kogu töötlemine toimub automaatselt, ainult automaat võibki teostada nii keerulist ja täpset tööd.



Metalli pinna töötlemine.

Samasuguse meetodiga, võttes õhukese laastukihi, freesitakse detaile peenfreesimis-pinkidel. Kui on vaja veel siledamaid pindu, siis on tehnoloogil tagavaraks teisi meetodeid.

Ta võib abi saamiseks pöörduda abrasiivmaterjalide poole, mis koosnevad sidemassiga liidetud kõvadest, lõikavatest terakestest. Kõige lihtsamaks abrasiiviks on terituskõvasi või smirgelpaber. Abrasiivi terakesed on omamoodi lõiketerad, mis lõikavad maha metalli pinnal olevad ebatasasused.

Detail ja abrasiivtahud liiguvad tööpingil teineteise suhtes vastupidises sihis. Lõiketerakesed tasandavad pinda. Mida keerulisem on vastastikune liikumine, seda paremini lõigatakse ära kõik kühmud ja lainekesed, seda siledam tuleb detail. Abrasiivkäiad võivad näiteks pöörelda ja samal ajal liikuda edasi-tagasi. Selle meetodiga saadakse peegelpind, kus abrasiivi lõiketera-raasukeste kriipsud on vaevaltmärgatavad.

«Üliviimistluse» — superfiniši juures võib detailil ja käial olla üheaegselt rohkem kui kümme erinevat liikumist, nad võivad võnkuda, pöörelda ja liikuda mitmes suunas. Järk-järgult likvideeruvad kõik eelmiste töötlemiste tagajärjed. Lihvitud detailil võib pärast lihvimist süüdata tuletiku, kuna detaili pinnale on jäänud veel ebatasasusi. Pärast superfinišit tikk enam ei sütti.

Näiteks on vaja töödelda kuullaagri rõngast.

Meie ei hakka enam kordama, kuivõrd tähtis on saada võimalikult siledat pinda, eriti siis, kui laager töötab suurtel kiirustel.

Pärast lihvimist, poleerimist ja soveldamist, pärast vaevarikast ning hoolikat töötlemist ei ole pind ikkagi veel tasane. Mikroskoopilisi kühmukesi ja lohukesi ei ole kuigi palju, kuid nad on olemas.

Rõngas on kinnitatud pinki ja pöörleb aeglaselt. Rõnga sees libisevad tihedalt vastu rõngast liibudes luisukesed, mis teevad kiireid, silmale märkamatuid võnkumisi — mõnisada võnget sekundis, samal ajal teeb detail rida teisi aeglasemaid liigutusi. Seejuures metall ei soojene, metalli pinnale ei jää peaaegu ühtki praokest ega ebatasasust. Pind tuleb sile nagu peegel ja väga puhas.

Kuid ei tohi kahe silma vahele jätta asja teist külge.

Töötlemine muudab pindkihi omadusi. Seespool on metall ühtlane, väljaspool, pinnal, aga kujuneb teistsuguseks.

Lõiketera võttis laastu ja rikkus kristallide õige asetuse, sõtkus ja murdis neid. Metall muutub nõrgemaks: ta alistub kergemini pingete purustavale tegevusele. Kõige väiksemgi pragu võib nüüd ähvardada katastroofiga.

Näiteks kõva ja rabeda malmi pind võib pärast töötlemist muutuda pehmeks ja plastiliseks.

Lihvimisel võib töödeldav pind kohati kuumeneda, eriti kui lihvimine toimub suure kiirusega. Teraga töötlemisel võib temperatuur tõusta kuni 1000°! Soojus aga avaldab metallile oma mõju, ja võib juhtuda, et metalli omadused muutuvad halvemaks.

Eriti tundlikud töötlemise suhtes on tugevad sulamid, millest valmistatakse kiirekäiguliste masinate detaile. Just sellepärast ongi tähtis tugev-

dada niisuguse sulami pinda, teha sulam vastupidavaks ja paralüseerida töötlemise kahjulik mõju.

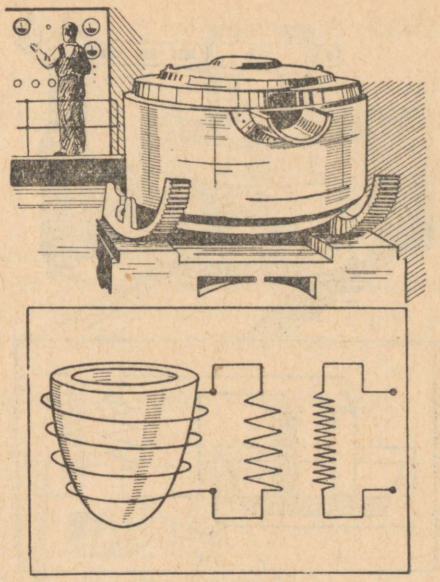
Seda ülesannet lahendatakse mitmel viisil.

Appi kutsutakse keemia ja elekter, soojus ja külmutus ning veel teised metalli alistamise vahendid.

Pindkihti võib küllastada lämmastikuga või süsinikuga. Kuna metalli keerulised keemilised ühendid lämmastiku või süsinikuga on väga suure kõvadusega, siis tugevdavad nad metalli pinda. Töötlemisel nõrgenenud metallile ei ole kulumine nüüd enam nii hirmuäratav.

Kuid sundida metalli lämmastikuga ühinema ei ole just lihtne. Lämmastik astub ühenditesse väga raskesti ja sedagi ainult kõrgetel temperatuuridel.

Detaili tuleb mitme ööpäeva vältel kuumutada ammoniaagis — lämmastikku sisaldavas gaasis. Lämmastikuga töödeldud nn. nitreeritud detaili tugevus tõuseb märgatavalt, mõõtmed muutuvad aga ainult 1—2 mikroni võrra.



Sulatamine induktsioon-elektriahjus.

Tehnoloogid rõivastavad metalli «soomusrüüsse», kattes ta teise tugevama metalli kihiga.

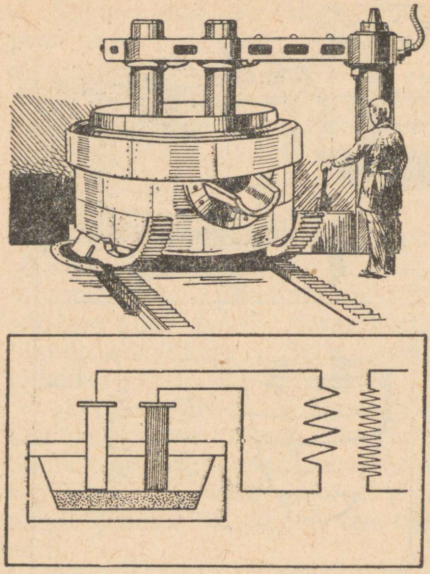
Soomustamine osutub tihti hädavajalikuks seepärast, et metalli ei riku ainult töötlemine, vaid ka keskkond, kus metall töötab.

Väga raske on turbiini materjali olukord töötamise ajal. Me rääkisime juba sellest, et auruturbiini labidad töötavad ülekuumendatud auru joas, kuhu satuvad mitmesugused metalli söövitust suurendavad ained. Gaasiturbiini labidad asuvad kuumade gaaside voolus, mis on tugevasti õhuga, tähendab hapnikuga segatud, see aga soodustab kiiret roostetumist ja metalli söövitust. Kui labidaid ei kaitsta, võivad need kiiresti rivist välja langeda ja puruneda.

Äntud juhul lisatakse kaitsmiseks metallile elemente, mis tõstavad metalli vastupidavust söövitusele — korrosioonile. Need elemendid moodustavad tugeva kaitsekihi. Kasutatakse ka teisi meetodeid.

Metall nitreeritakse. Metall kaetakse tsingist kaitsekihiga, sest tsingitud tooted ei karda niiskust. Kulumisele panevad paremini vastu kroomitud detailid. Väga õhuke kroomioksüüdide kiht takistab hapendumist tungimast metalli sügavusse ja metalli hävitamast. Tuleb välja, et oksüdeerumise vastu võideldakse oksüdeerumisega. Oksüdeerudes, «ennast ohverdades» kaitseb metall kattekihiga detaili.

TRÜ Raamatukogu



Sulatamine kaarleek-elektriahjus.

Elektri abil kaetakse metall metalliga. Elektrolüüt-vannides, kus on lahustatud kroomi või tsingi, nikli või hõbeda soolad, sadestab vool detaili pinnale väga õhukese metallikihi.

Nendes vannides ei ole võimalik üksnes metallide nikeldamine või kroomimine. Metalle võib seal ka poleerida. Elektriline poleerimine on ühtlasi võitlus korrosiooni vastu.

Ei ole raske mõista, miks tehnoloogid kasutavad üha laiemalt elektrilist poleerimist. Sageli esineb väga keerulise kujuga detaile. Näiteks võib olla kas või turbiini labidas, mille pind kõverdub küllaltki kummaliselt. See ei ole aga konstruktori omavoli, vaid täpse arvutuse tulemus, mis on katsetega tõestatud.

Et labidat tööpingil poleerida, selleks kulub pool tundi. Elektrilise poleerimise abil võib sama aja jooksul töödelda tuhat labidat!

Kui elektrivool kannab peale kattekihti, siis ta kasvatab metalli suuremaks.

Kui elektrivool poleerib, siis ta, vastupidi, võtab metallikihi maha. See kiht, kus on ebatasasused, kriimustused ja praod, mis häirivad metalli siledust, kõrvaldatakse. Metalli pind tasandatakse, seal ei ole enam teraga töötlemise jälgi. Metall muutub väljastpoolt tugevamaks. Poleerimine kaitseb metalli korrosiooni ja kulumise eest. Lõiketööriista vastupidavus kulumisele tõuseb peaaegu poolteist korda.

On selgunud, et elektri abil võib metalli katta teise metalli kihiga mitte üksnes elektrolüüt-vannides.

Detailile on võimalik ühtlast metallikihti kanda ka nõukogude teadlaste B. R. ja N. I. Lazarenko poolt avastatud elektrisädeme meetodil. Seejuures saadakse väga tugev kate. Nii kaetakse elektrisädeme meetodil lõiketeri kõvasulami kihiga.

On selgunud, et elektrisädemega töötlemine annab palju tugevama pinna kui mehaaniline töötlemine. Sellest, kuidas elektrisäde metalli töötleb, räägime me edaspidi.

Elekter võib metalli pinda karastada.

Meenutame kiirekäigulisi hammasratasülekandeid. Hammasrattad tuleb muuta kulumiskindlaiks. Näib, nagu ei oleks siin midagi imelikku. Hammasrattad tuleb karastada ja kõik. Kuid sellega ainult rikuksime asja.

Kui hammasratas on tervenisti karastatud, siis ta ei ole mitte ainult

kõva, vaid ka habras. Habras hammasratas aga ei talu hammasülekandes paratamatult esinevaid tõukeid ja lööke.

Väljapääs seisab selles, et metalli karastatakse ainult pinnalt, kuna südamik jääb karastamata. Kõva «koorik» kaitseb kulumise eest, kuna sitke südamik talub hästi lööke ja tõukeid.

Seda võimaldabki teostada karastamine kõrgsagedusvooluga, mis on välja töötatud Stalini preemia laureaadi V. P. Vologdini ja teiste nõukogude teadlaste poolt.

Hammasratas asetatakse kõrgsagedus-karastusseadme kuumutusinduktorisse. Induktor tekitab elektromagnetilise kõrgsagedusvälja. Väli tekitab omakorda hammasratta metallis elektrivoolu, mis voolab mööda pinda ja kuumutab ainult seda, sisemuses aga soojust ei teki. Karastub üksnes õhuke pindkiht, just see, mida meil ongi vaja.

Kuidas toimub siis tegelikult kõrgsagedusvooluga karastamine ja missugused olid selle esimesed sammud?

Stalini preemia laureaat, tehniliste teaduste doktor professor G. I. Babat jutustab järgmist:

«Saabus kauaoodatud esimese katse moment. Suur käigukasti hammasratas on kinnitatud vasktorust kuumutusmähisesse.

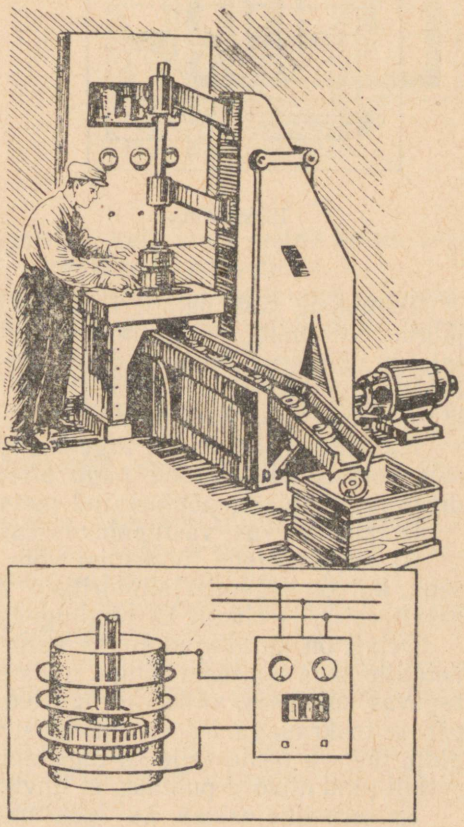
Plõksatab kontaktor. Generaator on sisse lülitatud. Kuumutamine algas.

Terase särav poleeritud pind tumeneb. Pinnal jooksevad muutevärvid: õlgkollane, sinine, tumepruun.

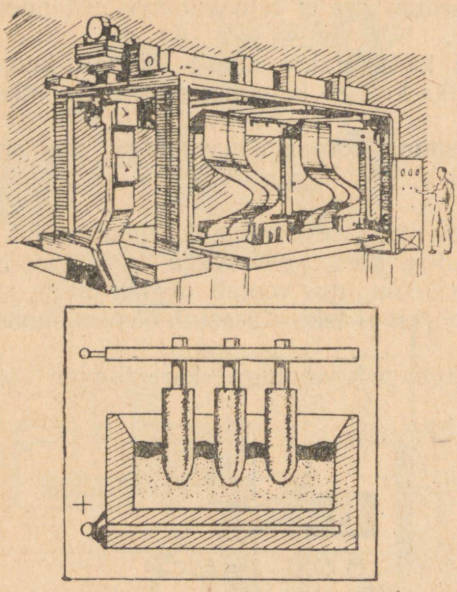
Võimsusemõõtja näitab, et teras tarvitab kaheksakümmend kilovatti. Möödub sekund, teine. Hammasratta külgpinnad hakkavad kirsspunaselt hõõguma.

Ja siis — imelik asi! Võimsusemõõtja osuti kaldub vastassuunas. Kuumutatava metalli poolt kasutatav energiavoog langeb järsult. Teras võtab nüüd 8 korda vähem võimsust kui hetk tagasi.

Meil vedas, vedas üle ootuste hästi. Selgus, et enamlevinud terasemarkidel on omadus vähendada tarvitatavat võimsust — end kuumutamise protsessist «ise välja lüli-



Karastamine kõrgsagedusvooluga.



Elektrolüüs.

tada» — niipea kui pindkiht on saavutanud karastamiseks vajaliku temperatuuri... Niimoodi päästab teras ennast ise ülekuumenemise eest...

Praegu on masstootmiseks olemas spetsiaalsed karastus-automaatpingid. Nad viivad karastatava toote induktorisse, hoiavad teda seal automaatselt kuumutamiseks vajaliku aja, seejärel aga viivad edasi jahutusvedelikku (vette, õlisse või emulsiooni), või piserdavad kuumale tootele jahutusvedelikku kuumutusinduktoris asuvate avade kaudu. Niisuguseid karastusautomaate võib lülitada üldisse mehaanilise töötlemise tööpinkide liini. Sel puhul võib mõnikord spetsiaalse termilise töötlemise tsehhi hoopis ära jätta.

Kõrgsagedus-kuumutamine muudab tootmise odavamaks, parandab töötamistingimusi ja tõstab mehhanismide eluiga.»

Tehnoloogi varustus ei ole keemia, soojuse ja elektriga veel ammendatud.

Tehnoloog võib detaili töödelda haavlitega. Kui haavlitega töötlemist jälgida, siis näib, nagu toimuks kuritegu. Viimistletud valmisdetaili pommitatakse väikeste 0,5 kuni 1,5 millimeetri suuruste teras- või malmkuulikeste rahega. Kuulikesi heidab jõuliselt suruõhu juga või paiskavad väikese, kiiresti pöörleva turbiini labidad.

Haavlitega töötlemine tugevdab pindkihti umbes 0,2 millimeetri sügavuselt. Toimus kalestumine, nagu ütlevad insenerid — metalli pindkihi omaduste muutumisest põhjustatud metalli tugevnemine.

Detaili kestvus, vastupidavus kasvab mitu korda.

Peale haavlitega töötlemise võib tehnoloog kasutada töötlemist rullimisega, kui on tegemist silindriliste detailidega. See kutsub samuti esile kalestumise, järelikult ka pindtugevuse tõusu.

Detail on kinnitatud kolme karastatud terasrulli vahele. Rullid suruvad detailile seda suurema jõuga, mida suurem on detail. Ja hoides detaili oma tugevas süleluses, valtsivad nad teda, «triigivad» igast küljest, nagu omapärase triikrauaga. Pärast niisugust valtsimist saadakse ühtlane, tasandatud pind, mis on peale selle ka tugevam. Mõnikord muutub rullidega triikimisel detaili pind niivõrd puhtaks, et lihvimist ega poleerimist ei ole enam tarvis.

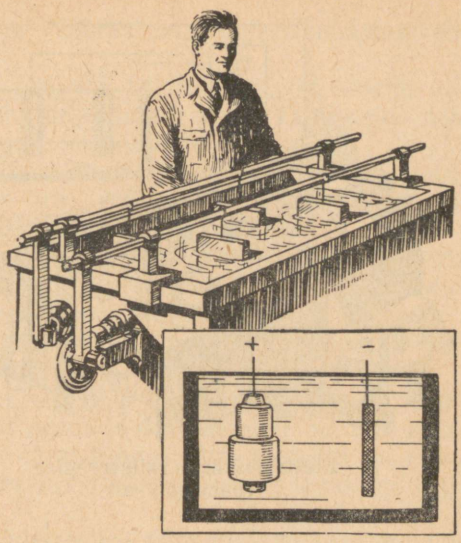
Kalestumine esineb ka hästituntud külmtöötlemise meetodite juures, nagu külmsepistamine, stantsimine ja valtsimine, mis annavad metallile suurema tugevuse. Stantsimine võimaldab peale selle valmistada detaili

väga täpselt. Palju sellise kiirekäigulise masina detaile, nagu seda on gaasiturbiin, stantsitakse.

Külmtöötlemine, mis tekitab kalestumist, ja kuumtöötlemine, nagu karastamine, tugevdavad metalli.

Soojust kasutavad inimesed metallide omaduste muutmiseks juba ammust ajast. Nõukogude teadlased rakendasid selleks otstarbeks ka külmutuse. Uus inimese abiline metallide töötlemisel ilmus esimest korda just meie metallurgia- ja masinaehitustehastes. Külmutuse abil võib seal toime tulla, kus soojus on jõuetu.

Külmutus muudab samuti metalli siseehitust. Keerulise keemilise koosseisuga teras nõuab ka keerulist termilist töötlemist. Et niisugust terast karastada, selleks on metallis vaja saavutada kristallide ümberkorraldumist. Tuleb ette, et ümberkorraldumisel ei õnnestu lõpuni kulgeda, kuigi teras juba jahtus. Termiline töötlemine on lõppenud, kuid kogu metall ei ole veel ümber korraldunud: on jäänud pehmed, karastamata piirkonnad.



Elektriline poleerimine.

Nüüd, kus kiirused, pinged, rõhud ja temperatuurid masinates aina tõusevad, ei saa niisuguste varem vältimatutena paistnud karastamise puudustega enam leppida. Aga kuidas siis nendega võidelda?

Välismaa teadlased olid jõuetud sellele küsimusele vastama. Lahenduse andsid nõukogude teadlased. Metallile on vaja anda aega, et metalli struktuuri ümberkorraldumine jõuaks lõpule, et karastamine oleks täielik. Selleks tuleb metalli jahutada mitte toatemperatuurini, nagu harilikult, vaid veel madalamale: 70—100° alla nulli.

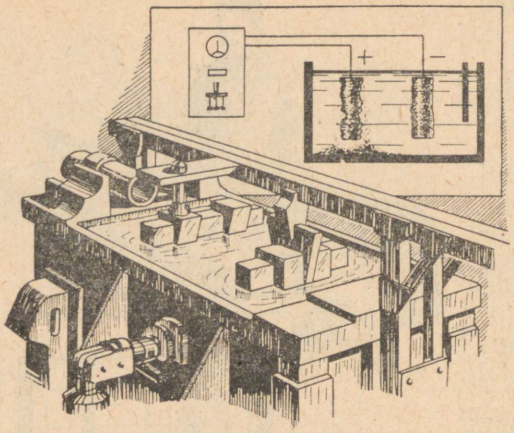
Ja jahutatud metallis kulgeb karastamine (õigemini mitte enam karastamine, vaid «külmutamine») tõepoolest lõpuni. Kuigi metall soojeneb uuesti toatemperatuurini, säilitab ta karastamisel saadud omadused. Metall jääb kõvaks, isegi palju kõvemaks kui tavalisel karastamisel, sest metallis ei ole nüüd enam «pehmeid» kohti — tõkatitilku, mis rikuvad terve tünni mett.

Mõnikord võib külmutusega töötlemisel masina detaili kõvadust tõsta peaaegu kolmandiku või poole võrra. Detailide kvaliteet, nagu näiteks hammasratastel, paraneb, nende kasutusaeg pikeneb.

Siiani rääkisime sellest, kuidas metalli tugevdada, kuidas inseneridtehnoloogid kasutavad metalli tugevdamiseks soojust ja külmutust, elektrit ja keemiat, haavlitega ja rullimisega töötlemist.

Need on kõik metalli tugevdamise meetodid.

Nüüd aga tuleb meil rääkida sellest, kuidas metalli tugevust vähendada.



Elektrolüütiline rafineerimine (puhastamine).

Tugevust vähendada? Kuid võitlus kiiruse eest on ju ka võitlus tugevuse eest. See on võitlus tugeva metalli eest, mida vajavad kiirekäigulised masinad. Kuidas saab siis tugevusega võidelda? Ja peaasi, milleks?

Siinkohal tuleb meenutada lõikamist.

Lihtsast süsinikterasest lõiketeraga ei saa lõigata legeeritud spetsiaal-terast. See on sama hea, kui lõigata kõva puud plekknoaga. Aga kui proovidagi niimoodi lõigata, siis ettevaatlikult ja aeglaselt, et tera liiga kiiresti ei nürineks, ei kuumeneks ega muutuks tarvitamiskõlbmatuks.

Mida tugevam on metall, seda raskem on teda töödelda.

Kas ei oleks võimalik lõikamist kergendada?

Kas ei saaks lõiketera abistada, et ta metalliga paremini «toime tuleks» ja metalli veel kiiremini töötleks.

Saab, vastasid nõukogude teadlased — Stalini preemia laureaat P. A. Rebinder ja tema õpilased.

Rebinderi katsete juures leidsid aset hämmastavad sündmused.

Metalli koostist ja ehitust endiseks jättes muutis ta järsult metalli mehaanilisi omadusi.

«Me tõendasime näiteks,» räägib Rebinder, «et kui puhtasse mineraalõlisse kastetud metall-traadi tõmbamine püsiva koormuse all sünnib üsna aeglaselt, siis kasvab tõmbamise kiirus mitu korda, kui igale kilogrammile õlile lisada ainult 10—20 milligrammi tserotiini — uut hapet, mida saadakse mesilaste vahast. 0,5-millimeetrise läbimõõduga seatinatraadi või seatinalehe tõmbamise kiirus võib suureneda sama koormuse juures 10 korda.»

Mis siis juhtus? Kas tilgakene hapet avaldas metallile tõesti nii suurt mõju? Jah, ning et seda mõista, selleks peame jälle metalli sisemusse vaatama.

Iga metalli osake on metalli sees ümbritsetud naabritega. Igale osakesele mõjuvad igast küljest ühesugused kohesioonijõud.

Nii on see metalli sees. Pinnal asetsev osakene aga tunneb end teisiti. Väljaspool tal naabreid ei ole. Ja pinnapealsel osakesel jääb üle kohesioonijõud, mida tal ei ole kuhugi rakendada.

On olemas taim, mis sööb väikesi putukaid, kes tema õiele kinni kleepuvad. Taim ootab kannatlikult, kuni putukas istub eredale õiele, istub, et mitte kunagi enam minema lennata. Ka osakesed metalli pinnal ainult

ootavad, et lähedale ilmuks mingi teine võõras osake, ja tõmbavad selle enese külge.

Akadeemik Rebinder tegi kindlaks, et on ka niisuguseid aineid, mis metalli pinna külge kleepudes võivad tungida metalli sisse. Ta nimetas neid «tugevuse vähendajateks», ja seda järgmistel põhjustel.

Tasaseid pindu ei ole üldse olemas. Alati esineb ebatasasusi, väga väikesi pragusid ja lõhesid. Need on nii väikesed, et neid nimetatakse «ultramikropragudeks», see on «ülimikroskoopilisteks pragudeks».

Kuid «tugevuse vähendaja» molekulidele on ka niisugune pragu teeks metalli sisemusse. Ja küllaltki avaraks teeks, sest sellele teele sattudes võivad molekulid teda veelgi rohkem laiendada.

«Ja just siinkohal,» jutustab akadeemik Rebinder, «avastasime me pindaktiivsete ainete kõige tähelepanuväärsema mõju tahketele kehadele.»

Sattudes väga väikestesse kiilukujulistesse praokestesse, suruvad nende ainete molekulid prao seintele ja «kiiluvad» teda laiemaks tohutu suure jõuga, mis ulatub ühel ruutsentimeetril kuni tonnini. Iga molekul on kübemeke, kuid neid on palju ja nende surve üldjõud, nagu me näeme, on väga suur. See jõud purustab metalli.

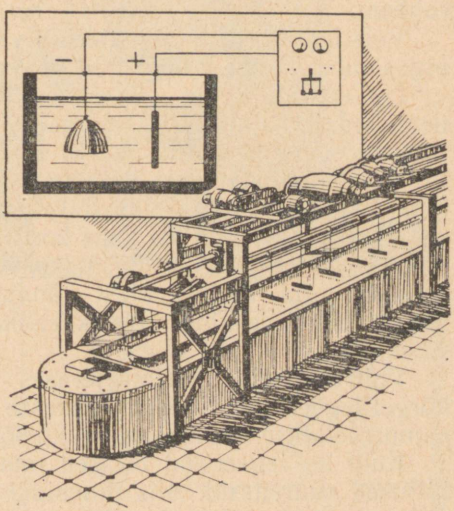
Nüüd muutub arusaadavaks, miks «tugevuse vähendajad» kergendavad lõiketera tööd. Töötlemise kvaliteet osutub väga heaks, tööriista kulumine väheneb. Niisuguste lisanditega määre mitte ainult ei määri ega jahuta, vaid aitab ka metalli lõigata.

On huvitav märkida, et need suurepärased ained, mis on lõiketerale abiks ja mis metalli purustavad, võivad metalli ka tugevdada.

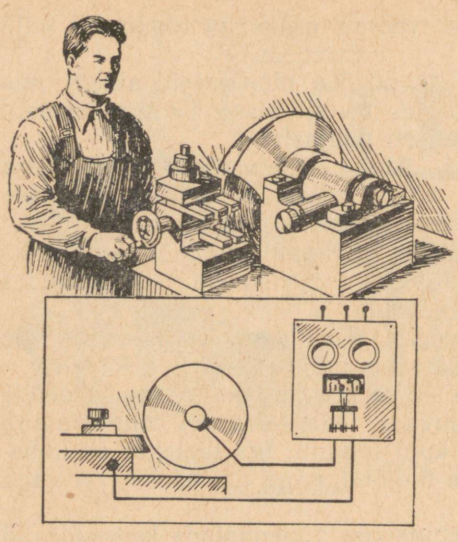
P. A. Rebinderi laboratooriumis teostati metalli pinna kalestamist petrooleumi kihi all. Tarvitses lisada ühe kilogrammi petrooleumi kohta ainult üks gramm stearinhapet, kui kõvadus algul langes, seejärel aga tõusis.

Peeneteraline metall on tugevam. «Tugevuse vähendajad» kergendavad terade peenendamist ja soodustavad seega metalli pinna tugevnemist kalestumisel.

Akadeemik Rebinder jutustab: «Meie poolt avastatud nähtuste uurimine, mis tekivad tahketes kehades olevate mikropragude siseseintel aktiivsete ainete toimel, viis järgmistele praktilistele tulemustele. Uurimistöödest saadud andmete põhjal võib vähendada energiakulu, kiirendada materjalide töötlemise protsessi, parandada kvaliteeti, tõsta toote väliskihi



Galvanosteegia (metallikihi pealekandmine).



Elektriline lõikamine.

kõvadust ja pikendada tööriista kasutamise aega.»

Eriti tähtis on see nüüd, kus metallide kiirtöötlemine on meie tööstuses laialdaselt kasutusel ja kus kiirtöötlejate liikumine on võtnud tohutu ulatuse.

Metalli töötlemiskiiruse tõstmine on suure rahvamajandusliku tähtsusega ülesanne. Kiirlõikamise kasutamine meie tööstuses annab ju sadu miljoneid rublasid kokkuhoidu aastas.

Metallide lõikamine on üks vanematest tehnikaharudest.

Kuidas siis arenes ja areneb võitlus lõikekiiruse eest?

Metalli lõigatakse metalliga. Lõiketera — kiil, tungides metalli, lõikab laastu. Tera «hammustab» ennast metalli sisse, katkestab metalliosakesi ühendavad jõud ja eemaldab pinnalt metallitükikesed.

Lõiketera tuleb lõikamisega toime ainult sellepärast, et ta on töödeldavast metallist kõvem. Mida kõvem on lõiketera, seda kiiremini võib lõigata. Kuid seda suuremaks muutub ka hõõrdumine, järelikult kuumeneb tera rohkem.

Võistlus tööriista ja materjali vahel, töödeldava ja töötleva metalli vahel algas juba ammu. Lõiketerad peavad olema kõvemad ja tugevamad.

Lõiketerade terast, mis sisaldab volframi, kroomi, mangaani ja teisi lisandeid, nimetati kiirlõiketeraseks. Lõikamise kiirus kasvas sellise terasega lõikamisel 6—10 korda, 5—10 meetrilt minutis 50—60 meetrini minutis. Lihtsast süsinikterasest lõiketera «läheb kahekorra», kaotab oma kõvaduse juba 200—250° juures, kiirlõiketera aga alles 550—600° juures. Kiirlõiketera vastupidavus on üle kahe korra suurem. Kiirlõiketeras on «isekarastuv», ta muutub töö jooksul kõvemaks. Kiirlõiketeras ilmus tehnikasse käesoleva sajandi algul. Sellest ajast tänapäevani on ta inimese teenistuses. Ja metalli ei töötle ainult üks kiirlõiketeras, vaid terve kiirlõiketeraste suguvõsa.

Volfram, mida kiirlõiketerases leidub palju, on kallis. Samuti nagu kõrgeltlegeeritud terasemarkidesse püütakse viia odavamaid lisandeid, samuti leitakse asendajaid ka kiirlõiketerastele.

Kuid ka legeeritud terased muutusid tugevamaks ja kõvemaks. Lõikekiirused suurenesid. Siis ilmusidki kõvasulamid, mida andis metallokeraamika, pulbermetallurgia. Kõvasulamid ei kaota oma kõvadust kuni 900 kraadini. Mitte asjatult ei nimetata neid kõvadeks.

Kõvasulamid on uueks panuseks võitluses lõikekiiruse eest. Kõvasula-

mitega osutus võimalikuks viia lõikekiirus 100—150 meetrini minutis, nõukogude kiirtreialid aga ületasid kaugelt selle arvu.

Nõukogude kõvasulam «pobediit» oli nõukogude tehnika võiduks. Meie metallurgid ei jäänud sellele peatuma, vaid lõid uusi häid kõvasulameid, mis ületavad ka kõige paremad välismaised sulamid.

Viimasel ajal on ilmunud veelgi kõvemaid ja vastupidavamaid lõiketerade materjale.

Nii nagu legeeritud teras, sisaldavad ka kõvasulamid defitsiitseid metalle — volframit, koobaltit, titaani. Ja nagu legeeritud terastele, nii leitakse ka nendele asendajaid.

On selgunud, et lõiketerasid võib teha ka mittemetallidest.

Niisuguseid lõiketerasid valmistati esimest korda meie maal.

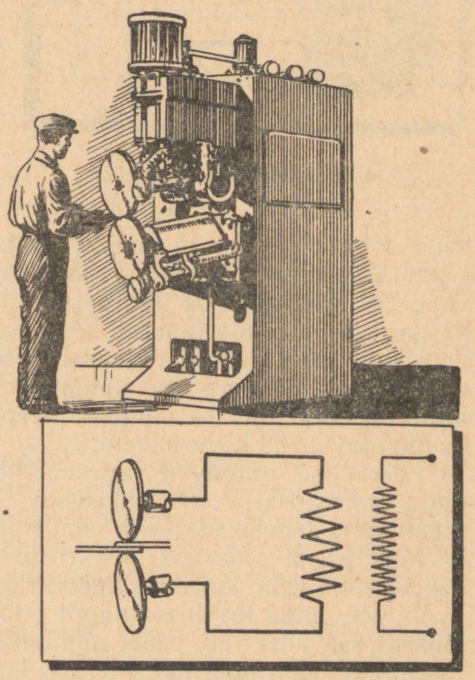
Uued, keraamilised lõiketerad, mis valmistatakse mineraalsest toorainest, on tunduvalt odavamad ja mitte halvemad kui kõvasulamist lõiketerad. Metalli lõikavad nad aga paremini kui kiirlõiketerased. Nad säilitavad kõvaduse kuni 1200 kraadini.

«Ma treisin niisuguse lõiketeraga malmdetaili,» jutustab kiirtreial, Stalini preemia laureaat Pavel Bõkov. «Tulemus ületas ka kõige julgemad ootused. Kõvasulamist lõiketeradega malmi lõikamisel peeti kiirust 200—250 meetrit minutis silmapaistvaks. Kuid keraamiliste lõiketeradega töötades tõstsin ma lõikekiiruse 1845 meetrini minutis! Normide järgi oli mulle ette nähtud neljateistkümne detaili töötlemiseks 8 tundi 10 minutit — terve tööpäev. Nüüd aga lõpetasin kogu selle töö poole tunniga.»

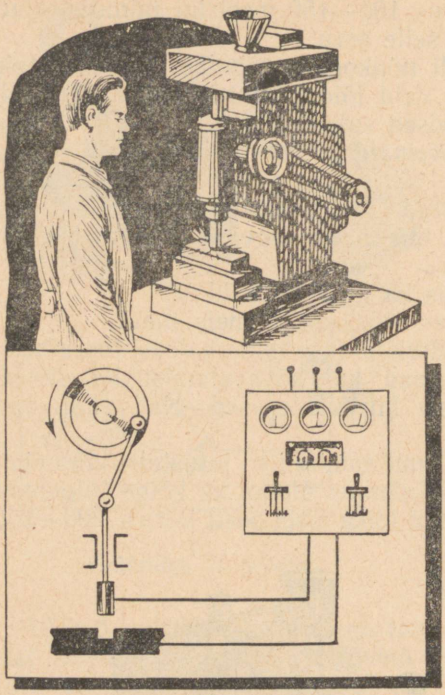
Pavel Bõkov saavutas keraamikat kasutades lõikekiiruse 3200 meetri minutis. Vaat, missugused võimalused avavad uued keraamilised lõiketerad! Metallide töötlemisel kuulub tulevik ilmselt odavale, kõvale ja vastupidavale keraamilisele lõiketerale. Meie teadlased jätkavad töid keraamiliste materjalide täiendamiseks, ja on juba teateid, et on loodud uusi ülikõvu raskestisulavaid keraamilisi lõiketeri, mis kõvaduse poolest võistlevad teemandiga — kõige kõvema ainega maakeral.

Tehniline mõte töötas juba ammu selle kallal, kuidas lõikekiirust suurendada.

Lõiketera tööd tuli kergendada. Metalli pind tuli teha pehmemaks,



Elektrikeevitus.



Elektrisädemega töötlemine.

selleks oli pinda vaja kuumutada. Mõned uurijad arutlesid, et kuum metall on kergemini töödeldav.

Nad kuumutasid metalli ja siis lõikasid. Nad võtsid appi kõrgsagedusvoolu, sellesama, mis kuumendab metalli ainult pinnalt, jättes südamiku puutumata. Kuum kiht võeti lõiketeraga maha.

Ja kuumutamine murdis tõesti metalli kangekaelsuse. Lõiketera tungis metalli nagu võisse. Laastu võtmiseks kulus peaaegu kaks korda vähem jõudu.

Kõik oleks olnud hästi, kui metalli ei oleks vaja kuumutada.

Tulise detailiga ei ole just väga lihtne ümber käia. Ning kuumutamine ei tule talle sugugi kasuks. Vaata aga ette, et sa ohtlikku temperatuuri ei ületa, — muidu on kõik otsas. Soojus, nagu me teame, korraldab ju metalli struktuuri ümber. Ja lõpuks ei lõika tera mitte külma, vaid tulist metalli, ning kergendust sellest terale ei tule. Ta kuumeneb ja «läheb kahekorra».

Siis mindi teist teed.

Mida kiiremini tera metalli lõikab, seda rohkem võtab ta laastu maha ja seda rohkem eraldub soojust. Lõikamine kuumutab metalli, ja nii tugevasti, et eelsoojendust ei ole enam vaja. Sellel kohal, kus tera parajasti lõikab, väheneb metalli tugevus mitu korda. Lõiketera töö muutub kergemaks ja kiiremaks.

Vähendades metalli tugevust, soodustab soojus lõikamist ja samal ajal, vähendades lõiketera vastupidavust, kahjustab lõikamist. Soojus ei ole ainult kasuks, vaid ka kahjuks. Seepärast tulebki kiirlõikamisel kasutada vastupidavaid ja kõvu lõiketeri.

Lõikamisel toimuvad väga keerulised protsessid. Nõukogude teadlased, nagu professorid V. D. Kuznetsov, V. A. Krivouhhov ja paljud teised, on tegelnud ja tegelevad veelgi nende protsesside uurimisega.

Meil pandi alus suurte kiiruste epohhile metallide töötlemisel mitmed aastad enne seda, kui metallide kiirlõikamine ilmus Ameerika Ühendriikides.

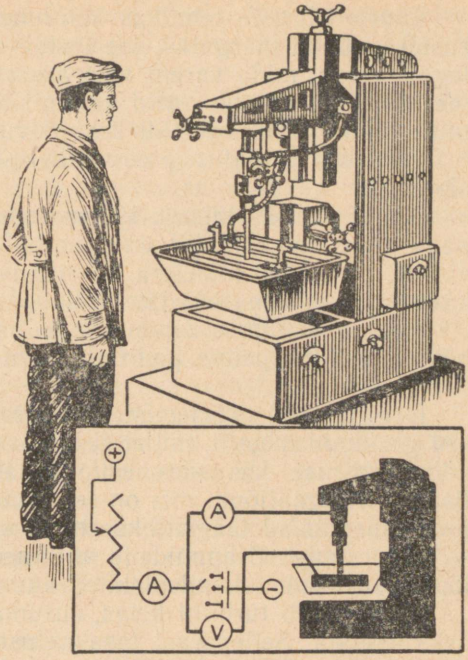
Ja see, mida teadlased nägid ette, täitus. Katsete tulemused rääkisid, et lõikekiiruse piiri võib edasi nihutada. Nii korraldati Tomski Polütehnilise Instituudi laboratooriumis terase kiirfreesimise katse. Frees lõikas laastu nii kiiresti — lõikekiirus ulatus mõnikord 5000 meetrini minutis —, et metall pinnal sulas. Korraldati katseid suure tugevusega karastatud ja

roostevabade teraste kiirtreimiseks. Katsed näitasid, et metalli võib lõigata palju kiiremini, kui kinnitasid vanad õpikud, vanad teooriad ja vanad normid.

Kuid see ei olnud kõik. Kiirlõikamisele oli vaja avada lai tee laboratooriumidest ja instituutidest tehastesse. Ülesanne — lõigata metalli seninägematu kiirusega — tuli lahendada praktikas.

Ja selles on hindamatud teened praktikutel-tööeesrindlastel, töö novaatoritel.

Kiirtöötlejate liikumine avas kõikides metallitöötlemise tööstuse harudes tohutud tootmisreservid — sajad miljonid rublad kokkuhoidu aastas meie majanduse jaoks, tööviljakuse mitmekordse kasvu. On välja arvutatud, et kiirlõikamine vabastab metallitöötlemise pinkidest peaaegu ühe kolmandiku, meie maal aga on tööpinke kaugelt üle miljoni!



Elektrisädemega töötlemine.

Terase lõikamiskiirus 600—700, praegu isegi 1500—2000, kergetel sulamitel kuni 4000 meetrit minutis ei ole meie tehastes enam harulduseks.

Kiirtreial S. Bušujev, kes töötab suurte kiirustega juba 1972. aasta arvel, lõikab terast kiirusega 2650 meetrit minutis.

Uutel kiirtöötlemise pinkidel võib ka tavalistes tootmistingimustes kasutada kiirusi üle 1000 meetri minutis. Paremates paremates kiirlõike novaatoritele on omistatud Stalini preemia laureaadi kõrge nimetus.

Nende kohta käivad J. V. Stalini sõnad sellest, et meie maal «... uusi teid teaduses ja tehnikas ei raja mõnikord teaduses üldtuntud inimesed, vaid teadusemaailmas täiesti tundmatud inimesed, lihtsad inimesed, praktikud, töö novaatorid».

Võitlus kiiruse eest on võitlus tehnilise progressi eest. Ja see, et seda võitlust peab teadus ja praktika, teadlased ja töölised, on eredaks näiteks, kuidas kaovad meie maal olulised erinevused vaimse ja füüsilise töö vahel. See on kommunismi nähtav joon. Novaatorit-tööeesrindlast iseloomustavad suured teadmised, oskus koguda fakte ja teha nendest järeldusi. Need aga on teadlase, vaimse töö tegija omadused.

Leningradi treiali Stalini preemia laureaadi Genrih Bortkevitši rekordile eelnes palju tööd, otsinguid ja katseid — see oli tõelise uurija tee.

Kasvavad pöörded, kasvab ka lõikekiirus, ning uued, senitundmatud nähtused ilmutavad oma olemasolu.

Suurte kiiruste tehnikas kohtume me nendega tihti. Mis väikestel kiirustel ei olnud märgatav, see teatab endast kiiruse suurenedes valju häälega: soojus, mida varem võis arvestamata jätta, töötlemise ja kokkumonteerimise täpsus, mis meid varem täielikult rahuldas, kulumine ja hõõrdumine, mille vastu võideldi äraproovitud meetoditega.

Võitluses lõikekiiruse eest tuli kokku põrgata uue vaenlasega — vibratsiooniga.

Bortkevitš viis kiiruse 150 meetrini minutis ja tööpink hakkas vabisema nagu auto, mis asfaldilt on sattunud munakividele. Suport ja terahoidja — «käsi», mis hoiab lõiketera — rappus nii tugevasti, et isegi lõiketeral olev kõvasulam murdus tihedate löökide all. Töötamine osutus võimatuks.

Kuidas niisuguse rappumisega hakkama saada? Alguses oli vaja leida põhjus. Põhjus peitus padrunis, kuhu kinnitatakse detail. Padrun ei olnud tasakaalustatud.

Isegi tühised pöörlemistelje kõrvalekaldumised detaili tsentrist või liigsed grammid metalli, millel ei ole paarilist, s. t. vastukaalu teiselpool telge, võivad kiiruse kasvades esile kutsuda tõsiseid ebameeldivusi. Ilmuvad lisatsentrifugaaljõud, mis on seda suuremad, mida suurem on kiirus. Lisajõud tähendavad laagrite koormuse suurenemist. See tähendab rappumist — vibreerimist. Grammide ja millimeetrite suurune kõrvalekaldumine annab lõpptulemusena tuhandeid kilogramme lisakoormust.

Ja siis võib turbiini ketas, aurumasina hooratas või mootori võll tükkideks lennata. Sellepärast tasakaalustatakse nad aegsasti.

Nii oli ka siin: kui padrun tasakaalustati, siis rappumine lakkas ja lõikekiirus tõusis 20%.

Rohkem aga ei õnnestunud saavutada, kuigi tööpingil võis pöördeid veel tunduvalt suurendada.

Tähelepanelikult jälgides toimuvaid protsesse märkas Bortkevitš, et seekord on takistajaks laast. Laastu mõjul lõiketera pudenes, nagu oleks ta mitte kõvast, vaid väga rabedast sulamist.

Juba varem olid kiirlõikamise katsed viinud järeldusele, et suurtel kiirustel tuleb loobuda lõiketera harilikust kujust. Terava nurga all metalli lõikudes rebib lõiketera laastu lahti, laast aga surub ja toetub lõikeserva lähedal vastu lõiketera keha. Lõikekiiruse suurenedes surve tõuseb ja teral moodustub süvend, lohk. Kiirus kasvab ja auguke roomab halastamatult serva poole, kuni tera puruneb. Väljapääs seisis selles, et muudeti tera kuju, ei lõigatud teravnurga, vaid nürinurga all, ja sellesamaga kõrvaldati vaenulik lohuke.

Nürinurga meetodit kasutades võis Bortkevitš lõikekiirust veelgi tõsta. Ta võttis tarvitusele ka teisi tehnilisi uuendusi, otsis julgelt ja leidiski uusi teid küsimuse lahendamiseks. Ta hakkas metalli lõikama senikuulmatu kiirusega.

Laast kuumeneb tulipunaseks. Lõikamine aga toimub nii kiiresti, et detail ise jääb külmaks. Ainult õhuke pindkiht kuumeneb ja muutub pehmeks. Vastupidav kõvasulamist tera võtab kergelt laastu.

Nii saavutatakse võite võitluses metalli alistamise eest.

Nüüd on enamik tööpinke üle viidud kiirlõikamisele. Meie tehased lasevad välja uusi pinke, mis võimaldavad metalli töödelda kiirusega 1000 ja enam meetrit minutis — reisirongi kiirusega.

Suuri lõikekiirusi võib saavutada mitte ainult uutel kiirtöötlemiseks ettenähtud, vaid ka vanadel tööpinkidel. Nii võimaldab näiteks nõukogude inseneride poolt konstrueeritud treipingi vahetatav pea spindli pöörete arvu tõsta kuni 2000-ni minutis. Suurendatakse tööpinkide võimsust ja käigukiirust. Peetakse võitlust pingi rappumisega, pingid tehakse tugevamaks, «jäigemaks».

Luuakse uusi lõiketerade kujusid.

Sergo Ordžonikidze nimelises Moskva Avioinstituudis töötasid professor Krivouhhov ning insenerid Bruštein, Jegorov ja Kozlov välja lõiketera «КБЕК», mis lõikab suure kiirusega ka kõige tugevamat terast: kõrgeltlegeeritud, karastatud, kuumustugevat või roostevaba terast. Nendest terasemarkidest valmistatakse paljude kiirekäiguliste masinate osad.

Lõiketera «КБЕК» konstruktsioon on selline, et isegi mahalõigatava metallikihi väga tugeval kuumenemisel ei kuumene tera üle ega lange rivist välja. Saadakse sile, väga puhas pind.

Stalini-nimelise Moskva Autotehase tööeesrindlane-hööveldaja J. Nikiforov konstrueeris niisuguse kujuga hööveltera, mis tungib kergesti metalli ja võtab korraga nii suure laastu, milleks tavalisel lõiketeral kulub kolm käiku. Ta töötleb metalli 10 korda kiiremini.

Täienevad lõiketera teritamise meetodid.

Kõvasulamist lõiketera teritamine ei ole lihtne asi. Kõvasulam juhib halvasti soojust, järelikult võib ta teritamisel üle kuumeneda. Ja insenerid võtsid appi elektri.

Elekter võtab lõiketeralt metallikihi maha ilma teda kuumutamata.

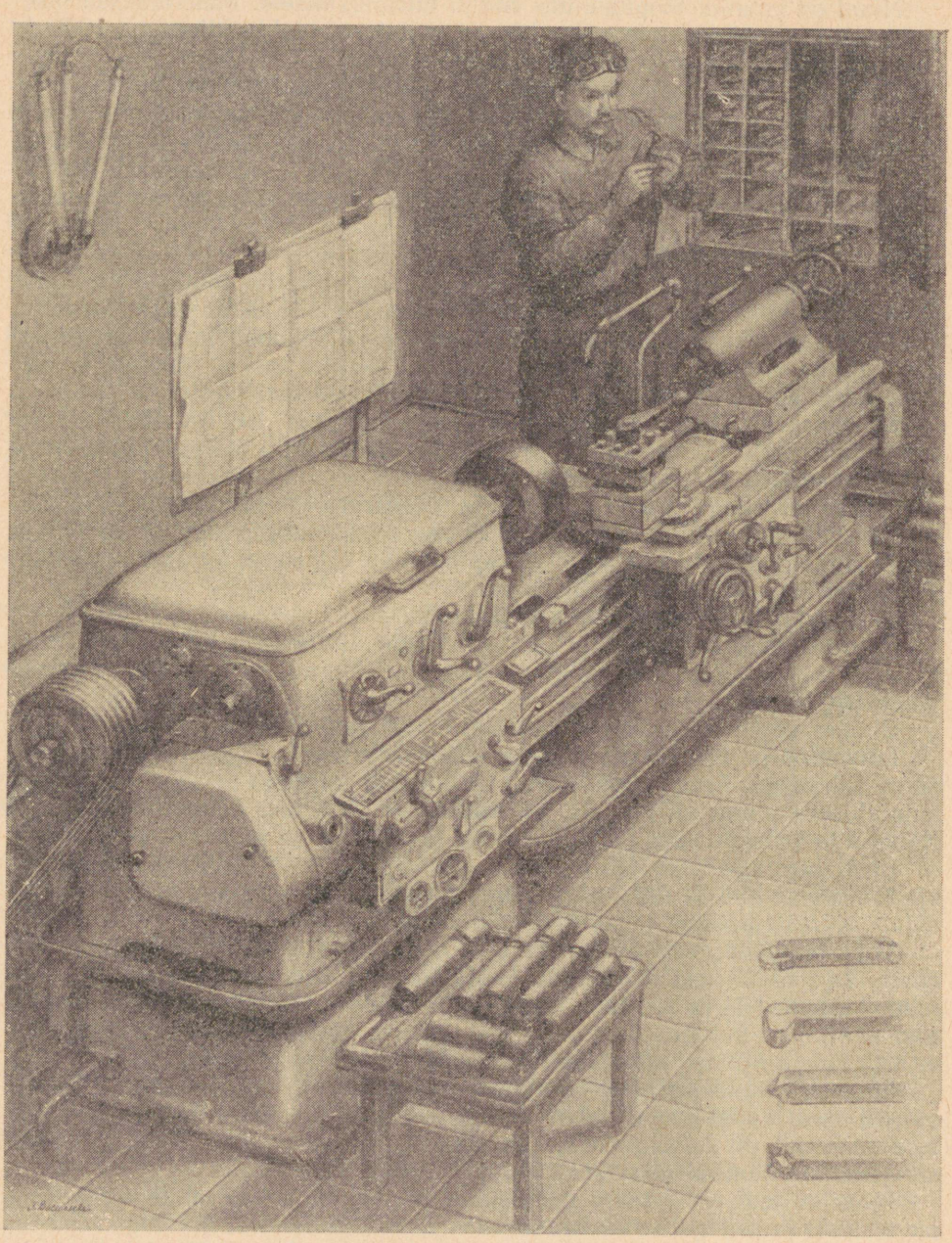
Lõiketera ja teritusketas lülitatakse elektrivooluringi. Ketas pöörleb suure kiirusega. Ketta vastu surudes ühendab lõiketera vooluringi ja vool sulatab tera pinna nii kiiresti, et soojus ei jõua tera sisemusse tungida. Ketas aga paiskab sula metalli eemale ja tööriist on hõlpsasti teritatud.

Elektrivooluga võib lõiketera pinnale lahusest sadestada silmapilkselt väga õhukese kihi ja seda nii tugevasti kuumutada, et kihi all asuv metall sulab. Kiiresti pöörlev ketas võtab sulametalli maha.

Vene teadlane, revolutsionäär A. M. Ignatjev leiutas iseterituva tööriista. Ta pööras oma tähelepanu looduslikele lõiketeradele — mõnede loomade hammastele ja küüntele. Need on ju tõelised iseterituvad tööriistad — nad säilitavad kuludes oma kuju ega nürine. Selle põhjuseks on asjaolu, et hambad ja küüned koosnevad erineva kõvadusega kihtidest.

Lõiketera kulub kogu serva ulatuses ebaühtlaselt, kohati rohkem, kohati vähem, sest laastu ära kiskudes surub tera laastule ebaühtlase jõuga. Kui tera materjal on homogeenne, siis toimub kulumine ebaühtlaselt. Tasane serv muutub hambuliseks. Tera langeb kiiresti rivist välja.

Ignatjev tegi ettepaneku valmistada tera «kihilisena», et ta töötamisel ise terituks ja sellega hoiaks alal oma kuju. Seal, kus teral on kõige raskem, sinna tuleb panna kõvem metall. Kus on kergem, sinna võib asetada peh-



Kiirtreiali tööpink ja lõiketerad.

mema metalli. Siis kulub tera kogu serva ulatuses ühtlaselt. Tera kuju säilib kauem. Ei ole vaja sagedast teritamist.

Ignatjevi idee pakub suurt huvi.

Võitlust peetakse ka laastuga, mis praegu tihti töötajat segab.

Kiirus on suur ja laastu lõigatakse nii palju, et ta põimub nagu serpentiinilint pingi ja toote ümber. Tera alt väljub minutis mitusada meetrit laastu. See on vaja eemaldada. Muidu muutub lõikamine raskeks, vahel isegi võimatuks. Peale selle on laast tuline, ta võib töölist vigastada. Lõiketera varustatakse laastumurdjaga, mis purustab laastu tükkideks ja ei lase tal suureks kasvada, pikaks lindiks venida.

Nõukogude insenerid mõtlesid välja mitmesuguseid laastumurdjate konstruktsioone.

See, et lõiketera suurtel kiirustel materjaliga nürinurga all kohtub, on pealesunnitud vajadus: lõikamiseks tuleb rohkem energiat kulutada, laastu lõigatakse halvemini, tera hõõrub oma pinnaga tugevamini detaili vastu.

Püütakse toimida nii, et mitte terve lõikeserv ei puutuks metalliga kokku nürinurga all. Nurk tehakse muutuv. Sellega väheneb võimsuse tarvidus, laastu eraldamine muutub kergemaks.

Kõvasulamite täiendamine annab võimaluse nürinurgast loobuda. Suurte kiiruste jaoks ilmuvad lõiketerad, mis ei nõua suurendatud võimsust ja mis eraldavad hästi laastu.

Keraamikast, uuest suurepärasest tööriista materjalist lõiketerad lubavad saavutada praegustest veelgi suuremaid lõikekiirusi.

Inseneride, teadlaste ja tööliste tehniline mõte töötab väsimatult. Iga päev toob meile teateid uutest võitudest võitluses metalli alistamise eest, iga päev me saame teada kiirtöötlejate armee suurenemisest. Endised rekordid saavad tervete jaoskondade, tsehhide ja tehaste ühisomandiks. Meie maal läheb metalli töötlemine üle suurtele kiirustele. Praegu töötavad kiirtöötlejad-novaatorid erilise entusiasmiga NSV Liidu suurehituste austavate ülesannete täitmisel. Toome ühe väikese, kuid paljuütleva ajalehemärkuse paljude teiste hulgast:

«Kui tehas sai tellimise pumpade valmistamiseks «Kuibõševgidrostroi» jaoks, siis tulid novaatorid Logatšev ja Tsõbin järeldusele, et spindli pöörete arvu võib viia kuni 1200-ni minutis, ja kui lõikesügavust suurendada, siis võib võlli treida mitte kolme-nelja, vaid ühe käiguga. Tööeesrindlased valmistasid seadeldise töödeldava detaili jahutamiseks ja võtsid kasutusele uue teritusnurgaga lõiketerad. Ühe võlli valmistamiseks vajalik aeg lühenes rohkem kui 100 korda. Detailide kvaliteet muutus eranditult eeskujulikuks.»

Tänu tööliste loovale initsiatiivile, inseneride ja teadlaste tööle muutus kiirtreimine, -freesimine, -lihvimine ja -keermelõikamine meie tehastes harilikuks asjaks.

Kõvasulamitel, millega praegu metalli lõigatakse, on üks suur puudus. Nad on tõesti väga kõvad, jäädes maha ainult teemandist. Nad on vastupidavad kuumutamisele nagu kuumuskindel teras. Kuid nad on rabedad, tundlikud tõugetele ja löökidele.

Meenutage, kuidas tera tööpingi vibreerimisel pudenes. Tera külge joodetud kõvasulamist plaadike ei pea järskudele tõugetele vastu.

Mis siis veel rääkida freesist, tööriistast mitmete hammasteradega, mis freesi pöörlemisel lõikuvad hoogsalt metalli?

Iga freesihamba metalli lõikumine on löök. Suurem lõikekiirus tähendab ka tihedamaid lööke, kusjuures iga löök on tugevam. Ei ole siis midagi kummalist, kui frees suurtel kiirustel pudeneb nagu kuivik, mitte kuumusest, vaid pidevast löökide rahest.

Frees kuumeneb väga vähe. Iga hammas puhkab niikaua, kuni freesi pöördumisel tuleb tema järjekord metalli hammustada. Kui lühike see puhkus ka on, kuid hammas jõuab selle aja jooksul jahtuda. Ja kogu frees ei kuumene sugugi nii tugevasti kui treitera. Kuid oma rabeduse tõttu ei talu frees suuri lõikekiirusi.

Teadlased hakkasid uurima põhjusi, miks frees õieti puruneb.

Freesi terav kiilutaoline hammas lõikub metalli. Hambale mõjub suur koormus, mis püüab hammast venitada ja katki rebida. Kõvasulam aga peab just tõmbele halvasti vastu.

Peale selle surub laast hambale lõikeserva lähedal, samuti kui treitera juures.

Hammast segab ka terakasvaja, mis tekib freesimisel. Väga peen metalli tolm kleepub soojuse mõjul kokku ja keevitub hamba külge. See tähendab hambale lisakoormust. Kui «kasvaja» on paisunud küllalt suureks, siis murdub ta ära, koos sellega pudeneb ka hamba küljest tükikesi.

Teadlased tulid järeldusele, et freesihamba kuju tuleb muuta, nii et koormus ei tõmbaks, vaid suruks hammast. Kõvasulamit surve ei hirmuta, survel töötab ta hästi. Ja sel juhul võib kasutada veel kõvemaid, tähendab ka rabedamaid, kuid kulumiskindlamaid sulameid.

Uue kujuga freesil, nagu kiirlõikamiseks kasutataval lõiketeralgi nihkub laastu survest tekkiv lohk lõikeservast eemale. Terakasvaja takistab freesi vähem. Nüüd võib kiiremini freesida. Ja ka puhtamalt: suurtel lõikekiirustel õhuke metallikiht kuumeneb ja seda on kergem maha lõigata, laast jookseb katkematu lindina ja pind saadakse siledam.

Grupp Gorki Tööpingitehase konstruktoreid lõi suure tootlikkusega freespingi, kus võib freesida kiirusega kuni 600 meetrit minutis. Kasutades keraamiliste lõikeplaadikestega freesi, saavutati kiiruseks 1000 meetrit minutis.

Lõikeinstrumente täiendades taotlevad tööeesrindlased-kiirtöötlejad kõrget tööviljakust.

Kiirtöötlejad on inimesed, kes jõuavad ajast ette. Nad täidavad ühe aasta jooksul kümneid aastanorme. Stalini preemia laureaat treial Bõkov valmistas esimese sõjajärgse viisaastaku jooksul nii palju detaile, et normide järgi oleks selleks kulunud 25 aastat.

Ta ütleb: «Meie aeg on suurte kiiruste aeg tootmises. Metallide kiirlõikamine muutub üha massilisemaks nähtuseks. Praegu omandavad noored, kes alles hiljuti tulid tööstuskoolidest, edukalt neid suuri kiirusi, millega mõni aasta tagasi töötasid ainult üksikud tööeesrindlased.»

Ja Bõkov lubab saavutada ülisuuri metalli lõikamise kiirusi: lubab treida terasdetaile kiirusega 3000—3500 meetrit minutis.

Suurte kiiruste tehnika nõuab ka kõrget tootmiskultuuri.

«Ma panen suurt rõhku tööpingi varustamisele täieliku töö- ja lõikeriistade komplektiga,» räägib Pavel Bõkov. «Ma vaatan hoolikalt järele, et nad oleksid tööriistade kapikesse asetatud õieti ja täpselt. Siis võin ma ilma vaatamata võtta sisseharjunud liigutusega ükskõik missuguse mulle vajaliku tööriista.

Oma tööpinki tuleb ilmtingimata hästi tundma õppida. Ma reguleerin teda ise. Ükski lukussepp ei suuda seda teha paremini treialist endast.

Ei maksa rääkida sellest, et ma eriti hoolikalt määrin ja puhastan tööpinki. Räpasel tööpingil on suurt täpsust raske saavutada. Tööpink tasub mulle sõpruse eest laitmatu tööga . . .

Asja tuum ei seisa muidugi mõista ainult lõiketerades. Isegi kõige täiuslikum lõiketera ei lahenda kiirlõikamise valdamise küsimust.

Kui töölise kvalifikatsioon on madal, kui ta tööpinki hoiab korratult, siis ei saa ta kuidagi töötada suurte kiirustega.

Hea treial ei pea omama mitte ainult suurt meisterlikkust, ta peab olema ühtlasi ka tehnoloog, osates tootmisprotsesse lühendada, ja olema teadlik tema kätte usaldatud asja üldriiklikust tähtsusest.»

Kiirlõikamine seab metallitöötlemise tehnika ette uued ülesanded.

Metalli töödeldakse kiiremini; kui aga ei lühendata aega, mis kulub detaili ülesseadmiseks ning mahavõtmiseks ja mõõtude kontrollimiseks, kui seda abiaega ei vähendata, siis võib kiiruse tõstmisest saavutatud võit kaduma minna. Väljapääs aga on olemas. On vaja uurida ja laialdaselt rakendada eesrindlaste töövõtteid. Teed näitab insener Kovaljovi meetod.

Ei tule mitte ainult kiirust tõsta, vaid ka käsitsi tehtav töö: detaili ülesseadmine ning mahavõtmine ja mõõtude kontrollimine töötlemise jooksul tuleb mehhaniseerida, laialdasemalt tuleb kasutada automaatikat. Meie maa eesrindlike tehaste kogemused näitavad, et abiaja lühendamise reservid, kui neid osavasti ära kasutada, kindlustavad koos suurte kiirustega tunduva tööviljakuse tõusu.

Stahaanovlased on inimesed, kes annavad, nagu ütles J. V. Stalin, «töös täpsuse ja korralikkuse eeskuju, kes oskavad töös hinnata ajategurit ja on õppinud arvestama aega mitte ainult minutites, vaid ka sekundites».

Nad peavad võitlust aja kokkuhoiu eest. Uued seadeldised, lõikerežiimi õige valik ja töökoha õige organiseerimine annavad võimaluse iga sekundit säästlikult kasutada.

Vaatame nüüd edasi tulevikku.

Kaasaegne suurte kiiruste tehnika nõuab suure tugevusega sulameid.

NSV Liidu Teaduste Akadeemia korrespondeeriv liige I. A. Oding kriipsutab alla, et inimese poolt kasutatavate metallide tugevuse piirid on tuhat ja mitutuhat korda väiksemad, kui arvutuse teel määratud molekulide ja aatomite omavahelised kohesioonijõud. On veel olemas hiiglaslikud tugevuse reservid! See tähendab, et on võimalik saada veel tugevamaid sulameid.

Kuid tugevamad sulamid nõuavad töötlemiseks omakorda uusi, veelgi tugevamaid sulameid.

Metallide töötlemiseks rajas uusi teid viimastel aastatel nõukogude teadlaste poolt tehtud uus avastus.

Juba praegu võimaldab see väga lihtsalt ja kiirelt töödelda kõige tugevamaid sulameid. Isegi kõvu sulameid, teemandi võistlejaid võib töödelda sama kergelt ja kiirelt nagu ükskõik millist teist metalli.

Juba praegu võimaldab see meetod lõiketeri katta kõvasulami kihiga, mida ei saa teha ühegi teise abinõuga. Tavaliselt joodetakse lõiketera külge kõvasulamist plaadike. Kuid metallikihti metalli peale kanda nii, et nad ühineksid tervikuks, võib ainult elektrolüüsi abil. Kui aga tegemist ei ole mitte ühe metalliga, vaid mitme metalli seguga — sulamiga — siis on elektrolüüs abitu.

Uus töötlemise meetod võimaldab kergesti ja kiiresti teritada kõvasulamist lõiketeri, aitab saada kiiresti ja kergesti vajaliku pinna kvaliteedi, just niisuguse, nagu on tarvis antud detaili, antud masina või antud töötingimuste jaoks. Lihvimine, poleerimine ja soveldamine muutuvad palju lihtsamateks operatsioonideks kui varem.

Ja mitte ainult need, vaid ka kõik teised metallitöötlemise operatsioonid: lõikamine, puurimine, hööveldamine, keermelõikamine.

See lahendab ka teise ülesande, millest me rääkisime selle peatüki alguses, nimelt kulumisega võitlemise ülesande, pinna tugevdamise ülesande. Uue meetodiga töödeldud pind jääb hoopis tugevam.

Milles siis seisab see avastus? Mis imelik tööriist see siis on, mis võib kergesti ja kiiresti töödelda ükskõik missugust metalli, iga sulamit, igasuguse etteantud täpsusega, seejuures teda kahjustamata, nagu lõiketera.

Selleks tööriistaks on elektrisäde.

Selleks avastuseks on metallide töötlemine elektrisädemega, mille avastasid Stalini preemia laureaadid B. R. ja N. I. Lazarenko.

Uue, revolutsioonilise metallitöötlemise meetodi aluseks on üks lihtne tõde: iga metalli või sulamit, olgu ta kõva või pehme, kuumuskindel või kergesti sulav, võib töödelda uue «tööriistaga» — elektrisädemega.

Siit tuleneb lihtne, kuid suurima tähtsusega järeldus: elekter, mis selle ajani pani tööpinke ja tööriistu ainult liikuma, võib ise töödelda metalli.

Kõrgsagedusliku elektrivoolu ringi on lülitatud kaks elektroodi. Üheks elektroodiks on töödeldav detail, teiseks metallketas, peen nõel või mõne muu kujuga «tööriist». Etteandemehhanism viib selle detaili juurde.

Vooluring on katkestatud. Väike, kuid siiski märgatav õhupilu lahutab üht elektroodi teisest. Pilu muutub ikka vähemaks, kuni lõpuks jääb elektroodide täieliku kokkupuutumiseni ainult millimeetri murdosa. Ja ühel silmapiigul kandub elektronide laviin tööriist-elektroodilt detail-elektroodile.

See elektronide laviin, või teisiti öeldes säde, sädelahendus, lööb detaili pinnalt välja elektrivoolust ülessulatatud metalliosakesed ning eemaldab õhukese metallikihi. Osakesed kantakse vedeliku joaga minema ja nad ei sega enam tööd.

Reguleerides voolu tugevust, saab muuta mahavõetava kihi paksust. Nii saab detaili töödelda järk-järgult, alguses jämedalt ja hiljem, võttes üha õhemaid kihte, teda lihvida ja poleerida.

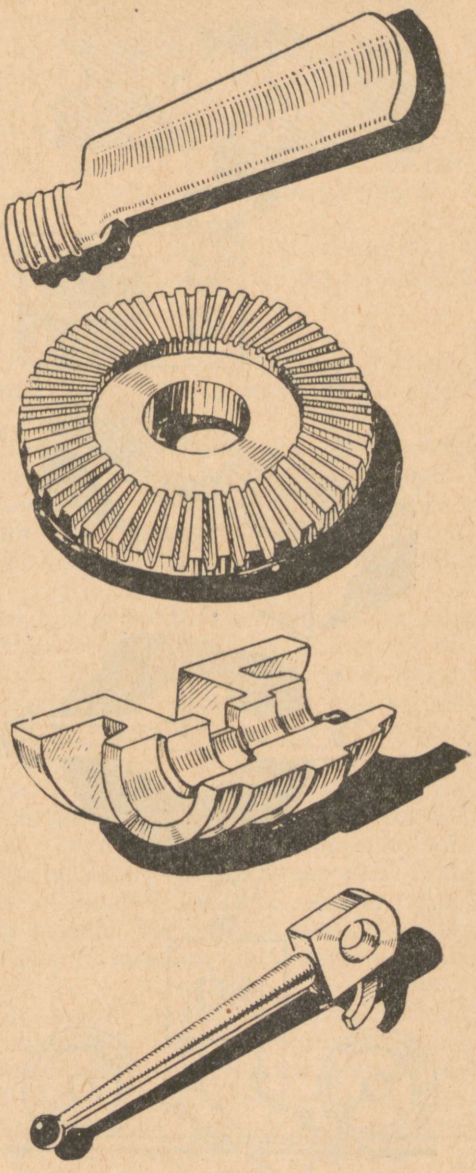
Sädemega poleeritud detailil ei ole isegi kõige väiksemat pragu, mille paratamatult jätab lõiketera, frees või lihvimisketas — puuduvad need võimalike ebameeldivuste kolded, kui detail hakkab tööle. Selles seisab elektrisädemega töötlemisel tekkiva pinna tugevnemise põhjus.

Niimoodi võib kettaga või mõne muu «tööriistaga» detaili pinna kohal liikudes detaili töödelda, ja sealjuures kaks-kolm korda kiiremini kui mehaanilisel töötlemisel. Ei ole tarvis kogukaid tööpinke, ei ole tarvis lõiketera, freesi ega puuri.

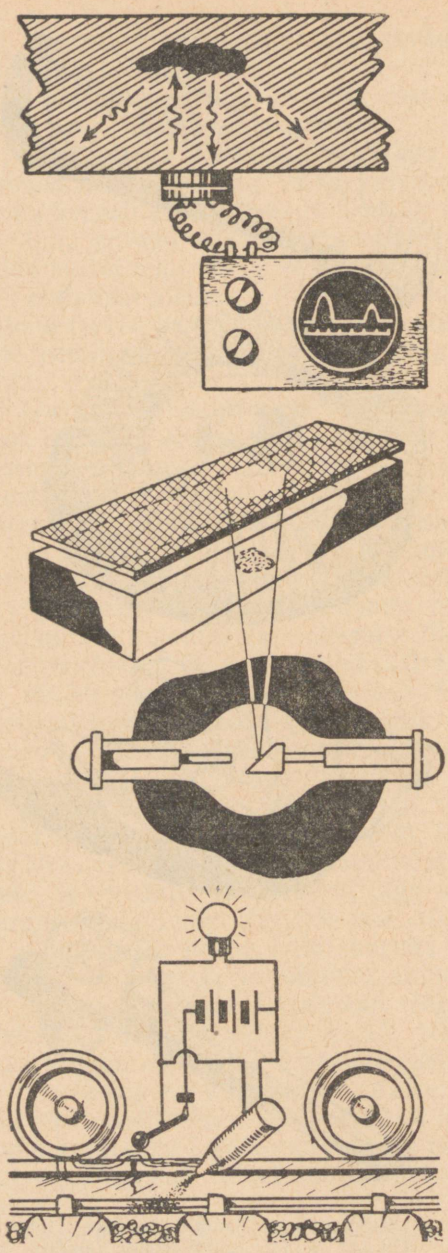
Võib-olla, et uus tööpink vahetab vana välja. Mootori ja tööriista ühendust nimetasime me elektrimasinaks. Sädetöötlemise tööpingi jaoks ei ole veel samasugust lühikest nimetust olemas: ei saa nimetada praegu veel ebatavalist elektrisädet igapäevase nimetusega «tööriist».

Elektrisäde lõikab, hööveldab, lihvib ja poleerib metalli. Ta võib korda saata võimatut: võib metalli lõigata ükskõik missuguse kujuga augu, mis mehaanilisel töötlemisel on raske, osalt isegi võimatu ülesanne. Kui vahetada elektroodide kohad, siis ei kisu elektrisäde detaili küljest metalli mitte ära, vaid võib detailile metalli juurde kanda: kõvasulamit lõiketerale, metallkatet kulumise või korrosiooni eest kaitstavale detailile.

Elektrisädemega töötlemisel on meil tegemist printsipiaalselt uue tööriistaga — elektrivooluga. Sellepärast on meil ka metalli alistamiseks kvali-



Täppisvaluga saadud toodete näiteid. Ülalt alla: gaasiturbiini labidas, koonushammasratas, tööriista detail, sihiku kirp.



Defektoskoobid. Ülalt alla: ultraheli-defektoskoop, röntgen-defektoskoop, magnet-defektoskoop.

tatiivselt uued tööpingid, meetodid ja tööviisid.

Tehniline mõte leiab ka muid meetodeid kiirekäiguliste masinate detailide valmistamiseks. Ta kasutab ka niisuguste tööstusharude kogemusi, millel on suurte kiirustega küllaltki kauge side.

Mis ühist on näiteks gaasiturbiinil ja juveliirtootel? Muidugi mitte midagi.

Kuid juveliirtoodete «ülikergetööstuse» kogemus viis insenerid kasulikule mõttele. Gaasiturbiini keeruka kujuga labidat on tööpingil raske töödelda. Valmistada tuleb aga suure täpsusega. Ja selleks kõlbas meetod, mida kasutavad juveliirid — suure täpsusega ehk pretsesioonvalu meetod.

Gaasiturbiini labidate valmistamiseks kasutatav kuumustugev metall sulatatakse elektriahjus. Ahi on laotud tulekindlast materjalist. Ahjus olev metall kuumeneb kõrgsagedusvoolu toimel, mis kulgeb läbi veega jahutatava toruspiraali. Sulatatav metall peab olema puhas, metalli hoiab hapendumise eest kaitsegaasi atmosfäär: ahju antakse inertset gaasi, mis metalliga ei ühine.

Labida mudel valatakse üle kergesti sulava sulamiga, sel moel valmistatakse vorm edasise valu jaoks. See vorm tehakse koost lahtivõetav, kahest poolest. Kui vorm on lahti võetud ja mudel eemaldatud, siis valatakse vormi surve all vaha. Vaha täidab kõik süvendid. Mudel, seekord juba vahast, võetakse uuesti välja, vormitakse tulekindlasse vormimassi ja kuivatatakse.

Nüüd jääb üle ainult metall sisse valada, vaha voolab välja, et ruumi anda kuumustugevale sulamile. Kui sulam on tardunud, puhastatakse valu vormimassist ja pärast hoolikat kvali-

teedi kontrolli on labidas valmis. Mõnikord on labidas valmistatud nii täpselt, et pärast valamist ei ole enam mingisugust töötlemist vaja.

Täppisvalu on leidnud tänapäeval tehnikas laialdast rakendamist.

Võitlus kiiruse eest — see on võitlus täpsuse eest, mikronite ja grammide eest.

Mikronitega mõõdetakse laagri pilu, kuhu suunatakse õli. Tarvitseb ainult mõne mikroni võrra kõrvale kalduda, kui õli korrapärane vool on häiritud: selles kohas on ülekuumenemine — laagrite kõige õelam vaenlane — vältimatu. Siin on täpsus hädavajalik.

Laager ja turbiini labidas, lihvimisspindel ja õhuturbiini rootor, kõik kiirekäiguliste masinate osad peavad olema valmistatud sellise täpsusega, mida töötingimused neilt nõuavad.

Selleks on tarvilik kontroll.

Kaasaegse tehnika käsutuses on terve arsenal meetodeid ja aparaate, mis võimaldavad detaile välja lasta antud täpsusega ja antud kvaliteediga — kiiresti ja kindlalt.

Nõukogude inseneride loodud elektriautomaadid-kontrollid ei lase läbi ühtki detaili, mille mõõdud erinevad rohkem, kui on lubatud. Nad «kombivad» detaili elektriliste «katsesarvedega» — kontaktidega, ja kui detail on valmistatud ebatäpselt, siis saadavad nad selle praagi jaoks määratud kohta. Automaat-kontroll töötab kiiresti: ta kontrollib tunni jooksul mitutuhat detaili.

On olemas ka niisuguseid automaate, mis ei kontrolli valmisdetaile, vaid kogu valmistamise käiku. Need ennetavad praagi tekkimise. Automaat jälgib lõikeriista, «kontrollib» selle tööd ja isegi juhib seda: reguleerib kiirust ja lülitab tööpingi välja, kui töötlemine on lõpetatud. Sel viisil võib valmistada nõuetava täpsusega, ilma praaki tootmata näiteks kuullaagri rõngaid.

Ja detail ongi valmis. Ta on valmistatud täpselt. Kuid et temas kindel olla, selleks on vaja veel heita pilk metalli sisse, on vaja vaadata, kas seal ei ole juhuslikult sisemisi praokesi, võõrkehi või muid kahjulikke koldeid, mis võiksid masina hukutada. Materjali kvaliteeti prooviti muidugi juba varem, kuid metall tegi läbi terve rea muundumisi: metalli kuumutati, jahutati, lõigati, lihviti, töödeldi haavlitega — ja mida kõike tal veel ei tulnud taluda. Kusagil võib olla pisitilluke haavandike. See on vaja avastada. Appi tulevad defektoskoobid. Nähtamatu valgus ja kuulmatu heli said defektide jälitajateks.

Metalli peitunud defekte leiavad nähtamatud kiired — ultraviolettkiired, röntgenikiired ja gammakiired, mida saadavad välja radioaktiivsed ained. Proovitav detail kastetakse vanni, kus on fluorestseeriva aine lahus. Kui detaili pinnal leidub pragusid, siis jääb see aine nendesse pragudesse, hakkab ultraviolettvalgusega kiiritamisel helendama ja reedab prao asukoha saladuse.

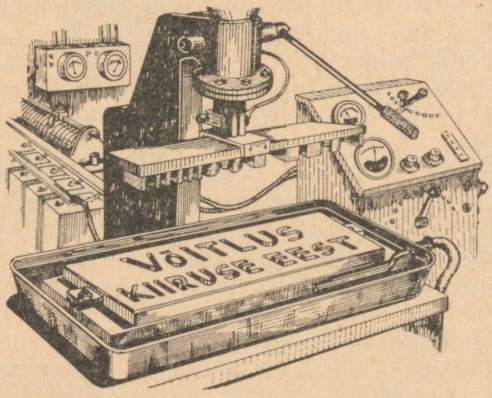
Kuulmatu heli — ultraheli — tungib detaili sisse ja teeb kindlaks, kuskohal ja missugune defekt seal peitub.

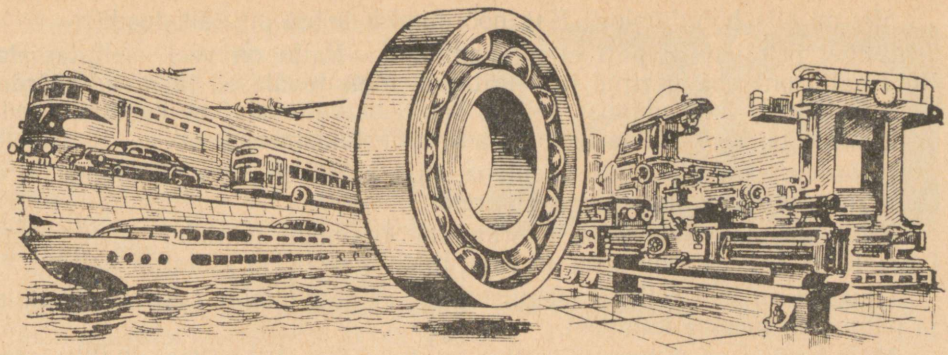
Omapärane «lokaator» saadab välja suure sagedusega helilaineid, mis tungivad metalli sisse ja annavad peegeldudes «lokaatori» ekraanil kuju-

tise. Kui lained kohtavad oma teel pragu või mõnda muud defekti, siis teatab ekraanil olev kujutus sellest otsekohe oma kuju muutmisega.

Võiks jutustada veel paljudest samasugustest meetoditest.

Nõukogude teadlaste ja inseneride loodud aparaadid aitavad masinate detaile valmistada täpsetena ja töökindlatena. Ka see panus meie tehnikasse on panus võitlusesse kiiruse eest, nagu kõik, millest me siin rääkisime, kõik, mis puutub metalli alistamisse.





KIIRETE MASINATE VAENLASED

Inimene on loonud suure hulga kõige mitmekesisemaid masinaid. Vaatamata erinevustele on peaaegu kõikidel masinatel üks ühine detail, mis masina enesega võrreldes ei ole kuigi suur.

«Väike, aga väärtuslik,» ütleb vanasõna. Võib julgesti kinnitada, et ilma selle detailita ei oleks tänapäeva tehnikat.

Ilma selle detailita ei oleks mootoreid, järelikult ka mitte lennukeid ega autosid, laevu ega vedureid, traktoreid ega tanke. Ei oleks tööpinke. Masinate maailm ei saaks ilma selle detailita eksisteerida.

Peaaegu igal masinal on kiiresti või aeglaselt pöörlevaid osasid.

Kellamehhanismides esineb pöörlemist, mille kiirus vastab täpselt ühele pöördele aastas. Kuid on elektrimootoreid, mis teevad 120 000 pööret minutis. Mõnede tööpinkide osad peavad pöörlema väga aeglaselt, otsekui vastutahtmist. Väikeste aukude puurimiseks on aga pinke, mille padrun teeb minutis 100 000 pööret.

Seal, kus esineb pöörlemine, peab leiduma ka detail, millest on jutt — see on laager.

Laager võimaldab meil võidelda masinate ühe kõige hirmsama vaenlasega — hõõrdumisega.

Hõõrdumine on igapäevane nähe, teda tuntakse, kõik on temaga harjunud ega pane teda tähelegi. Et näidata, mida hõõrdumine meile tähendab, selleks visandatakse sageli kujutlus ilma hõõrdumiseta maailmast. See oleks tõepoolest hirmus maailm. Kord tekkinud tuul ja lained ei vaibu seal kunagi, seal ei saa käia ega sõita, ei saa isegi riideid kanda.

Mis on siis hõõrdumine? Kas hõõrdumise kohta on kõik teada?

Selget ja täielikku pilti ei ole seniajani. Palju on veel selgitamata. Kuid palju on juba uuritud ja selgitatud. Meie teadlased jätkavad hõõrdumise saladuste lahendamist selleks, et teda valitseda, et kasutada teda seal, kus vaja, ja võidelda temaga, kui ta on takistuseks.

Hõõrdumine ei ole ainult vaenlane, vaid ka sõber. Ilma hõõrdumiseta ei oleks näiteks rihmajameid ega pidureid.

Kuid masinate juures on hõõrdumine enamikul juhtudel siiski vaenlane. Tema abi eest, kui seda on vaja, tuleb maksta, ja küllaltki kallilt.

Olukord on just sellepärast niisugune, et hõõrdumine takistab liikumist ja põhjustab masina kulumist.

Hõõrdumine on liikumise vältimatu kaaslane. Vaevalt saab liikumine alata, juba ilmub ka hõõrdumine.

Kuidas me ka ei püüaks metalli pinda siledaks teha, ikkagi jäävad sinna palja silmaga nähtamatud konarused, mida võib vaadelda mikroskoobi abil.

Sageli leidub ajakirjades fotomõistatusi. Ühel niisugusel ülesvõttel oleks nagu murtud plaadi serv, hambuline ja ebatasane. Võiks arvata, et see on tükk vanast, nürinenud ja roostest söödud saest.

Tegelikult on see sile, hoolikalt poleeritud pind, mis on pildistatud suure suurendusega.

Ka kõige siledam metalli peegelpind, mida me silusime suurima hoolikusega — lihvisime, poleerisime, soveldasime — osutub «aukude» ja «lohkudega» kaetuks. Nad on väga väikesed, need «lainekesed». Nende kõrgus võib küündida ainult 0,02—0,03 mikronini, see on 2—3 sajatuhandiku millimeetrini.

Kuid ometi on nad olemas.

Kui üks pind liigub teist pinda mööda, siis jäävad konarused üksteise taha kinni ja takistavad liikumist. Hambakesed murduvad osaliselt ära ja liugepinnad purunevad — tekib hõõrdumine.

Hõõrdumise ületamiseks kulub energiat.

See on meile kaduma läinud energia, mis muutub soojuseks ja mille arvel toimub kulumine. Seepärast me püüamegi vähendada hõõrdumist, mis lõhub meie masinaid.

Hõõrdumise põhjuseks ei ole ainult pindade karedus.

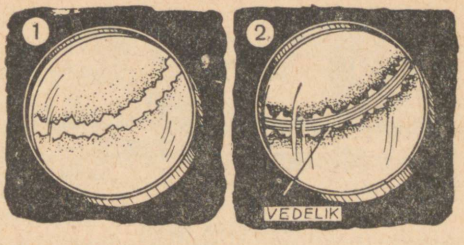
Näib, et mida paremini on pind töödeldud, seda väiksem on hõõrdumine. Tegelikult see ongi nii, kuid ainult teatud piirini.

Kahe väga sileda pinna vahel, kus hõõrdumist ei tohiks peaaegu ollagi, muutub hõõrdumine, vastupidi, hiiglasuureks. Siledad poleeritud plaadid kleepuvad teineteise külge. Mõnikord õnnestub kahte siledat metall-latikest pressi all ilma metalli sulatamata isegi kokku keevitada.

Tähendab, asi ei seisa ainult pinna mikroskoopilistes hambakestes, või, nagu öeldakse, pinna mikrogeomeetrias. Tuleb tungida sügavamale metalli sisse, et selgitada hõõrdumise mehhanismi, mis ainult esimesel silmapilgul paistab lihtne olevat.

Seal, kus pinnad puutuvad teineteisega kokku, ilmnevad vastastikku mõjuvad molekulide kohesioonijõud.

Mida siledamad on pinnad, seda tihedamalt liibuvad nad teineteise külge, ja seda tugevamad on ka molekulaarsed jõud. Tuleb välja, et liiga suur siledus ei vähenda, vaid suurendab hõõrdumist.



Hõõrdumine:
(1) kuiv-hõõrdumine ja (2) vedelik-hõõrdumine (suurendus).

Nagu ei ole ideaalselt siledaid, nii ei ole ka ideaalselt puhtaid pindu. Pinnal asuvatel molekulidel ei ole igas küljes naabreid. Nagu me juba teame, võivad nad seetõttu tõmmata molekule enda külge ümbritsevast keskkonnast. Pind osutub omapäraseks gaaside, aurude ja vedelike molekulide püüniseks. Pindkiht koosneb töötlemisel ja hõõrdumisel purunenud metalli kristallidest, mille aktiivsus on suurenenud. Pindkiht oksüdeerub kergesti — isegi roostevaba teras ja kuld võivad kattuda oksüüdi kihiga, kui pind hõõrdumise tagajärjel puruneb. Ka kulumise saadus — metallipulber — ei ole puhas metall, vaid koosneb oksüüdide «koorikuga» kaetud metallikübemetest.

Metall on alati kaetud väga õhukese hapendite ja kinnipüütud molekulide kelmega. Nii selgub, et kuiva hõõrdumist, metalli hõõrdumist vastu metalli puhtal kujul ei esine.

Hõõrdumist, kus üks pind liigub, liugleb teist pinda mööda, kutsutakse liugehõõrdumiseks. See on kõige suurem masinate vaenlane, purustades kiiresti metalli. Tema ületamiseks on vaja kulutada palju energiat.

Teadlased ja insenerid kuulutasid sellele vaenlasele sõja.

Et liugepinnad ei kuluks, selleks on vaja neid eraldada, on vaja vahekihti, mis vähendaks hõõrdumist. Sellise vahekihi moodustab määre.

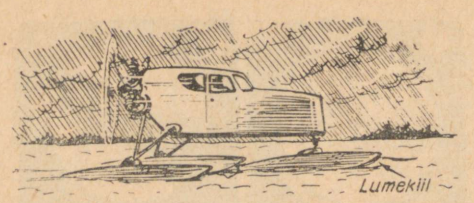
Õli kleepub pindade külge, ei võimalda neil teineteise vastu puutuda ja metalli «kuiva» hõõrdumise asemel vastu metalli tekib «vedelik»-hõõrdumine määrde üksikute kihtide vahel. See on aga palju kordi väiksem.

Vene õpetlane, akadeemia auliige N. P. Petrov, välja töötades vedelikmäärimise teooria alused, kriipsutas alla, et «kui vedeliku kiht, mis määrib kaht kõva keha, eraldab nad täielikult teineteisest, siis ei saa ilmselt olla kõvade kehade vahetut hõõrdumist».

Võllile on asetatud puks. Puks on liikumatu, võll toetub puksile. Võlli ja puksi vahel olevasse väikesse pilusse antakse pidevalt määret. See on liugelaager, kus hõõrdumist vähendab määre, mida määrdeavade kaudu juhitakse puksi, kus ta täidab pilu. Ebaühtlane koormus paneb põörleva võlli kõikuma, mille tagajärjel kaugus puksi ja võlli vahel osutub muutlikuks suuruseks.

Mispärast siis on õlil imeväärne omadus — vähendada hõõrdumist?

Isegi väga õhukene õlikelme eraldab liugepinnad teineteisest ja peab vastu sellele koormusele, mis talle asetatakse.



«Lumekiilu» mõju.

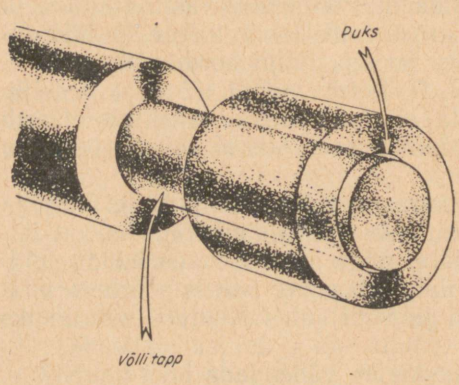
Mööda lund libiseb kergelt saan. Jalased kannavad kogu saani ja kõike, mis on saani peal. Kuid kas on nähtud, et saan sõidaks mööda lund tagurpidi? Ei, niisugust asja ei juhtu. Jalaste esimeste, painutatud otste all moodustub kiilutaoline pilu, kuhu muljutakse lumi. Lumi tiheneb ja «lumekiil» ei võimalda saanil läbi lume vajuda, aidates saani libiseda.

Nüüd tuleme tagasi liugelaagri juurde. Ka liugelaagris on kiilutaoline pilu — võlli ja puksi vahel. Ainult sinna ei muljuta õli, vaid võll veab õli pilusse kaasa. Viskoosne, metalli külge kleepuv õli on raskesti komprimeeritav. Sattudes kiilukujulisse pilusse, kergitab õli võlli üles ja nii ujubki võll õlis. Õlikelme eraldab liugepinnad, ei võimalda neil kokku puutuda ja võtab oma kanda koormuse, omades, nagu üteldakse «kandevõimet». See vähendab hõõrdumist.

Kuid siin ei ole mitte kõik nii lihtne. Isegi kõige õhem määrdekiht, ainult mõne molekuli paksune, toimib nagu kiil, eraldades liugepinnad teineteisest. Hõõrdumine väheneb. Kuid samal ajal oskavad määrde molekulid sattuda küllalt sügavasse pindkihti, ülipeentesse pragudesse. See aga purustab, rikub pinda ja suurendab kulumist.

On selgunud, et hõõrdumisel metallide molekulid rändavad — kanduvad ühelt liugepinnalt teisele ja tungivad liugepinna sisse. Nii võib märgata, et terasest võlli sisse satub pronksi molekule, täpsemalt, neid elemente, millest pronks koosneb. Nad tungivad sinna isegi läbi õlikihi.

Laagri töötamisel kuumeneb võlli terasest tapp ebaühtlaselt — kohati rohkem, kohati vähem, sellepärast räägitaksegi «kohalikust» kuumenemisest. Kui õli satub ülekuumenenud tsooni, siis ta laguneb, eraldades süsinikku. Väike osake tapi pinnast rikastub süsinikuga. Seejärel pisitilluke tugevasti kuumenenud teraspinnake järsku jahtub: ülekuumenemine tekib ja kaob, ilmudes erinevates kohtades. Sel moel süsinikuga rikastunud teras karastub ja võlli tapi väikese osakese kõvadus tõuseb.



Liugelaager.

Samuti võib ilmneda vastupidine nähtus: kui kuumenenud teraspind aeglaselt jahtub — ka seda juhtub, siis terase kõvadus väheneb.

Tagajärjeks on, et tekivad alad, mis oma omaduste poolest üksteisest järsult erinevad. Pindkiht «kortsub» ja temast murduvad väikesed tükikesed välja. Muidugi, nende sõnade ette tuleb asetada veel «mikro» — mik-

rokortsumine, mikrotükikesed, sest jutt on pisitillukestest metallipinna osakestest.

Peale selle kannatab tapi pind hapniku kallaletungi all, mis tungib laagri õlikelmesse ja oksüdeerib võlli tapi pinna. Tapi pinnale avaldavad mõju ka mitmesugused õlis leiduvad keemilised ühendid, kusjuures see mõju, olenevalt laagri töötamise tingimustest, on mitmesugune. Sellest järgneb, et terasest tapp ei ole enam niisugune, nagu oli varem. Teda katab oksüüdikiht, samuti mitmesugused keemilised ühendid. Tema küljest murdub tükikesi, mis halvendab libisemistingimusi. Selliselt muutunud liugepindade puhul võib esineda isegi liugepindade «sissesööbimist».

Kõik see muudab hõõrdumise pildi väga keeruliseks ja raskendab hõõrdumise selgitamist.

Hõõrdumisega aitab võidelda määrimine, mis asendab kuivhõõrdumise vedelikhõõrdumisega ja vähendab energiakadu.

Kuid on ka teine võitlusviis. Vabastame ennast liugehõõrdumisest ja asendame selle teise, kuid mitu korda väiksema hõõrdumisega — veerehõõrdumisega.

Võllile on tihedalt asetatud rõngas, mis pöörleb koos võlliga. Teine, suurema läbimõõduga rõngas on liikumatu. Rõngaste vahel veerevad renni mööda kuulid või rullid. Võlli liuglemise asemel puksis on kuulide veeremine rennis. See on veerelaager, kus liuglemine on asendatud veeremisega, mis vähendabki hõõrdumist.

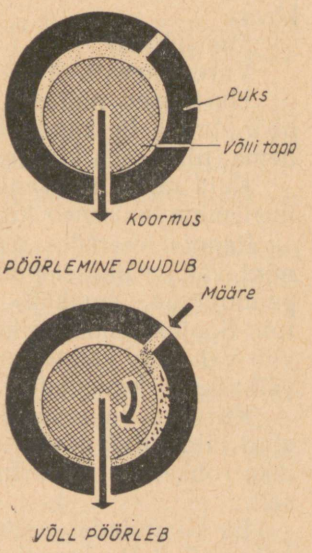
Erinevate masinate jaoks on ka erinevad laagrid. On kuullaagreid, mis kaaluvad tonn, ja teisi, mis kaaluvad murdosa grammist. Hiigelkuullaagri sisemisest rõngast mahub läbi sõiduauto, aparaatide jaoks valmistatav pisikuullaager aga on oma mõõtmetelt kirbust väiksem.

Suurte masinate jaoks on kuullaagreid, mis taluvad sadade tonnide suurust koormust. On ka kuullaagreid, mis peavad vastu võlli vibreerimisele või tugevatele löökkoormustele.

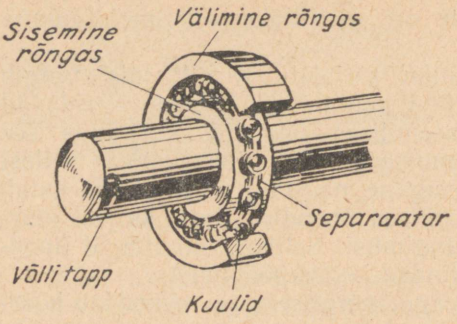
Laagri kuulide või rullide valmistamine nõuab suurt täpsust. Neil peab olema absoluutselt korrapärane kuju ja seejuures peavad nad olema täiesti ühesuurused. Vastasel korral töötab kuullaager halvasti.

Kuid ideaalselt täpse kujuga kuulide valmistamine on väga raske, peaaegu võimatu. Veel raskem on kõiki kuule valmistada täiesti ühesuguste mõõtmetega. Masinad, mis neid valmistavad — pressid, tööpingid — ei ole võimelised sellist ülesannet täitma. Kõrvalekaldumised, kuigi väga väikesed, on vältimatud.

Tuleb taotleda, et kuulide kuju erineks ideaalsest kujust ainult väga väikese, rangelt kindlaks-



Määrde mõju liugelaagris.



Veerelaager (kuullaager).

määratud suuruse võrra. Peale selle on vaja toimida nii, et üks kuul ei erineks teisest rohkem, kui on võimalik lubada laagri hea töö tagamiseks.

Missugune siis võiks olla see suurus, see tolerants? Kümnetuhandik osa millimeetrist; niisugune on siin täpsuse mõõt.

Pöörete arvu suurenemisel muutub tsentrifugaaljõud suuremaks, kasvab ka koormus. Sellepärast võib suurel kiirusel ka kõige väiksem kühmuke, kõige väiksem ebatasasus põhjustada avarii.

Väikestel kiirustel lakkas laager alles siis töötamast, kui metall väsis, selleks aga kulus aega. Endine täpsus oli varem küllaldane, nüüd sellest enam ei piisa.

Tehnoloogid võisid tagada kõrgendatud täpsuse. Nad valmistasid suurepärase laagri.

Nad paigaldasid laagri ja käivitasid masina. 1000... 2000... 5000 pööret minutis... ja masin langes rivist välja. Kõrbeva õli lõhn näitas, milles asi seisis. Laager kuumenes üle!

Suurtel kiirustel osutub kuumenemine niivõrd suureks, et sellele ei pea vastu isegi kõvad, karastatud kuulid. Nende peegelsiledatel pindadel, samuti rõngastel on sinakad muutevärvid. Kõva metall lakkab olemast kõva.

Mis juhtus?

Varem arvati, et hõõrdejõud ei olene pöörete arvust.

Uurimised näitasid, et see ei ole õige. Ainult väikestel kiirustel jääb hõõrdumine ligikaudu konstantseks. Siis aga hakkab hõõrdumine suurenema, ning seda kiiremini, mida suurem on pöörete arv.

Kuid mida tugevam on hõõrdumine, seda rohkem eraldub soojust. Kuumenemine suureneb kiirusega, jahtumine aga halveneb.

Rennis veeredes puudutavad kuulid seda ainult ühes punktis, õigemini väga väikesel pinnakesel ja sedagi lühikest aega. Olles kord renni puudutanud, «puhkab» kuuli pinnakene kuni järgmise puudutuseni ja jahtub. Soojus jõuab haihtuda ja pinnakene külmaks minna. Lõppude lõpuks viib vahelduv kuumenemine selleni, et kuulid võivad praguneda. Muide, väikeste ja keskmiste kiiruste juures seda niipea ei juhtu.

Kiirused suurenesid, kuumenemine tõusis järsku, kuumenemise vaheajad jäid niivõrd väikeseks, et kuul ei jõudnud jahtuda. Soojust koguneb ikka rohkem ja rohkem, kõva metall «pehmeneb» ega tööta enam normaalselt.

Et kiirendada laagrist soojuse ärajuhtimist, antakse määret laagrisse surve all. Läbi laagri püütakse suruda rohkem määret, mis viiks soojuse kaasa. Näiteks lennukimootorite gaasiturbiinides, kus pöörlemise kiirus tõu-

seb 15 000—18 000 pöördeni minutis, surutakse õli läbi laagri 7—8 atmosfäärilise rõhu all.

Inseneridel tuli määrimisega üldiselt tegelda väga palju. Nii valmistati kord spindel. Kõike kaaluti ja prooviti hoolikalt, kontrolliti veel kord ja käivitati tööpink. Alguses läks kõik hästi — pöörete arv suurenes, määrimine toimus normaalselt.

Lisati veel pöördeid — määrimine halvenes ja tööpink oleks peaaegu riknenud. Ja nii iga kord: ei saadud kätte veel pooltki vajalikust pöörete arvust, kui tuli jääda peatuma.

Otsustati, et nähtavasti kaotab määre viskoossuse ning õlikelme, mis kaitseb «kuiva» hõõrdumise eest, ei pea vastu ja rebeneb. Võeti suurema viskoossusega määre ning pöörete arvu võis suurendada.

Kuid ikkagi ei saavutatud pikemaajalist pidevat tööd. Määre kuumenes tugevasti. Hoolitseti laagri kunstliku jahutamise eest.

Murti pead selle üle, kuidas juhtida määret laagrisse. Osutus, et kõige parem on määret anda tilgakaupa. Üks-kaks tilka minutis — ja kiirekäiguline spindel töötab normaalselt.

Ehitati eriline pihustaja, et anda määret pihustatud kujul. Peale selle kasutati laagri enese abi. Laager imeb pööreldes õli sisse, õhk aga, mis pööristena ringi keerleb, paiskab õli laagrist välja. Laager pumpab ise õli ühest väikesest paagist teise. Jääb üle paagid toruga ühendada — ja õlitamise süsteem ongi valmis.

Sellele vaatamata ei ole laager ebameeldivuste vastu garanteeritud, kui pöörete arv on väga suur. Ja insenerid otsivad üha võimalusi laagri konstruktsiooni parandamiseks.

Kuullaagri nõrk koht on separaator. Separaator on õhuke rõngas, milles on kuulide jaoks pesad. Separaator ei lase kuulidel laagri välimise ja sisemise rõnga vahel laiali pudeneda.

Kuulid hõõruvad separaatori pesasid ja lõpuks separaator puruneb. Avarii on vältimatu. Muidugi ei ole selles süüdi ainult separaator, vaid ka kuumenemine ja liugepindade riknemine, mis hakkavad «kestendama». Kuid peamine pahe seisab ikkagi separaatoris ja sellepärast tuli eriline tähelepanu pühendada just temale.

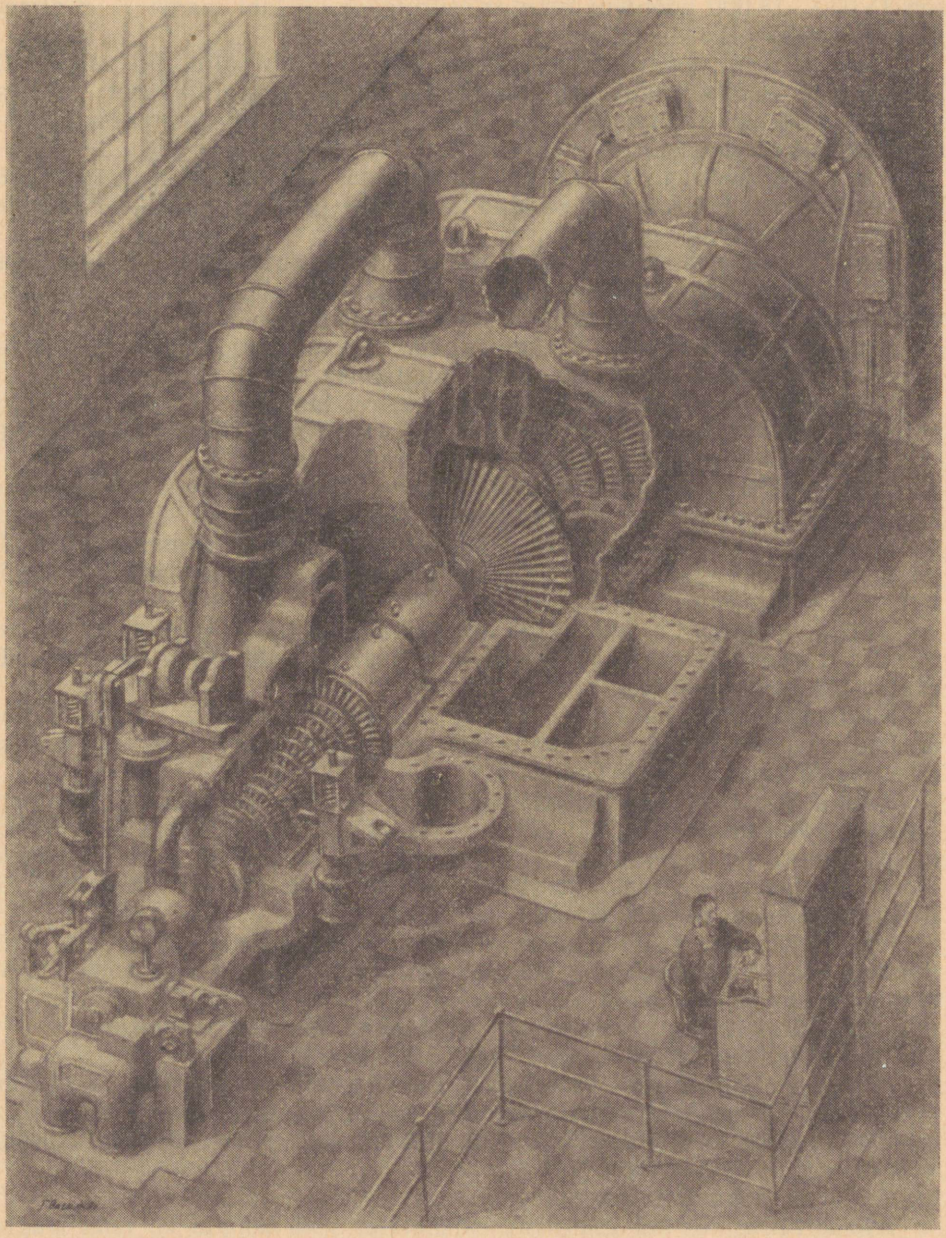
Otsiti materjali, millele võiks kindel olla. Tänapäeval kasutatakse tihti plastmassi — tekstoliiti — ja kergeid sulameid. Laagri nõrga koha tugevdamiseks loobuti stantsimisest ja neetimisest. Separaatoreid hakati valmistama ühest tükist, pesad puuriti ja töödeldi äärmise hoolikusega.

Teisest küljest katsuti laagrit veelgi lihtsustada.

Mõnedel tüüpidel jäeti separaator ära. Prooviti loobuda sisemisest rõngast. Selle asemel tehti võllile rennike, milles veerevad kuulikesed. Niisuguseid laagreid kasutatakse spindlite juures, kus pöörlemiskiirus ulatub sadade tuhandete pööreteni minutis.

Sel viisil kohandati veerelaagrid suurte kiiruste jaoks.

Niihästi lihtsates kui keerulistes masinates võib kohata ka teist laagritüüpi — liugelaagrit, mis peab töötama väikestel ja suurtel koormustel, väikestel ja suurtel kiirustel.



Võimsa nõukogude kõrgrõhu auruturbiini lõige.

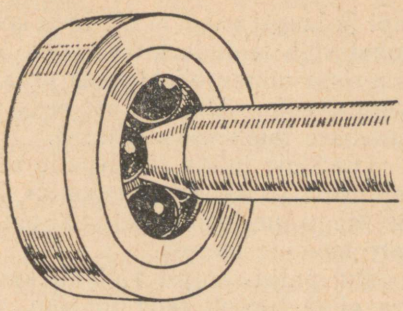
Kuumenemine on ka selle laagri vaenlane.

Kas on ammendatud kõik võitlusvõimalused laagri vaenlase — ülekuumenemise vastu? Ei. Niisugusele järeldusele jõudis nõukogude teadlane professor A. K. Djatškov. Ta leidis uue meetodi, et pikendada liugelaagri eluiga ja nihutada kaugemale seda kiiruse piiri, kus kuumenemine ei võimalda liugelaagril enam töötada.

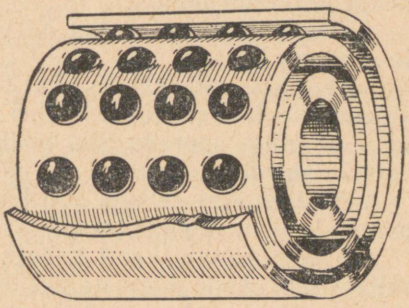
Meil ei ole raske mõista, mida see tähendab suurte kiiruste tehnikale.

Paljudes masinates osutub kuumenemine tublisti suuremaks, kui kuullaager suudab taluda. Laagrid ei kuumene ainult sellepärast, et tõuseb pöörete arv, tõusevad koormused, kasvab hõõrdumine ja kuumeneb viskoosne õli. Palju kiireid masinaid töötab kõrge temperatuuri juures.

Näiteks kuumenevad gaasiturbiinide laagrid kuni 200 kraadini ja üle selle. Sellepärast antakse määre nendesse laagritesse suhteliselt suure rõhu all. Kuid sellest ei piisa, ja laagreid jahutatakse täiendavalt veel õhuga.



Ilma sisemise rõngata



Mitme kuulireaga

Kuullaagrid suurtele kiirustele.

Mitte ainult turbiinides ei ole laagrite töötingimused rasked. Kõikides soojusjõumasinates, neid leiame aga igal pool, esineb kuumenemine. Autode, traktorite ja tankide mootorid ja kõik masinad, kus soojus teenib inimest, kuumenevad töötamisel. Seoses kiiruse kasvuga ei muutu kuumenemine kohutavaks vaenlaseks mitte üksnes soojusjõumasinatele, vaid kõikidele kiirekäigulistele masinatele, kus kasutatakse liugelaagreid.

Kuidas saaks suurendada soojuse ärajuhtimist, vältida hädaohtlikku ülekuumenemist? Kas ainult sellega, et tõsta õli rõhku?

Sellele küsimusele leidis pärast mitmeaastast visa tööd vastuse A. K. Djatškov.

On vaja sundida õli ennast võitlema kuumenemise vastu: ta ei pea laagrit ainult määrima, vaid ka jahutama. Esimesel silmapilgul näib see olevat paradoks: õli, mis kuumenedes vedeldub ja kaotab omaduse kanda koormust, peab pikendama laagri eluiga!

Kuid selline on tehnika arenemise dialektika! Teatud tingimustel võib masina vaenlase muuta masina sõbraks, abimeheks.

Heidame pilgu laagri sisemusse. Me rääkisime juba, et õlikihi paksus

tapi ja laagri vahel ei ole igas kohas ühesugune. Õli laagrisse juhtimise ava kohal võib leiduda kitsas koht, kus õlikiht on kõige õhem. Sel juhul peab laagrisse minev õli alguses paratamatult läbima selle kõige kitsama, kõige ahtama koha. Alles pärast seda satub õli laiemasse «sängi», liugepindade vahelisse laienevasse pilusse.

Djatškov juhtis tähelepanu sellele, et laager ei soojene igal pool ühtlaselt. Tekivad «kuumad tsoonid», kus toimub ülekuumenemine. Aga just selles, nagu me teame, peitubki oht. Laagrisulami tugevus ja vastupidavus korrosioonile langeb.

Kui palju soojust võib õli kuumenenud laagrist enesega kaasa võtta ja ära viia? Ilmselt seda rohkem, mida rohkem voolab õli ühe ja sama ajaühiku jooksul läbi laagri. Õli juurdevoolu suurendamist takistab «püünis», kitsas koht määrimisava juures. Rõhku suurendades aitame õlil seda kitsast kohta kiiremini läbida.

Tähendab, mida rohkem õli voolab läbi laagri, seda rohkem soojust viib ta enesega kaasa.

«Püünist» võib vältida, kui toimida nii, et õli ei satuks otsekohe kõige kitsamasse kohta. Selleks tuleb määrimisava paigutada sinna, kus pilu laius on kõige suurem. Siis läbib õli kiiresti ja takistamatult pilu, see aga võimaldab rohkem soojust ära juhtida.

Ometi ei tohi sellega piirduda, et õli juhitakse laagrisse, kuigi kõige paremal viisil, ja jäetakse siis saatuse hooleks.

Õli võib kitsaid kohti kohata ka oma teel määrimisavast kuni laagrist väljumiseni. Selle põhjustajaks on masina töö. Raske on isegi loetleda kõike, mida masina osad peavad taluma.

Nad peavad vastu pidama koormustele ja kuumenemistele, mis pealegi ei ole ühtlased ega ühesugused erinevates kohtades. «Komplitseeritud pingeolukord» — nii kõnelevad sellest lühidalt tugevusõpetuse eriteadlased.

Kuigi kõiki põhjusi on raske loetleda, on hõlpus näidata, milleni see viib — nimelt detaili kuju muutumiseni. Sirge detail võib kõverduda, kõver detail sirgeks minna, ümmargune ava võib muutuda elliptiliseks. Sirge võll võib «pungituda» kord ühes, kord teises kohas.

Muidugi ei ole niisugused painded, lohud ega pungitumised silmale nähtavad. Ainult tundlikud aparaadid märkavad neid sajandike millimeetriteni küündivaid muudatusi, mis kokku ei ületa mõndakümmend mikronit.

Kuid mikron ei ole laagri jaoks väike asi. Laagri valmistamise täpsus on 0,2 mikronit. Ainult kaks kümnendikku mikronit võib lubada kõrvalekaldumist korrapärasest kujust. Suurematele kiirustele on vaja veelgi suuremat täpsust. Märkamata jäänud, varem ohutud ebatasasused, mida võib näha ainult mikroskoobis, halvendavad üsna märgatavalt laagri tööd ja võivad olla avarii põhjuseks.

Siin on aga jutt kümnendikest mikronitest. Võll paindub laagris ja õlikihi paksus võib väheneda. Ilmub «kitsas koht». Õli ei jookse enam ühtlaselt ja jääb kitsasse kohta seisma, koos õliga jääb sinna ka soojus. Suurtel pööretel ja suurte koormuste puhul tekib ülekuumenemine, tekib avarii oht.

Selliseid tulemusi andsid Djatškovi vaatlused. Ta tegi kindlaks, mil moel laagriosade kuju töötamisel muutub ja kui suured on muutused.

Kuidas võidelda selle ohuga? Kuidas kõrvaldada paratamatud häired õli korrapärasel voolamisel, soojuse kiirel eemalejuhtimisel?

«Kiilu lüüakse välja kiiluga,» ütleb vanasõna. Me meenutasime seda vanasõna, kui rääkisime koormusest vabastavatest sisselõigetest. Taoline näide on ka siin.

Ühe detaili kuju mingis kohas moondub, «rikneb». Seda ei saa vältida. Küll aga võib tahtlikult moonutada, «rikkuda» vastavas kohas teise detaili kuju nii, et üks moonutus kompenseerib teise. Üheks detailiks on võll. See kõverdub töö jooksul. Teiseks detailiks on laagrikauss. Laagrikaussi tuleb õigeaegselt teha niisuguse kujuga süvend, et õlikihi paksus tapi ja laagri vahel ei väheneks, kui ilmneb võlli paindumine.

Nähes ette võlli kuju muutust, ei tohi avaust kausis valmistada ümmargusena, vaid sellisena, et ta vastaks kõigile võlli paindumistele, lohkudele ja kumerustele. Siis ei ole nad ohtlikud. Laager on nende ilmumisele juba varem ette valmistatud ja säilitab — see on kõige tähtsam — õli ühtlase voolamise võimaluse ilma kitsusteta, kus peitub ülekuumenemise ja avarii oht.

Djatškovi loodud teooria võimaldas ette arvestada, missuguse kujuga peab olema laager, et ei oleks karta «õlikorke», et õli voolaks laagris korrapäraselt ja kannaks soojust hästi ära. See annab konstruktorile võimaluse pikendada laagri ja masina iga ning suurendada masina kiirust.

Paistab, et on kõik! Siiski on veel üks raskus. See peitub õlis eneses.

Siinkohal vaatleme juhtu, mis tehnikas ei ole haruldane. Me kohtasime seda juba, kui rääkisime kiirekäiguliste masinate jaoks vajalikkudest materjalidest. See on ühe nõude vastukäivus teisele. Vastukäivad nõuded on tugevus ja kergus. Inseneridel tuleb neid üksteisega lepitada.

Ka Djatškov pidi lepitama kahte vastukäivat nõuet määrdeaine kohta.

Oleks parem, kui määrde viskoossus oleks suurem, siis kannaks laager suuremaid koormusi — nii kõlab üks nõue.

Oleks parem, kui viskoossus oleks väiksem, siis voolaks õli paremini ja «kiiluks» ennast kergemini liugepindade vahele, ütleb teine nõue.

Viskoosne määre on parem, kuid ta jääb laagris kergemini seisma. Vedela, madala viskoossusega määrdega seda ei juhtu, kuid siis on laager «nõrgajõuline». Ühest küljest hea, teisest halb. Mida siis eelistada?

Kompromissi. Djatškov töötas välja niisuguse meetodi viskoossuse valikuks, et laager taluks vajalikku koormust, õli aga ei jääks oma teele kinni.

Õli viskoossus tuleb valida võimalikult madal, kuid iga masina, iga laagri jaoks kõige sobivam — mitte liiga suur ega ka liiga väike.

On selles siis midagi keerulist? Kõik on nii selge — võidakse öelda. Kuid see, mis praegu näib lihtsa ja selgena, on visa töö, arvutuste ja katsete tulemus.

Varem talitasid konstruktorid huupi. «Parandades» laagri konstruktsiooni, muutes tema mõõtmeid, määrde laagrisse juhtimise kohta või määrde

viskoossust said nad ootamatult «äkki» häid tagajärgi — laagri iga pikenes.

Nüüd on aga konstruktoritel abiks teooria ja ranged arvutusmeetodid.

Nii lahendas nõukogude õpetlane kiirete masinate liugelaagri eluea pikendamise eest peetava võitluse väga raske ülesande.

Kiirekäiguliste masinate laagrid kuumenevad kiiresti. Kuumenemise vähendamiseks kasutatakse väikese viskoossusega vedelamaid määrdeid, nagu näiteks petrooleumi.

Kuid on ka teisi, veel väiksema viskoossusega vedelikke. Kas ei saaks määrimiseks kasutada, ütleme, vett? Kasutatakse ju vett valtsimismasinate tekstoliitvoodriga laagrite määrimiseks.

Prooviti. Tagajärg — tugevast terasest laager andis mõne tunni pärast alla, ei pidanud vastu, sest kulumine oli liiga suur.

Hõõrdumine kasvab koos kiirusega. Isegi vedelikus on hõõrdumine nii suur, et laager ei saa töötada — läheb põlema.

Kas ei saaks kõigele vaatamata leida madala viskoossusega määret, mis ei kuumeneks nagu õli ja peaks kauem vastu kui vesi?

Jah. See on hoopis teistsugune määre — gaasiline määre, esmajärjekorras õhkmääre.

Ma nägin kord järgmist katset.

Vooluringi ühendati vedelikkude puhastamise aparaadi — tsentrifuugi rootor ja korpus. Tsentrifuugi juhitakse toru kaudu vedelikku, mis pihustatakse puurimismasina spindlile sarnanevas rootoris. Kui rootor pöörleb, katab vedelik õhukese kihina rootori seinad, kuhu ta surutakse tsentrifugaaljõu mõjul. Segust ladestub seintele sade, mis eraldatakse, puhastatud vedelik aga läbib rootori ja paisatakse välja. Nii voolab vedelik kogu aeg läbi «puhastaja», mis pöörleb pöörase kiirusega — 20 000 pööret minutis. On tsentrifuuge, mis teevad 150 000 pööret minutis.

Rootori ülemine osa on ülekande kaudu ühendatud elektrimootoriga, kuna alumine osa, kandetapp, toetub tugilaagrile — kausikesele, kuhu ta sobib nagu müüser uhmrisse. Kandetapi ja tugilaagri vahel on pisikene pilu.

Kui pöörlemist ei ole, siis langeb rootor oma raskuse tõttu alla ja toetudes kergelt tugilaagrile, sulgeb vooluringi. Ahelas tekib vool.

Pärast mootori käivitamist hakkasid rootori pöörded tõusma, ja mõne sekundi pärast näitas elektrimõõteriist, et ahel on katkestatud. Voolu ei ole.

See tähendab, et tekkis õhuvahe, «õhupadi» kandetapi ja tugilaagri vahel, rootor kerkis õhku nagu kork vees.

Nüüd lahutab liugepindu väga õhuke õhukiht. Heleda valguse käes võib isegi näha seda vahekihti, tema olemasolu tõendab meile kujukalt ka galvanomeetri osuti, mis seisab püsivalt nullil.

Mootori väljalülitamisel pöörete arv langeb. Voolu veel ei ole. Õhukihi paksus väheneb pidevalt. Rootor pöörleb ikka aeglasemalt. 600 pööret minutis... 500... 400. Ja alles nüüd hakkab määrdekiht rebenema. Kandetapp puudutab tugilaagrit. Osuti eemaldub nullist. Ahel on uuesti suletud. Ning lõpuks jääb rootor seisma.

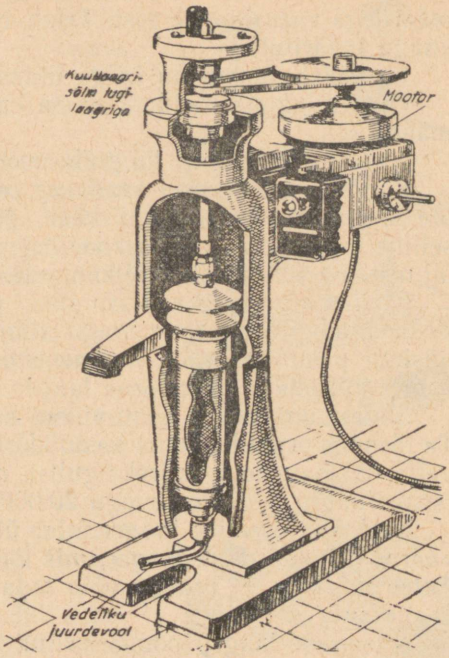
Mitte sellepärast ei jäänud insenerid peatuma 20 000 pöördel minutis, et laager ei oleks vastu pidanud. Vastu ei pidanud rihmülekanne mootorilt rootorile — rihm hõõrdus puruks.

Gaasmäärdega laager aga võib töötada ükskõik kui suure pöörete arvu juures.

Õhkmäärdega tugedel asuvad võllid võivad pöörelda piiramatu kiirusega — ütleb nõukogude teadlane S. A. Šeinberg, kes töötas välja niisuguste tugede — gaasmäärdega laagrite — teooria ja konstruktsiooni.

Õhkmäärdega laagrid ilmusid viimastel aastatel ka välismaal. Konstruktorid aga olid määrimisprobleemi lahendanud keeruliselt — nad kasutasid suruõhku. Õhk sunniti laagrisse minema rõhu all. Järelikult on vaja suruõhu allikat, see aga teeb konstruktsiooni keeruliseks. Kogu masina töö sõltub suruõhu häireteta saamisest.

Nõukogude teadlane leidis teise, lihtsa ja originaalse mooduse. Laagrisse ei olegi vaja õhku juhtida. Ei ole vaja suruõhku, jääb ära kõik, mis sellega seotud — keerulised masinad ja ebakindel töö.



Supertsentrifuug.

Laager võib ennast ise varustada õhkmäärdega.

Kui ei ole pöörlemist, siis lamab võlli tapp laagris, viimast puudutades. Nende vahel olevas pilus on õhk. Niikaua kui tapp laagris lamab, ei ole pilu terviklik, täisringi kujuline.

Võll hakkab pöörlema, haarab õhku, kisub seda enesega kaasa ja surub pilu kitsasse osasse, sinna, kus võlli tapp puudutab laagrirõngast.

Pöörete arv suureneb, võll surub õhku ikka tugevamini «enda alla». 400—500 pöörde juures minutis on õhul kogunenud juba niipalju jõudu ja ta surub juba nii tugevasti, et võll ei suuda enam vastu pidada. Ta tõuseb üles ja jätkab pöörlemist juba ilma laagrile toetumata. Vetruv õhupadi ei lase võllil langeda. Võll «ujub» õhus.

Nüüd on tapi hõõrdumise asemel vastu laagrit ainult õhu hõõrdumine vastu õhku, ühe õhukihi hõõrdumine vastu teist. See hõõrdumine aga on tühine, sest õhu viskoossus on väga väike — 100 korda väiksem kui näiteks petrooleumil. Sellepärast on väikesed ka hõõrdumiskaod. Sellepärast on väike ka kuumenemine — see laagri peamine nuhtlus suurtel kiirustel. Õhkmäärimise puhul tõuseb temperatuur ainult 1,5—2° võrra.

Kuna võll ise kisub õhku määrdepilusse, siis ei ole vaja muretseda laagri

määrdega varustamise eest. Tekib õhupadi, ja edasi läheb kõik iseenesest, «nagu määritult».

Isemääriv laager on kõige lihtsam kõikidest laagritest.

Olgu siinkohal öeldud, et on ka õlimäärdega laagreid, mis ennast ise määrivad.

Niisugused laagrid lõi pulbermetallurgia.

Survega pressimisel saadakse rauast ja grafiidist laager, mille mass ei ole tihe, vaid poorne nagu käsn. Nagu käsn imeb endasse vett, nii imeb selline laager oma mikroskoopilistesse pooridesse õli. Töötamisel surutakse õli nendest tillukestest «õlikannudest» välja ja laager ongi määritud.

Kuid poorne laager ei saa siiski pikemat aega ilma määrimiseta töötada. Teda tuleb uuesti täita nagu tühjaks pigistatud käsna. Seejuures jääb püsima peamine — õli, kuumenemine ja kõik sellega seotud hädad. Väga suurte kiiruste jaoks poorne laager ei kõlba.

Sellest ummikust, kuhu viivad suured kiirused, päästab meid õhkmääre. Ta tõendas praktikas oma kasulikkust. Ja nüüd lasevadki nõukogude tehased välja õhklaagritega kiirekäigulisi masinaid. Niisugused on näiteks supertsentrifuugid, pöörete arvuga 20 000 pööret minutis.

Seal, kus tavaline laager ütleb üles, asendab teda uus, lihtne ja usaldusväärne õhkmäärdega laager, mis töötab eeskujulikult ka ülisuurtel kiirustel. Tuleb märkida, et praegu võib teda rakendada ainult seal, kus koormused ei ole suured.

Niisuguse laagri loomiseks tuli teha palju tööd. See, mis me temast rääkisime, on ju ainult idee, printsiip, kuid ideest konstruktsioonini on pikk tee. Teooria ja praktika, arvutused ja katsed, parema lahenduse otsingud — selline on see tee.

Oli vaja teada saada, millal ja kuidas tekib õhupadi, kuidas laager sellel töötab, kas laagri tööd ei häiri metalli hõõrdumine vastu metalli.

Õhkmäärimise idee tuli kehastada reaalse konstruktsioonini, arvestades kõike seda, mis ütleb teooria ja praktika.

Õhupadja tekitamiseks on vaja pilu, mille suurus oleks muutuv. Seal, kuhu võll kisub enesega õhku kaasa, peab pilu olema kõige väiksem. Ainult siis, kui õhku suruda kitsenevasse pilusse, võib teda komprimeerida, tihendada ja luua vetruva padja. Ainult siis võib võll toest eemalduda ja rippuda õhus.

On hea, kui laager on silindrikujuline, siis see tingimus täitub iseenesest. Kui võll ei pöörle, siis ta puudutab silindrit, ja «profiilis» vaadates on pilul sirbi kuju. Võll hakkab pöörlema ja surub õhku «sirbi» kitsamasse otsa. Ilmub õhupadi, ja võll tõstabki ennast ise üles — «hõljub».

Aga kui laager on teise kujuga, nagu näiteks tsentrifuugi tugilaager? Tuli luua niisugune toe konstruktsioon, et oleks täidetud õhkmäärimise põhitingimus — muutliku laiusega pilu.

S. A. Šeinberg toimis järgmiselt.

Ta asetas metallplaadile — aluspakule — radiaalsed ribid. Need kõrgemale ulatuvad ribid ei võimalda õhukesel ülemisel plaadil alumise plaadi vastu liibuda. Mõlemad plaadid ühendas ta kruvidega. Seal, kus ribisid ei

ole, suruti plaadid tihedalt teineteise vastu. Kus olid ribid, seal ei saanud plaadid kokku puutuda. Selle tulemusena ülemine plaadikene kõverdus ja temal moodustusid lained.

Tekkisid lained, tekkis ka muutuva laiusega pilu, mida oligi vaja.

Kui nüüd kandetapp koos rootoriga pöörleb, siis kisub ta õhu pilusse, surub kokku, ja õhu vahekiht ongi olemas. Ainult mõni tuhandik millimeetrit eraldab kandetappi tugilaagrist, kuid see on küllaldane, et rootor pöörleks õhus ning hõõrdumine oleks välditud.

Õhkmäärimisega laager võib töötada sadu tunde tohutu suure kiirusega, hõõrdumiskaod ja kuumenemine on sealjuures tühised.

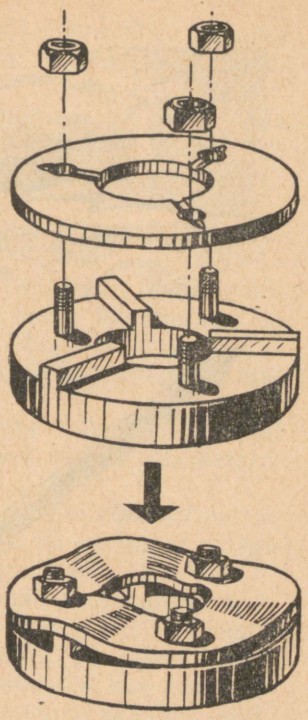
Nii võideldakse hõõrdumisega masinates, kus kiirust arvestatakse kümnete tuhandete pööretega.

Tööstus vajab selliseid masinaid. Mõnede lihvimispinkide spindel teeb 100 000 ja enam pööret minutis. Laialdaselt kasutatakse ülikiiret freesimist.

Nõukogude inseneride poolt on loodud ülikiired spindlid väikeste avade sisetreimiseks ja -lihvimiseks 120 000, katseeksemplaridel isegi 200 000 pöördega minutis.

Siin on suur kiirus tingimata vajalik, selleta ei ole võimalik saavutada vajalikku töötlemise puhtust.

Väga suured kiirused ei ole tarvilikud üksnes lihvimisel.



Õhkmäärdega tugilaager (koost lahti võetud).

Lenduritele ja meremeestele on vaja güroskoop-kaldemõõtjaid, vurrkompasse ja teisi aparaate, mille sees suure kiirusega pöörleb vurr. Nendes seadmetes ulatub vurri pöörlemiskiirus mitmekümne tuhande pöördeni minutis.

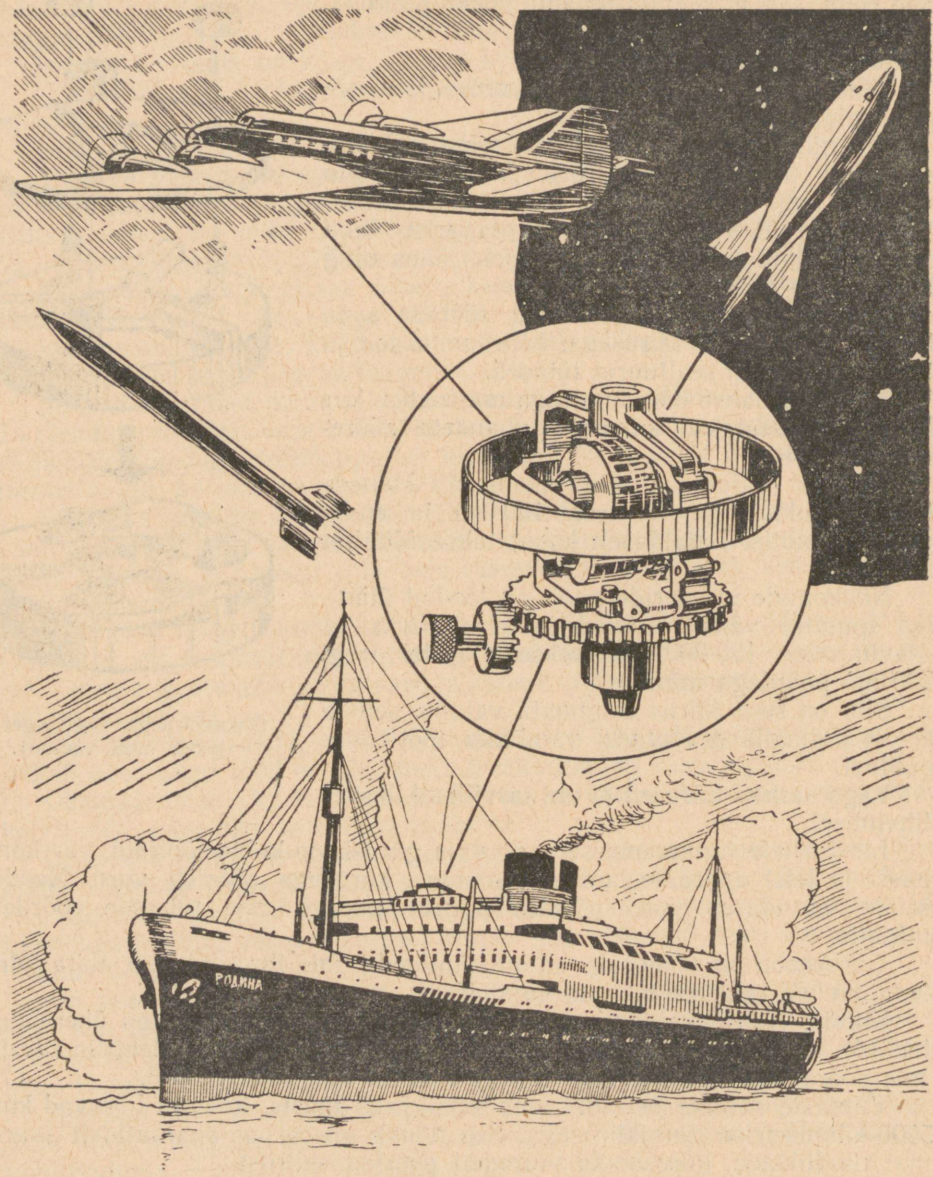
Güroskoop on põhiosaks automaatpiloodil, mis ilma inimese abita juhib lennukit või raketti etteantud kursi järgi.

Kursist kõrvalekaldumisel lülitab güroskoobi raam, mis on ühendatud lennuki või raketi korpusega, elektriahela kontaktid kokku. Elektrimootorid, mis pööravad rooli, käivituvad ja lennuk on jälle õigel kursil.

Viimaste aastate jooksul lennukite kiirus tõusis. Raketid liiguvad kuni 5000-kilomeetrise tunnikiirusega. See nõuab güroskoop-aparaatidelt suuremat tundlikkust, güroskoobi suuremat pöörlemiskiirust.

Hõõrdumisega ei tule võidelda ainult laagris.

Hõõrdumine esineb igal pool, kus masina liikuvad osad üksteist puudutavad.



Güroskoop ja selle kasutamine.

Selliseid osasid, nagu näiteks hammasratasajami hambad ja silinder ning kolb, võib loetleda väga palju ja väga erinevaid. Nende ühiseks omaduseks on hõõrdumine, mis põhjustab kulumist.

Hõõrdumine tähendab esmajoones soojust. Hõõrdumise abil võib saada tuld, tiku pea süttib hõõrdumissoojuse tõttu. Kui liugepinnad on kergesti sulavast metallist, siis nad ei viivita sulamisega. Sellise sulanud metalli osakesed keevituvad teise metalli külge.

Hõõrdumine kisub metalli pinnast välja väikesi metallikübemeid ja rikub sellega pinna.

Uutes masinates on hõõrdumine alguses isegi kasulik. Masinaosad «töötatakse sisse», nad «harjuvad» üksteisega, nagu meie kohaneme uute jalanõudega. Kuid varsti alustab hõõrdumine oma hävitavat tegevust ja viib lõppude lõpuks masina rivist välja. Sellepärast tuleb kogu aeg masinat jälgida, kas ta osad ei ole juba kulunud.

Ei või ka unustada, et masin ei tööta tühjuses. Teda ümbritseb õhk, tal on kokkupuuteid vee, auru või kuumade gaasidega. See nõrgendab metalli, metall muutub kulumisele vähem vastupidavaks.

Metalli pind on töödeldud, õhukese töödeldud kihi kristallvõre on purustatud. Pindkihis ei ole metall enam samasugune, nagu oli varem või nagu on sügavamal. Ta oksüdeerub kergesti, on hapram, pudeneb.

Mõningatel sulamitel on oksüdeerumise vastu olemas enesekaitsevahendid. Nende pinnal tekib väga õhuke oksüüdikiht, mis ei lase oksüdeerumisprotsessil tungida metalli sisse. Seda enesekaitsevahendit püütakse tugevdada. Nendele sulamitele, mis töötavad rasketes tingimustes, kus hapendumine on vältimatu, pannakse juurde lisandeid, mis soodustavad kaitsekihi tekkimist.

Hõõrdumise ja kulumise vähendamiseks detaile määritakse. Määrimine on vajalik, kuid ta toob enesega kaasa ka pahesid, kuigi see esimesel silmapilgul näib võõrastavana.

Määrdekiht liibub pinnale, seob enesega teisi kihte, ja määre täidab kogu pilu.

Nagu teame, tungib määre metalli pinnal olevatesse mikropragudesse, «kiilub» neid suuremaks ja aitab kulumisel «rikkuda» pinda.

Me kohtame — mitmes kord juba! — vasturääkivust. Töödeldes metalli, purustame tahtmatult metalli pinda. Püüdes määrimisega vähendada hõõrdumist, tähendab, ka kulumist, suurendame purustusi.

Tehnoloogi ja inseneri ülesanne seisabki selles, et lepitada neid vastuoksusi. Kulumine tuleb viia metalli töötlemise ja määrimise abil võimalikult väikeseks.

Määrde ja tema pealeandmise õige valikuga vähendatakse paratamatuid kahjustusi, püütakse vältida suurt pindade purustust, ning teha kulumist ühtlaseks ja pidevaks. Määret täiendatakse lisanditega, mis parandavad määrde omadusi.

Grafiit lõheneb liblekestena, mis üksteisel hästi libisevad. Peale selle on grafiit pehme ega kahjusta metalli. Sattudes liugepindade vahele täidavad grafiidi liblekesed praokesed ja siluvad ebatasasusi, mille tagajärjel kulu-

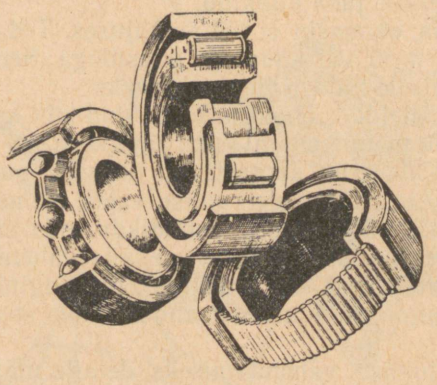
mine väheneb. Sellepärast määritakse mõningaid masinaid õli asemel grafiidiga.

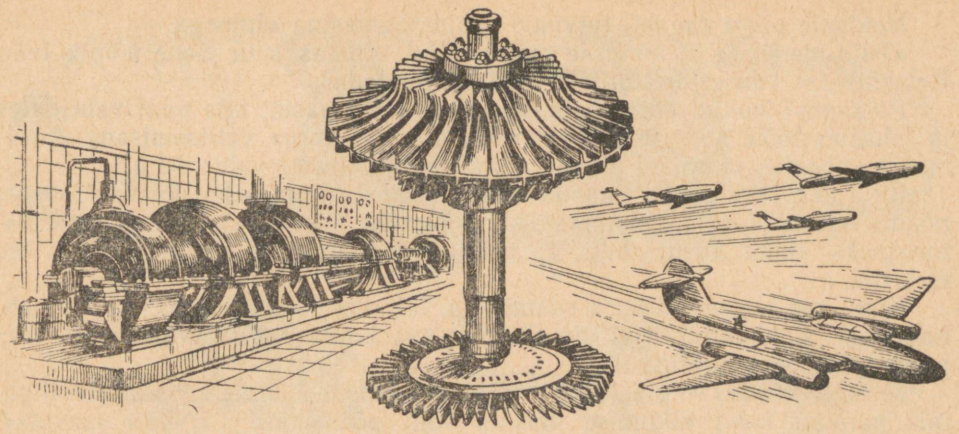
Kulumisega aitavad võidelda ka uued pindade töötlemise meetodid, millest oli juttu, kui rääkisime alistatud metallist.

Kui palju kiirete masinate vaenlasi me nüüd tunneme?

Õhutakistus, hõõrdumine ja kulumine, töö stabiilsuse kadumine, mõnikord ka soojus, mida eraldub liiga palju. Suurte kiiruste juures ilmuvad nad kõik tugevamalt ja uuel kujul. Tänapäeva tehnika tähtsamaks ülesandeks on võitlus nende vastu.

Seda võitlusülesannet täidavad edukalt nõukogude insenerid.





TUHANDED PÖÖRDED MINUTIS

Iga aastaga pöörlevad kiiremini masinate võllid, kiiremini liiguvad tööpingid, kiiremini lendavad lennukid. Kes annab masinatele elu, kes paneb nad liikuma?

Jõumasinad või mootorid, nagu neid masinaehitajad nimetavad. Nendeta oleks masinate maailm surnud. Ei oleks ka kiirekäigulisi masinaid ilma kiirekäiguliste mootoriteta.

Tänapäeva tehnikas on tuhanded pöörded minutis saanud harilikuks mõõduks. Automaat-treipingi võll pöörleb kiirusega 10 000 pööret minutis. Kaasaegsed ketrusvärtnad teevad 20 000—30 000 pööret minutis. Lennuki gaasiturbiinil, mis on asetatud kiirele reaktiivlennukile, ulatuvad pöörded 15 000-ni minutis.

Väikestel puurmasinatel tõuseb pöörete arv kuni 20 000-ni. Õhu veeldamise aparaadi turbodetandri turbiin pöörleb kiirusega 40 000 pööret minutis. Puidutöötlemise freespinkide spindlid ja aparaatides esinevad güroskoobid teevad kuni 60 000 pööret minutis.

On olemas ülikiireid jõumasinaid, millel pöörete arv võib küündida 120 000—150 000 minutis. Nad panevad pöörlema lihvimisspindleid ja ultratsentrifuuge.

Suure kiirusega jõumasinate loomise ajalugu on eredaks näiteks raskustega võitlemisest, mida teostab tänapäeva kiiruste tehnika.

Kõik, mida räägisime suure kiirusega masinate loojate ees seisvatest ülesannetest jutustades, leiab siin oma rakenduskoha.

Heidame pilgu tagasi, tutvume soojusjõumasina elulooga.

«Tuld masinate teenistusse painutada,» unistas suur vene tehnik Ivan Polzunov, et «meie järeltulijate tööd kergendada».

Polzunovi loodud aurumasin oli esimene jõumasin, mis pani vabrikutes ja tehastes tööle soojuse. Algas «tema kõrguse auru» valitsemisaeg. Aurumasin vabastas vabrikud jõgede võimusest, vesiratta valitsuse alt.

Kuid aeg läks edasi. Saabus elektri ajajärk. Tormiliselt kasvav tööstus nõudis uusi võimsaid mootoreid, kiirekäigulisi jõumasinaid elektrigeneraatori jaoks. Ilmus auruturbiin. Ta osutus jõumasinaks, mis avas avara tee elektrile.

Kõik, mis oli seotud auru saamisega, jäi alles — kolle, katel ja abimehhanismid. Kuid turbiinil ei ole silindrit ega kolbi, nagu aurumasinal. Aur paneb pöörlema turbiiniratta.

Jäi ära vajadus hiiglaslike teraskäte — kepsude järele koos väntvõlliga, mis muutsid kolvi liikumise masina võlli pöörlemiseks. Nüüd saavutati pöörlemine kohe, ilma vahendajateta. Sõna «turbiin» tulebki sõnast «turbo», mis tähendab «pöörist».

Aurujõumasin muutus kiirekäiguliseks. Töötades pidevalt, ilma tõugeteta, ilma kolvi sunnitud peatuseta oma teekonnal silindris, võis turbiin arendada suuremat võimsust, võis soojust paremini ära kasutada. Suurtele laevadele, elektrijaamadesse ja kõikjale, kus oli vaja kümneid tuhandeid hobujõude, ilmusid auruturbiinid.

Praegu annavad meie maal jaamad, kus töötavad auruturbiinid, üle nelja viiendiku toodetavast elektrienergiast.

Meie tehastes ehitatakse auruturbiine võimsusega 100 000 kilovatti.

Aururõhk ulatub katlas kuni 90 atmosfäärini. Oli vaja õppida 10 sentimeetri paksuste teraslehtede keevitamist, et valmistada võimsa kõrgsurveturbiini detaile. Niisugustest lehtedest keevitati detaile kaaluga umbes viiskümmend tonni.

Turbiin teeb 3000 pööret minutis. Turbiini labidate otsad liiguvad ringjoonel helist suurema kiirusega. Niisugust kiirust — 420 meetrit sekundis — ei olnud veel ühelgi varemehitatud auruturbiinil.

Selle turbiini ehitamisel kasutati kõige uuemaid metallitöötlemise alaseid saavutusi.

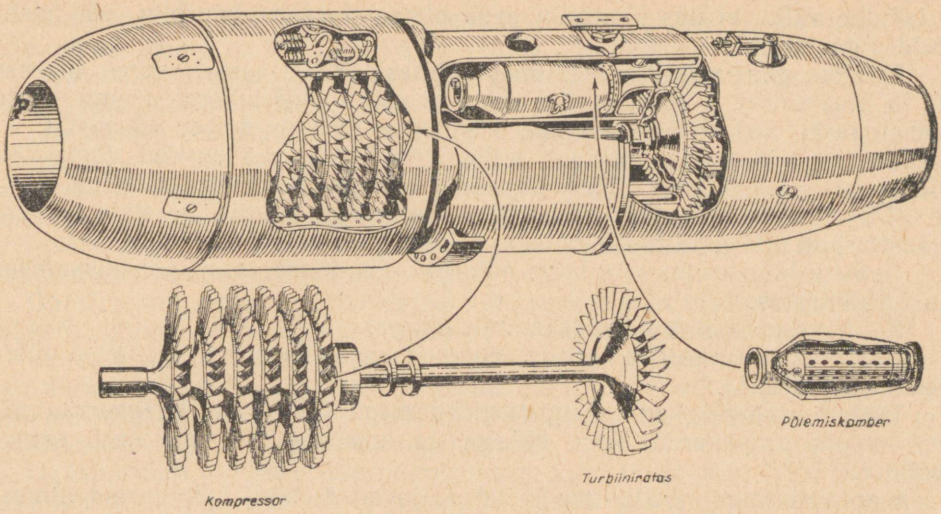
Stantsimine, mis võimaldab säästa metalli; kiirlõikamine, mis annab puhta pinna; elektrilised töötlemise meetodid; detaili pinna tugevdamine — kõiki neid meetodeid rakendasid tehnoloogid.

Nad kasutasid kõiki metallide proovimise viise, et ehitatav masin saaks töökindel.

Toome ainult mõned huvitavad arvud. Turbiinil on 43 000 detaili. Nende valmistamiseks vajati üle 8000 mitmesuguse instrumendi — lõike- ja mõõteriista. Tehnoloogid töötasid turbiini ehitamiseks välja 5200 mitmesugust tehnoloogilist protsessi.

Konstruktorid, tehnoloogid ja töölised tulid võimsa, kiirekäigulise auruturbiini loomisega edukalt toime.

J. V. Stalin tervitas nõukogude turbiiniehitajaid väljapaistvate saavu-



Lennuki gaasiturbiin-mootor.

tuste puhul ja soovis neile edasist edu «... nõukogude energiamasinate ehituses tehnilise progressi kindlustamisel».

J. V. Stalini nimelises Leningradi Metallitehases valmistati unikaalne ülikõrgrõhu-turbiin võimsusega 150 000 kilovatti. Ehitajad nimetasid selle «rahuturbiiniks».

Peaaegu samaaegselt auruturbiiniga sündis teine soojusjõumasin.

Auruturbiinil ei ole teraskäsi — kepsusid, auruturbiinis saadakse pöörlemine vahetult.

Kuid on siiski veel teine vahendaja — aur ise, on kolle ja katel.

Insenerid murdsid juba ammu pead, kuidas sellest pääseda. Kuid otseteed ei saadud siin kasutada, tuli minna ringi.

Kolle asetati jõumasina sisse, tema silindrisse. Silindrisse anti kütus ja õhk. Tekkis põlev segu, mis süüdati, paisuvad gaasid tõukasid jõuliselt kolbi. Nii ilmusid sisepõlemismootorid — kerged ja küllalt võimsad. Koos sisepõlemismootoritega ilmusid ka lennukid ja autod, mootorvedurid ja mootorlaevad, traktorid ja palju muid masinaid. Igal maal töötab hiigelarmee sisepõlemismootoreid.

Inseneride mõte sammus edasi. Nende ees seisis kaks jõumasinat — auruturbiin ja sisepõlemismootor. Nendest ühel oli keps ja väntvõll, teisel aurukatel ja kolle.

Insenerid püüdsid luua mootorit, millel ei oleks vanade mootorite puudusi, kuid oleks nende head omadused.

Nagu turbiinil, nii ei tohi ka uuel jõumasinal olla silindreid ega kepse.

Nagu sisepõlemismootoril, nii ei tohi ka sellel jõumasinal olla katelt, auru ei ole talle vaja.

Tuleb välja, et uus jõumasin peab olema sisepõlemisturbiin, või teisiti öeldes gaasiturbiin[1].

Esimese gaasiturbiini maailmas ehitas 1897. aastal vene insener P. D. Kuzminski. Kuid enne, kui uus jõumasin väljus laboratooriumi seinte vahelt ja kui teda hakati tehnikas kasutama, möödus umbes 40 aastat.

Vaevalt leidub teist masinat, millega mitmesugused uurijad, spetsialistid ja mittespetsialistid oleksid tegelnud rohkem kui gaasiturbiiniga.

Gaasiturbiini töötamise põhimõte ei ole keeruline, kuid ülesanne ehitada gaasiturbiin nii, et ta hästi töötaks, ei osutunud sugugi lihtsaks.

Gaasiturbiiniseadmes on kolm põhimist osa: kompressor, põlemiskamber ja turbiiniratas.

Kompressor toidab põlemiskambrit õhuga.

Põlemiskamber toidab turbiini kuumade gaasidega, mis panevad pöörlema turbiiniratta.

Turbiin ajab ringi mingisugust mehhanismi (näiteks elektrigeneraatorit või lennuki propellerit), koos sellega ka kompressorit, mis asub samal võllil.

Gaasiturbiiniga reaktiivmootoritel väljuvad turbiini heitegaasid atmosfääri ja tekitavad reaktiivjõu, mis paneb lennuki liikuma.

Lennunduse arenemine nõudis suurtele lennukiirustele tungivalt uut mootorit. Selleks mootoriks võis saada gaasiturbiin — võimas, kiirekäiguline ja kerge. Lennundus oligi esimeseks tehnikaharuks, kus gaasiturbiine hakati laialdaselt kasutama.

Esmakordselt ilmusid gaasiturbiinid lennukitele ammu, kuid ainult abimootoritena.

Juba Esimese maailmasõja lõpul katsetati sõjalennukitel turbokompressoreid, mis andsid lennuki mootorisse õhku.

Kõrgemale tõustes väheneb õhu tihedus. Sellepärast satub mootorisse üha vähem kütuse põlemiseks vajalikku hapnikku. Mootor «lämbub».

Mootorile tuleb appi turbokompressor. Ta annab mootorisse nii palju õhku, kui palju normaalseks põlemiseks just tarvis on.

Turbokompressor koosneb väikesest turbiinist, mis töötab lennukimootori heitegaasidega, ja kompressorist, mis surub õhu kokku.

Töökindla turbokompressori loomise teel seisid suured raskused. Heitegaasid väljuvad helist suurema kiirusega, nende temperatuur ulatub 1000°-ni. Turbokompressori turbiin teeb kuni 30 000 pööret minutis, turbiini labidale mõjub hiiglasuur tsentrifugaaljõud, mis ületab kümneid tuhandeid kordi labida kaalu.

Seetõttu on tarvis eriti tugevaid materjale, peale selle tuleb turbiini ratast ja labidaid jahutada.

Nõukogude insenerid ületasid need raskused ja lõid rea turbokompressorite konstruktsioone, mis ennast töötamisel täiesti õigustasid.

---

[1] Gaasiturbiini käsitlevas jaos on kasutatud üksikuid B. Ljapunovi raamatu «Газовая турбина» materjale (Госэнергоиздат, 1951).

Nüüd saavutasid kõrgmootorid lennuasjanduses kodanikuõigused. Selliste lennukimootorite töötamiseks on vajalik õhu juurdepuhumine.

Teise maailmasõja ajal ei kasutatud gaasiturbiini enam kolbmootori abilisena, vaid peamootorina.

See võimas, kiirekäiguline, kerge ja kompaktne mootor saavutas enesele lennunduses kiiresti kindla koha. Ta aitas lennuasjandusel kaugele edasi sammuda ja helibarjääri otsesesse lähedusse jõuda. Gaasiturbiin avas lennunduse ajaloos uue ajajärgu — suurte kiiruste ajajärgu.

Igal aastal võime me Õhulaevastiku päeval imetleda helikiirusega võistlevate reaktiivlennukite hoogsat lendu.

Gaasiturbiin ilmus lennukitele, ilmub laevadele ja mootorveduritele, ta hakkab tungima ka energiavabrikutesse — elektrijaamadesse.

Ei või muidugi arvata, et uue jõumasina — gaasiturbiini — sünd tähendab kõikide «vanade» jõumasinate lõppu. Neil on igaühel oma koht. Me ehitame niihästi auruturbiine kui ka kolbidega sisepõlemismootoreid ja gaasiturbiine, nad on kõik meie teenistuses.

Gaasiturbiini peetakse tulevikumasinaks, kuid ta on tulevikust olevikku juba üle tulnud, ja ma tahan jutustada kiirekäigulise jõumasina loomise keerulisest ja raskest teest, tuues näiteks just gaasiturbiini. Seejuures on eriti selgesti näha, kui raske on võitlus uue masina eest.

Vaatleme alguses meie gaasiturbiin-seadme turbokompressori osa — turbiiniratast ja kompressorit. Turbokompressor koosneb ehituselt ühesugustest, kuid tööviisi poolest erinevatest osadest.

Nendeks osadeks on labidatega kettad. Kompressori labidatel on niisugune kuju, et õhk, mis liigub piki kompressori telge ja voolab siis ümber labidate, surutakse kokku.

On ka «tsentrifugaalkompressoreid», kus õhk surutakse kokku tsentrifugaaljõu mõjul: labidad paiskavad õhu ketta tsentrist äärte poole.

Kompressoril on tegemist ainult puhta õhuga, turbiinil aga kütuse põlemissaadustega, mis on õhuga segatud. Sellepärast on turbiinile vaja kõige tugevamaid, kõige kuumuskindlamaid terasemarke. Kompressorile piisab alumiiniumisulamist või tavalisest terasest, mis peab olema võimeline küllaltki suurtele tsentrifugaaljõududele vastu pidama.

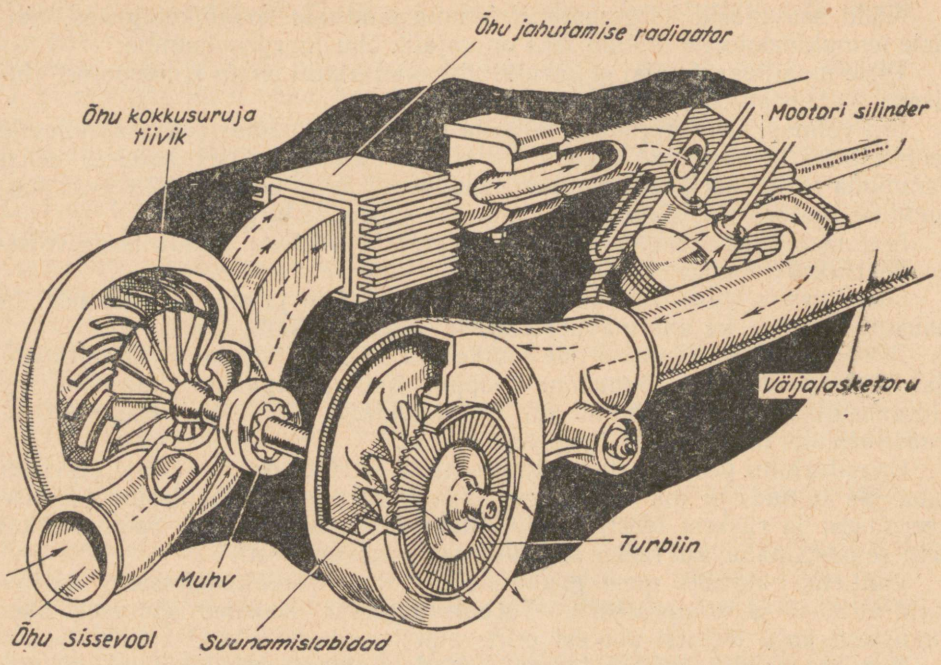
Gaasiturbiin-mootori loojatel tuli kokku põrgata suurte raskustega. Tööd jätkus kõigile: küll metallurgidele, konstruktoritele ja tehnoloogidele.

Tsentrifugaalkompressori labidal on väga keeruline kuju, mis meenutab teokarpi. See on kõige sobivam kuju ja sellest kõrvale kalduda tähendab kompressori tööd halvendada.

Aga kuidas niisugust labidat valmistada?

Labidad painutati üksikult käsitsi, vastava kujuga vormimispakul haamri abil. Ühekorraga labidat nii valmis teha ei õnnestunud. Teda tuli painutada kolm-neli korda ja pärast iga painutamist lõõmutada — kuumutada, et ta säilitaks vajalikud mehaanilised omadused.

Ei ole raske endale ette kujutada, kui keeruline ja aegaviitev see oli. Kõige täiuslikum jõumasin — ja kõige mahajäänum tootmisviis. Nagu koduses töökojas «ЗИМ» sõiduauto valmistamine.



Lennuki turbokompressor.

Töölise käed asendas press. Et detaili ei oleks vaja välja tirida ja kuumutada, selleks kohandati mõned labidaid töötlevad pingid töötamiseks kõrgetel temperatuuridel.

Labidad peavad olema valmistatud väga täpselt vajaliku kujuga. Nad võivad kuju ja kaalu poolest üksteisest erineda ainult väga väikese, rangelt kindlaksmääratud suuruse võrra.

Kui rootor on valmis, siis viiakse läbi erilised katsed valmistamistäpsuse kindlaksmääramiseks.

Alul taotletakse seda, et rootori raskuskese langeks rootori teljega ühte. Kui niisugust kokkulangemist ei ole, siis kinnitatakse ketta külge lisaraskusi — «vastukaale» või võetakse liigset metalli maha. Mõnikord on küllaldane, kui lisatakse või võetakse maha ainult mõni gramm metalli ja mitme tonni raskune auruturbiini rootor on tasakaalustatud.

Kuid sellest on veel vähe. Tasakaalustatud on liikumatu rootor. Pöörledes võib rootor võnkuma hakata. Seda ei tohi lubada. Võnkumised masinas, nendes kohtades, kus võnkumist olla ei tohi, on avarii alguseks. Rootor tasakaalustatakse spetsiaalsel balansseerimismasinal ning sujuv pöörlemine on saavutatud.

Proovige kord kergelt tõugata balansseeritud rootorit, mis on asetatud

laagritele. Rootor teeb mitukümmend pööret. See räägib rootori valmistamise ja monteerimise täpsusest.

Kompressori rootoris ei tohi olla kõige väiksematki defekti.

Kompressor täidab väga tähtsat ülesannet, varustab mootorit õhuga. Gaasiturbiin-jõumasinale on aga vaja suured kogused õhku. Kui kolbmootorile on ühe kilogrammi kütuse jaoks vaja 15 kilogrammi õhku, siis lennuki gaasiturbiin vajab 4 korda rohkem!

Kui aga kogu kompressori poolt antav õhk kasutada kütuse põletamiseks, siis ei hakkaks mootor tööle.

Asi seisab selles, et kütuse põlemisel eraldub põlemiskambris väga palju soojust. Mida rohkem soojust eraldub, seda kõrgemale tõuseb temperatuur ja võib ulatuda peaaegu 1800°-ni.

Millistest üliraskesti sulavatest materjalidest turbiin valmistatud ka oleks, nii kõrgele temperatuurile ta vastu ei peaks.

Kõige vastupidavamad materjalid taluvad ajuti temperatuure mitte üle 900°, ja sedagi niisugustes turbiinides, mis on arvestatud lühiajaliseks töötamiseks. Tänapäeva gaasiturbiini labidas, mis ei ole määratud lennukitel kasutamiseks, ei talu temperatuuri üle 650°.

Seepärast tuleb kuumade gaaside temperatuuri alandada.

Küllap te nüüd juba taipate, miks ei tohi kogu kompressorist saadavat õhku kasutada ainult põlemiseks. Õhku on vaja ka selleks, et kuumi gaase lahjendada, et viia neid turbiinile hädaohutu temperatuurini.

Seepärast jaotatakse kompressorist tulev õhujuga põlemiskambris kaheks: väiksem osa läheb kütuse põletamiseks, suurem — gaaside temperatuuri alandamiseks.

Temperatuur tõuseb alates õhu sisenemisest jõumasinasse ja edasi mööda õhu-gaasi liikumise teed. Puhas õhk, mida kompressor sisse imeb ja kokku surub, soojeneb. Kuid see ei ole võrreldav sellega, mis toimub põlemiskambris. Seal juba alumiiniumisulamitega läbi ei saa! Põlemiskamber valmistatakse kuumustugevast terasest ja seda tuleb tingimata õhuga väljast- ja seestpoolt jahutada.

Muuseas on vaja märkida, et harilikult ei ole gaasiturbiin-mootoris mitte üks põlemiskamber, vaid mitu — mõnikord isegi viisteist põlemiskambrit. Nad «vöötavad» jõumasinat.

Üksikute põlemiskambrite asemel kasutatakse lennukite gaasiturbiinmootorites mõnikord üht rõngakujulist põlemiskambrit.

Iga kamber on kahekordne silindriline toru, mis meenutab mõnevõrra teemasinat. Sisemist toru nimetatakse leektoruks. Selles põleb kütus, õhk pääseb sinna rea kanalite või ringpilude kaudu. Põhja on asetatud pihustid, mis pritsivad kütust.

Leektorusse antakse õhku rohkem kui põlemiseks vaja läheb. «Ülearune» õhk jahutab toru sisemust.

Toru jahutatakse ka väljastpoolt. Ta asetseb ju teise toru sees, mida nimetatakse õhukambriks. Mõlema toru vahel olevast rõngakujulisest ruumist juhitaksegi õhk leektorusse, mis asetseb sel moel «õhusärgis». Seepärast ei ületa seinte temperatuur 800°.

Metalli ei tule kaitsta ainult kõrge temperatuuri eest.

Kuumad gaasid ja hapnik, mida liigõhus on palju, võivad purustada kambri kuumad seinad. Leektorude valmistamiseks kasutatakse spetsiaalset kuumuskindlat ja keemiliselt vastupidavat terast.

Ei tohi unustada, et kuumenedes metall paisub. Kui põlemiskamber kinnitada mõlemast otsast, siis on vigastus vältimatu. Sellepärast kinnitatakse põlemiskamber ainult ühest otsast, kuna teisel otsal on võimalus liikuda ja pikeneda.

Kambris segatakse õhk hoolikalt vedelkütusega. Kuumad gaasid kohtuvad sissepritsitava kütuse joaga ja süütavad selle põlema. Olles kord süttinud, põleb kütus ise edasi.

Leektorust väljuvad põlemissaadused segunevad õhukambrist tuleva õhuvooluga, mille tõttu heitegaaside temperatuur langeb.

Kambri normaalseks tööks on tingimata vaja kütus pihustitega pihustada, kütuse juga süüdata ja kindlustada stabiilne põlemine, ühtlane õhu juurdeandmine ning õhu segunemine gaasidega.

Rahuldavalt töötava põlemiskambri konstruktsiooni loomiseks tuli teostada palju keerulisi uurimistöid.

Vaatame näiteks, kuidas uuriti kütuse pihustamist. Vedelat osakest on raske mõõta. Seepärast pritsiti läbi pihustusdüüsi kütuse asemel sulatatud parafiini, hiljem korjati väga väikesed kiiresti tardunud parafiini tilgad kokku ja jaotati sõeludes erinevate mõõtmete järgi gruppidesse. Oli vaja määrata mitme tuhande osakese mõõtmed, et otsustada, kuidas on parem kütust mootorisse anda ja kuidas tuleb kütust pihustada.

Põlemiskambri katsetamisel kohtusid insenerid esimesel silmapilgul arusaamatute nähtustega. Pärast lühiajalist mootori töötamist rebenes keevitusõmblus, nagu oleks sein valmistatud mitte tugevast terasest, vaid plekist.

Alguses mõeldi, et süüdi on keevitus. Sellest mõttest tuli aga varsti loobuda: praod ilmusid ka seal, kus õmblusi läheduses ei olnud. Otsustati teha paksemad seinad, kuid ... avariid jätkusid.

Siis hakati vigastatud kohti tähelepanelikult uurima ja märgati, et vigastatud kohtades metall väsis, metalli tugevus langes. Metalli tugevuse languse põhjuse selgitasid kompressorist tuleva õhurõhu vaatlused. Selgus, et õhk pulseeris, õhurõhk muutus palju kordi sekundi jooksul. See oligi vigastuste põhjuseks. Kui õhukamber valmistati pehmest terasest, mis talus paremini rõhu sagedasi kõikumisi, siis jäid avariid ära ja kambri tööiga pikenes tunduvalt.

Insenerid uurivad hoolikalt, samm sammu järel põlemiskambri tööd. Ja kui tänapäeva gaasiturbiin-mootorid töötavad kümneid ja sadu tunde, siis võivad konstruktorite ja metallurgide kõrval selle üle uhked olla ka insenerid-keemikud, füüsikud ja soojustehnikud, kes on gaasiturbiini «tulise hinguse» loojad.

Turbiini kõige vastutusrikkam detail on labidas.

Igale labidale mõjub tsentrifugaaljõud, mis ületab labida kaalu kümneid tuhandeid kordi. Lisaks sellele asub labidas kogu aeg tuliste gaaside voolus

ja läheb väga kuumaks. Seepärast võib labidas hakata «roomama», pikenema, ja küllaltki tunduvalt. Siis riivab labidas kesta ja avarii on vältimatu.

Isegi põlemiskambrit, kus vahetpidamata möllab hõõguvate gaaside voog, ei saa töötingimuste suhtes võrrelda turbiiniga. Veel vähem saab turbiini võrrelda kompressoriga, kuigi ka kompressoris nagu turbiiniski tekivad väga suured tsentrifugaaljõud.

Võib teha järelduse, et turbiin on tunduvalt raskemates tingimustes kui ükski teine gaasiturbiin-mootori osa. Sellest järeldub, et turbiini materjal peab olema eriti tugev ja peab kõrgetel temperatuuridel säilitama oma kuju.

Et saada selgemat ettekujutust selle ülesande raskusest, tutvume kolme inseneri nõudmistega.

Insener-metallurg ütleb meile: turbiini metall ei tohi kõrgetel temperatuuridel puruneda ega oma omadusi muuta.

Insener-tehnoloog esitab oma nõudmised: on vaja, et turbiini metalli saaks sepistada, valtsida, valada, keevitada ja tööpinkidel töödelda.

Insener-konstruktor aga nõuab, et sama metall peaks vastu võimalikult kõrgele temperatuurile; mida kõrgem on temperatuur, seda paremini jõumasin töötab.

Kui materjalide otsimine gaasiturbiini jaoks alles algas, siis leidus sulameid, mis talusid temperatuuri «kõigest» 500° ümber ja olid kõlbulikud ainult auruturbiini jaoks.

Edasine töö nende sulamite kallal kujutas enesest lahingut iga kümne kraadi pärast. Me räägisime sellest võitlusest, kui käsitlesime materjali sündi. Tõepoolest, lennuki turbokompressoris, kus turbiin töötab mootori heitegaasidega, tõuseb temperatuur kuni tuhande kraadini. Nende turbiinide eluiga on lühike. Gaasiturbiin-jõumasinatele esitatavaks tähtsamaks nõudeks aga on pikk tööiga. Nende tööiga tuleb arvestada sadade tundidega, elektrijaama gaasiturbiini iga aga kümnete tuhandete tundidega.

Metalli käitumist hakati uurima pidevalt tõusva temperatuuri ja suurte tsentrifugaalkoormuste juures.

Prooviti läbi kõikvõimalikud variandid mitmesugustest lisanditest, mis oleksid võinud sulamile anda vajalikud omadused, ja lõpptulemusena õnnestus gaasiturbiini jaoks luua kuumustugev sulam.

Praegusel ajal kasutatakse labidate valmistamiseks nikli ja kroomi sulamit, kuid ka nikli, kroomi ja mangaani lisanditega terast.

Kergemates tingimustes töötavate turbiinide kettad tehakse terasest, mis sisaldab väikestes kogustes kroomi, mangaani, niklit ja molübdeeni.

Turbiini labidate valmistamiseks katsetati ka teisi materjale. Saksamaal prooviti defitsiitsete metallide puuduse tõttu kasutada keraamilisi materjale ja isegi armeeritud portselani, mille sees oli tugevuse suurendamiseks metallsõrestik nagu raudbetoonil. Need materjalid oleksid talunud palju kõrgemat temperatuuri kui metall. Kuid tugevat keraamilist labidat, mis hiiglasliku tsentrifugaalkoormuse juures ei puruneks, ei ole kerge luua, ja esialgu ei ole katsetest kaugemale jõutud.

Kuumenemise vähendamiseks võib labidad ehitada õõnsatena ja sealt õhku läbi juhtida.

Jahutusõhk, mis juhitakse turbiini ketta juurde, uhub ketast kahelt poolt ja läheb siis labida aluse juures asuva ava kaudu labida sisse. Õõnsaid labidaid on muidugi raskem valmistada kui massiivseid. See-eest aga õnnestus katsetel gaaside lubatavat temperatuuri tõsta 1000°-ni ja rohkemgi.

Väga keerukas on labidate jahutamine vedelikuga.

Gaasjahutust võib kasutada veel sel teel, et kuumutatava pinna poolel luuakse gaasiline kaitsekiht. Sel juhul valmistatakse labidas poorsest materjalist, mis saadakse metallpulbri paagutamisel. Gaasiline vesinik või lämmastik, mis suure rõhu all labida pinnale tungib, kaitseb teda ülekuumenemise eest.

Paberil paistab asi muidugi võrratult lihtsam kui tegelikkuses. Esialgu kasutatakse lennuki gaasiturbiin-mootori jahutamiseks ainult õhkjahutust.

Nüüd anname sõna tehnoloogidele.

Kuidas valmistada labidas kiiresti ja täpselt, andes talle vajaliku kuju ja kindlustades suurt pinnapuhtust? Tüüpiline turbiini labidas on painutatud pind sabakesega, mille abil labidas asetatakse kettas olevasse soonde.

Selline kuju on vajalik gaasijoa sujuvaks voolamiseks. Kuna juga voolamisel ka pöördub, siis tekibki jõud, mis labidatele surudes paneb turbiini liikuma.

Keerulise kujuga labidate töötlemiseks konstrueeriti erilised tööpingid, kuna olemasolevad tööpingid insenere ei rahuldanud. Uutel pinkidel võis töödelda tunduvalt kiiremini.

Kuid sellele ei jäädud veel peatuma. Labidaid valmistatakse ka stantsimisega ning pretsessioon- ehk täppisvaluga.

Labidate valmistamistäpsuse kontrollimiseks kasutatakse mitmesuguseid meetodeid. Vaatleme üht nendest meetoditest, kus kasutatakse optikat, omamoodi kino.

Ekraanile on joonestatud labida profiil. Proovitavat labidat kombivad teravikud, millest üks liigub ülevalt-, teine altpoolt. Ekraanil on näha teravikkude varjud. Kui teravikud liiguvad täpselt ekraanil olevat kujutist mööda, siis on labidas valmistatud õieti.

Edasi on vaja valmistada turbiini ketas. Ka ketta valmistamiseks tuleb töödelda kuumustugevaid sulameid.

Seejärel tuleb omavahel ühendada ketas ja labidad. Neid võib ühendada näiteks «kuusekesega». Labida saba valmistatakse trapetsikujuliste hammastega, ketta pöida aga lõigatakse samasuguse kujuga väljalõiked, nii et labidas läheb tihedalt kettasse. Mõnikord kinnitatakse labidad ka keevitamisega.

Nüüd jääb veel üle kinnitada suundlabidad turbiini kere külge. Suundlabidad on liikumatud ja asetsevad turbiini iga astmepaari — labidaterea — vahel. Suundlabidad on ka telgkompressoris. Nende ülesandeks on suunata õhu- või gaasivoolu ühest astmest teisele.

Kui turbiin on valmis, kompressor, põlemiskamber ja kõik abimehhanismid kokku monteeritud, siis võib asuda katsetamisele.

Kuidas teostatakse gaasiturbiin-mootorite katsetamist?

Me viibime katsetamislaboratooriumis, vaatleja kabiinis, mis meenutab betoonvarjendit.

See on raudbetoonist toru poole meetri paksuste seintega, helikindla vahekihiga ja kahekordsete soomusklaasist vaateavadega.

Kabiini ühendavad masinasaaliga ja teiste laboratooriumi abiruumidega suletud käigud — kaitseks müra ja võimaliku plahvatuse või tulekahju eest.

Vaatluskabiinist toimub kõigi seadmete kaugjuhtimine. Mis masinasaalis sünnib, seda näitavad aparaadid.

Pöörete arvu, rõhu, temperatuuri, kiirused ja kõik muu saame teada ilma raudbetoon-kindlusest väljumata.

Laboratooriumi jõujaamas on mitu võimsat auruturbiini, millest jätkuks tervele miinilaevale.

Turbiinid panevad pöörlema kompressorid, mis annavad suruõhku, kui ka need kompressorid, mida on vaja proovida.

Gaasiturbiin on asetatud tugevale raudbetoonist vundamendile. Suruõhk läheb põlemiskambrisse, ja kuumad gaasid juhitakse turbiini. Turbiinist juhitakse heitegaasid järsult painutatud torusse, et gaaside voolu kiiremini pidurdada.

Turbiini proovimist purunemisele teostatakse paksuseinalistes teraskambrites väga suure pöörete arvu juures — üle 30 000.

Pöörded kasvavad... Ketas pöörleb üha kiiremini, kuni lendab lõpuks tükkideks. Tükid põrkavad vastu kambri seinu ja ühendavad kontakti. Samal momendil lülitatakse sisse hele valgus ja kinokaamera, mis on kohandatud pildistamiseks suure kiirusega. Ülesvõtetel on näha, kus purunemine algas ja missugune ta oli. Tahhomeeter näitab, kui suurele pöörete arvule turbiin vastu pidas.

Turbiini labidaid proovitakse purunemisele ka eraldi. Labidas asetatakse kahe elektromagneti vahele. Vool juhitakse kord ühte, kord teise magnetisse. Magnetid tõmbavad labidat vaheldumisi, kuni ta kiire vibreerumise tõttu puruneb.

Katselaboratooriumis annavad põlemiskambrisse õhku ventilaatorid, kütust aga võimsad pumbad maa-alusest hoidlast. Täpsed aparaadid märgivad kütuse kulu ja jälgivad valvsalt leeki. Kui leek kustub, siis lülitavad aparaadid kütuse andmise automaatselt välja, et kütuse jäägid ei tekitaks kambris, mille seinad on veel tulised, plahvatust.

Proovitakse ka teisi gaasiturbiin-mootori osi — laagreid, regulaatoreid, kütuse ja õlitamisaparatuuri, seejärel aga kogu jõumasinat tervikuna. Masin asetatakse stendile. Katsetamisel on vaja teha üheaegselt kakskolmsada mõõtmist.

Lennukiturbiini võib tööle sundida mitmesugustes «kõrgustes» «kõrguste» kambris, kust pumbatakse pidevalt õhku välja.

Jõumasinat võib tööle panna niiskes ja kuivas, puhtas ja ebapuhtas, soojas ja külmas õhus.

Seda kõike on vaja, et teada saada, kuidas jõumasin kõige erinevamates tingimustes käitub.

Ja nüüd on katsetamine lõppenud, kõik puudused on kõrvaldatud.

Jääb veel üks tõsine eksam — töötada mitu tundi järgemööda, nagu tegelikul lennukil: «võtta kõrgust», «lennata», «laskuda», anda kõige väiksemat ja kõige suuremat võimsust.

Korraldatakse ka lennukatseid «lendavates laboratooriumides» — spetsiaalselt sisustatud lennukitel.

Seejärel võetakse jõumasin täielikult koost lahti ja vaadatakse üle, uuritakse aparaatide üleskirjutusi — masina töö «aruannet».

Ja kui kõik on korras, siis saab masin «tuusiku ellu».

Töö käib ka teiste gaasiturbiinide kallal, mis on määratud raudtee-, jõe- või meretranspordi jaoks.

Esialgu on gaasiturbiin elektrijaamas alles auruturbiini abiliseks. Kuid gaasiturbiinide ehitamine sammub tõusuteed ja varsti näeme elektrijaamas gaasiturbiini kui täieõiguslikku peremeest. See ei tähenda muidugi, et tulevikus auruturbiine energeetikas üldse enam ei kasutata.

Ei tohi unustada, et elektrijaamad kasutavad praegu odavat tahket kütust, praegused gaasiturbiinid aga vajavad hoopis defitsiitsemat vedelkütust.

Just sellepärast hakatakse gaasiturbiini energiavabrikutes alles siis laialdaselt kasutama, kui ta võib töötada tahke kütusega — söega.

Meie maal teostatakse edukaid töid söe maa-aluse gaasistamise alal. Nõukogude teadlased ja insenerid on ehitanud esimesed maa-aluse gaasistamise jaamad, mis varustavad tööstust gaasiga. Meil ehitati ka esimene turbiin, mis töötab söest saadud gaasiga.

Ja ei ole kaugel see aeg, kui täituvad Lenini prohvetlikud sõnad:

«Gaas paneb käima gaasimootorid, mis võimaldavad kasutada kivisöes peituvast energiast *kaks korda suuremat* osa, kui see oli võimalik aurumasinatega. Gaasimootorid omakorda muudavad energia elektriks, mida tehnika juba praegu oskab edasi anda määratu suurtele kaugustele.»

Gaasiturbiin odaval kütusel — kivisöel — on tuleviku jõumasin.

Võib olla, et gaasiturbiin kujuneb üheks esimestest jõumasinatest, mis kasutab aatomienergiat. On võimalik, et edaspidi rakendatakse «aatomikütusega» töötavaid turbiine või turboagregaate laialdaselt nii tööstuses kui transpordis.

Aatomienergia annab vajalikku soojust auru või kuuma õhu saamiseks, mis toidab auru- või gaasiturbiine. Turbiinid võivad pöörlema panna lennuki propellerid või laeva kruvi, veduri või auto rattad.

Gaasiturbiin on uus peatükk soojusjõumasinate ajaloos. Seda peatükki on alles alustatud, ja ei ole võimalik ette näha, kuipalju raskusi tuleb veel ületada, enne kui me jõuame viimase leheküljeni.

On vaja ehitada võimsaid turbiine elektrijaamadele, tööstuse ja transpordi jaoks, turbiine on vaja täiendada, on vaja luua turbiinid tahkel kütusel.

Gaasiturbiin, mis annab meile uued kiirused ja võimsused, omandab

kiiresti meie võidurikkalt kommunismi ehitava maa tehnikas temale kuuluva koha.

Võitlus kiiruse eest kestab ka teistes tehnikaharudes, mis loovad mootoreid meie masinate jaoks.

Paljudes masinates kohtame me elektrimootorit, seda peamist ajamit tööstuses. Elektrimootor paneb liikuma hiiglasliku tööpingi ja kantava käsi-tööriista, tsentrifuugi ja güroskoobi, lihvimisspindli ja värtna.

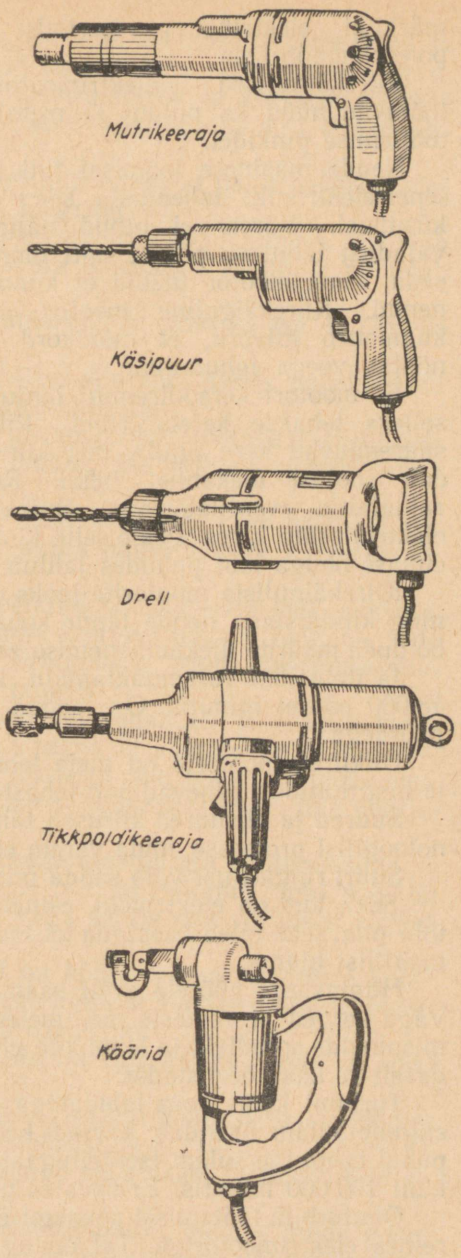
Kuidas sundisid elektrotehnikud elektrimootori ankrut tegema tuhandeid ja kümneid tuhandeid pöördeid minutis, mida vajavad kiirekäigulised masinad? Võrdlemisi hiljuti võis ju rääkida ainult 3000 pöördest, mitte rohkem.

Kiirekäiguline elektrimootor töötab elektrivooluga, millel on kõrgem sagedus. Valgustusvõrgus muudab vool oma suunda 50 korda sekundis, tema sagedus on 50 perioodi sekundis. Sellise sagedusega voolu puhul teeb mootor 3000 pööret minutis.

Elektrotehnikud tõstsid sagedust 2, 3, 4 korda, ja samapalju tõusis mootori pöörete arv. Koos sellega vähendasid konstruktorid mootori kaalu ja mõõteid. Kiirekäiguline mootor on kompaktsem ja kergem kui aeglasekäiguline. Kõrgema sagedusega voolul töötav mootor kaalub peaaegu 8 korda vähem.

See võimaldaski mootoril tungida sinna, kuhu ta varem ei võinud kuidagi sattuda, nimelt käsi-tööriista. See võimaldas mootoritel kiirekäigulistesse masinatesse «sisse kasvada» — ilmusid elektrimasinad, kus mootor ja masin on ühinenud üheks tervikuks.

Auto-, lennuki- ja teiste tehaste tsehhides kasutatakse elektrispindlit ja elektridrelli, elektripuuri ja elektri-

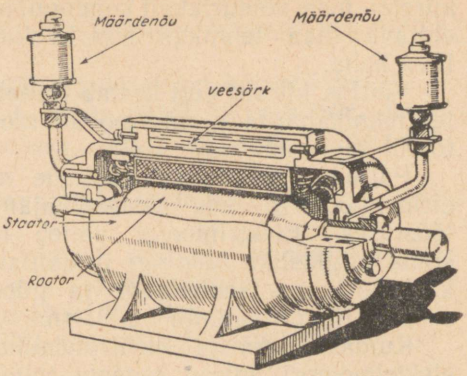


Tööriistad sisseehitatud elektrimootoriga.

märkijat, elektrilist graveerimis- ja poleerimistööriista.

Kiirekäigulised elektrimootorid töötavad nüüd ka puidu- ja metallitöötlemise pinkidel.

Nende masinate loomisel tuli insener-elektrikuil lahendada keerulisi küsimusi. Varem ei olnud näiteks vajadust jahutuse pärast eriti muretseda, kuna mootor üleliia ei kuumenenud. Kiirekäiguline mootor aga kuumeneb niivõrd, et mõnikord on nõutav veega jahutamine.



Ülikiirekäiguline elektrimootor 120 000 pöördega minutis.

Et mootori kere kiiremini jahtuks, selleks tehakse kerele ribid. Ribid suurendavad kere pinda, mis kiirendab soojuse ülekannet õhku. Korraldatakse «ventilatsioon»: õhukanalid mootori ankrus ja tuulutusavad elektrimasina keres. Peale selle kinnitatakse mootori võllile ventilaator. Iseennast õhuga läbi puhudes jahtub mootor paremini.

Kiirekäiguliste mootorite jaoks oli vaja välja töötada töökindlad laagrid ning kindlustada nende täpne kohaleasetamine ja hea määrimine, oli vaja hoiduda määrde ülekuumenemise eest.

Ja ilmusidki varemnähtamatu kiirusega mootorid, mis tegid 18 000 ja 48 000 pööret minutis. On loodud üksikuid tööstuslikke mootoreid 120 000 pöördega.

Ülikiired mootorid on meie tehnika suur saavutus. Laboratooriumidest ja instituutidest lähevad nad tehastesse.

Suured ja ülisuured kiirused tähendavad tööviljakuse tõusu ja uusi tehnoloogilisi protsesse, mida varem ei olnud.

Suuri ringkiirusi võib saada mitte üksnes elektrivoolu abil.

Seal, kus on elektrivool, esineb ka kuumenemine. Kus kuumenemist ei tohi olla, seal tuleb kasutada teistsugust ajamit, mitte elektrilist, vaid pneumaatilist ajamit.

Hiiglasuure pöörete arvu saamiseks kasutasid insenerid õhujoa jõudu. Väga kerged ja väikeste mõõtmetega õhuturbiinid panevad pöörlema lihvimispinkide spindleid ja lennukite güroskoope. Õhuturbiine kasutatakse laialdaselt ka käsi-tööriistades.

Turbiini ketas koos labidatega valmistatakse alumiiniumisulamist. Niisugune sulam ühendab eneses kerguse ja tugevuse. Väikeste turbiinide puhul talub see sulam tsentrifugaaljõu koormust pöörete arvu juures 10 000 kuni 100 000 minutis. Erinevates masinates muidugi erinevalt.

Õhuturbiin töötamisel peaaegu ei kuumene. Selles seisab tema eelis võrreldes elektrimootoriga. Tal on aga ka oma puudus — tema pöörete arv ei püsi stabiilsena. Kasutataksegi teda seal, kus nimetatud puudusega võib leppida.

Suurte kiiruste jaoks kohandatud laagrid, mis on täpselt valmistatud ja millel on töökindlad separaatorid, taluvad hästi tohutu suurt pöörete arvu. Õhuturbiinikestes kasutatakse ka ilma separaatorita ja sisemise rõngata lihtsustatud kiirekäigulisi laagreid. Seal võib kasutada samuti gaasmäärdega laagreid.

Eriti kiirekäigulised tsentrifuugide turbiinid annavad nagu elektrimootoridki kuni 150 000 pööret vedelmäärdega laagritel.

Niisuguste laagrite jaoks jätkub mõnest määrdetilgast tunnis. Õli võib laagrisse anda ka ilma määrdetoosita, suure kiirusega õhujuga pihustab õli ja samal ajal jahutab ka laagrit.

Õhk paneb turbiini pöörlema, aitab määrida ja võib ka ise määrdeks olla.

Kui pöörleva rootori diameeter on väike, siis võib saada harukordselt suuri kiirusi — kuni veerand miljonit pööret minutis!

Ühel katsel aga õnnestus saavutada gaasmäärdel töötava pisitillukese rootoriga, mille läbimõõt oli sentimeetri ümber, üle miljoni pöörde minutis!

See näitab, kui suur võib olla kiiruse kasv. Muidugi saab selliseid ülisuuri pöörlemiskiirusi saavutada esialgu ainult miniatuursete katseaparaatidega.

Ehitati õhuturbiinikesi, mis olid arvestatud 600 000—700 000 pöördele. Kuid mida rohkem pöördeid, seda tugevamad keerised tekivad õhujoas, seda raskem on saavutada stabiilset tööd. Ja turbiinike ei suuda koormuse suurenemisele vastu pidada ning pöörete arv langeb.

Praktiliselt on meil esialgu tarvis kümneid tuhandeid kuni sada-kakssada tuhat pööret minutis. Need pöörded tagab elektrimootor või õhuturbiin, kui koormus ei ole suur. Suurte koormuste ja suurte kiiruste jaoks õhuturbiinid enam ei kõlba, on vaja teisi — auru- ja gaasiturbiine, mis pöörlevad auru- või gaasijoa jõul.

Kiirekäiguline jõumasin on suure kiirusega masina osa, on tema süda.

Missuguse tänapäeva masinaehitusharu me ka võtame, igal pool on kiirekäigulise ajami loomine üks osa, ja väga tähtis osa võitluses kiiruse eest.

Elektrilised, õhk- ja soojusjõumasinad on kõige mitmekesisemate kiirekäiguliste masinate ajamiteks — elektrigeneraatorist lihvimispingini, tsentrifuugist käsi-tööriistani, kompressorist güroskoobini.

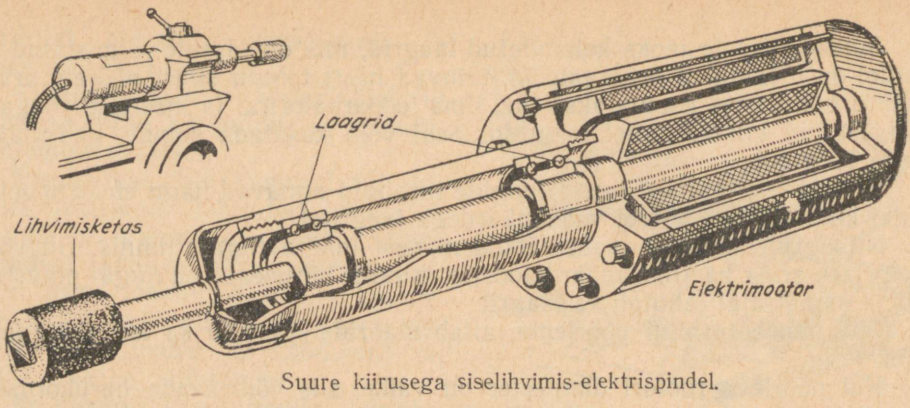
Kuid suurest kiirusest üksi on vähe, seda on vaja ka üle kanda, et kõiki neid masinaid tööle panna.

Masin koosneb Marxi klassikalise määrangu järgi kolmest osast: jõumasinast, ülekandemehhanismist ja masinast-tööriistast.

Jõumasin tekitab liikumise, ülekanne annab selle edasi ja masin-tööriist kasutab selle ära kasuliku töö tegemiseks.

Et selliste raskustega saadud pöörlemist kasutada, selleks tuleb generaator ühendada auruturbiiniga, elektrimootor tsentrifuugi või tööpingiga, güroskoop õhuturbiiniga, kompressor gaasiturbiiniga.

Ühendamiseks ongi vaja ülekannet.



Suure kiirusega siselihvimis-elektrispindel.

Mootor ja masin ühendatakse rihmaga, mis on tõmmatud rihmaseibidele — pöidadega ratastele. Seda lihtsat ülekannet on muidugi kõik näinud. See töötab väiksematel kiirustel korralikult, kuid kiiruse suurenedes hakkab kapriisitama.

Rihm hakkab kiiresti kuluma. Ta «libiseb», «käib ringi» nagu auto ratas libedal kohal, venib välja ja ripub lõdvalt alla. Endisest pingest ei jää enam jälgegi.

Lisaks tekivad kiiresti pöörleva rihmaratta ümber tööd segavad õhukeerised. Nendest on raske jagu saada.

Suurtel kiirustel on õhu takistusel üldse tunduvalt häiriv mõju. Katseliselt on kindlaks tehtud, et 2600 pöörde juures minutis jaguneb ajami poolt tarvitatav võimsus järgmiselt: laagrites hõõrdumisega võitlemiseks 3,5 protsenti, õhutakistusega võitlemiseks aga kogu ülejäänud osa, 96,5 protsenti. Kommentaarid, nagu öeldakse, on liigsed.

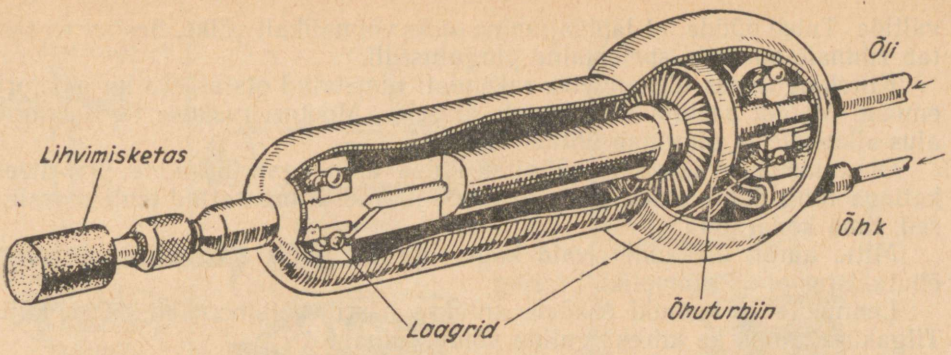
Ainult umbes 100 pöördeni minutis ei ole tarvis õhutakistusega arvestada. Kuid sadade ja tuhandete pöörete puhul on õhutakistus juba tõsine vastane.

Vaat mis juhtus, kui esmakordselt prooviti üht uut kiirekäigulist ülekannet.

Ilma pingutusrullita keeldus rihm üldse töötamast. Ta muutus abitult lõdvaks, venis kiiresti välja, ei suutnud rihmarattaga sammu pidada ning libises, rihmaratas aga läks hõõrdumisest nii kuumaks, et kummi hakkas sulama. Rihm tujutses, ei tahtnud rihmarattale püsima jääda ja viskas ennast rattalt maha, lõtvus üha rohkem ja rohkem kuni lõpuks ülemine rihmapool riivas alumist ja rihm silmapilkselt katkes.

Rihmal tarvitses ainult väga vähe viltu vajuda, kui ta hakkas rihmaratta serva riivama, ning varsti olid rihma servad närudeks muutunud. Ömbluskohtades esines niitide rebenemisi. Kiiresti kuludes katkes rihm alguses äärtest, seejärel üleni, nagu ei oleks ta tehtud tugevast materjalist, vaid paberist.

Suurtel kiirustel ähvardab rihma katkemine tekitada tõsiseid raskusi.



Õhuturbiiniga lihvimisspindel.

Mitte asjata ei tulnud katsete ajal kogu ülekanne asetada spetsiaalsesse ruumi, kuna ülekande tööd jälgiti eemalt, aparaatide kaudu, nagu katsetataks mingit uut jõumasinat, mis on iga silmapilk valmis õhku lendama.

Katsed näitasid, kuidas tuleb kiirekäigulist rihmülekannet ehitada. Alustati sellest, et hakati proovima, missuguseid rihmu võib niisuguseks ülekandeks kasutada. Iga rihm selleks ei kõlba.

Rihm peab olema kõigepealt tugev.

Kuid see ei tähenda, et rihma võib teha paksuks, et võib võtta näiteks mitu linti ja koostada nendest mitmekihilise rihma. Rihm peab olema tugev, kuid õhuke ja kerge. Kergus vähendab tsentrifugaalkoormust. Tsentrifugaaljõud ei olene ainult kiirusest, vaid ka materjali erikaalust — mida väiksem on erikaal, seda väiksem on tsentrifugaaljõud.

Rihm ei tohi kiiresti kuluda. Samuti ei tohi rihm välja venida, muidu hakkab ka tugev rihm streikima ega ole võimeline töötama.

Ei tohi unustada ka libisemist. See on tavalise rihma üks olulisemaid puudusi suure kiirusega töötamisel. Rihm peab haarama rihmaratast kindlalt.

Katsetati väga mitmesuguste materjalidega: nahaga ja kummiga, koordiga ja puuvillriidega, siidiga ja trikotaažiga. Rihmad õmmeldi või liimiti kokku. Kõige paremaks osutusid puuvillriidest või siidist rihmad, mis olid kaetud lakiga.

Kuid ka teised rihmad ei tööta halvasti, igaüks kõlbab oma tingimuste jaoks. Kiirusele kuni 45 meetrit sekundis peab vastu nahkrihm. Õhukesest kummeeritud puuvillriidest rihma võib kasutada kiirustel kuni 50 meetrit sekundis, ilma õmblusteta lakitud siid- või puuvillriidest rihm töötab veel kiirusel 70 meetrit sekundis. Niisugust rihma kasutatakse kiirekäigulistel lihvimispinkidel.

Mitte ainult rihm ei pea olema tugev, vaid ka rihmaratas. Terasest rihmaratas talub kiirust 150 ja isegi 200 meetrit sekundis.

Seejärel hakati otsima võitlusvahendeid rihma läbivajumise vastu. Kui tugev ja hea rihm ka oleks, ometi ei saa läbivajumist nagu hõõrdumistki

vältida. Tuleb püüda, et läbivajumine oleks võimalikult väike. Seejuures osutab rihmale oma abi spetsiaalne pingutusrull.

Kiirekäigulistes ülekannetes rakendati nimetatud otstarbeks ka mootorit ennast. Mootor asetatakse liikuvale alusele. Mootori raskuse tõttu langeb alus allapoole ja pingutab ühtlasi rihma.

Õhutakistust vähendati küllaltki lihtsa abinõuga: ülekanne ümbritseti kattega ning õhule suleti pääs ülekande juurde. Rihmarattad tehti massiivsed, ilma kodarateta.

Mitte ainult ülekannet, vaid kogu masinat püüti teha niisuguseks, et õhutakistus oleks võimalikult väike.

Lennukile ja lennuki osadele antakse hästi voolujooneline, tilga kuju. Tilgakujuline on ka kiirekäiguline võidusõiduauto.

Samuti püüti tilgakujuliseks teha kiirekäigulise lihvimispingi spindlit. Niisugune eriti kiirekäiguline aparaat aga, nagu seda on güroskoop, asetatakse vahel erilisse kambrisse, kust õhk on välja pumbatud; siis ei ole õhutakistus üldse enam hirmutav.

Praegu kasutatakse kiirekäigulisi rihmülekandeid tööpinkide, tsentrifuugide ja muude masinate juures.

Nende kõrval kohtame tehnikas üha sagedamini masinaid, kus rihmülekanne puudub, kus masin ja mootor on üks tervik.

Need on elektrimasinad, niisugused, nagu näiteks elektrispindel, kus elektrimootor on masina enese konstruktiivne osa.

Need on niisugused masinad, nagu lihvimis-õhuturbiin ja elektripuur, kus ajam ja masin moodustavad ühe jagamatu terviku.

Nendes masinates ühendatakse mootori võll ja masina võll pöörlemise ülekandmiseks omavahel kiirekäigulise siduriga.

Sidureid on mitmesuguseid — jäiku ja elastseid, vedru- ja hammassidureid, magnetilisi, hüdraulilisi ja teisi, kuid kõigil neil on üks ühine omadus: nad sidurdavad kahte võlli omavahel kas jäigalt, või siis nii, et on võimalik väike nihkumine ja et sidur ei purune, kui selline nihkumine esineb.

Sidurid peavad olema tugevad ja suurtel ringkiirustel kindlalt töötama. Tuli loobuda siduris kummi- või nahk-vahetükkide kasutamisest.

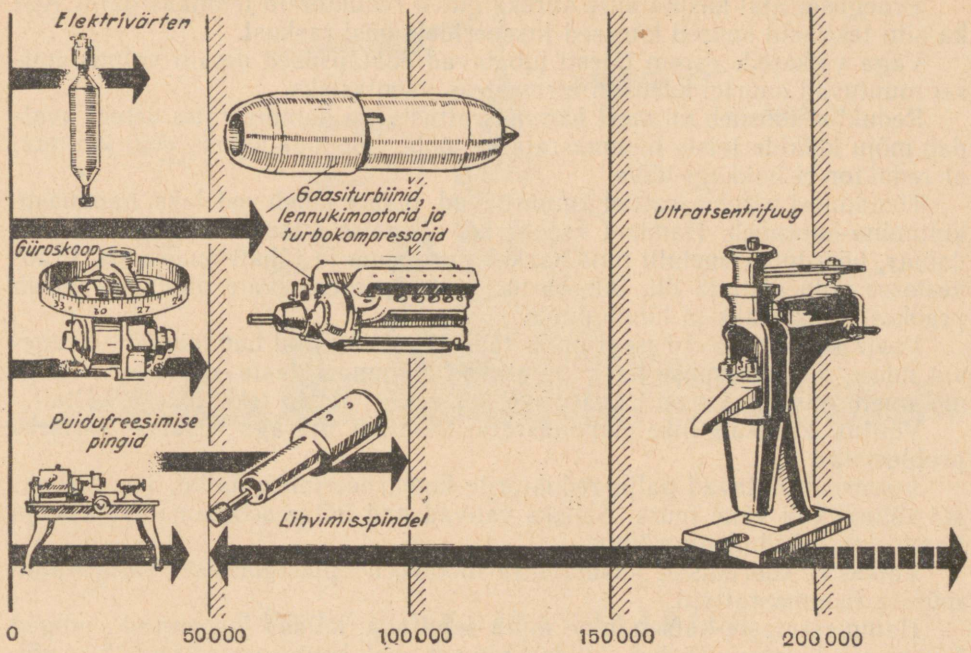
Suure kiirusega ajamite sidurites loobuti kahest poolest, võll ühendatakse teise võlliga otse: ühel võllil on nukk, teisel süvend, nagu kruvikeeraja ja lõhe kruvi peas. Peale asetatakse metall-hülss, mis haarab tihedalt võllide otste ümbert kinni. Niisugune muhv talub kuni 100 000 pööret minutis.

Aga kui üks võll sidurdatakse otse teisega, kas ei oleks võimalik siis üldse muhvi vältida ja kahe võlli asemel teha üks võll?

Sageli seda tehaksegi väiksemate kiirekäiguliste masinate — lihvimisspindlite — puhul. Õhuturbiini või elektrimootori võlli otsa asetatakse kohe lihvimisketas.

Me saime pöörlemise ja andsime selle edasi. Kuipalju pöördeid ajam tegi, niipalju andis rihmülekanne või muhv masinale edasi. Kuipalju pöördeid saadi, niipalju anti ka edasi.

Kuid tehnikas esineb olukordi, kus vajatakse ühesuguse pöörete arvu



Suure kiirusega ajamite kasutusalad.

saamist, kuid teistsuguse pöörete arvu ülekandmist, teisiti öeldes, nõutakse pöörlemise aeglustamist või kiirendamist. Seda võib teha rihmülekanne. Seda teeb ka hammasratasülekanne — reduktor.

Lennuki gaasiturbiin pöörleb kiirusega, ütleme, 15 000—18 000 pööret. Kui see gaasiturbiin on propelleri käivitamiseks, siis niisugune suur kiirus ei kõlba. Propeller ei pea sellele kiirusele vastu ja puruneb hiiglasuure tsentrifugaaljõu tagajärjel tükkideks. Sellepärast tuleb pöörete arvu vähendada. Turbiini võlli ja propelleri vahele paigutatakse reduktor.

Reduktor vähendab ka selle gaasiturbiini pöörete arvu, mis paneb tööle elektrigeneraatori. Niisugust reduktorit on vaja ka tööpingi võlli, pumba või laevakruvi, veduri rataste või auto käivitamiseks.

Mõnikord esineb vajadus mitte vähendada, vaid suurendada pöörete arvu Kõrglennu kolbmootoritele on monteeritud surveseadmed, mis aitavad mootoril «hingata». Suure kiirusega pöörlev tiivik tihendab õhku. Pöörel-des paiskab tiivik õhu ketta tsentrist eemale ja õhk surutakse tsentrifu-gaaljõu mõjul kokku.

Õhu kokkusurumiseks peab kiirus olema 20 000—30 000 pööret minutis, kolbmootori võll aga teeb ainult umbes 3000 pööret minutis. Tiivik ühenda-takse võlliga hammasülekande — reduktori — kaudu, mis tõstab pöördeid mitu korda.

Praegusel ajal kasutatakse kiirekäigulisi reduktoreid tehnikas palju. Aga ka siin tekitasid suured kiirused inseneridele uusi raskusi.

Väga väikesed, varem täiesti lubatavad ebatäpsused detaili valmistamisel muutuvad suurtel kiirustel hirmsateks vaenlasteks.

Reduktor koosneb mitmest hammasrattast, iga hammasratta defekt avaldab mõju kõikide teiste hammasrataste tööle. Lõppude-lõpuks võib juhtuda, et reduktor ei hakkagi tööle.

Töötamisel hammasrattad kuumenevad, määre läheb vedelaks, hammaste kulumine suureneb. Hambad «sööbivad» üksteise sisse, hakkavad «kestendama», hõõrduma, metalli pind hakkab purunema ja tükati pudenema. Praokestesse võib sattuda õli, mis sarnaselt laagris esinevale nähtusele kiilub praokesi suuremaks ja lõhub pinda.

Peale selle tekitavad isegi üpris täpselt valmistatud hammasrattad tugevat müra, sest koormuse tõttu muutuvad hammasrataste mõõtmed. Kuigi mõõtmete muutumine on väga väike, on sellest müra tekkimiseks küllalt.

Võitlus kiirekäigulise hammasratasülekande müraga osutus tõsiseks probleemiks.

Insenerid töötavad palju reduktorite konstrueerimise kallal, mis tekitaksid võimalikult vähe müra. Selleks valivad nad kõige sobivamad rataste ja hammaste mõõdud ning kuju.

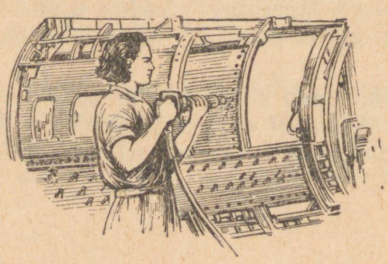
Väikestel koormustel kasutatakse mõnikord plastmassist valmistatud mürata hammasrattaid.

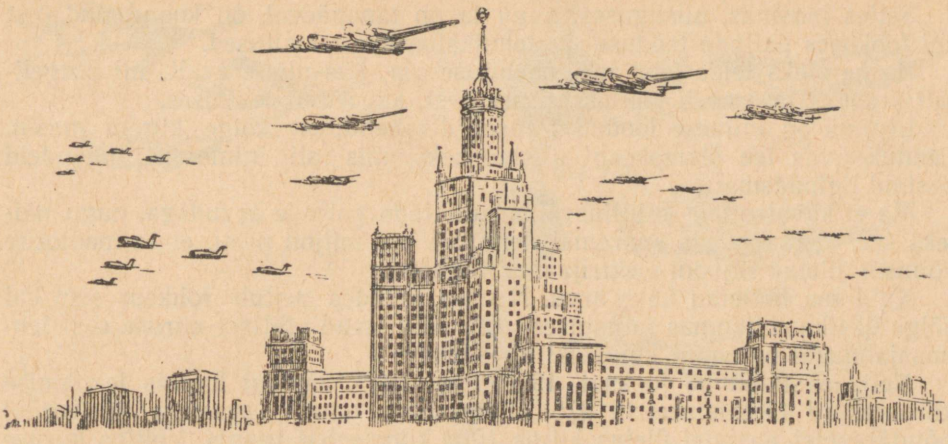
Hammasrataste katsetamine aitab selgitada, kuidas jagunevad pinged hammaste hambumiskohal, kuidas pinged seal kontsentreeruvad. See võimaldab inseneridel projekteerida võimalikult vähe müra tekitavaid ja vältida «valju häälega» hammasrattaid.

Käesoleval ajal on olemas reduktoreid, kus ringkiirus ulatub 140 meetrini sekundis. Nad võivad üle kanda mitmekümne tuhande hobujõu suurust võimsust.

Hoolika valmistamisega, katsete ja proovimiste abil ning materjali kvaliteedi tõstmisega saavutatakse kiirekäiguliste hammasratasülekannete töökindlus.

Kiirekäigulised ülekandeseadmed kiirekäigulistele tööpinkidele, aparaatidele ja mehhanismidele — see on osa võitlusest kiiruse eest, mida peetakse masinaehituses ja metallide töötlemisel, aparaatide valmistamisel ning lennuasjanduses. Suurte kiiruste tehnikas üha laialdasemalt kasutatavate ülikiirete jõumasinate — turbiinide ja elektrimootorite — võimsuse täielik kasutamine oleneb suurel määral just ülekandeseadmetest.





RÜNNAK HELIBARJÄÄRILE

Millega me harjunud oleme, see meid enam ei hämmasta, see muutub igapäevaseks, tavaliseks. Kuid seejuures on ammu teada, et esimesel silmapilgul igapäevastena näivates asjades on tihtilugu peidetud mõndagi ebatavalist, uut ja imestamisväärset. Tuleb ainult osata seda näha.

Ühest niisugusest asjast tahangi teile jutustada.

Meie raamat on kirjutatud masinatest, masinast vestleme ka nüüd.

Seda masinat tunnevad kõik. Me oleme sellega harjunud, nagu palju muugagi, mis ümbritseb meid juba lapsepõlvest saadik.

Kuid kõik ei tea, et see on imetaoline masin. Mitte asjata ei ole selle masina nimetuski võetud muinasjutust: rahvas unistas sellisest muinasjutulisest, enneolematust, imelisest masinast.

Selle loomiseks kulus palju aastaid rasket tööd, selleks oli vaja tõelist loomingulist kangelastegu.

See masin on lennuk. Kunagine lendav vaip muinasjutust.[1]

Meie rahvas on õigusega uhke esimese sellise masina looja Aleksander Možaiski nimele.

Tänapäeva lennuki ehitamiseks oli vaja luua uus teadus, isegi mitu uut teadust.

Nende teaduste loojate — Žukovski, Tšaplõgini, Tsiolkovski — nimed seisavad õigusega meie rahva geeniuste nimedega ühes reas.

---

[1] Venekeelne lennuki nimetus самолёт on pärit vene muinasjuttudes esinevast lendavast vaibast — ковёр-самолёт. *Tõlk.*

Selles masinas, niisuguses, nagu ta on tänapäeval, on koondunud just kui fookuses paljude teaduse- ja tehnikaharude saavutused.

Raske oleks leida teist masinaehituse ala, kus nii teravalt, nii pingeliselt areneks ja areneb võitlus kiiruse eest, kui lennukiehituses.

Lennuk on inimese loodud transpordivahenditest kõige kiirem masin. Lennuk avas tee õhuookeani alistamiseks, mis oli inimesele tuhandeid aastaid ligipääsmatu.

Ma ei kavatse teie kujutlusvõimet üllatada paljude arvudega, nagu näiteks see, et tänapäeva suuremal lennukil on miljon neeti, et ta mootorite võimsus ületab rajooni elektrijaama võimsuse.

Kuid ma nimetan kaks arvu. Nendes arvudes peitub rohkem sisu kui kõige üksikasjalikumas jutustuses. Nad selgitavad võitlust kiiruse eest lennuasjanduses paremini kui ükski kirjeldus.

Nelja aastakümne jooksul, 1906. kuni 1945. aastani kasvas lendamise kiirusrekord 41 kilomeetrilt 975 kilomeetrini tunnis, peaaegu 24 korda! Sõjajärgsetel aastatel ületas kiirus 1000 kilomeetrit tunnis. Võitlus kiiruse eest oli lennunduses võitluseks tugevate, kuid samal ajal kergete materjalide eest. Nüüd on niisugused materjalid olemas.

Tehnika lõi uued võimsad jõumasinad — gaasiturbiinid. Gaasiturbiin osutus uueks abinõuks võitluses lennuki kiiruse eest.

Jutustame veel ühest relvast selles võitluses ja ühest vaenlasest, keda selle relvaga võidetakse.

See vaenlane on õhutakistus. Ta ilmub samaaegselt liikumisega.

Kui on liikumine, siis on ka takistus, ja mida kiiremini keha liigub, seda suurem on takistuse jõud.

Õppelennukil, mis lendab kiirusega 100—150 kilomeetrit tunnis, võib lahtisest kabiinist ilma kartuseta välja vaadata. Te tunnete hoogsat õhuvoolu, kuid selle jõud ei ole veel nii suur, et takistaks teid kabiinist välja ronimast ja langevarjuga alla hüppamast.

Kui aga kiirus tunduvalt tõuseb, siis ei ole õhuvoolu jõud enam nii süütu. Kiirlennuki pardalt ei ole hüppamine nii lihtne, nagu see esimesel silmapilgul võib paista. Langevarjur-katsetaja V. G. Romanjuk jutustab:

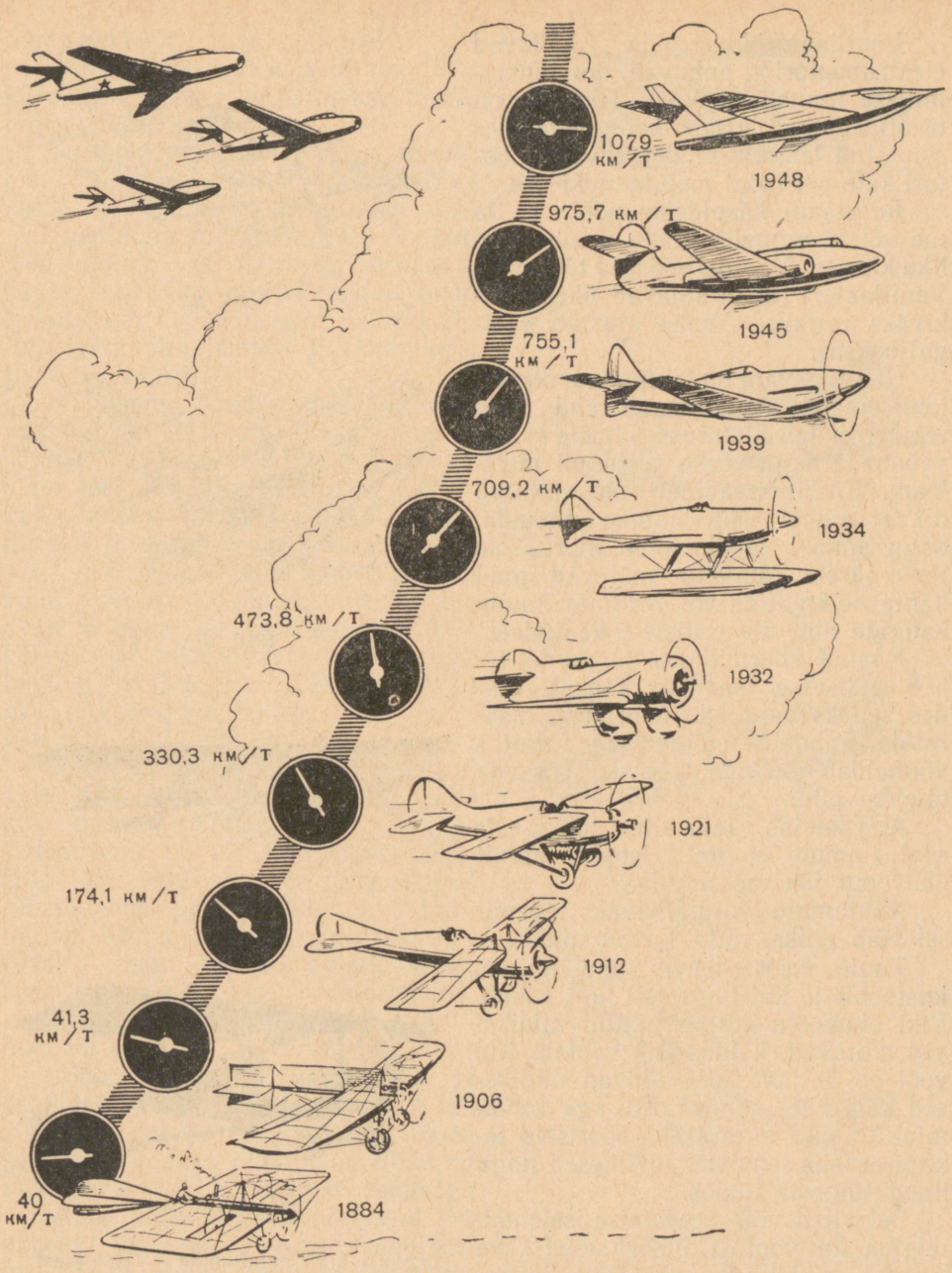
«Katsed näitasid, et lenduril on tänapäeva hävitaja kabiinist suurel lennukiirusel väga raske, mõnikord isegi võimatu välja ronida. On vajalik, et lendurit abistaks väljumisel mingi kõrvaline jõud.»

Me räägime kiirlendamise iseärasustest veel edaspidi ja tuleme kiirlennu ajal hüppe sooritamise juurde tagasi. Enne tuleb meil aga lähemalt tutvuda vaenlasega, kellega lennukiehitajad peavad võitlust.

Jõudusid, mis tekivad keha liikumisel õhus, uurib aerodünaamika.

Kas meil on võimalik näha, kuidas õhk lennuki ümber voolab? Õhk on ju nähtamatu. Lennu ajal me tunneme õhu jõudu, kuid ei näe, mis selle juures toimub.

Selgub, et nähtamatut võib siiski näha. Ja selleks ei ole meil sugugi vaja õhumatka sooritada. Me korraldame sellise matka maa peale jäädes, ilma kuhugi sõitmata, aerodünaamika laboratooriumis.



Kiirusrekordite kasv lennuasjanduses.

Ventilaatorid, mida käitavad elektrimootorid, puhuvad aerodünaamilisse tunnelisse õhku. Tunnelis on traatidega või varras-hoidjatega üles riputatud lennuki mudel, tiivad, mootori kate või mõni muu lennuki osa.

Reostaadi käepideme pööre — ja me võime tunnelis saada meile vajaliku kiiruse. Mootori pöörded tõusevad. Ventilaatori tiivad sulavad üheks läikivaks rattaks. Mudel alustab «paigaljooksu».

Üha tugevam on õhujoa surve, üha jõulisemalt katsub mudel end lahti rebida, püüab kinnitusseadmete vahelt vabaneda nagu võrku sattunud metsloom. Kinnitusseadmed on ehitatud nii, et mudel võib natuke nihkuda, nagu annaks ta õhuvoolu marulisele jõule järele. Mudelile mõjuvad jõud kantakse traatide või hoidjate kaudu kangide abil üle erilistele kaaludele.

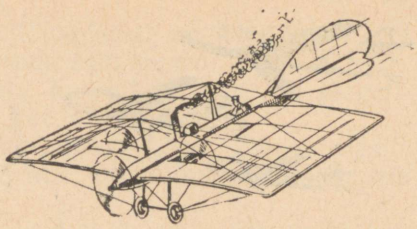
Kaalud koormatakse ja mudel läheb endisesse asendisse tagasi. Teades selleks vajalikku koormust, määratakse mudelile mõjuv jõud. Arvutus võimaldab jõudude tegevusest saada täieliku pildi.

Aga kuidas saaks siiski näha, mis seal toimub, et mitte leppida ainult õhuvoolu jõu mõõtmisega?

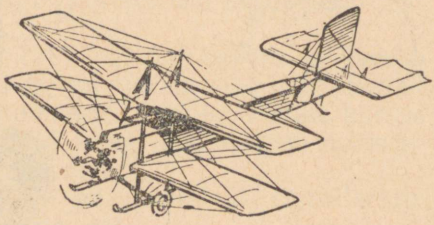
Nähtamatu õhu nähtavaks tegemisel võib abiks võtta kimbu niidikesi.

Tuule käes lehviv lipp näitab, kustpoolt ja kui tugevasti tuul puhub. Piki õhuvoolu väljasirutatud niidikesed näitavad, kuidas õhk voolab. Kui vool on ühtlane, siis sihivad niidikesed kõik ühes suunas. Kui aga voolamine toimub tormiliselt, pööriseid tekitades, siis lehvivad niidikesed nagu lipud tugevas tuules.

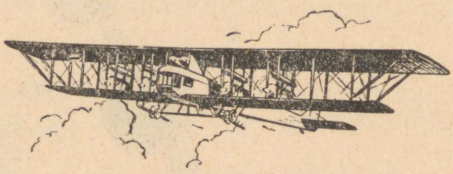
Sel viisil võib voolamise iseloomu jälgida ka voolust ümbritsetud keha lähedal, näiteks lennuki tiiva juures. Märgime muuseas, et mõnikord ei



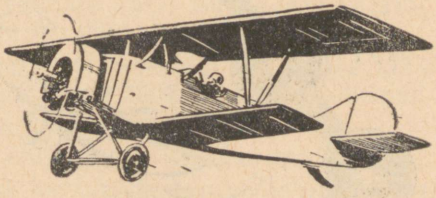
1884. a.



1910. a.



1913. a.



1914.—1918. a.

Lennuki kuju muutumine — esimesest (A. F. Možaiski konstrueeritud) lennukist tänapäeva reaktiivlennukini.

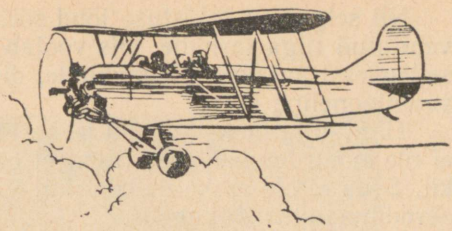
tehta seda mudeliga, vaid tõelise lennukiga. Niidikesed kleebitakse tiiva külge ja fotoaparaat pannakse nende tegevust jälgima.

On olemas ka teine lihtne meetod õhu jälgimiseks. Korstnast väljuv suits õpetab meile, mida tuleb teha. Kui aerodünaamilisse tunnelisse juhtida suitsu, siis näitavad suitsujoakesed voolamise pilti. Õhujoad muutuvad tunnelis nähtavaks, samuti kui fotoplaadi ilmutamisel hakkab meile paistma kujutis.

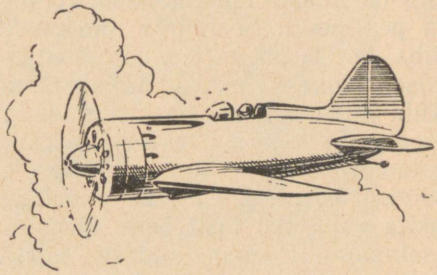
Me näeme, kuidas õhujoad liiguvad kõrvuti. Midagi ei sega nende ühtlast liikumist. Kuid seal tõkestab plaat tee. Plaadile lähenedes hakkavad joakesed «lainetama». Plaat pidurdab ja segab neid. Joakesed lähevad ringi ja voolavad ümber plaadi. Kuid ühtlasest voolamisest ei ole enam jälgegi. Joakesed satuvad teelt kõrvale ja kõverduvad, plaadi taga tekivad pöörised. Nad rahunevad alles plaadist kaugel eemal ja voolavad jälle leplikult kõrvuti.

Plaadi ees, kus joakesed pidurduvad, rõhk tõuseb. Plaadi taga, seal kus tekivad pöörised, rõhk langeb. Tulemuseks on rõhkude vahe, takistuse jõud. Seejuures on rõhu langus plaadi taga palju suurem kui rõhu tõus plaadi ees. Plaadi taga olev hõrendus nagu «imeb» plaati, hoiab seda kinni ega lase edasi liikuda, ning seda tugevamini, mida suuremad on pöörised.

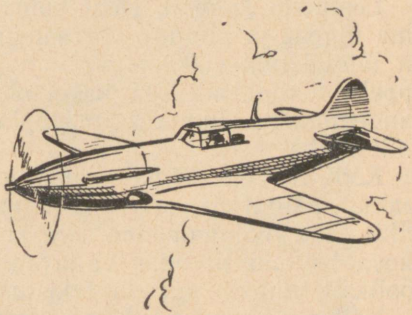
Koolutame plaadi poolkeraks ja asetame ta uuesti õhuvoolu, nii et kumer pool oleks õhujoakestele vastu suunatud. Joakesed näitavad nüüd, et voolamine on muutunud endisega võrreldes sujuvamaks: pööriseid on vähem, joakesed liiguvad rahulikumalt. Ja kui mõõta takistuse jõudu, siis osutub see mitu korda väiksemaks.



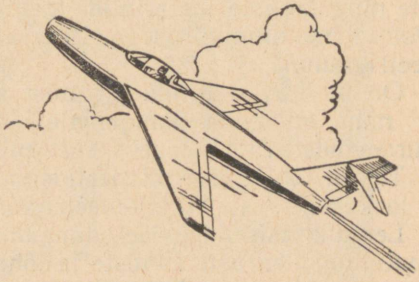
1928. a.



1935. a.



1941. a.



1950. a.

Lennuki kuju muutumine — esimesest (A. F. Možaiski konstrueeritud) lennukist tänapäeva reaktiivlennukini.

Nii selgub, et takistuse jõud sõltub keha kujust. Kui keha kuju on väljavenitatud tilga sarnane, siis voolab õhk selle ümber kõige sujuvamalt. Just sellepärast antaksegi lennukitele, dirižaablitele ja võidusõiduautodele sujuv, voolujooneline kuju.

Tilga kuju oleks lennuki jaoks ideaalne. Kuid niisugune ideaalne lennuk ei ole enam lennuk, sest tilgal ei ole tiibu. Ilma tiibadeta aga ei ole lennukit. Seda ei ole raske mõista, kui vaadata tiiva mudelit meie «suitsevas» aerodünaamilises tunnelis.

Õhujoakesed liiguvad sujuvalt, samuti nagu voolab rahulik veerikas jõgi lausmaal. Tiiba kohates voolavad joakesed ümber tiiva nii altpoolt kui ka pealtpoolt. Seejuures tuleb nendel joakestel, mis voolavad pealtpoolt tiiba, läbida pikem tee, sest ülemine tiiva pind on alumisest kumeram. Ülemised joakesed peavad liikuma kiiremini, et alumistest mitte maha jääda. Kuid mida suurem on kiirus, seda väiksem on rõhk — nii kõlab füüsika seadus. Sellepärast tekibki tiiva ülemisel poolel väiksem rõhk kui tiiva all. Rõhkude vahe moodustab ülespoole suunatud jõu, mis ongi lennukit õhushoidev tõstejõud. Lennuki paneb liikuma propelleri tõmbejõud. Muidugi ei tekita vajalikku tõstejõudu üksnes tiib. Tiib, nagu iga teinegi keha osutab vastupanu. Lennuasjanduses kiiruse eest võitlejad püüavadki saavutada, et tiib annaks võimalikult suure tõstejõu ja võimalikult väikese takistuse.

Lennukid kahe ja isegi kolme kandepinnaga, biplaanid ja triplaanid oma tugede ja pingutusvarrastega, mis ühendasid üht kandepinda teisega, on läinud minevikku. Iga liigne detail tähendab liigset takistust. Ainult õppelennukitel, mille kiirus ei ole suur, on säilinud tiibade «karp». Ühe kandepinnaga lennuk — monoplaan — on muutunud nüüd aviatsioonis valitsevaks.

Kõik, mis oli võimalik, paigutati lennuki sisemusse; mida sisemusse ei saanud paigutada, see ümbritseti voolujoonelise kattega. Sissetõmmatav tellik, hästi voolujooneline kere ja sujuvad, siledad vormid muudavad tänapäeva lennuki tiivulise väljavenitatud tilga sarnaseks. Välispinda hakati hoolikalt viimistlema. Ja takistus vähenes umbes 20 korda!

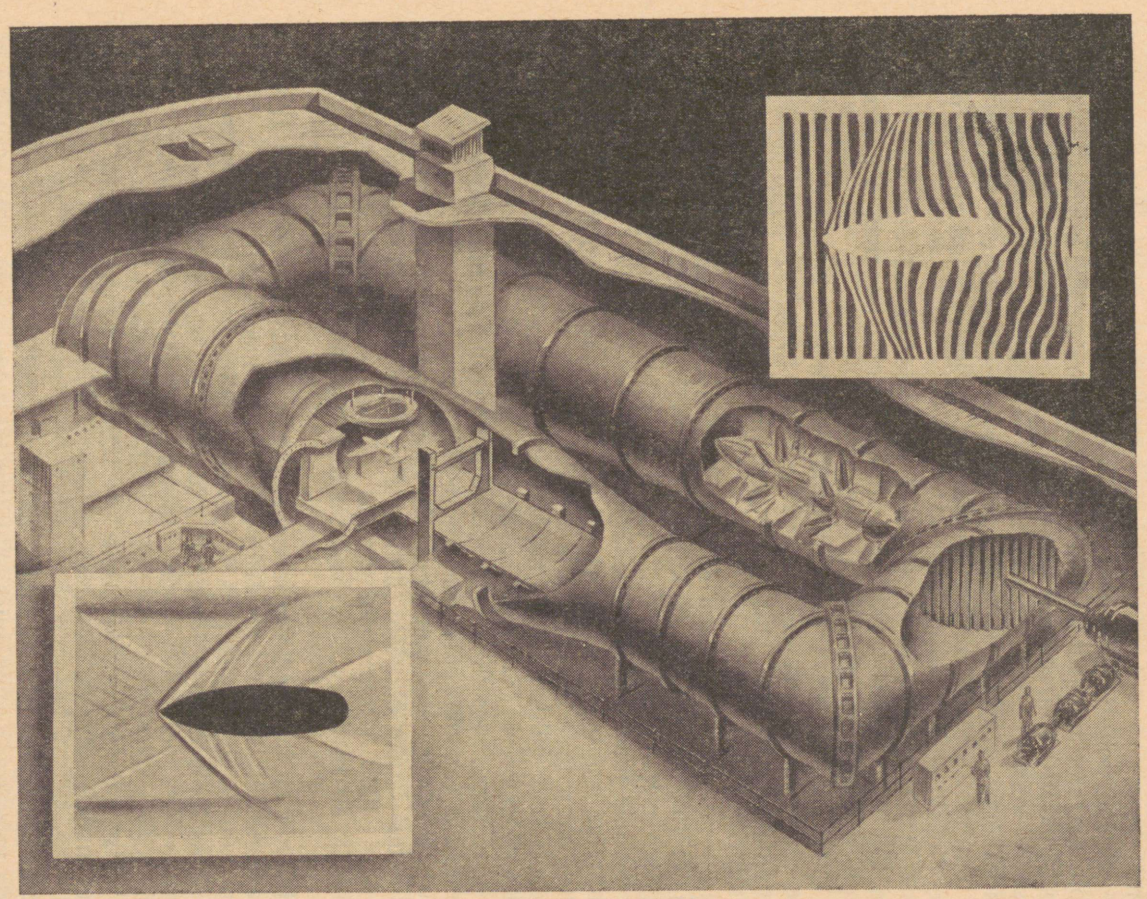
Kõik see koos lennuki mootorite võimsuse suurenemisega ja uute, tugevate ning kergete materjalide kasutamisega võimaldas lennata umbes 700-kilomeetrise tunnikiirusega. 1939. aastal oli kiiruse maailmarekord 755 kilomeetrit tunnis.

On huvitav märkida järgmist asjaolu. Kui vaadata kiiruse kasvu, siis on näha, et mida kaugemale, seda raskemaks muutus võitlus. Iga juurdevõidetava kilomeetri eest tuli lahingut pidada.

Tiivad tehti peidetud neetidega, nii et needid ei kerkinud pinnast esile — ja kiirus tõusis 20 kilomeetri võrra tunnis.

Lennuki «sisemise» aerodünaamika parandamine, lennuki hermeetiliseks muutmine, ülearuste avauste ja lõhede kõrvaldamine, kuhu õhk oleks võinud sisse tungida, lisas kiirusele veel 30 kilomeetrit.

Lennuki tiivad poleeriti või kaeti lakiga, ja kiirus suurenes 40 kilomeetri võrra tunnis. Väliskatet värviti hoolikamalt — saadi veel 5 kilomeetrit juurde. Ja nii edasi.



Suurte kiiruste aerodünaamilise tunneli läbilõige. Nelinurkades on ülesvõtted üle-helikiirustel keha ümber tekkivast voolust.

Tuli mõelda isegi sellele, et väljaulatuvad raadioantennid peita lennuki sisse. Aerodünaamika suhtes on see küsimus suure tähtsusega: on ju tänapäeva raadiojaama ja raadiolokaatoriga tsiviillennukil ligi kümmekond antenni!

Nagu näha, koguti kiirust sõna-sõnalt «raasukeste kaupa». Ja Teise maailmasõja aastatel lendasid lennukid kiirusega umbes 800 kilomeetrit tunnis.

Konstruktorid suurendasid ikka uuesti ja uuesti mootorite võimsust. Kuid see ei andnud soovitud tulemust. Koos võimsuse suurenemisega kasvas ka kolbmootorite kaal ja kokkuvõttes kahanes kiiruse võit lennuki raskemaks muutumise tõttu nulliks. Moodustus justkui suletud ring ja paistis, nagu ei olekski sellest väljapääsu.

Kuid teadus ja tehnika ei tunnusta väljapääsmatuid olukordi.

Abi tuli mootoriehitajatelt. Nad andsid lennukile uue, kolbmootorist kergema ja võimsama gaasiturbiin-mootori.

Ja kiirus tõusis järsult, kaks-kolmsada kilomeetrit korraga.

See oli lennuasjanduses uus kvalitatiivne hüpe. Avastati keerulised, senitundmatud nähtused, mis varem ei ilmutanud ennast ei konstruktorile ega lendurile.

Selgus, et suured kiirused ei tähenda mitte ainult uut mootorit ja uusi materjale, vaid ka uut lennuki kuju, uut aerodünaamikat.

Alguses asetati uus mootor lihtsalt vanale lennukile, viimane aga käitus suurte kiiruste juures hoopis imelikult.

Juhtimine muutus keeruliseks, sageli võimatuks. Lennuk ei käitunud õhus nii, nagu talle oleks kohane olnud.

Mis oli selle põhjuseks? Ja kõigepealt, miks ainult uued, seninägemata võimsusega mootorid tekitasid «kiiruste hüppe»?

Vastuse saamiseks tuleb meil pöörduda aerodünaamika laboratooriumi. Vaatame, mis toimub voolamisel suure kiirusega.

Suure kiirusega õhuvoolu ei ole nii lihtne saada. On vaja väga võimsat puhurit, mis suruks õhu läbi tunneli. Et kiirus kasvaks üle kolme korra, 360-lt kuni 1200 kilomeetrini tunnis, selleks on puhuri võimsust vaja suurendada 40 korda, tõstes võimsuse väikelinna elektrijaama võimsuseni.

Vajalikud on ka uued vaatlusmeetodid ja keerulised mõõteriistad.

Vaatleme ühte nendest meetoditest — varju meetodit.

Õhuvoolu läbib valgusejuga ja langeb ekraanile. Ekraanil tekib valge laik. Valgus läbib ühtlase, läbipaistva keskkonna, kus miski teda ei takista.

Asetame õhuvoolu tiiva mudeli. Ekraani heledale väljale tekib tiiva vari profiilis. Kiirus tõuseb ... 600, 700 ... 1000 kilomeetrit tunnis. Kiirus suureneb veelgi, läheneb heli kiirusele — 1200 kilomeetrit tunnis. Ekraanile ilmuvad mudeli külgedel üksteisest nurga all lahkuminevad tumedad, kitsad vöödid.

Samasugust pilti võib vaadelda ka teisel viisil.

Enne valgusejoa suunamist õhuvoolu juhitakse valgus läbi klaasplaadi, mis on osaliselt hõbetatud. Valgusejuga jaguneb kaheks — üks osa peegeldub plaadilt tagasi, teine osa läheb plaadist läbi. Selle järel kohtuvad mõle-

mad valgusejoad uuesti ja langevad ekraanile. Kuid nad tulevad erinevaid teid pidi — üks juga tuleb läbi õhuvoolu, teine läheb sellest mööda.

Valgus on elektromagnetiline võnkumine, lainetus. Kaks valgusekiirt, samuti kui kaks lainet, võivad üksteist tugevdada või summutada. Sellepärast muutub ekraan, kus meie mõlemad valgusejoad kohtuvad, vöödiliseks: ekraanile ilmuvad heledad ja tumedad triibud.

Kui mudel asetseb õhuvoolus, siis ei ole õhu tihedus enam ühtlane. Mudel «häirib» õhku, rikub õhu ühtsust; valgusekiired kalduvad kõrvale ja ekraanil olevad vöödid kõverduvad, näidates sellega muutunud tihedusega kohti.

Õhuvoolus on turbiini labida mudel. Ekraani vöödilisel väljal on labida profiil. On hästi näha, kuidas voolamine toimub, kus kohal vöödid lähevad sujuvalt ja kus nad rebenevad. Mudelit pöörates võib näha voolamise laadi muutumist ja valida kõige paremad tingimused sujuvaks voolamiseks.

Aga nüüd asetame tiiva mudeli uuesti õhuvoolu. Kui kiirus läheneb heli kiirusele, siis keegi nagu painutaks ekraani katvad vöödid piki mudeli külgi puruks — just samasuguse nurga all nagu varemgi.

Mis siin toimub?

Õhuvoolus tõuseb äkki, järsult, hüppeliselt rõhk ja tihedus. Aerodünaamikud ütlevadki nii: ilmusid tihenemishüpped.

Varjude ekraanil paistvad tumedad vöödid on tihenemishüpete ehk kompressioonilainete «varjud». Triibud kõverdusid vöödilisel ekraanil just seal, kus ilmus kompressioonilaine: selle taga ei ole õhuvoolu tihedus kõikjal enam ühtlane.

Kompressioonilaine kohal ei suurene ainult õhu tihedus. Samaaegselt tõuseb ka temperatuur, kuna kiirus langeb. Kompressioonilaine on nagu «gaasisein». See ei saa õhuosakesi küll kinni hoida, kuid pidurdab neid, sunnib tihenema ja kuumenema. Õhk paiskub kompressioonilaine nagu mingi tõkke vastu. Sellepärast nimetatakse teda mõnikord ka löögilaineks.

Kompressioonilaine tekitab lisatakistust. Ja mitte väikest. Kui kiirus tõuseb, ütleme kaks korda — 600 kilomeetrilt 1200 kilomeetrini tunnis, siis õhutakistus suurenes 32 korda!

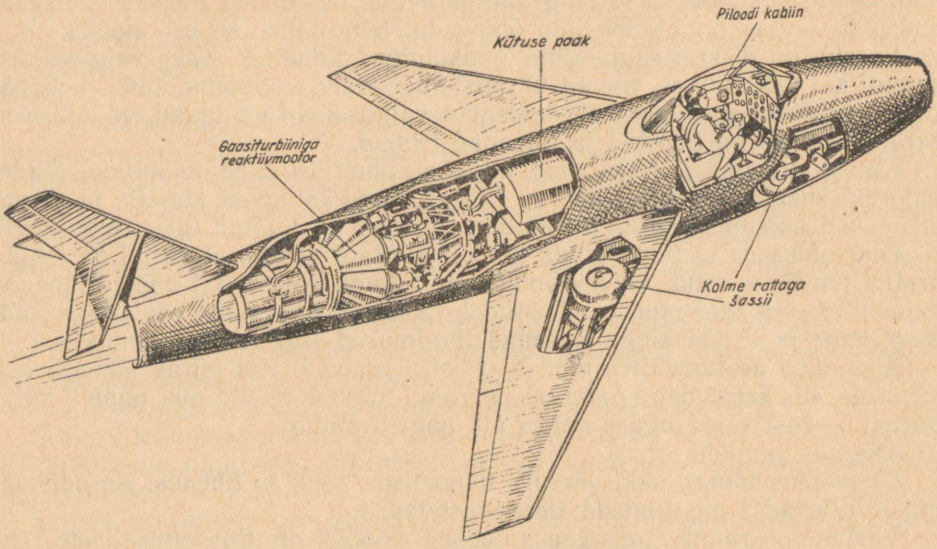
Sellepärast ongi suure kiirusega lendamiseks vaja uusi, võimsamaid mootoreid. Kui vajalik mootor oli loodud, siis kasvas kiirus järsult.

Kuid tihenemishüpe ilmub ainult siis, kui õhuvoolu kiirus saavutab helikiiruse. Kui algasid aga lisatakistusega seotud ebameeldivused, oli lennuk helikiirusest veel küllalt kaugel. Milles asi seisis?

Lennuk ei ole veel saavutanud helikiirust. Kuid üksikute lennuki osade läheduses võib õhk liikuda helikiirusega. Me rääkisime, et keha ümber voolavad joakesed kas kiirenevad või aeglustuvad. Õhuvoolu suuna järsul muutumisel võib ka voolamise kiirus suureneda ja saavutada selles kohas helikiiruse. Siis ilmub ka kompressioonilaine ja takistus suureneb.

Kui tihenemishüpe «istub» saba juhtpindadele, siis lennuki stabiilsus ja juhitavus rikutakse. Kui hüpped «istuvad» propellerile, halveneb propelleri töö. Hüppe tekkimisel tiibadel ja juhtpindadel tõmmatakse lennuk vastupandamatult pikeerimisele. Lenduri jõust ei piisa, et lennukiga toime tulla.

On esinenud juhuseid, kus hüpe istus tiivale ja seda võis silmaga näha.



Tänapäeva reaktiivlennuk.

«Katsetamisel viisin ma lennuki pikeeringusse ja hakkasin lennukiirust jälgima,» jutustas lendur-katsetaja. «Kiirusel umbes tuhat kilomeetrit tunnis nägin ma kokkusurutud õhu lainet, mis sillerdas päikese paistel. See meenutas tsellofaanist riba ja laius kogu tiival, kerest alates. Kui kiirus suurenes, liikus laine tahapoole, kiiruse vähenedes aga ettepoole, tiiva esiserva juurde. Kui lennuk pikeeringust väljus, siis see riba kadus.»

Tiibadel olevaid tihenemishüppeid on õnnestunud lennu ajal fotografeerida. Nad heitsid päikesepaistest valgustatud tiibadele varje. Neid võib pildistada ka taoliste aparaatidega, nagu neid kasutatakse aerodünaamilistes tunnelites. Nii rakendati lennukit nagu aerodünaamilist tunnelitki suurtel kiirustel tekkivate tihenemishüpete uurimiseks.

Need «reisijad», kes paratamatult istuvad üksikutele lennukiosadele, lähevad kalliks maksma.

Kui see nii on, siis tuleb vähendada, nõrgendada nende kahjulikku mõju.

Ei saadud kaua taluda olukorda, et uus mootor asus vana kujuga lennukil, millega lendamine suurtel kiirustel oli raske ja ohtlik.

Ja ilmusidki uued — reaktiivlennukid. Ilmus ka uus teaduseharu — suurte kiiruste aerodünaamika, millele pani aluse akadeemik S. A. Tšaplõgin juba 1900. aastal.

Ta lõi sajandi algul teooria, mida võib täielikult hinnata alles nüüd, suurte kiiruste ajastu saabumisel. Kui 1936. aastal tuli Roomas kokku lennuasjanduses suurte kiiruste kohta peetav kongress, siis tunnistas kongress kõige paremaks tööks Tšaplõgini töö «Gaasijugadest», mis oli kirjutatud 36 aastat tagasi.

Tšaplõgini ja teiste nõukogude teadlaste, tema õpilaste ja järglaste uurimiste põhjal arendas aerodünaamika uue jõuga võitlust kiiruse eest.

Arvutused ja katsed suurte kiiruste aerodünaamilises tunnelis näitasid, et kiirlennuki tiiva profiil peab olema teistsugune kui väikese ja keskmise kiirusega lennukil.

Profiil peab olema õhem, teravama ninaga ja väiksema kumerusega. Siis hoiduvad eemale ja nihkuvad kaugemale ka need ebameeldivused, mis on seotud «kohalike» helikiiruste ilmumisega. Samuti oleneb see kerest.

Selgub, et tilk-lennuk ei ole alati ideaalne. See on ideaalne ainult teatava piirini. Selle vahetab välja uus lennuk, värten-lennuk.

Arvutused ja katsed näitasid, et on ka teine tee tihenemishüpete ärahoidmiseks. Selleks teeks on nooleotsakujulised tiivad ja saba. Vana lennuki vahetab välja uus, millel on tagasipööratud tiivad nagu pääsukesel hoogsal lennul.

Kiirlennuki kuju valimisel tuleb silmas pidada paljusid asju.

Mootori gondel on paigutatud ebaõnnestunult — ja hüppe ilmumise oht ongi käes. Vertikaalse juhtpinna asetus horisontaalse juhtpinna suhtes äpardus — ja võib oodatagi ebameeldivusi.

Tuleb hoolitseda ka selle eest, et saba ei satuks tiibades asuvate reaktiivmootorite gaasijoa sisse ja et ta oleks tõstetud kõrgemale kui tavalisel lennukil.

Ka konstruktoritel tekivad uued raskused.

On vaja õhukesi tiibu ja saledat keret, räägib teadlane-aerodünaamik. Kuid ärge unustage tugevust, meenutab tugevusprobleemidega tegelev insener.

Mootoriehitaja aga nõuab, et nähtaks ette võimalikult palju ruumi kütuse jaoks, kuna reaktiivmootorile on seda ju rohkem vaja kui kolbmootorile. Ei tohi unustada ka reisijaid ega laadungit.

Ühest ebameeldivusest saadi lahti, õigemini lükati see kaugemale, ilmus teine. Tuleb otsida mitte ainult uusi vorme, vaid ka lennukiosade uusi konstruktsioone, tuleb hoolikamalt viimistleda õhuvoolus asuvaid pindu.

Õhukese tiiva sisse on raske asetada sõrestikku, mille külge kinnitatakse kate. See «täidis» valmistatakse lihtsamalt. Näiteks kasutati ühel lennukil keerulise sõrestiku asemel väga kergest materjalist täidet, kate aga tehti vineerist. Mõeldakse ka metallist valatud ja sepistatud tiibadele.

Õhukese tiiva sisse on mõnikord raske peita tellikut. Siis tehakse rataste mahutamiseks erilised pesad keresse.

Tavaliselt ehitatakse reaktiivlennuki tellik kolme rattaga. See on kaherattalisest tellikust kohasem. Kuid ka sellega ei läinud kõik korrapealt libedalt.

Lennuk jookseb enne õhkutõusmist. Äkki hakkab ninaratas ühelt poolt teisele poole hüplema, justkui tantsiks mingit tantsu. Muuseas hakatigi seda nähtust «šimmi»-tantsuks kutsuma.

«Šimmi» vastu võitlemise ülesande aitas lahendada Stalini preemia laureaat akadeemik M. V. Keldõš. Ta relvastas konstruktorid lennuki rataste võnkumise vastu võitlemise meetodiga.

Konstruktorid pidid ka lennuki juhtimise küsimuse lahendama uutmoodi.

Meie käsutuses on nii elektrimootorid kui ka hüdraulika. Kui lendur ei tule ainult lihaste jõul tüüridega toime, siis tarvitseks tal ainult vajutada nupule või avada kraan ja tüürid pöörduksid hõlpsasti. Meil on ju terveid masinaid, mida juhitakse lihtsa nupule vajutamisega.

Aga pakkuge sellist poolautomaatlennukit lendurile: keegi ei nõustuks sellega lendama!

Ma pean masinat tajuma — vastab teile lendur.

Tüüri kallutades peab ta tundma juhtkangil jõudu. Mida suurem on jõud, seda rohkem on tüüri kallutatud. Lennuk «vastab» lendurile. Aga katsuge seda tunda nupule vajutades! Kas tüür kaldub vähe või palju, surve on nupule ikka ühesugune.

Konstruktorid jagasid töö inimese ja masina vahel. Kõige raskema töö rooli kallutamisel täidab suurte kiiruste juures elektrimootor või rõhu all olev vedelik, mis liigutab kolbi koos kangiga. Lenduri osaks jääb aga väike jõud, mis muutub nagu tavalisel lendamisel, kui lendur «tunnetab» lennukit.

Suure kiirusega masinate konstruktorite ees seisis ka teine väga tähtis ülesanne.

Kord esines järgmine juhtum, millest jutustab insener-alampolkovnik Višenkov oma raamatus lendur-katsetajatest.

Uus kiire masin käitus alguses suurepäraselt ja õigustas kõiki ootusi. Kiirus oli niivõrd suur, et lendur ei jõudnud teraslinnu üle küllalt rõõmustada. Ta tõusis ettenähtud kõrgusele ja läks üle horisontaallennule, et teada saada, missugust kiirust võib masin arendada. Seejärel tõusis veelgi kõrgemale ja kihutas jälle täie kiirusega. Kõik läks hästi.

Ja korraga... kui lennuk oli võtnud veelgi kõrgust juurde ja sööstis edasi, hakkas ta ootamatult nii tugevasti rappuma, et kiskus lenduril juhtkangi käest. Paistis, et masin laguneb otsekohe tükkideks. Lenduril õnnestus vaevu «mässulist» lennukit vaigistada ja maanduda. Lendur ronis kabiinist välja ja tardus imestusest. Sile, läikiv pealiskate sarnanes tormisele merele: see oli kaetud lainetega ja üles pundunud. Kattes oli siin-seal näha pragusid ja räbalateks rebitud kohti, nagu oleks keegi sihilikult masinat kirvega raiunud.

Seda tegi kiirlennuki õel vaenlane flatter.

Flatter algab järsku. Antud lennuki jaoks mingisugusel «kriitilisel» lennukiirusel piisab väikesest tõukest või järsust liigutusest, et lennuki tiivad hakkaksid võnkuma, vibreerima. Teraslind «lehvitab» tiibu. Tiivalöögid on nii tihedad ja tugevad, et kogu lennuk rappub nagu palavikus. Meeletu rappumine kestab ainult mõne sekundi ja masin puruneb, nagu oleks ta tehtud papist.

Konstruktorid lahendasid selle hirmsa nähtuse vastu võitlemise ülesande akadeemik Keldõši tööde abiga. Nüüd ei karda kiired masinad enam flatterit.

Mitte ainult tiivad, vaid ka saba juhtpinnad võivad mõnikord suurtel kii-

rustel hakata vibreerima. Jäädes tiibadelt tulevasse õhuvoolu, milles väänlevad pöörised, satuvad juhtpinnad löökide ja tõugete kätte, nagu paat veeaiuste kivide poolest rikkas mägestikujões. Tõuge, veel kord tõuge... ja juhtpinnad alustavad oma tantsu.

Saanud teada, mispärast see kiiruse baftinguks kutsutud nähtus tekib, leidsid lennukiehitajad ka selle vastu võitlemiseks abinõusid.

Ma jutustasin ainult mõned leheküljed lennuki kiiruse eest võitlemise ajaloost. Kuid lennukite suured kiirused ei esitanud uusi raskusi ainult aerodünaamikutele, konstruktoritele, tehnoloogidele, materjalitundjatele ja tugevusteadlastele. Suured kiirused tõid palju uut ka lennukitehnikasse endasse, nõudsid lendurilt kõrget meisterlikkust, suurt vastupidavust ja kiiret reageerimist.

Tuleb meeles pidada, et lendamine ei ole lihtne jalutuskäik, ei ole lihtsalt lendamine sirget mööda.

Lendamisel muutub kiirus ja lennu suund. Lennuk sooritab kõrgema pilotaaži figuure küll üksikult, küll rivis. Võib tekkida vajadus lennukit maha jätta ja langevarjuga välja hüpata. Kõik see on suure kiiruse juures palju keerukam. Mitte ainult masin, vaid ka inimene peab taluma suuremaid koormusi. «Tugevusvaru» ei ole vajalik üksnes masinale, vaid ka inimesele. Lenduri füüsiline vastupidavus ja treening omandab veelgi suurema tähtsuse.

Kiirlennuk sooritab pöörde. Selle juures tekkiv tsentrifugaaljõud sõltub kiirusest ja pöörde raadiusest. Kui kiirus on suur, siis pööre ei saa olla liiga järsk. Aga kui on vaja teha järsku pööret, siis tuleb kiirust kas või kunstlikult vähendada. Selleks ehitatakse reaktiivlennukile erilised pidurduskilbid. Ja ikkagi on lendurile mõjuv ülekoormus tunduvalt suurem kui see, millega tal varem oli tegemist.

Kuidas mõjub ülekoormus inimesele. Anname sõna lendurile, kes proovis ilma ülekoormust vähendava seadeldiseta lennukit.

«Tsentrifugaaljõud, hiiglaslik nähtamatu koletis, vajutas mu pea õlgade vahele ja surus mind nii kõvasti vastu istet, et mu selgroog kõverdus ja ma oigasin selle raskuse all. Veri valgus peast ja silmade ees muutus mustaks. Ma vaatasin läbi tiheneva hämaruse kiirendusmõõtjale (akseleromeetrile) ja nägin uduselt, et aparaat näitas 5,5 korda suuremat kiirendust kui raskusjõu kiirendus maapinnal. Ma vabastasin käed, ja viimane, mis ma märkasin, oli kiirendusmõõtja osuti, mis liikus tagasi ühe poole.

Olin pime nagu nahkhiir. Mu pea käis hirmsasti ringi. Vaatasin lennuki tiiva suunas, kuid ma ei näinud seda, ei näinud mitte midagi. Ma vaatasin sinna, kus pidi olema maa. Natukese aja pärast hakkas maa paistma nagu hommikusest udust. Nägemisvõime tuli tagasi, sest ma vabastasin juhtkangi ja vähendasin rõhumist. Ma hakkasin kiiresti jälle hästi nägema, ajasin enda sirgu ja lendasin nähtavasti juba mõnda aega horisontaalselt. Kuid pea valutas ja süda tagus kui suruõhuhaamer...

Ma tõusin uuesti 4500 meetri kõrgusele ja laskusin alla, saavutades kiiruse 520 kilomeetrit tunnis. Seekord tõmbasin ma juhtkangi järsumalt enda

poole ja enne kui mul õnnestus käepidet vabastada, märkasin, et aparaadi osuti hüppas üle 6,5 ja läks kuni 7-ni. Ma tundsin, kuidas mu sisemus suruti kokku, ma kaotasin jälle nägemisvõime ja teadvuse. Kuid mind aitas asjaolu, et tõmbasin juhtkangi järsumalt enda poole ja vabastasin ta kiiremini. Siis tõusin uuesti ja sooritasin veel kaks pikeeringut. Need vajutasid mu sõna tõsises mõttes laiaks...

Mul oli enesetunne, nagu oleks mind läbi pekstud. Ma oleksin väsimusest peaaegu ümber kukkunud ja tundsin rinnus teravat, torkivat valu. Selg oli mul haige, ja õhtul jooksis ninast verd...»

Nii kirjeldab oma tundeid ameerika lendur-katsetaja Collins, kes hiljem ühe lennuki proovimisel hukkus. Firma omanik saatis ta kindlasse surma.

Aviatsiooni arstiteadus hakkas uurima ülekoormuse mõju. Arstid tegid kindlaks, et see mõjub kesknärvisüsteemile, halvendab mälu ja häirib liigutuste koordineerimist. Veri valgub silmadest ja lendur jääb pimedaks. Silmalaud muutuvad raskeks ja sulguvad iseenesest.

Ülekoormusega pidasid võitlust arstid ja konstruktorid.

Treening, kehakultuur ja sport aitavad seda kergemini taluda. Kord oli juhtum, kus lendur juhtis masina pikeeringust välja, kusjuures ülekoormus oli väga suur.

Lendur tundis, et iste tema all murdus. Metall ei pidanud vastu. Kuid inimene — karastatud, treenitud nõukogude lendur — pidas vastu.

Kiirel vigurlennul ulatub ülekoormus 8—9-ni. See tähendab, et inimene tunneb ennast 8—9 korda raskemana. Kuid kas see on piir? On tähele pandud, et keha tagasikallutatud asendi puhul on ülekoormust kergem taluda. Konstruktorid projekteerisid lenduri jaoks istme, mille asendit võib muuta, mida saab kallutada.

Tehti järgmine katse. Algul talus lendur tavalisel istmel kahekordset ülekoormust. Lenduri silmad tuhmusid. Ta ei saanud laugusid üles tõsta. Hiljem talus ta samasugust ülekoormust tagasikallutatud istmel. Nägemisvõime oli normaalne.

On teada, et lamades võib lendur välja kannatada üheteistkümne- ja isegi viieteistkümnekordset ülekoormust. Ja projekteeritigi lennukid, kus lendur võib masinat juhtida lamades.

Suurtel kiirustel muutub avarii korral meeskonna päästmine raskeks. Õhuvool paiskub raevukalt lenduri kallale, takistab kabiinist väljapääsemist ja võib lenduri masina juhtpindade vastu paisata. Kui kiirus ületab 600—750 kilomeetrit tunnis, siis on langevarjuga väljaronimine tavalisel viisil võimatu.

Tekkis mõte kiirlennukilt hüppamiseks kasutada neidsamu jõude, mis takistavad lendurit kabiinist väljumisel. Kui lennuk pöördub selili, siis püüavad need jõud lendurit istmest eemale kiskuda. Sel ajal ripub lendur rihmadel.

Lennuk on õhus. Valmistuda hüppeks!

«Ma avan oma kabiini katte ja valmistun hüppeks,» jutustab parašütist-

katsetaja V. G. Romanjuk. «Lennuk hakkab sujuvalt tiivale pöörduma. Minu kõrval olev horisont hakkaks nagu tõusma, seejärel on maa mu pea kohal. Nüüd on paras aeg. Tunnen, kuidas mingi jõud kisub mind istme küljest lahti, annan jalgadega veel tõuke ja langen kabiinist välja. Lennuki asend ratastega ülespoole on mulle hüppe sooritamisel abiks. Avan langevarju ja maandun õnnelikult lennuväljal. See ja teised samasugused hüpped näitasid, et suure kiirusega lennates võib edukalt kasutada iseeraldumist.»

Konstruktorid töötasid välja erilised abinõud ülikiirete lennukite meeskondade päästmiseks.

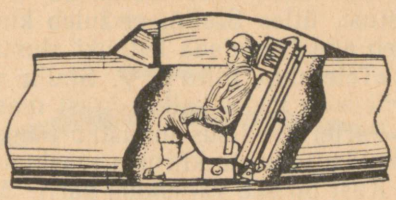
Nad ehitasid mehhanismi, mis viskab istme koos lenduriga kabiinist välja. Järsku tohutu kiirusega õhuvoolu sattunud lendurit tabab ülekoormus, mis on kuni 25-kordne! See mõjub sekundi väga väikese murdosa vältel.

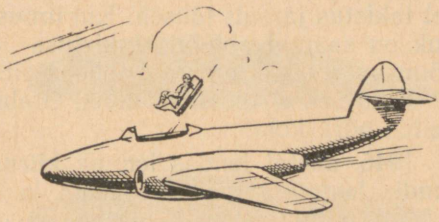
Niisugune ülekoormus on ohtlik vaenlane. See on hiiglasliku jõuga löök lenduri pihta. Selle pehmendamiseks võib alguses välja paisata kogu kabiini ja hiljem, kiiruse vähenedes, alles lenduri. Peale selle on lendur riietatud spetsiaalsesse tormiülikonda. Tuleb katsuda masina enese kiirust vähendada, teda pidurdada.

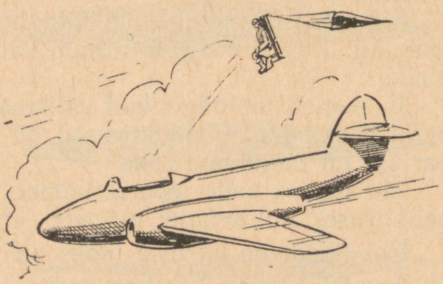
Me rääkisime kogu aeg masinatest. Miks ma siis kõnelen nüüd niipalju ülekoormusest ja meeskonna päästmisest suurtel kiirustel?

Sellepärast, et lennuk on inimese lendamismasin, hoolitsus inimese, tiivulise masina peremehe ja tema julgeoleku eest lennu ajal aga on meile määratu tähtsusega küsimus.

Ükskord vestles J. V. Stalin lennukite konstruktori Iljušiniga. Teda huvi-









Kiirlennukilt istme väljaheitmine koos lenduriga.

tas, mil viisil saab meeskond avarii korral lennukist väljuda. Kuuldes vastust, ütles Stalin, et tuleb kindlustada väljaheitmine allapoole, selleks tuleb aga laiendada lennuki alumisi luuke.

«Teie elu,» ütles J. V. Stalin meie aja suurele lendurile Valeri Tškalovile, «on meile kallim igast masinast!»

Partei hoolitsus innustab nõukogude lennunduse inimesi. Nad valdavad täiuslikult suurte kiiruste masinaid ja ründavad edukalt helibarjääri.

Kust on see väljendus pärit? Mispärast räägitakse «barjäärist»?

Osaliselt peaks see olema arusaadav. Me rääkisime juba nendest ohtudest, mis varitsevad lennukit helilähedastel kiirustel. Kuid helikiirust ei hakatud barjääriks kutsuma mitte üksnes sellepärast, et helikiirusele lähenemisel takistus järsult tõuseb. Kui ilmusid reaktiivmootorid, siis paistis, et lennuk on saanud abinõu takistuse «barjäärist» läbitungimiseks. Mootori võimsusest oleks pidanud selleks piisama.

Kuid see ei ole siiski kõik. Stabiilsus, juhitavus, tugevus — just seal peitus nõrk koht.

1945. aastal lendas lennuk kiirusega 975 kilomeetrit tunnis. Seejuures tundis lennuk tugevaid tõukeid ja suurt ülekoormust, pilooti aga hoidsid kabiinis ainult rihmad, millega ta oli kinni seotud. Rool ei kuulanud lendurit, värises alatasa, juhtkang rebis ennast käest lahti. Oli veel hea, et rekordlennud kiiruse peale on lühikesed — ainult 3 kilomeetrit... Niimoodi ei lenda kaua.

Siis otsustasid inglased läbi helibarjääri tungida teisel, ilma sabata lennukil. Kuid midagi ei tulnud välja: lennuk lagunes tükkideks ja lendur hukkus.

Ja mõned lühinägelikud välismaa teadlased kuulutasid, et helikiirus ja helikiirusest suuremad kiirused on kättesaamatud. Nad kinnitasid, et helibarjäär on ületamatu tõke.

Elu lükkas selle teooria ümber. Need, kes ei uskunud juhitavat lendu helikiirusest suurematel kiirustel, ei saanud ühest asjast aru.

Helilähedaste kiiruste jaoks on vaja uut lennukit.

Aerodünaamikud ja konstruktorid lõid uue kujuga lennukid — tugevad, stabiilsed, hästi juhitavad. Ja need lennukid jõudsid helikiiruse vahetusse lähedusse.

Kas on aga võimalik lennata helist kiiremini?

Lennutehnika vastab sellele jaatavalt. Kuid üle-helikiiruse jaoks on jällegi vaja uut lennukit.

Et sellest aru saada, heidame veel kord pilgu aerodünaamika laboratooriumi, kus on helikiirusest suurema kiirusega tunnelid.

Helilähedaste kiirustega tunnelid nõuavad õhu läbisurumiseks suurt energiakulu. Kui vajatakse helikiirusest suuremaid kiirusi, siis kasvab võimsus veelgi enam.

Võimsuse vähendamiseks kasutatakse mitmesuguseid võtteid. Katseid ei teostata mitte normaalsel, vaid madalamal õhurõhul. Õhu asemel võetakse niisugune gaas, kus helikiirus on väiksem kui õhus.

Hõrendatud õhuga või gaasiga täidetud tunnelis vaadeldav pilt võimaldab otsustada, kuidas mudel käitub üle-helikiirustel.

Kuid selle juures esineb ka suuri raskusi. Näiteks kuumeneb gaas tunnelis niivõrd, et jahutamiseks kulub mõnikord terve jõgi vett.

Et näha, kuidas toimub voolamine üle-helikiirustel, piisab õhuvoolu saamisest ainult lühikeseks ajaks. Seepärast kasutatakse lühiajaliselt tegutsevaid tunneleid, kus balloonidest väljalastav suruõhk annab paisudes vajaliku õhuvoolu.

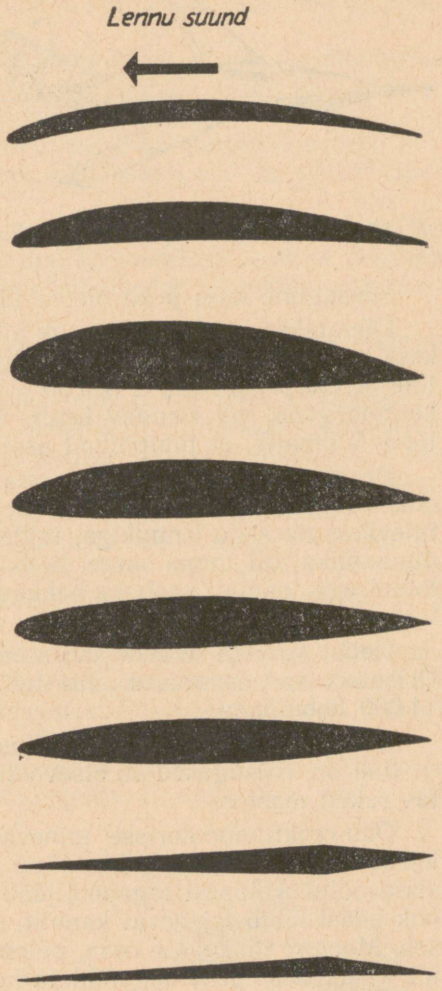
Tuttav pilt! Mudelil ilmuvad tihenemishüpped, kuid nad on «võimsamad» ja ulatuvad kaugemale kui helikiirusest väiksematel kiirustel. Tähendab, lendamisel üle-helikiirusega kohtume jällegi lisatakistusega.

Kuid on suur erinevus takistuste vahel enne helikiirust ja pärast helikiiruse ületamist.

Me rääkisime, et alla-helikiirustest väiksematel kiirustel on takistuse peamiseks põhjuseks keha taga tekkiv hõrendus. Helist kiiremini liikudes on põhjuseks vastupidi just surve tõus keha esiküljel. Sellepärast tuleb keha esiserv teha terav. Mida teravam esiserv on, seda väiksem on õhutakistus.

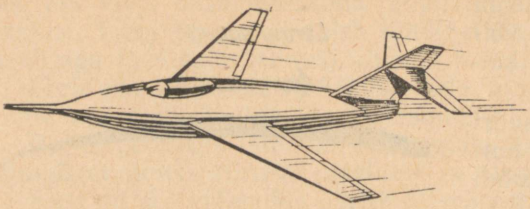
Voolamistel üle-helikiirusega võib tähele panna palju vastupidiseid nähteid, võrreldes voolamistega alla-helikiirustel.

Alla-helikiirustel tuleb kiiruse suurendamiseks tunneli ristlõiget vähendada: jõgi voolab seal kiiremini, kus jõesäng on kitsam. Üle-helikiirustel on aga vastupidi.



Tiiva profiili muutumine kiiruse suurenemisel — esimestest lennukitest kuni tänapäeva kiir- ja üle-helikiirusega lennukiteni (ülalt alla).

Helist väiksema kiirusega õhuvoolus liikudes tekitab lennuk ümbritsevas õhus rõhu muudatusi, häireid, mis hajuvad igale poole laiali ja jõuavad helikiirusega liikudes lennukist ette. Helist suuremal kiirusel need muudatused ei saa lennukist ette jõuda, kuna lennuk lendab ise helist kiiremini.



Üle-helikiirusega lennuki võimalik kuju.

Lennuki osad avaldavad voolamisel ka üksteisele vastastikust mõju. Näiteks voolab biplaani tiibade ümber õhk teisiti kui kummagi tiiva ümber eraldi. Voolamishäired kanduvad ühelt tiivalt üle teisele ja vastupidi. Helist kiirema voolamise jaoks võib aga ehitada niisuguse biplaani, mille tiivad teineteist enam ei «sega».

Missugune kuju peab olema üle-helikiirusega lennukil?

Oletatakse, et see on lennuk pika värtnakujulise kerega ja väikese, õhukese nooleotsataolise tiibadepaariga, millel on rombi- või kolmnurgakujuline profiil. Võib olla, et see on «lendav tiib», mis ülevalt vaadates paistab kolmnurgana, või «lendav kere», millel tõstejõu tekitab mootori reaktiivjõud. Võimalik, et juhtpinnad asetatakse kere sabaotsalt kere ette.

Praegu on veel raske seda masinat ette kujutada. Kuid nagu meile on omaseks saanud «ebatavaline» helilähedase kiirusega lennuk, nii harjume tulevikus ka selle lennukiga, millel on helist suurem kiirus. Ja nagu aerodünaamika tuli toime suure, helikiiruse lähedale ulatuva kiirusega lennuki loomisega, samuti saab ta hakkama helist kiiremini lendamise ülesande lahendamisega.

Helist kiirema lennuki jaoks on peale uue kuju vaja ka uusi mootoreid. Orienteeruvad arvutused näitavad, et võimsust oleks tarvis umbes 18 000—24 000 hobujõudu.

Kas on olemas niisuguse võimsusega mootorit?

Jah on. Niisugused on otsevoolu õhu-reaktiivmootor ja vedelkütusel töötav rakett-mootor.

Õhu-reaktiivmootorisse minevat õhku on vaja kokku suruda. Üle-helikiirusel surutakse õhk kokku tänu tihenemishüppele, mis «istub» mootorisse sissevoolul. Hüppest tagapool jääb kiirus helikiirusest juba väiksemaks. Kui õhk edasi läbib laienevat kanalit, siis väheneb kiirus veelgi, rõhk aga tõuseb. Mootori järgmisse ossa, põlemiskambrisse, lähebki juba suruõhk. Jääb üle kütus sisse pritsida, süüdata ja sundida gaasid läbi düüsi väljuma. Väljuva gaasivoolu tagasilöök tekitab liikumapaneva jõu.

Selline otsevoolumootor, õhu-reaktiivmootoritest kõige lihtsam, ilmubki üle-helikiirusega lennukile.

Oletatakse, et selle mootori kaal moodustab ainult 0,05 kilogrammi ühe hobujõu kohta. See on umbes 10 korda vähem kui tänapäeva propelleriga kolbmootoril. Väikese kaalu juures, ainult 1200 kilogrammi, on mootoril tohutu võimsus — 24 000 hobujõudu. Niisuguse võimsusega gaasiturbiinmootor kaaluks kaks korda rohkem.

Väikestel kiirustel on otsevoolumootor abitu: õhu rõhk on siis liiga madal ja õhk on liiga vähe kokku surutud. Sellepärast on lennuki õhkutõusmi-

seks kiirendus-startermootorid. Kiiruse tõustes kasvab ka õhu rõhk ja mootor hakkab tööle.

Võib loota, et see saab suurte kiiruste jaoks kõige paremaks mootoriks — ta on küllalt võimas, kerge ja lihtne, et kindlustada lendu 20—30 kilomeetri kõrgusel kiirusega 2000—3000 kilomeetrit tunnis.

Et veelgi kiiremini lennata, selleks tuleb veelgi kõrgemale tõusta.

Kuni käesoleva ajani oli võitlus kiiruse eest samal ajal ka võitlus kõrguse eest.

Õhutakistus ei sõltu üksnes kiirusest, vaid ka keskkonna tihedusest. Õhk on sõber, ta tekitab tõstejõu, kuid samal ajal ka vaenlane, sest ta takistab lendamist. Hõredas õhus on kergem lennata kui tihedas — takistus on väiksem.

Tänapäeva lennukid varustatakse hermeetiliste kabiinidega, mis võimaldavad inimesel elada ka suures kõrguses — stratosfääris.

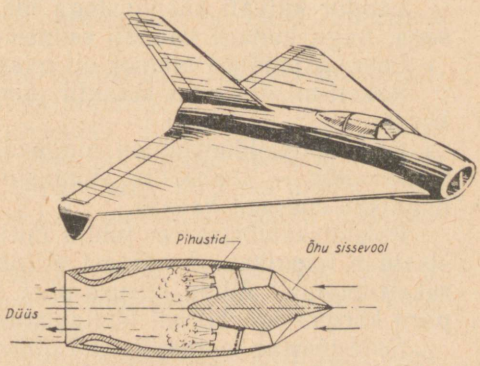
Hermeetiline kabiin, see on väike tükike maapealset ilma stratosfääris, kus kõik elav hukkub. Kabiinis luuakse kunstlikult atmosfäär: surveseadmed pumpavad õhku ja säilitavad kabiinis ühtlase rõhu. On olemas kabiine, kus õhku ei imeta mitte väljast, vaid õhk puhastatakse keemilisel teel süsihappegaasist ja rikastatakse hapnikuga, mille varud on balloonides.

Kuid õhku, hapnikku, ei hinga ainult inimene. Seda hingab ka mootor. Mida kõrgemale, seda hõredamaks muutub õhk, seda vähem on õhus hapnikku ja mootor, mis vajab õhku kütuse põletamiseks, hakkab juba 5—6 kilomeetri kõrgusel lämbuma.

Insenerid varustasid lennuki kolbmootori surveseadmega, mis viis kokkusurutud õhu silindrisse, abistades niiviisi mootorit hingamisel. Gaasiturbiin-mootoril on oma surveseade — kompressor. Otsevoolumootoril seda ei ole, seal surub õhu kokku kiirusest tekkiv rõhk.

Kuid õhu tihedus väheneb kõrguse kasvades kiiresti. Tõusnud 22 kilomeetri kõrgusele, jätsid meie vaprad nõukogude stratonaudid enda alla 9/10 kogu õhu massist. Umbes 50 kilomeetri kõrgusel on rõhk tuhat korda väiksem kui maapinnal, 200—250 kilomeetri kõrgusel aga miljon korda.

Sellepärast on otsevoolu õhu-reaktiivmootori «lagi» piiratud. 30 kilomeetri kõrgusel võib ta vaevalt töötada. Kuid just suurtel, 100—200 kilomeetrini ulatuvatel kõrgustel võiks lennata veel kiiremini. 10 000 kilomeetrit tunnis, lend ümber maakera ilma vahemaandumiseta mõne tunni jooksul — niisugused on nende kõrguste valdamise perspektiivid. Seal, kus õhku peaaegu ei olegi, kus midagi ei ole lendamist takistamas, seal võib lennata peaaegu kosmilise kiirusega.



Otsevoolu õhu-reaktiivmootoriga lennuk üle-helikiiruste jaoks.

Ülisuurte kõrguste lennuk saab atmosfääritaguseks laevaks, ta sooritab kogu oma teekonna planeetidevahelises ruumis. Ainult teekonna algus ja lõpp lähevad läbi atmosfääri.

Kas on võimalik sellise ülikiirete, ülikaugete lendude laeva loomine? Jah, vastab nõukogude lennuasjanduse tehnika. Sel lennukil on vedelkütusega rakett-mootor. Rakett-lennuk on juba praegugi olemas.

Tema õhuristsed toimusid järgmiselt.

«... Angaari kaarte all seisis uus lennuk... Lennukil ei olnud propellerit, ei olnud ka tavalist mootorit. Ent tõmbilt ära lõigatud kere allosas paistis olevat mingi ebaharilik mootor...

Katselendurid, konstruktorid ja insenerid olid uue lennuki ilmumisest erutatud. «See ta on,» öeldi austavalt lennuki kohta, «oleks Tsiolkovski teda näinud!»

...Ja saabuski katsetamise päev... Tulist juga välja heites hüppas lennuk paigalt, ja nagu kõikidele paistis, mitte ei lennanud üles, vaid torkas ennast taevasse. See ei olnud tavaline ülestõusmine, ennem tiibadega raketi väljalask. Lenduril jäi kolossaalsest kiirusest hing kinni. Kõik harilikud lendamisaistingud kadusid — ei olnud mootori möirgamist ega undamist, ei olnud lennuki vibreerimist, mis saadab lendu...

Maapealsed orientiirid vilksatasid marulise kiirusega mööda, äsja nähtavale ilmunud pilved kadusid, ja äkki sai selgeks — lennuk oli mõne minuti jooksul katnud pika vahemaa, tuli tagasi pöörduda.

Lennuk hakkas maanduma. Kuid... uus lennuk ei ennetanud mitte ainult lenduri tegevust, vaid ka lenduri mõtteid. Vaevalt sai ta hakata masinat vajalikku asendisse viima, valmistudes maandumiseks kolmele punktile, kui aerodroom jäi juba seljataha.

...Missugune määratu suur kiirus! Ainult mitte lennuväljast mööda lipsata, ainult mitte õiget silmapilku mööda lasta, laskuda maandumisrajale.

Ja lennuk veerebki betoonil. Lend on lõppenud.

Lendur külvati küsimustega üle. Temale vaadati vaimustuse ja imetlusega, nagu kunagi vaadati esimestele stratonautidele.

Lennuasjanduse ajaloos oli avatud uus lehekülg.»[1]

Rakett-mootor avas «reaktiiv-aeroplaanide ajastu», millest unistas Tsiolkovski.

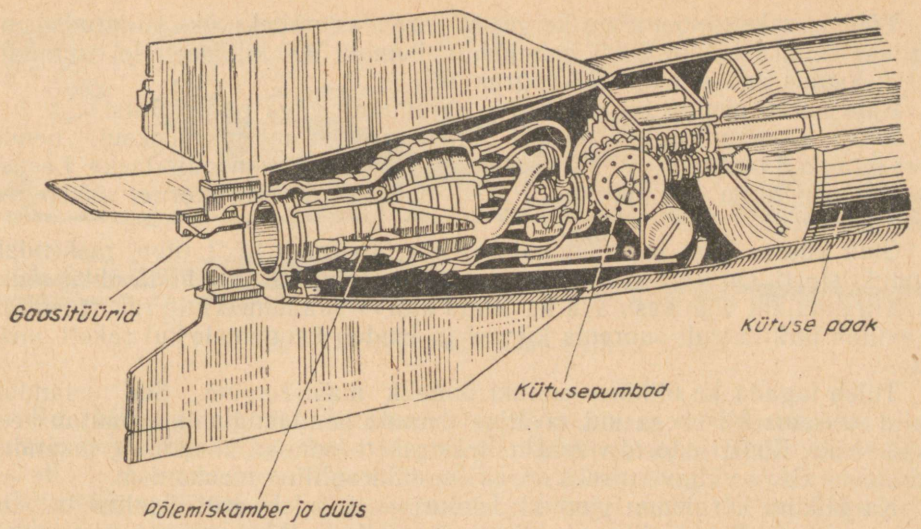
Kõik soojusjõumasinad hingavad õhku atmosfäärist. Vedelkütusega rakett-mootor — ebaharilik jõumasin — kannab aga hingamiseks vajalikku hapnikku enesega kaasas.

Põlemiskambrisse ei juhita mitte õhku, vaid vedelat oksüdaatorit, mis sisaldab hapnikku. Seepärast ei tunne niisugune mootor lage, nagu ei ole rakett-lennukil ülima kiiruse piiri, kui ta lendab tühjuses. Tema tõusu ei piira kõrgus ega kiirust õhutakistus, vaid ainult kütuse- ja hapnikuvaru.

Seda tõestas teoreetiliselt Tsiolkovski ja kinnitas elu.

Raketid, mis tõusevad mitmesaja kilomeetri kõrgusele, said esimesteks

[1] «270 katset», «Комсомольская Правда», 16. juuli 1948. a., nr. 167.



Vedelkütusega rakettmootor.

lennuaparaatideks, mis tungisid läbi helibarjääri. Nende suurim kiirus ületab heli kiiruse peaaegu viis korda.

Muide, seal kus heli ei saa olla, seal ei saa ka heli kiirust võtta mõõdupuuks. Raketid lendavad niisugustel kõrgustel, kus õhku praktiliselt ei olegi. Nad teostavad hüppeid teisele poole atmosfääri.

Rakettide reisijateks on praegu alles aparaadid. Lennates läbi atmosfääri, annavad nad teateid suurtes kõrgustes asuvast õhust, kuhu peale raketi ei või tungida ükski asi. Jõudes atmosfäärist läbi, jutustavad nad sellest, kuidas meie planeet Maailmaruumist vaadates välja näeb, kuidas käituvad seal kosmilised ja päikesekiired, missugune on meid ümbritsev maailm.

Raketid ei ole üksnes kõrguste uurijate teenistuses. Nad on suurte kiiruste lendavateks aerodünaamika laboratooriumideks.

Maa ja inimestega ühendab neid inimesteta laboratooriume raadio. Raadio abil juhitakse nende lendu ja antakse maa peale edasi aparaatide näidud, mis jälgivad raketiga koos läbi õhuavaruste tormava mudeli, tiiva või lennuki käitumist. Rakette kasutatakse ka otsevoolumootorite proovimiseks lennutingimustes.

Suures kõrglennu-raketis on aparaatide kambriks hermeetiline kabiin. Selles tõuseb inimene üles kõige kõrgemaid õhuookeani kihte uurima, kuhu õhupallid — stratostaadid — ei suuda tungida.

Aga uurimisrakettide järel tõusevad seninägemata kõrgusele rakett-lennukid, tiibadega raketid.

Helist kiiremad rakett-lennukid võivad lennata muidugi ka atmosfääris. Niisuguste lennukite ehitajatel tuleb lahendada palju küsimusi.

Võimas rakett-mootor on kerge. Nii arendas näiteks üks ehitatud mootoritest võimsust kuni 5000 hobujõudu lennuki 900-kilomeetrisel tunnikiirusel, kaalus aga ainult 160 kilogrammi.

Kuid rakett-mootor on «ablas» — ta kulutab väga palju kütust.

Suure kõrglennu-raketi paagid tühjenevad ühe minuti jooksul, nende sees aga on 3 tonni kütust. Just sellepärast on see omamoodi «lask». Lasust tõelise lennuni on aga pikk tee. Rakett-mootorite konstruktoritel seisab ees veel palju tööd.

Suur kütuse kaal teeb lennuki raskeks, koormab liialt tiibu, raskendab lennuki starti. On vaja startimis-kiirendajaid, et lennukil aidata õhku tõusta. Kiirendajaid võib kasutada ka lennu ajal — kombineeritud rakett-lennuk saavutab järk-järgult suurema kiiruse ja lendab kaugemale kui rakett omaette.

Tuleb tagada ka ülikiire lennuki õnnelik maandumine. See maandub palju suurema kiirusega kui tavaline lennuk, ja maandumine muutub keerulisemaks. Konstruktorid võtsid näiteks rakett-lennukil kasutusele maandumissuusa. Selle väljaviimiseks on eriline hüdrauliline mehhanism.

Ka ülikiire kõrglennu lennuki lenduri eest tuleb eriti hoolitseda. On vaja sisustada hermeetiline kabiin, mis ei lase õhku sugugi välja, tuleb pehmendada suure ülekoormuse kahjulikku mõju, tuleb mõelda ka meeskonna päästmisele avarii korral.

Need on kõik üle-helikiiruste ja suurte kõrguste puhul väga keerukad probleemid.

Langevarjuga ei saa välja hüpata ükskõik kui suurel kiirusel. On olemas piir, mille püstitab ülekoormus. Selleks, et lennukist väljahüpe õnnestuks, tuleb järelikult avarii korral tingimata pidurdada. Seda võib teha mootori peatamisega ja spetsiaalsete pidurdusseadmetega. Lennukist võib välja heita ka hermeetilise kabiini koos lenduriga, mis kergendab hõrendatud õhus suurtest kõrgustest allalaskumist.

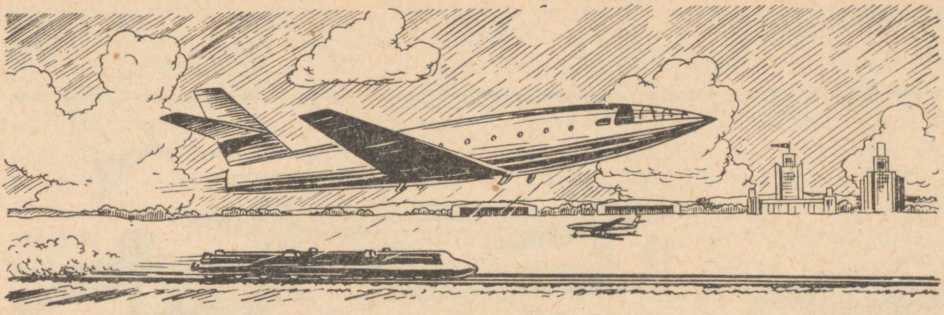
Raske on kirjeldada tiibadega suurte kõrguste raketi lendu. Andmeid on veel liiga vähe, et veendunult jutustada, kuidas see toimub.

Oletatakse, et see ei ole mitte lend, vaid gigantne hüpe atmosfäärist välja ja tagasi. Rakett lendab peaaegu kogu oma tee tühjuses.

Oletatakse, et rakett-lennuk hakkab lendama nagu kivi, millega veepinnal lutsu visatakse: kivi põrkab veepinnalt mitu korda üles, enne kui vette vajub. Olles atmosfäärist välja hüpanud, hakkab lennuk jälle laskuma, et ennast õhukihi pealt ära tõugata ja uuesti üles tõusta. Kui lennuk laskub tihedasse õhku, siis tiibade tõstejõud kasvab ja kõrgus hakkab suurenema. Ja niimoodi, laskudes uuesti järk-järgult allapoole, katab lennuk gigantsete hüpetega ilma kütust kulutamata väga suured vahemaad, enne kui ta maandub.

Kuigi me veel ei tea, kuidas tulevased lennukid lendavad, siiski teame väga hästi, mis nad meile annavad.

Rakett-lennuk on aste planeetidevahelise rakett-laeva poole. Rakett-tehnika sulab lennuasjandusega kokku. Sellest rääkis, sellest unistas Tsiolkovski.



Tuleviku reaktiivlennuki start.

Ta rääkis, et alguses toimuvad lennud suurtesse kõrgustesse või isegi teisele poole atmosfääri koos järgneva planeerimisega. Selle järel tuleb rakett — Maa kaaslane — ja esimene kosmose-reis. Algul toimuvad lennud stratosfääris, hiljem sealpool atmosfääri. Ja kuigi sellel teel on väga palju raskusi, ei saa kahelda, et võit saavutatakse varem või hiljem...

...Ja võib olla, et see päev ei ole kaugel. Saabub hommik, ühe meie hariliku päeva harilik hommik. Linn ärkab.

Ühel linnalähedasel aerodroomil seatakse kaugusse jooksvatele rööbastele imelikku masinat.

Masina pikk, terava otsaga kere meenutab kaugelaskekahuri mürsku, õhukesed tiivad teevad ta aga lennuki sarnaseks. See aeg, kus kauguse rekordlennukitel olid ka rekordilise pikkusega tiivad, on möödas. Sel lennukil, mis aerodroomil seisab, ei ole pikki tiibu vaja.

Otsekui mürsk tõuseb ta määratu suurde kõrgusse. Alles maandumisel sirutab ta nagu lind oma tiivad välja ja laotab nad laiali, et oma hoogsat lendu pidurdada.

Nõukogude insenerid andsid selle imetoreda masina jaoks palju uut. Nad ehitasid uued rakett-mootorid, mis panevad lennuki kihutama ennenägematu kiirusega, ehitasid startimiseks rakett-vankri, mis annab lennukile hoo ja abistab õhkutõusmisel.

Nad kinkisid masinale raadiolokaatori, imesilma, mis näeb läbi udu ja pilvede paljude kilomeetrite taha.

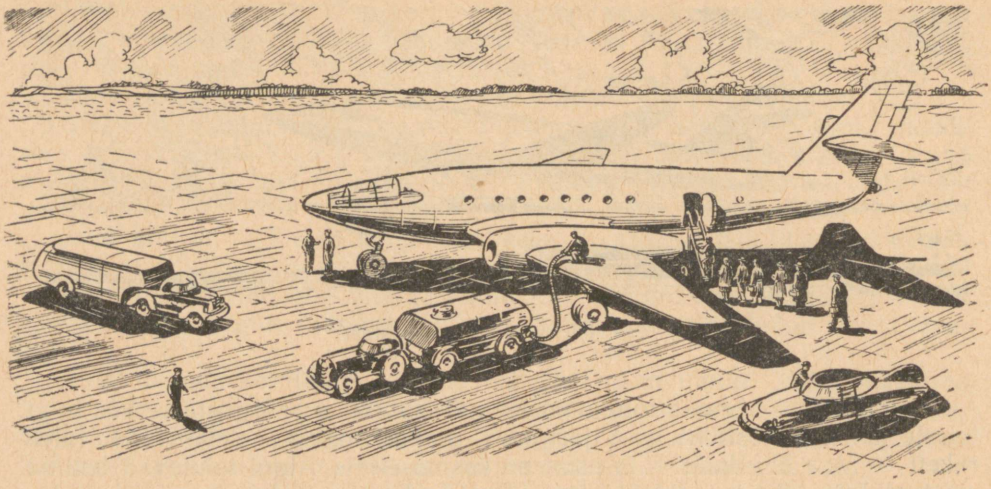
Nad kaitsesid reisijaid suurtes kõrgustes varitsevate vaenlaste eest — hõreda õhu, kosmiliste mürskude-meteooride ja päikese ultraviolett-kiirte eest.

Lennuk ei plahvata põlema, nagu meteoor, mis õhu hõõrdumisest läheb tuliseks. Lennuki väliskate ei karda kuumust.

Selline näeb välja lennuk, mis tõuseb õhku, et lennata niisuguse kiirusega, millega veel keegi ei ole kunagi lennanud.

...Viimased ettevalmistused on lõppenud. Komandopunkt andis stardiloa. Signaalrakett tõuseb üles.

Vanker koos lennukiga liigub rööbastel ikka kiiremini ja kiiremini.



Tuleviku reaktiivlennuk lennuväljal.

Nüüd on lennuk juba õhus, alles sekundilise lennu järel kuuldub mühin. Paistab, nagu sähvataks taevas välk, selle järel kostab kõuemürinat.

Masin võtab kõrgust, suurendab kiirust.

Nüüd on mootor välja lülitatud. Järk-järgult madalamale laskudes katab masin koletisliku hüppega tohutu vahemaa.

Mustal taevafoonil on pimestavalt valge päikeseketas ja taevavõlvil heledad tähed. Pilveloori all aga asub Maa.

Tüürimees lülitab sisse lokaatori. Lennuki all pöörleb kiiresti liikuv antenn, lokaatori ekraanile tekivad tumedad ja heledad laigud.

Lenduri harjunud silm orienteerub selles mosaiigis hästi. Heledad laigud on linnade piirjooned. Teravad tumedad laigud on järved, hiigel-veehoidlad. Kaardil joonestub terav joonte võrk — kanalid.

Ja järsku laigud ja jooned kaovad. Tihe pimedus katab ekraani. See on meri. Tüürimees näeb illuminaatoris pilvede vahelt mere tumesinist kilpi.

Aga all, maa peal, vaatavad raadiolokatsioonijaamade operaatorid oma ekraanidel, kuidas lookleb lohe, mis märgib möödalendavat lennukit.

Ja miljonid inimesed jälgivad julgete kotkaste lendu.

*

Suurte kiirustega lennukid on juba täna lennunduse omandiks. Lend helist kiiremini saab reaalseks juba lähematel aastatel.

Meie lennuasjanduse konstruktorid ja tehnoloogid, teadlased ja insenerid töötavad täna selle kallal, mida me näeme homme taevas.

Tänase ja homse päeva lennuasjandus ei vaja kõige uuemaid raadio-

tehnika ja aparaadiehituse, automaatika ja telemehaanika saavutusi mitte vähem kui suurte kiiruste aerodünaamikat või reaktiivmootoreid.

Ilma automaatide abita ei tulda keerulises lennuasjanduses toime. Suurel lennukil on üle kolmesaja mitmesugust tüüpi elektrimootori. Ilma automaatideta muutub ka suure masina — lennuki enese juhtimine raskeks. «Raske» ja «võimatu» vahele tuleb asetada võrdusmärk, kui kiirused veelgi kasvavad, kui helist kiiremad lennud muutuvad aviatsioonis igapäevasteks.

Lennuk on kiirekäiguline masin, ja me võime automaatikast rääkides asetada lennuki julgesti teiste masinate kõrvale, kus automaadid on harilikud ja asendamatud.

Samuti kui bluumingu operaator ei saa ilma automaatikata töötada — tal tuleb gigandi juhtimisel saja sekundi jooksul teha sada mitmesugust toimingut —, nii ei saa ka ülikiire masina lendur läbi ilma automaatideta.

Masinaehitustehnika läheb pinkide automaatliinide ja automaattehaste suunas. Transporditehnika läheb automaat-lennu, automaatse liikumise suunas.

«Ei ole kaugel aeg, kui me võime aeroplaanide lendu ja rongide liikumist automatiseerida,» rääkis akadeemik V. N. Obraztsov. «See kõik seisab meie ees kõige lähemas perspektiivis.»

See nõuab täiesti uute ülesannete lahendamist. Mida kiirem on lend, seda kiiremini tuleb märkida kõik olukorra ja lennutingimuste muudatused, seda kiiremini peab masinat juhtides muudatustele vastama. Iga sekund — ah mis! — iga sekundi osa muutub kallimaks.

Lendurid ütlevad, et reaktiivlennukil peab kiiremini mõtlema. Neil on õigus: suurel kiirusel «kasvab», nõuab endasse paljude toiminguţe mahutamist ka see väike ajaühik, mis varem jäi märkamata, tähele panemata. Kuid aega ei saa venitada nagu kummit! Kiiremini lennates tuleb ka kiiremini juhtida.

Kiirus on ajaühikus läbitud kaugus. Kiirus kasvab. Kiirlennuk ei lenda sada või kakssada meetrit minutis, vaid palju rohkem.

Tõusmine, maandumine ja kogu liikumine õhus nõuab lendurilt palju suuremat liigutuste kiirust ja täpsust.

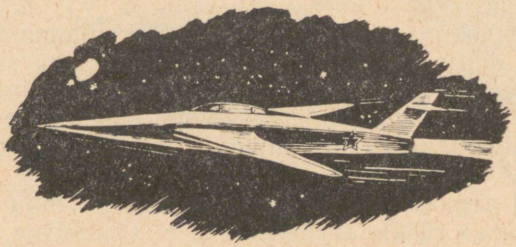
Automaatika on nüüd lenduri asendamatu sõber. Tulevikus kasvab automaatika osatähtsus veelgi. Luuakse automaatsed mehhanismid, mis võivad tegutseda nii kiiresti ja täpselt, nagu ülikõrged lennukiirused just nõuavad. Telemehaanika — kaugjuhtimine juurdub lennupraktikasse.

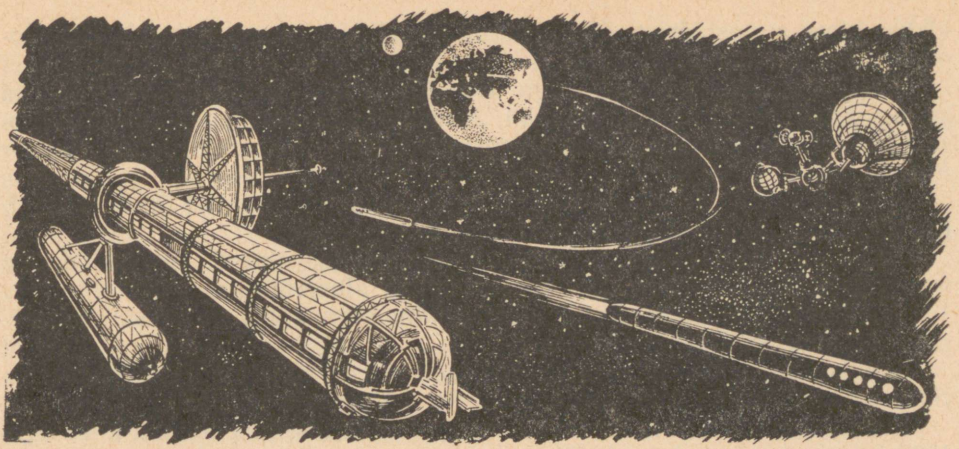
Raadiolokatsioonitehnika on lennuki seadmete eraldamata osa. Tsiolkovski poolt ennustatud «reaktiivaeroplaanide ajastul» kasvab tema osatähtsus nagu automaatikalgi mõõtmatult. Raadiolokaatorid, kiirmasina «silmad» kindlustavad õhuühenduse ohutuse.

Meie maa lennutehnika püüab kiirema, mugavama, ohutuma lennu poole, kiire ja ülikiire reisi-, posti- ja kaubaveo õhuühenduse poole. Hiiglaslike avarustega kodumaale on vaja suurte kiirustega masinaid. Inimesed nõukogude lennuasjanduses töötavad väsimatult selle kallal, et luua uusi kiirmasinaid, et kiire õhutransport teha sama harilikuks, massiliseks ja kättesaadavaks nagu iga teine transpordiliik, mida me kasutame.

Ka meie uus kiirlennuasjandus on rahu teenistuses. Ta teeb nõukogude inimese kodumaa pinna kohal taeva peremeheks ja veelgi võimsamaks õhuavaruste valitsejaks.

Kiirlennuasjanduse arenguga ühendame me kõige kõrgemate õhuookeani kihtide vallutamise, tulevikus aga ka lendamise väljaspool atmosfääri, planeetidevahelises ruumis, mis tõotab meie teadusele uusi grandioosseid perspektiive.





KOSMOSE-REIS

Kuulsa teadlase Konstantin Eduardovitš Tsiolkovski tööd avasid suurte kiiruste tehnikale uued, piiritud perspektiivid. Kaluuga eeslinna aias seisab kõrge obelisk. Sellele on kirjutatud:

«Inimene ei jää igavesti Maa peale, vaid tungib valgust ja avarust otsides alguses ettevaatlikult atmosfääri piiride taha, selle järel aga vallutab kogu päikeselähedase maailmaruumi.»

See on mälestussammas Konstantin Eduardovitš Tsiolkovskile. Need uhked sõnad, täis usku inimese loovasse jõusse, kuuluvad temale.

Tsiolkovski saatis oma elus palju korda. Ta tegi arvutusi, leiutas, ehitas mudeleid, korraldas katseid. Ta kirjutas teaduslikke artikleid ja fantastilisi jutustusi. Tema raamatute lehekülgedel elustuvad rangete arvutuste ja täpsetesse valemitesse surutud mõtete kõrval pildid tulevastest kosmose lendudest ja elust kosmilises ruumis. See omistab teadlase töödes esitatud unistustele ebatavaliselt selge reaalsusetunde.

Kõik, mida tegi Tsiolkovski, oli suunatud ühe sihi saavutamiseks — maakera külgetõmbejõu võitmiseks, et teha inimesest mitte üksnes koduplaneedi Maa, vaid kogu maailmaruumi peremees.

Sellest unistasid inimesed juba ammu. Oma mõtetes kandusid nad teistele planeetidele, rändasid tähtedevahelises avaruses.

Tsiolkovski muutis unistused teaduseks. Ta avas esimesena inimesele tee maailmaruumi ääretusse avarusse.

See oli siis, kui inimene alles alustas õhu vallutamist. Esimesed lennukid sooritasid alles lühikesi lende, kuid Tsiolkovski nägi juba kaugele tule-

vikku: hüpe atmosfäärist välja, lennud kosmilisse ruumi, miljonitesse kilomeetritesse ulatuvad teekonnad...

Tsiolkovski elas peaaegu kogu elu Kaluugas. Ta sõitis väga harva kuhugi ega sõitnud kunagi lennukil. Ja samal ajal sooritas ta imestusväärseid matku. Ta külastas Kuud ja pisiplaneete — asteroide, lendas ümber Maa ja Päikese.

Need olid mõttereisid, unistused, kuid neil on ette nähtud täituda. Tsiolkovski oli «reaalsete unistustega inimene».

Ta lõi planeetidevaheliste rännakute teaduslikud alused. Tema tööd said uue suurte kiiruste tehnika — rakett-tehnika alusmüüriks.

Tsiolkovski tööd omandasid üldrahvaliku tunnustuse. J. V. Stalin nimetas teda kuulsaks teadlaseks.

Tsiolkovski, tema õpilased ja järglased tõstsid vene teadlaste ja inseneride töödega loodud rakett-tehnika uuele, kõrgemale tasemele.

Reaktiivlennukid, mis lendavad varem fantastilisena paistnud kiirusega, 1000 kilomeetrit tunnis, raketid, mis kihutavad helist mööda — see suurte kiiruste tehnika on meil juba omandatud.

Kuid see ei ole piir.

Tsiolkovski määratu suur teene seisab selles, et ta laiendas mõõtmatult meie ettekujutust suurte kiiruste saavutamise võimalusest. Suure kiirusega lend on aga võit aja ja ruumi üle.

Suured, kosmilised kiirused tagavad meile võidu raskuse üle.

Maa peal hoiab kõike kinni raskusjõud. See sunnib ülesvisatud kivi maha kukkuma. Nähtamatu köidikuga aheldab see Maa külge ka inimese.

Kas on võimalik raskuse ahela purustamine? Kas saab külastada Kuud ja teisi planeete ning kihutada maailmaruumi ääretusse avarusse?

Tsiolkovski mõtles selle üle visalt palju aastaid. Ta rääkis:

«Mõte maailmaruumiga ühenduse pidamisest ei jätnud mind kunagi maha.»

Saades aru, et ülesanne, mis ta endale püstitas, nõuab teadmisi, õppis Tsiolkovski matemaatikat, füüsikat, astronoomiat, keemiat, kirjutas, arvutas, korraldas katseid, ehitas mudeleid.

Kuidas siis tuleb raskusjõuga võidelda?

Mida kiiremini keha, näiteks suurtüki mürsku, heidetakse, seda kaugemale ta lendab. Taevamehaanika õpetab, et kui keha saavutab kiiruse 8 kilomeetrit sekundis, siis ta ei kuku enam kunagi Maa peale, vaid hakkab igavesti Maa ümber tiirlema nagu väike Kuu. Tähendab, raskusjõu vastu võib võidelda kiirusega.

Üks ebaõnnest kiusatud suurtükiväelane Jules Verne'i fantastilisest romaanist oli väga imestunud, kui ta hiigelkahurist lastes ei olnud tabanud märki. Selgus, et kahurikuul oli saavutanud «ringkiiruse» 8 kilomeetrit sekundis ja oli muutunud Maa kaaslaseks.

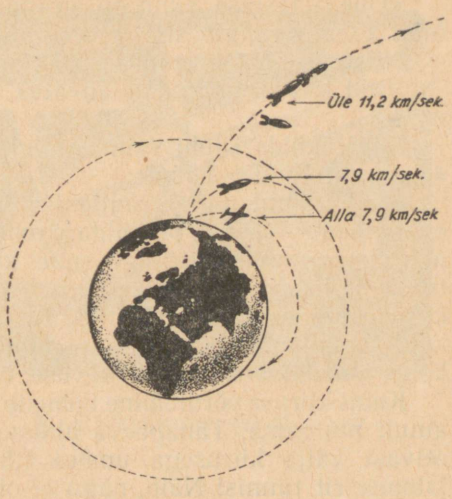
Aga kui kiirus on veelgi suurem, 11,2 kuni 16,6 kilomeetrit sekundis, siis muutub mürsk väikeseks planeediks, Päikese kaaslaseks. Siis võib mürsku sundida Kuu peale minema, ümber Kuu, või Marsi ja Veenuse peale lendama või ükskõik missugust lendu sooritama meie päikesesüsteemis.

Lõpuks oleks küllalt kiirusest 17 kilomeetrit sekundis, et lahkuda päikesesüsteemist ja sooritada päikesevahelisi, tähtedevahelisi lende.

Nagu näeme, ei ole mehaanika seisukohalt planeetidevahelised ja isegi tähtedevahelised reisid keeruliseks ülesandeks, kosmilisele laevale tuleb ainult anda 11—16-kilomeetriline kiirus sekundis.

Olles ületanud Maa külgetõmbejõu ja saanud Päikese külgetõmbejõu oma liitlaseks, tormame me edasi gigantset ellipsit mööda ümber Päikese ilma «maksuta», ilma igasuguse energiakuluta.

Valides kohaselt oma tee, satume Päikese valduse neisse piirkondadesse, kuhu soovisime minna.



Kosmilised kiirused.

Ülesanne on lihtne, kuid selle lahendamine on erakordselt raske. Me võime õigusega olla selle üle uhked, et planeetidevaheliste reiside grandioosse ülesande lahendamine kuulub vene teadusele.

Miks on siis kosmiliste kiiruste saavutamine nii raske?

«Kuidas seda saavutada? See on küsimus, mis vaevas mind kogu eluaeg,» meenutas Tsiolkovski. «Ja alles 1896. aastal õnnestus mul leida vastus sellele küsimusele.»

Selle üle ei mõtelnud üksinda Tsiolkovski. Ühes kosmilise lennu probleemide ajaloo raamatus on kõik planeetidevaheliste reiside projektid kokku korjatud ja süstematiseeritud. Toome ainult selle raamatu peatükkide loetelu: suurtükist planeetidele; heitemasinad; lennud pluss- või miinusmateeria abil (Maa külgetõmbejõu hävitamine); lennud kiirgusrõhu ja kiirgusenergia abil; elektri- ja raadiolaevad...

Kuid see on «ammu möödunud päevade asi». Võib-olla tõid viimased aastad mingi uue abinõu väljaspool Maad reisimiseks?

Sõjatehnikas võeti kasutusele kumulatsioon või teisiti öeldes suunatud plahvatus. Harilikult lendavad plahvatusel gaasid suure kiirusega igas suunas. Kui aga plahvatava aine laengusse teha teatud kujuga süvend, siis suunduvad gaasid ühele poole, seejuures tohutu kiirusega, mis on palju suuremad kui tavalisel plahvatusel. Gaaside kiirus võib suunatud plahvatusel ulatuda 20 ja isegi 40 kilomeetrini sekundis.

See kiirus on planeetidevaheliseks reisiks rohkem kui küllaldane.

Selle kasutamiseks antud ülesande jaoks on esitatud järgmine projekt. Kusagil mägedes valmistatakse suunatud plahvatuse jaoks vajalik plahvatusaine laeng. Plahvatus paiskab teisele poole atmosfääri suure metallimassi, millest saab Maa kaaslane.

«Uue kaaslase sünd on grandioosne katse... Uus täht ehib taevast Maa kohal,» räägib selle projekti autor professor G. J. Prokovski.

Niisuguse katse teaduslik tähtsus on vaieldamatu.

Kuid kas suunatud plahvatus lahendab planeetidevahelise reisi küsimuse?

Suurtükkide Klubi vaimustatud sekretär Maston Jules Verne'i romaanis «Kahurist Kuule» hüüab:

«Kahurikuul näitab, milleni võib jõuda Maa peal liikumise kiirus, veel enam, kuul — see ei ole midagi muud kui miniatüürne taevakeha, taevakeha aga ei ole muud, kui väga suur kahurikuul, mis lendab taevaruumis. Me tunneme looduses valguse kiirust, elektri kiirust, tähtede kiirust, planeetide kiirust, planeetide kaaslaste kiirust, heli kiirust, tuule kiirust. Kuid kahurikuuli loomine, kuuli kiiruse loomine, mis sada korda ületab raudteerongi ja kõige väledamate hobuste kiiruse, on meie — inimeste — teene!»

Kuuli kiiruse võrdlemine hobuste kiirusega võib XX sajandi inimese panna ainult muigama. Tänapäeva ülikaugelaskesuurtükkide mürsud lendavad ju relvast välja kiirusega umbes 1,5 kilomeetrit sekundis — peaaegu 6000 kilomeetrit tunnis! Näib, nagu ei oleks seda veel kuigi palju — ja nendest võivad saada planeetidevahelised reisijad.

Sellele vaatamata on planeetidevahelisse ruumi heidetud suurtükikuul väike planeedike, kuid mitte kosmoselaev. Temaga võib uhkustada, kuid lennu ajal teda juhtida ei saa. Ta ainult suurendab ühe võrra seda arvutut kildude peret, mis liiguvad planeetide vahel. Kuid ta ei anna inimesele võitu raskusjõu üle.

Kosmiline kiirus tuleb saavutada järk-järgult, aga mitte sekundi kaduvalt väikese murdosa jooksul, nagu laskmisel, heitmisel või plahvatusel. Ainult siis ei ähvarda reisijaid äralennul hukkumine.

Mõjub ju kiiruse suurenemine või, teisiti öeldes, kiirendus meile nagu raskuse suurenemine, ülekoormus. Tsiolkovski tegi arvutuse: kui suurtükk oleks isegi koletusliku pikkusega — 300 meetrit, siiski suureneb ülekoormus väljalaskmisel 1000 korda. Inimene iseenesest mõista sellele vastu ei pea.

Üldiselt peab taevalaev olema eriline laev. Ta lendab tühjuses, kuna kõik teised laevad ujuvad, liiguvad vees või õhus. Sellepärast saavadki nad liikuda, et on olemas vesi või õhk. Laeva kruvi või lennuki propeller tõukab vastu vett või õhku.

Kuid maailmaruumis? Seal, kus üht gaasiosakest eraldab teisest sadade ja tuhandete kilomeetrite pikkune vahemaa, ei saa muidugi ükski propeller töötada. Selles peaaegu tühjas ruumis lendavad taevakivid — meteoriidid. Üks romaanikirjanik kasutas neid oma planeetidevahelise laeva liikumapanemiseks: laeva mootor «imes» meteooride joa sisse ja liikus meteoore välja paisates edasi nagu rakett.

Ma ei usu, et ta nõustuks oma «meteoor»-laeval lendama...

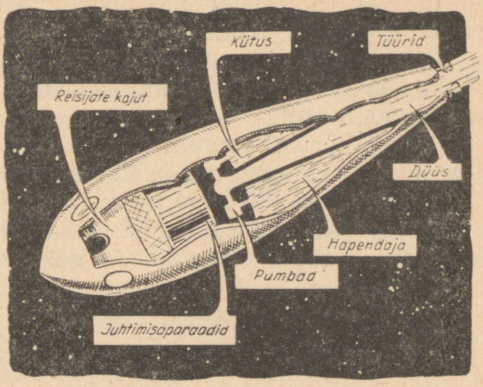
Ei ole mitte ainult vaja saavutada kosmilist kiirust ja sealjuures järk-järgult, ilma inimest kahjustamata, vaid tarvis on ka võimalust lennu ajal kiiruse muutmiseks. Meil ei ole vaja lendu üldiselt, vaid juhitavat lendu.

Kosmilist kiirust võib saavutada ainult rakettide abil — niisuguse küsimuse lahenduse esitas Tsiolkovski.

Ta kujutas endale taeva rakett-laeva ette järgmiselt.

Pikk kere, väljavenitatud tilga sarnane. Selle esiosas on reisijate kajutid aparaatidega, hingamisseadeldistega ja inimeste elamiseks kõige vajalikuga.

Vedel kütus pumbatakse kambrisse, kus ta põleb, gaasid aga paisatakse pika, otsast laieneva toru kaudu välja. Gaaside väljumise teel, toru otsa lähedal, on tüür, mille abil saab kallutada gaasijuga ja niiviisi raketti pöörata.



K. E. Tsiolkovski raketi skeem.

Niisugune on rakett-laeva — raskusjõu võitja — skeem.

Rakett on kõigepealt juhitav taevalaev, mille kiirust võib järk-järgult tõsta, et ülekoormus ei oleks liiga suur. Suuna muutmisega võib aga valida kõige otstarbekohasema lennutee.

Kõige väiksem kosmiline kiirus — ringkiirus — on mitu korda suurem kõige suuremast kiirusest, mida inimesel on siiamaani oma masinate abil õnnestunud saavutada. Tegelikult ulatub kõige suurem kiirus, mida arendavad kaugelaskesuurtükkide mürsud, umbes 1,5 kilomeetrini sekundis.

Mispärast võib rakett arendada kosmilist kiirust?

Sellele vastab Tsiolkovski poolt avastatud rakett-lennu mehaanika põhiline seadus.

See seadus on järgmine: mida suurem on gaaside väljavoolu kiirus ja mida suurem on kütuse kaal tühja raketi suhtes, seda suurema kiiruse saab rakett. Võib saada ükskõik kui suure kiiruse, kui ainult kütusetagavaradest jätkub.

Tsiolkovski seadus on tulevase ülisuurte kosmiliste kiiruste tehnika alus. Selle seaduse avastamisega laiendas kuulus teadlane ääretult meie tehnilisi võimalusi võitluses kiiruse eest. Vaat mispärast tema nimi seisab teenitult suurte kiiruste tehnika rajajate nimede reas . . .

Ülikiired lennud, planeetidevahelised reisid, ja võib-olla, et väga kauges tulevikus ka reisid teisele Päikesele-tähele — seda kõike tõotab meile rakett-tehnika. Teaduse ees avanevad uued, seninägematud horisondid.

Raketid lendavad juba praegu kiirusega umbes 2 kilomeetrit sekundis ja tõusevad mitmesaja kilomeetri kõrgusele. See on kõige kiirem ja kõige kõrgemale jõudnud lennuaparaat, mis inimene on loonud.

Veel natuke, ja meile on kättesaadavad kosmilised kiirused ning mitte sadade, vaid tuhandete ja miljonite kilomeetrite pikkused reisid.

See on äärmiselt raske . . . Kui need raskused oleksid teada, siis tõmbuk-

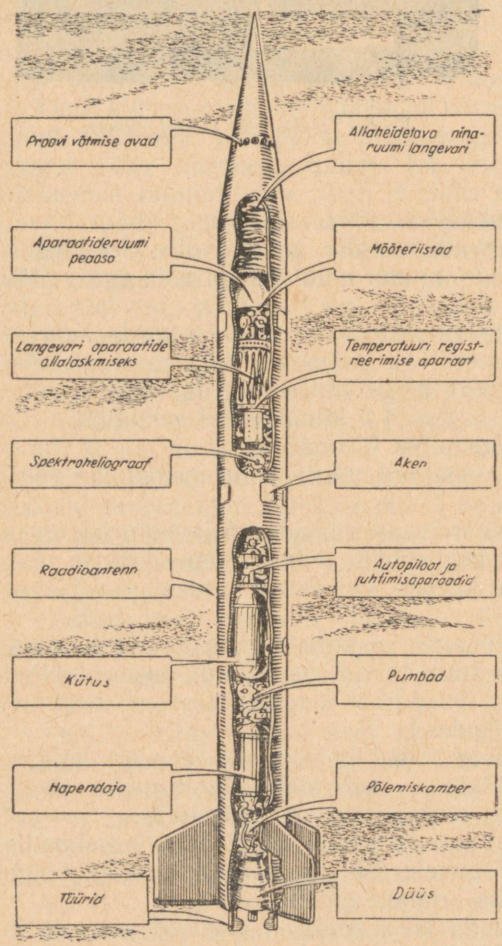
sid paljud, kes praegu entusiasmiga töötavad, hirmuga tagasi, rääkis Tsiolkovski kosmilise lennu küsimuse lahendamise kohta.

Raketi abil võib saada ükskõik missuguse kiiruse, kinnitab rakett-lennu põhiseadus. Kuid ei tohi unustada teisi asjaolusid: kuidas seda saada, mida selleks vaja on?

Raketi kiiruse suurendamiseks on tarvis kas tõsta väljavoolavate gaaside kiirust või suurendada kütusetagavara.

Missugusest kiirusest me võime lähtuda?

Tsiolkovski arutab nii: olgu väljuvate heitegaaside kiirus 2 kilomeetrit sekundis. Selle kiiruse võivad juba nüüd anda niisugused kütused nagu vedelad süsivesinikud ja hapnik. Rakett saavutab kiiruse 8 kilomeetrit sekundis, kui kütusetagavara kaalub 50 korda rohkem kui rakett ise. Aga näiteks Kuu peale lendamisel, milleks on vaja kiirust 12 kilomeetrit sekundis, peab kütuse kaal raketi kaalu ületama 200 korda.



Stratosfääri-rakett.

Need arvud tekitavad pettumuse. Ei ole võimalik ehitada rakettlaeva, kus iga tonni konstruktsiooni kohta tuleb kaasa võtta 200 tonni kütust.

Suure ja püsiva töö hinnaga jõudis kaasaegne tehnika niikaugele, et raketi kaalu iga tonni kohta tuleb 3 tonni kütust.

3 ja 50, 3 ja 200. Neid arvusid kõrvutades laiutasid mõned välismaa uurijad lootusetult käsi. Nad otsustasid, et planeetidevaheline reis ei ole teostatav, vähemalt niikaua, kui me ei valda aatomienergiat.

Saksa teadlane Eberhard, proovides kaalutleda Kuule lendamise võimalust, pani nende kalkide arvude vastu põrgates relvad maha — mitte midagi ei tule välja! Temaga ühineb prantsuse insener Esnault-Pelterie: «Ainult aatomid võivad meile anda vajaliku jõu ja kiiruse . . .»

Ülesande lahendamisel võiks aatomienergia kindlasti abiks

olla. Võib eeldada, et aatomienergia abil me saavutame heitegaaside kiiruseks 10—12 kilomeetrit sekundis. Siis langevad ära ka muud ülepääsmatutena näivad raskused. See kõlab seda ahvatlevamalt, et isegi kõige paremad keemilise kütuse liigid, mis ei ole meil veel kodunenudki, ei võimalda heitegaaside kiiruse saamist üle 4 kilomeetri sekundis. Siis kuluks raketi ühe tonni kaalu kohta umbes 20 tonni kütust.

200 asemel 20. Kuid praegu on isegi sellist laeva väga raske, ja võib kohe öelda, võimatu ehitada.

Tähendab, et Eberhardil ja Esnault-Pelterie'l on õigus? Tähendab, alles aatomienergia, alles kauge tulevik lahendab küsimuse?

Tsiolkovski vastab: ei, seda lahendust ei saa seada sõltuvusse teise küsimuse, rakett-tehnikas aatomienergia kasutamise probleemi lahendamisest. Aatomienergiat on tarvis ja meie omandame selle. Kui me seame aatomienergia inimese teenistusse, siis avanevad ka planeetidevaheliste reiside jaoks uued võimalused.

Kuid ei saa oodata. On tarvis ja on võimalik leida teisi teid.

Küsimuse lahendab kosmiline rakett-rong, teisiti öeldes liitrakett. Teadlased töötavad selle kallal juba kaua ja pöörduvad oma ühes või teises töös selle juurde jälle tagasi.

Rakett-rong on mitme raketi ühendus. Ainult üks nendest on reisijate jaoks, ülejäänud on kiirendajad, omamoodi lendavad paagid kütuse jaoks. Kiirendajad töötavad üksteise järel. Kui üks on ära kasutatud, siis visatakse ta minema ja järgmine alustab tegevust. Kogu liitraketi kiirus üha tõuseb, kuni lõpuks viimane rakett saavutab kosmilise kiiruse.

Niisiis ei ole võimalik ehitada lihtsat raketti hiiglasuure kütusetagavaraga, mis on vajalik planeetidevaheliseks lennuks. Kuid saab ehitada, kuigi läbi raskuste, liitraketi, jaotades koorma osadeks.

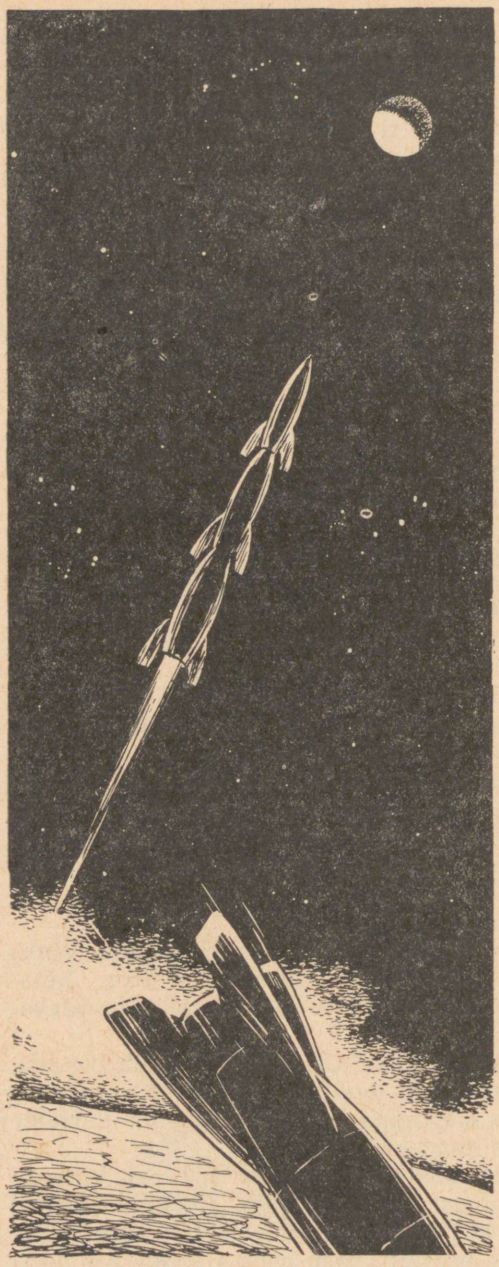
Elu kinnitas selle lahenduse õigsust. Just liitraketid võimaldasid aparaate lennutada 400 kilomeetri kõrgusele — praktiliselt teisele poole atmosfääri piiri. Liitrakett võimaldab saavutada ilma vahemaandumiseta ümber maakera lendamiseks vajaliku kiiruse, võimaldab teostada ringlennu maakera ümber. Sellest just unistaski Tsiolkovski.

Liitraketist võib teha Maa kaaslase.

Esimese kosmilise kiiruse saavutamine, ilma et võtaksime abiks aatomienergiat, on olemasolevaid kütuseliike kasutades juba tänapäeva tehnika võimaluste piires. Tee aatomiraketini on veel pikk ja vaevarikas.

Liitrakett, Maa kaaslane, on tänase tehnika päevakorras. Võib oletada, et selline rakett on esimeseks maailmaruumi uurijaks. Väike laboratoorium aparaatide-automaatidega ja raadiosaatejaamaga saab maailma uurivate teadlaste maailmaruumis asuvateks silmadeks.

Sõnad, mis Tsiolkovski ütles raketi kohta pool sajandit tagasi, kõlavad praegu erilise jõuga: «Kauges tulevikus paistavad juba läbi udu niivõrd ahvatlevad ja tähtsad perspektiivid, et praegu nendest vaevalt keegi unistab.» Udu hajub... See, millest alles unistati, saab meie silmade ees tegelikkuseks.



Planeetidevaheline liitrakett.

Ei või muidugi mõtelda, et sellel teel on kõik lihtne ja kergesti kättesaadav.

Raketi ajaloos on teada palju näiteid selle kohta, missuguse vaeva hinnaga saavutati kaasaegse rakett-tehnika edusammud. Ainult metallurgide ja soojustehnikute, keemikute ja füüsikute, aparaadiehitajate ja matemaatikute, konstruktorite ja teadlaste koostöö, ainult teaduse ja tehnika koostöö lõi kaasaegse raketi, inimese poolt ehitatud kõige kiirema transpordimasina.

Meie ajal ei tohi unustada, mille ja kelle teenistuses on tehnika. Suurte kiiruste tehnika ei ole erandiks. Vastupidi, see on eredaks näiteks, kuidas kahe erineva maailma tehnika teenib kahte erinevat eesmärki.

Raketti, seda imetaolist masinat, mis esimesena ületas «helibarjääri», lendas helist kiiremini ja mis peab teenima inimest, alistama loodust, ruumi ja aega, seda tahavad imperialistid rakendada agressiooni teenistusse, tahavad muuta seninägematuks relvaks, mis toob üle merede ja ookeanide rahvastele hukkumist.

Põhiliseks probleemiks, mis tavaliselt kerkib üles sõda ettevalmistavate ja sõdivate maade staapide ees, on inimreservide puudus. Iga uut relva hinnatakse kõigepealt sellest seisukohast, kui lihtne on relva teenindamine, kui suur on tema kasutamisele võtmiseks vajalike inimeste minimaalne arv, missugune on maksimaalne efektiivsus kauguse mõttes, missugune on täp-

sus, võimsus ja purustusjõud. Agressiivsete maade sõjalised spetsialistid otsustavad, et niisuguseks relvaks on juhitavad rakett-mürsud ja raketid.

Teise maailmasõja ajal lendas lennuk-mürsk «V-I» üle La Manche'i. Praksudes oma reaktiivmootoriga nagu mootorratas, vedas väike ilma lendurita lennuk lõhkeainest reisijaid fašistlikult Saksamaalt inglastele külla. Ta ei lennanud kõrgelt, ka mitte eriti kiiresti ja sellepärast leidis nendest «lendavatest lutikatest» suur hulk oma otsa hävituslennukite tule või raadiolokatsioon-sütikutega mürskude läbi, mis tabavad eksimatult märki.

USA-s anti «V»-le nimetus «Yankee Doodle» ja hakati töötama selle kallal, et lähipommitajat, nagu seda oli lennuk-mürsk, ümber muuta kaug-, kõrg- ja kiirpommitajaks.

Kurikuulus «V-2», fašistide salajane relv, millega nad lootsid sõja saatust otsustada, ei ole uutele maailmavalitsemise pretendentidele enam vastuvõetav. Lennukaugus on ainult 300 kilomeetrit, lahingkoormuseks ainult tonn armetut lõhkeainet! Mitte 300, vaid 3000, 30 000 kilomeetrit! Mitte lõhkeaine, vaid aatomipomm! Ja nad tegelevad rakettide konstrueerimisega, mille peaks on aatomipomm ja mis peavad ise märgile suunduma ning tohutuid vahemaid läbi lendama.

Viimase sõja ajal projekteeriti Saksamaal rakette üle Atlandi ookeani lennutamiseks. Ookeanis allveelaevalt välja lastud rakett pidi jõudma New Yorki ja heitma sinna oma lõhkeainekoorma.

Ameerika imperialistid otsustasid pärast sõda saksa arhiivides peremehetsedes, et see on huvitav. Ainult las rakett lendab nüüd üle Atlandi mitte Ameerikasse, vaid Ameerikast!

Ameerika kontinendi kõrbetesse ja Atlandi rannikule ilmuvad rakettide keskused ja baasid tuhandete kilomeetriteni laiuvate polügoonidega. Katsetatakse planeedi teistesse osadesse pommide vedamiseks määratud rakette.

«Kalifornias, El-Centro's organiseeritakse uus uurimisbaas. Selle otstarbeks on kontinentidevahelise sõja tehnika arendamine. Siin võib teostada rakettide lendu sadade ja tuhandete miilide kaugusele Vaikse ookeani suunas...»

«Mehhiko piirile projekteeritakse uue suure rakettide baasi ehitamist. Piki Kalifornia lahte korraldatakse suure tegevusraadiusega rakettide proovimisi...»

«Lääneranniku Point-Muggy's Los Angelos'e lähedal asuvalt katsepolügoonilt võib juhitavaid mürske välja saata Vaikse ookeani vabadesse vetesse rohkem kui 8000 kilomeetri kaugusele».

Nii kirjutavad Ameerika ajakirjad ja ajalehed.

Inglismaa valitsusel ei ole kahju naelsterlingitest, mis kulutatakse uute raketikeskuste, -baaside ja -polügoonide peale, kus katsetatakse suure tegevusraadiusega rakette. Inglismaa ise aga on baasiks ameerika pommitajatele ja rakettidele.

«Kui me töötame välja relva, mis võib määratu suure purustava jõuga pomme transporteerida 1000 miili kaugusele, siis võime startimisseadmete vastava asetuse puhul Briti Impeeriumi territooriumi piires tule all hoida

iga punkti maakeral, välja arvatud Põhja-Siber ja Jaapani põhjapoolsed saared . . .» kirjutab inglise «Kuningliku suurtükiväe ajakiri».

Ei ole just halb illustratsioon tema kõrguse valitsuse «rahuarmastavatele» avaldustele.

Tuntud sõjaspetsialist ja sõjaõhutaja Liddell Hart ei ole «rahul», et Inglismaa on määratud «ameerika aatomipommide ja rakettmürskude eelbaasiks».

See positsioon on aatomi ja raketiajastul hukatuslik, lisab Hart.

Teda kollitab ainult medali tagumine külg, kõik muud asjad on kõrvalise tähtsusega.

Kuid ameerika kindralite ja pankurite tegevus ei piirdu sellega. Saanud kätte fašistliku pärandi — saksa patendid, saksa spetsialistid, saksa rakettide mustereksemplarid ja lõpetamata saksa projektid, hakkasid nad agressioonirelvi ehitama.

Imperialistid püüavad «hävitamise relvaks» muuta ka lennuasjandust, mis ühineb oma arengus üha tihedamalt rakett-tehnikaga.

Fašistlike inimsööjate unistusi maailma valitsemisest ellu äratades töötavad nad pingsalt Ameerikas, Inglismaal ja teistel agressiivse bloki maadel suure tegevusraadiusega reaktiiv-pommituslennukite, reaktiivhävitajate ja automaatselt juhitavate rakettlennuk-mürskude kallal.

Ameerika senati lennuasjanduse komisjon kuulutab avalikult, et neile on vaja võimsat lennuväge vaenlasele laastava kallaletungi jaoks aatomipommi, bakterioloogilise relva ja juhitavate mürskudega.

Ja selleks, et musta valgeks muuta, et õigustada relvastuse ja õhujõudude võidujooksu, karjuvad nende sõjaspetsialistid:

«Ameerika Ühendriike ähvardab kaugpommituslennukite, rakettmürskude ja aatomipommide reaalne oht!»

Nad joonistavad tulevasest ookeanitagusest lennuväe kallaletungist Ameerika mandrile «hingematva» pildi ja arutavad tõsiste nägudega Ameerika kaitsmise probleemi õhukallaletungi vastu, nagu oleks see kallaletung iseenesest mõistetav.

Lihtsal ameeriklasel, kes seda loeb, hakkab pea ringi käima ja ta küsib: kus on siis väljapääs?

Ameerika sõjaline ajakiri «Coast Artillery Journal» vastab:

— Relvastuda! Tuleb ehitada baase ja raadiolokatsioon-jaamu, ning võimalikult kaugele meie randadest — meil on ju tegemist kallaletungiga kaugelt!

Tuleb luua relvad vaenulike lennukite ja mürskude hävitamiseks — kaugtegevusega lennuvägi ja raketid!

Reaktiivlennukid peavad stratosfääris pidevalt valvel olema ja kogu Ameerika mandrit valvama!

Pealetungirelv — see on meie kaitse!

Selle suitsukatte varjus aga töötavad täie koormusega lennukitehased.

Pommitajad, mis ehitati mitte kaua tagasi, tehakse nüüd ümber, et suurendada kiirust, lennukaugust, pommide tagavara. Projekteeritakse tulevasi reaktiiv-pommivedajaid, kaaluga sada tonni ja üle selle, «kümnetuhande-

miiliseid», «kümnetuhandenaelaseid» ja muid gigantseid lendavaid kindlusi. Jutt on kümnete tuhandete kilomeetrite pikkustest lendudest, kiirreisidest stratosfääris surmatoova koormaga mitte kellegi poolt ähvardatava Ameerika «kaitseks».

Lennuk — see on metall, plastmass, kummi, kütus ja kümned muud materjalid. Lennuk — see on aparaadid, elektrimootorid, raadio, pommid, suurtükid ja kuulipildujad. Kümned ja sajad tehased töötavad hävitusrelvade valmistamisel. Lennuki- ja teiste kompaniide seifidesse voolab dollareid, üha rohkem dollareid, üha rohkem kasumit.

Lennukimonopolistid, nagu imperialistlike maade sõjatööstuse teistegi harude peremehed, rikastuvad relvastuse võidujooksu ja uute sõdade ettevalmistamise arvel, sõdade arvel, mida peetakse nendest maadest tuhandete kilomeetrite kaugusel. Imperialistid ei taha kuuldagi relvastumise vähendamisest või agressioonirelvade, inimeste massilise hävitamise relvade keelamisest. Kasum üle kõige! Surmavabrikante ei hirmuta mitte sõjaoht, vaid rahuoht. Ja Hoover, Nõukogude Liidu õelam vaenlane, ulub hüsteeriliselt:

«Me peame oma õhujõud hambuni relvastama . . .»

Ameerika imperialistid tahaksid kiire ja suure tegevusraadiusega lennuväe abil võita kauguse ja heita surma rahulikele linnadele, sundida maailma rahvad põlvili.

Kuid elu näitas, kui alusetu on välksõja teooria, mille ameerika fašistid hitlerlastelt üle võtsid.

Ameerika agressorid kuulutasid Koreas agressiivset sõda alustades, et iga vaenlase võib üksnes pommitajatega maapinnalt minema pühkida ja riigi sõjast «välja pommitada» 24 tunni jooksul kallaletungi algusest arvates. Ja mis juhtus? «Õhuvälgu» teooria kukkus läbi.

Dollarite ega relvadega ei saa ajalugu tagasi pöörata. Neid, kes tahavad rahu ja võitlevad rahu eest, ei saa kohutada ei pommitajate ega rakettidega. Neid on meie planeedil enamus. Ja neil jätkub jõudu, et uue sõja süütajate kuritegelikke plaane nurja ajada.

Nõukogude Liit, rahu lipukandja, peab väsimatut võitlust sõjaohu vastu, inimeste massilise hävitamise relvade vastu, agressiooni vastu. Meiega on kogu progressiivne inimkond. Meiega on partei.

Me ei ole agressorite ees kaitseta, kui nad siiski peaksid jõudu kasutama. Meenutagem, kui kiiresti kadus müüt Ameerika aatomipommi monopolist. Meenutagem, kui kiiresti läksid täide V. M. Molotovi sõnad: «Meie saame ka aatomienergia, ja palju muud.» Aatomipommi saladus on nüüd ka meie maa valduses.

Nõukogude teadus ja tehnika tegeleb rahulike asjadega. Kuid ajalugu on rohkem kui üks kord näidanud, et kui tarvis oli, siis sai agressor vajaliku vastulöögi.

Nõukogude Armeel, ütles J. V. Stalin, «. . . on esmaklassilise tehnikaga relvastus, mis moodustab tema lahingulise võimsuse aluse».

Me ei näe lennuki ja raketi tähtsust mitte selles, et inimkonda hirmu all hoida, et aatomipomme ja baktereid alla heita, et linnu purustada ja ini-

mesi hävitada. Me näeme neil teist ülesannet: seninägematud kiirused transpordi jaoks, seninägematud kõrgused teaduse jaoks.

Me unistame rakettidest, mis muudavad meie maa kõige kaugemad nurgad lähedasteks naabriteks. Me unistame rakettidest, mis tõstavad meil maailma lae varem kättesaamatusse kõrgusse. Selleks pärandaski Tsiolkovski kõik oma tööd parteile ja nõukogude võimule — inimkonna kultuurilise progressi tõelisele kandjale.

Meie maa rakett-tehnika on läbinud kuulsusrikka ja töörohke tee.

Mitte asjata ei meenuta esimese nõukogude vedelkütusega raketi käivulaskmisest osavõtjad seda tähtsat päeva suure erutusega.

Võib olla, et lähemal ajal räägitakse samasuguse erutusega julgetest reisidest stratosfääri ja lendudest ümber maailma mõne tunni jooksul. Ja samasuguse ärevusega räägitakse grandioossest teaduslikust katsest — väljaspool Maad asuva vaatlusjaama sünnist, automaatsest rakettlaboratooriumist.

Kuid aparaatide saatmine maailmaruumi on ainult esimeseks sammuks. Nende järel tõuseb teisele poole atmosfääri ka inimene.

Kuidas tuleb seda küsimust lahendada?

Tsiolkovski otsis tulevaste kosmose-reiside küsimusele vastust püsivalt ja järjekindlalt.

Tema uueks ideeks on kosmose eskadrill, mis on liitraketi mõtte edasiarenduseks. Maa pealt saadetakse välja üksteisega külg külje kõrvale ühendatud raketid, mis kõik käivitavad oma mootorid. Kui pool kütust on ära kulutatud, siis pumbatakse pooltest rakettidest kütus ülejäänud rakettidesse. Lendu ei jätka enam kõik raketid, vaid ainult pooled, kuid täieliku kütuse tagavaraga. Rakettide kiirus kasvab: 900 meetrit sekundis .. 1800...

Iga uue kütuse ümberpumpamise järel jääb rakette üha vähemaks, kuid järelejäänute kiirus tõuseb.

Eskadrill muutub 4-raketiliseks rühmaks, lõpuks «paariks»... Kiirus jõuab ringlemiskiiruseni — 8 km sekundis. Viimast korda tühjendatakse paak, seekord eelviimasel raketil. Ja lõpuks vabaneb viimane rakett maakera raskusjõu ahelatest ja sööstab Kuu poole kiirusega 11 kilomeetrit sekundis.

Muidugi on raske ehitada niisugust 512 raketist koosnevat eskadrilli. Kütuse ümberpumpamise teostamine lennu ajal on keeruline.

Tsiolkovski aga räägib tingimuste muutumisest:

«Vajalik rakettide arv väheneks tunduvalt, kui rakette täiustada, see tähendab, kui suurendada kütuse tagavara ja plahvatusproduktide väljumiskiirust. Nii seda kui teist võib teha ja see võimaldab meil saavutada ka väikese rakettide arvuga väga suuri kosmilisi kiirusi. Ma tahtsin näidata üht moodust reaktiivmasinate kiiruse suurendamiseks samasuguste masinate abil. See võte võib meid viia uutele saavutustele.»

Kui heitegaaside kiirus tõuseb näiteks kolme kilomeetrini sekundis, raketi kaalu ühe tonni kohta aga tuleb 4 tonni kütust, siis on vajalik rakettide arv 16.

Tsiolkovski nägi liitraketis planeetidevahelise ruumi vallutamise teed. Ta rääkis.

«Ma olen kindlasti veendunud, et ka minu unistus — planeetidevahelised reisid, mida ma teoreetiliselt põhjendasin, muutub tegelikkuseks. Ma töötasin reaktiivmootorite kallal nelikümmend aastat ja mõtlesin, et matk Marsile toimub alles sada aastat pärast mind. Kuid ajad muutuvad. Ma usun, et teie hulgast saavad paljud teiselpool atmosfääri sooritatava reisi tunnistajaks.»

Ma püüdsin Tsiolkovski loomingulistest mõtetest rääkides kogu aeg kinni hoida tehnikast ja mitte kalduda unistustesse. Kuid rääkides kosmose-reisist ei saa jätta unistamata. Ainult inimesed, kel puudub fantaasia, inimesed ilma tiibadeta, võivad eitada julget unistust lennata maailmaruumi ääretus avaruses.

Tsiolkovski rääkis: «Kõige ees käib paratamatult mõte, fantaasia, muinasjutt. Selle järel sammuvad teaduslikud arvutused ja lõppude lõpuks kroonib mõtet täitumine.»

Unistame siis natuke.

... Reisijate kabiin asub raketi esiosas. Kabiinis on palju vaatlus- ja juhtimisaparaate, hapnikuaparaadid, raadioaparatuur, foto- ja kinoseadmed. Laadungiruumis on kokkupandud riietus õhutusse ruumi minekuks — surveülikonnad, toiduained ja muu varustus. Raketi keskosas on kütusepaagid, ahtriosas asub rakett-mootor. Raketi pealiskate on mitmekordne ja soojusisolatsiooniga. Samasugused on pealiskate, kütusepaagid, mootor ja langevari ka igal teisel raketil — põhiraketi kiirendajal.

Tulevaste planeetidevaheliste reisijate elamustest on jutustanud nii palju kirjanikke, et meil ei ole tõesti mõtet nendega võistelda.

Kui nõukogude stratostaat «CCCP-1» kõrgusest alla laskus ja inimesed, kes kogu inimkonnast esimestena viibisid ennenägemata kõrgusel, maa peale asusid, siis ümbritses neid suur rahvahulk.

Välismaa kirjasaatjaid huvitas kõige rohkem see, mida stratonaudid seal senitundmata kõrgusel tundsid, mida nad sihi saavutamisel üle elasid.

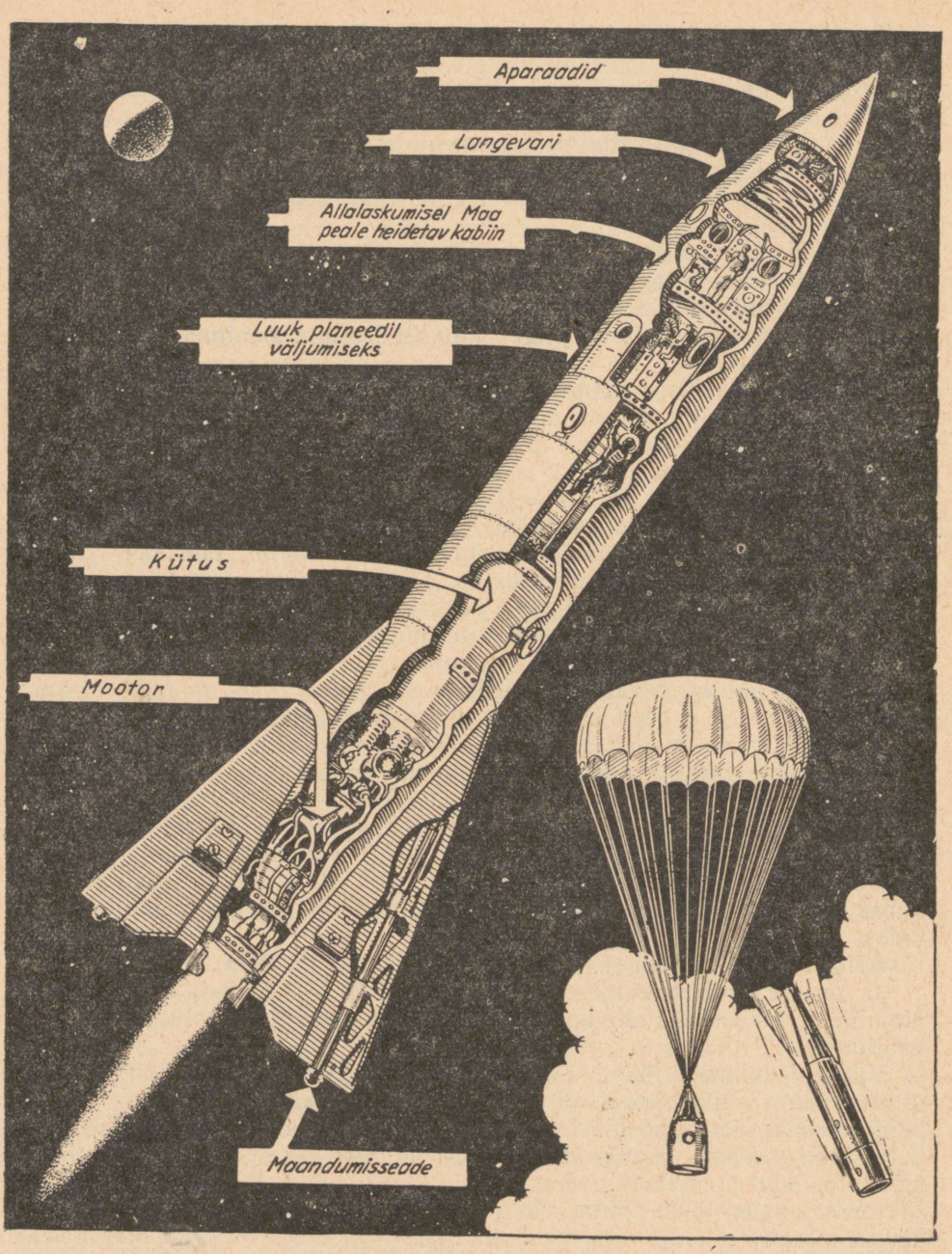
Stratostaadi komandör Prokofjev, kes imes ahnelt sigaretti pärast pikki tunde kogu maailmast lahutatud kitsas gondlis viibimist, vastas õlgu kehitades:

«Õigust öelda, ei tea... Meil oli tegemist vaatlustega...»

Ja ma mõtlen, et esimesed planeetidevahelised reisijad ütlevad uudishimulikele kirjasaatjatele koduplaneedile astudes just samuti: peaasi — vaatlused...

Vaadelda planeet Maad, tungida sinna, kuhu seniajani tungis ainult inimese silm optilise aparaadi abil. Näha maailmaruumi mitte õhuookeani põhjast, mitte läbi atmosfääri loori, vaid niisugusena, nagu ta tegelikult on, ja võib-olla astuda Kuule, viibida Marsil, tuua kaasa marsi taimi sellelt mõistatuslikult planeedilt...

«Seista asteroidide pinnal, võtta kätte Kuu kive, vaadelda Marssi mõnekümne kilomeetri kauguselt, maabuda Marsi kaaslasel või isegi Marsi enese pinnal — mis võib olla veel fantastilisemat? Rakett-aparaatide kasutusele-



Planeetidevaheline rakett.

võtmisega algab astronoomias uus suur ajastu: taeva põhjalikuma uurimise epohh . . .»

Et seda «taeva põhjalikuma uurimise epohhi», millest Tsiolkovski kõneleb, lähemale tuua, selleks töötasid ja töötavad tema õpilased ja tema töö jätkajad — nõukogude teadlased.

«Asudes planeetidevahelises ruumis lendamise teema juurde, peatusin ma kohe raketimeetodil,» meenutab Jüri Vassiljevitš Kondratjuk, kes töötas raketiteooria kallal Tsiolkovskist sõltumatult. Tema mõttekäik oli järgmine.

Kahur tulistab kuul-kahuriga. See omakorda tulistab samasuguse kuul-kahuriga. Missugune peab olema esimene kahur, et viimane mürsk saavutaks kosmilise kiiruse? Ebaharilikult suurte mõõtmetega.

«Pärast seda pöörasin ma kahuri suudme tahapoole ja panin ta väiksemate mürskudega tagasi tulistama,» jutustab Kondratjuk.

Ja siis ta märkas, et mida suurem on mürskude arv, seda vähem kaalub esimene kahur. Siit läks ta üle raketile. Rakett on ju õigupoolest kahur, mis tulistab pidevalt, paukpadrunitega.

Saanud kätte rakett-lennu põhilise seaduse, jõudis Kondratjuk kohe soodsale järeldusele: kosmilise kiiruse saamiseks on vaja ainult väikest kütusetagavara.

Kellel ei ole seda juhtunud. Teinud kusagil vea ja jätnud selle tähele panemata, rõõmustud raske ülesande vastuse üle. Hakkad kontrollima — ja näe, seal ongi viga. Alga jälle uuesti otsast peale.

Kondratjuk eksis, ja ta meenutab, et «selle vea tagajärjed olid algul väga lootustäratavad». Aga kui ta vea arvutustes ära parandas, siis sai ta arvu «55». Kütuse tagavara peab kosmilise algkiiruse saavutamiseks raketist enesest 55 korda suurem olema.

Kuidas ta ka ennast ei petnud, et see arv ei olegi nii kohutav, ometi tuli mõte selle juurde pidevalt tagasi. Ja Kondratjuk ei rahunenud enne, kui ta leidis selle hirmsa arvu jaoks «vastumürgi».

Ta juurdles selle kallal, kuidas saaks vajalikku kütusetagavara vähendada. Ta otsustas raketi varustada kõigepealt tiibadega, siis muutub väljalend teisele poole atmosfääri kergemaks.

Edasi on tarvilik, et rakett maanduks maakerale ilma kütuse kuluta, kasutades atmosfääri pidurdavat mõju.

Ka Tsiolkovski osutas «maksuta» Maale laskumise viisile õhutakistuse arvel. Pidevalt madalamale tulles joonistab rakett ümber Maa ellipseid. Planeetidevaheline laev tungib iga uue tiiruga üha sügavamale atmosfääri, kiirus väheneb üha rohkem, kuni muutub lõpuks küllalt väikeseks, et võib ohutult alustada planeerimist.

Kondratjuk tegi ettepaneku laskumise hõlbustamiseks rakett muuta maandumisel purilennukiks.

Maapind tuleb üha lähemale. All libiseb mööda pilvede loori mähitud reljeef-kaart. Nüüd on paras aeg! Kõik liigne heidetakse minema. Raketist jääb järele ainult reisijate kabiin suurte tiibade ja sabaga, mis lahtimonteerituina olid kaasa võetud ning mis Maale lähenemisel kokku monteeriti.

Kuid kiirus on veel suur. Purilennuk põleks õhu hõõrdumisest kuumaks minnes ära nagu meteoorid ega jõuaks maapinnale. Ja Kondratjuk teeb ettepaneku ehitada purilennuki osad tulekindlast materjalist ning peale selle seestpoolt kunstlikult jahutatavad.

On vaja organiseerida planeetidevaheline jaam, kus rakett enne pikka kosmose-reisi täiendab oma kütusetagavara.

Väljaspool Maad asuva jaama sisseseadmise võimalusele osutas ka Tsiolkovski.

Maalt saadetakse suur rakett lennule ümber Kuu. Astronoomid jälgivad teda väga tähelepanelikult teleskoopidega. Teleskoobi vaateväljas on tuttav tähtede muster. Ja äkki süttib hele valge laik, see on raketi signaalpind. Tema, selle tulevase jaama, Kuu kaaslase juurde suunatakse rakette. Nad viivad enesega kaasa jaama osasid ja surveülikondades inimesed monteerivad need kokku. Kondratjuk töötas välja niisuguse jaama projekti.

Ta nägi Tsiolkovski töödest teada saades, et ta mitte ainult ei korranud Tsiolkovski töid, vaid tegi ka palju uut.

Maale laskumine ilma kütuse kuluta ja väljaspool Maad asuv jaam on võtmeks maailmaruumi valdamisele. Kondratjuk arvutas välja, et niisugune «võti» vähendab hirmuäratava arvu «55» üheni! Kuu peale reisimiseks koos Kuul maandumisega väheneb kütusetagavara arv 1000-lt 15-ni.



Raketi start.

Pärast seda ei näi teile enam liialdatuna sõnad eessõnast Kondratjuki raamatu «Planeetidevahelise ruumi vallutamine» teisele väljaandele:

«Kaasaegse rakett-tehnika arengu valgusel on autori idee teostumisele väga lähedal, võrreldamatult lähemal kui 18 aastat tagasi võis oletada». See andeka vene mehaaniku raamat ilmus esmakordselt 1929. aastal.

Selle kallal, kuidas võita raskusi, mida püstitavad raketi määratu suure kütusevaru hirmuäratavad arvud, töötas ka Tsiolkovski õpilane Fridrih Arturovitš Tsander.

Siin on tema ettepanek. Ühendada rakett koos lennukiga üheks tervikuks. Tõsta rakett-lennuk suurele kõrgusele nagu sinna tõuseb harilik lennuk. Seejärel alus-

tada lendu raketiga ja lennuki mittetarvilikud osad ära kasutada — tiivad, propeller ja mootor, sulatada erilises katlas, ära põletada ja koos gaasidega välja voolama panna, et tõukejõudu suurendada.

Ka raketi enese konstruktsioon muutub kütteks, sellega väheneb kütuse tagavara, mida oli vaja enesega kaasa vedada. Hirmuäratavad arvud vähenevad.

See on keeruline ja raske, kuid Tsanderi huvitav idee avab ahvatlevad perspektiivid. Ta arvas ise, et raketid, mis kasutavad oma konstruktsiooni osasid kütusena, annavad meile esimesed kosmilised kiirused. Pärast seda võib kasutada päikese energiat, et lennata kiiremini, et purustada maa raskusjõu ahelad ja reisida maailmaruumis.



Kosmose-laev teel.

Selleks mõtles Tsander atmosfäärist väljalendavale raketile ehitada suured peeglid: valguskiirte surve kiirendab planeetidevahelise laeva lendu. Kuid see on keeruline. Peegel peab olema liiga suur.

Insener M. K. Tihhonravov tegi ettepaneku kasutada mitte peegleid, vaid fotoelemente, et Päikese kolossaalne energia ei langeks mitte asjatult planeetidevahelistele reisijatele.

Meil on vaja energiat — kiiruse allikat. On mõttetu jätta kasutamata niisugune kolossaalne energiaallikas, nagu Päike, kuna planeetidevaheline lend nõuab hiiglasuurt energiakulu.

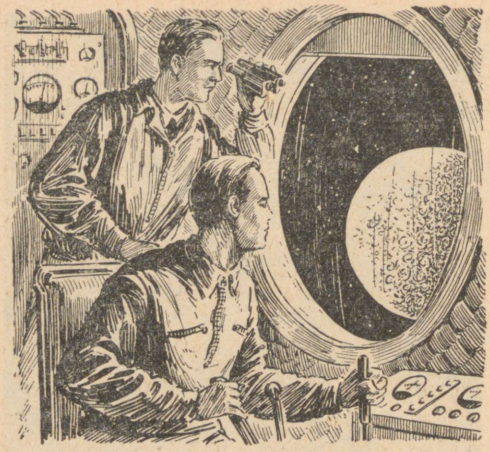
Fotoelemendid annavad elektrienergiat. Elektri toimel lõhutakse vesiniku molekulid aatomiteks. Uuesti molekulideks ühinedes vesinik kuumeneb ja voolab välja kiirusega kuni 20 kilomeetrit sekundis. Selline on elektro-vesinik-rakett, millest räägib Tihhonravov.

Ma jutustasin sellest, missuguseid teid on kavandatud kosmilise kiiruse saamiseks.

Raskused on suured, kuid ühes asjas ei saa kahelda — püsiv töö toob võidu.

Ja anname jällegi fantaasiale vabaduse. Tsiolkovski tegi ettepaneku organiseerida maailmaruumi liikuv jaam.

Observatooriumid ehitatakse kõrgele mägedesse, kus õhk segab vaatlusi vähem. Nüüd kujutage endale ette, et observatooriumi õnnestus kõige kõrgemast mäest kõrgemale viia — atmosfääri taha, sinna, kus midagi enam ei sega vaatlusi ega taevakehade fotografeerimist. Ei õhk — seda ei ole, ei



Lähenemine planeedile.

tolm, ei udu ega pilved — ka neid ei ole siin. Kui palju annaks see astronoomidele! Kui palju Universumi saladusi avaneks inimesele.

Niisuguse observatooriumi võiks ehitada Maa kunstlikule kaaslasele.

Raketid toimetavad siia teleskoobi, mõõteriistad, fotoaparaadid, lahtimonteeritud elamud inimestele — kõik vajaliku elamiseks ja töötamiseks väljaspool atmosfääri asuvas jaamas — kunstlikul saarekesel Universumis. Saareelanike majadel on kahekordsed uksed, lüüsid. Maja sisemus on vaheseintega jaotatud osadeks, samuti nagu laeva või allveelaeva kere. Kui ühes osas tekib õhu äravool, siis teised selle all ei kannata. Läbi suurte kvartsklaasist akende paistab ere päikesevalgus. Siin ei kattu päike kunagi pilvedega. Majas on kasvuhoone, kus kasvab aed- ja puuvili.

Ja nagu tõeline planeet liigub ka jaam oma orbiidil, samal ajal oma telje ümber pööreldes. Pöörlemisel tekib kiirendus, tähendab, ka kunstlik raskusjõud, mida me võime oma tahtmise järgi muuta, jaama pöörlemist aeglustades või kiirendades.

Jaam on «vaksaliks» planeetidevahelistele laevadele, mis lendavad Maa pealt kosmose-reisidele. Nad randuvad jaama juurde, täiendavad oma kütusetagavara ja valmistuvad pikale lennule. Rakett-laevad kurseerivad jaamalt Maale ja tagasi. Siit saadetakse rakette Kuu peale, asteroidide jahile, uue, ennenägematu otsingule, teistesse maailmadesse...

Tsiolkovski ennustas, et alguses toimub lend atmosfääri taha, selle järel ehitame Maa kaaslase — maavälise jaama, millele järgneb teine, kolmas... Ja maailmaruumis tekivad saared — teaduse eelpostid maailmaruumis.

Seal teeb kõik Päikese ammendamatu energia. See annab valgust, soojust, kasvatab imetoredaid vilju, paneb liikuma laevad ja masinad, sulatab metalle.

Toome näiteks ühe lihtsama soojusmasina. Päikesekiirte mõjul muudetakse kergesti keema hakkav vedelik auruks. Teinud auruturbiinis oma töö, juhitakse aur varju, maailmaruumi surmavasse külmusse, kus ta muutub jälle vedelikuks. Niimoodi võib Päike lõpmatult meie heaks tööd teha.

Maa saab ainult väga väikese osa kogu päikese-energiast. Päikese üldenergia on 2,2 miljardit korda suurem, kui see osa, mis Maa peale satub. Vaat milliseid aardeid võib inimene valitseda, kui ta oskab koduneda taeva avarustes.

Maavälised jaamad muutuvad aja jooksul uuteks energiavabrikuteks,

mis kasutavad Päikese ammendamatuid energeetilisi rikkusi, et meid veelgi paremini varustada võitluseks planeedi looduse ümberkujundamise eest.

Meie maal lähevad täide inimese kõige julgemad unistused. Me kujundame ümber loodust, valitseme aatomienergiat, ehitame «mõistusega» masinaid, muudame töö kergeks.

Me usume, et lähevad täide ka julged unistused planeetidevahelisest reisist ja maailmaruumi vallutamisest.

Planeetidevaheliste reiside ees seisavad suured ja õilsad ülesanded. Need viivad meid maailma tundmises edasi uue, tohutu suure sammu võrra ja annavad inimkonna käsutusse kolossaalsed energiavarud.

Planeetidevaheliste reiside vastu tuntakse huvi ka ookeani taga. Ainult et see huvi on seal hoopis teist laadi.

Fantastilises ameerika filmis «Sihtjaam — Kuu» näidatakse ühe kindrali poolt juhitava teadlaste grupi reisi Kuule.

Sihtjaam — Kuu. Aga eesmärk? Uraanimaak, mida võib-olla leidub meie kaaslasel. Ja ameerika kindral kuulutab ekraanilt: «Kes valitseb Kuud, see valitseb maailma . . . »

Aatomipommide, reaktiivmootorite ja reaktiivlennukite, relvade ja laskemoona valmistamiseks vajalikku toorainet — just seda tahaksid imperialistid leida teistelt planeetidelt.

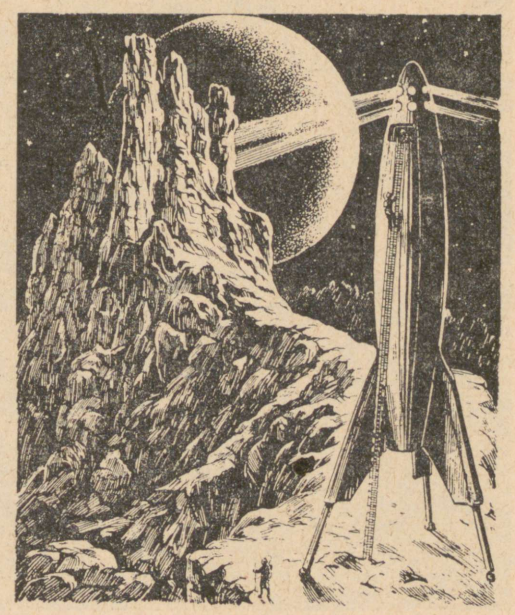
Muuta Kuu ja planeedid ameerika kolooniateks, monopolide rikastumise allikaks — just seda tahaksid «Universumi argonaudid» — surmakauplejad.

Hitleri «loorberid» ei anna neile rahu.

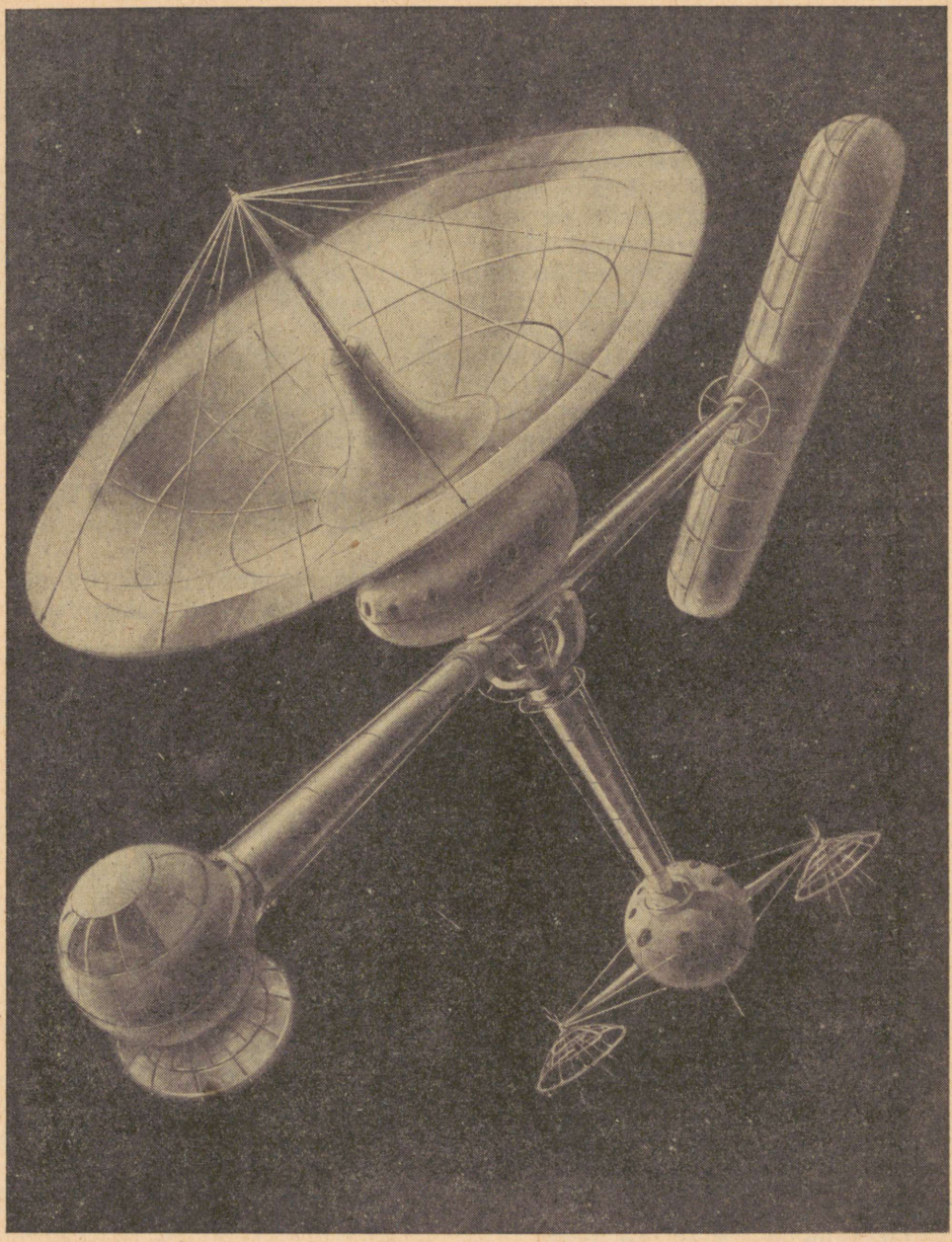
Luua Maale kunstlik kaaslane ja muuta see maaväliseks sõjaväebaasiks, tungida planeetidevahelisse ruumi, et Maa peale surma paisata — niisugune on nende meeletute eesmärk.

Maa kaaslaselt võib kontrollida peaaegu kogu planeeti, võib rakettidega tulistada iga punkti maakeral. Peale selle on see väga sobiv vahejaam lühilaine raadio kaugside ja kaugnägemise jaoks. Ei tohi unustada, et lennu juhtimiseks on vaja nii raadiot kui ka kaugnägemist, mitte küll planeetidevaheliste lendude, vaid lihtsate suure tegevusraadiusega maapealsete rakettide jaoks.

Uraanimaak Kuul on veel probleem.



Planeedil.



Maaväline jaam. Üleval vasakul on helioseade, selle all eluruum, mis on koridoride kaudu ühenduses kasvuhoonega (paremal), astronoomia-observatooriumiga ja maailmaruumi uurimise laboratooriumiga.

Kuid «kes valitseb Kuud» — kunstlikku Kuud —, «see valitseb maailma». Planeetidevahelise raketiti on võib-olla veel pikk tee, kuid mandritevaheline rakett on lähedal. Ja imperialistid kulutavad rakett-tehnika arendamiseks raha, et rikastuda sõjas.

Vene teadus ei avanud teed maailmaruumi mitte selleks, et seal peremehetseksid need, kes tahavad planeeti verre uputada!

Meie maa teadus näeb planeetidevaheliste reiside ja väljaspool Maad olevate jaamade jaoks teist otstarvet. Atmosfääri kõrgemad kihid ja planeetidevaheline ruum on mõistatuste varaait. Praegu me tungime sinna sisse. Ei ole raske ette kujutada, missugused ebatavaliselt laialdased võimalused avab teadlastele alaline teaduslik laboratoorium väljaspool Maad.

Me uurime praegu meid ümbritsevat maailma õhuookeani põhjast. Kui planeetidevahelisse ruumi ilmub inimkätega loodud uus taevakeha, siis teeme esimese sammu Universumi. Ja see viib meid kaugele edasi looduse tunnetamise lõputul teel.

Tulevik kujuneb järgmiseks. Me näeme planeete lähedalt ja külastame neid. Rakett-laevad saadetakse kaugetele kosmose-reisidele, et tuua Maa peale uusi teadmisi. Selles on eesrindliku nõukogude teaduse tõeline mõttejulgus, tõeline revolutsiooniline hoog. Ja selles ei ole kahtlust, et ka esimese maailmaruumi-lennu au kuulub just nõukogude teadusele.

Missuguseks kujuneb see tee?

Tsiolkovski viitas sellele, et mis «täna on võimatu, muutub homme võimalikuks . . . ». Ülisuured kosmilised kiirused võimaldavad võita mitte üksnes päikesesüsteemi avarusi, vaid tungida ka maailmaruumi sügavusse, muidugi väga kauges tulevikus.

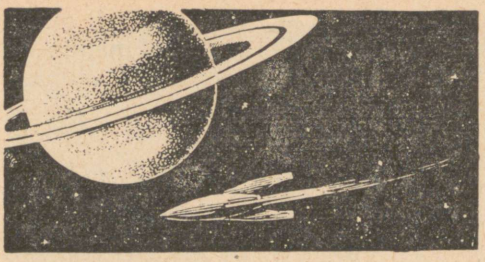
Me elame ajajärgul, kus Gorki sõnade järgi kaugused lühenevad uskumatu kiirusega kõige meeletumast fantaasiast täiesti reaalse tegelikkuseni . . .

Astronoomid avastasid planeedid — tähtede kaaslased. Niisuguseid planeetide-süsteeme on ka meie Päikesele suhteliselt lähedal asuvatel tähtedel. On täiesti võimalik, et ka nendel planeetide-süsteemidel on olemas elu ja võib-olla isegi kõrgelt arenenud elu. Juba kuulus teadlane Giordano Bruno kinnitas suure hulga asustatud maailmade olemasolu. Meie astronoomide uued saavutused tõendavad hiilgavalt materialistlike vaadete õigsust elu olemasolu võimalusele maailmaruumis. See teeb mõtte tähtedevahelistest lendudest ja reisidest meie Päikese, mis ise on harilik täht, õdede kaugesse maailma eriti huvitavaks.

Kuid kas on kunagi mõeldavad lennud kiirusega 100 000—200 000 kilomeetrit sekundis, mida võiks võrrelda valguse kiirusega?

Maailmaruumi piiritute avaruste jaoks ei kõlba meie maapealsed mõõdupuud. Valguse kiirus on 300 000 kilomeetrit sekundis, valgusaasta on tee pikkus, mille valgus läbib ühe aasta jooksul. Miljonite ja miljardite aastate pikkused ajavahemikud — need on kosmose mõõdupuud, meid ümbritseva mõõtmatult suure maailma mõõdupuud.

Valgusekiirel kulub kõige lähema Päikeseni jõudmiseks neli aastat. Neli aastat reisimist, kiirusega 300 000 kilomeetrit sekundis.



Rakett televisioon-saatjaga.

Need arvud mahuvad vaevu teadvusse, masendavad oma kujutlematu suurusega.

Kuid julge inimmõte ei tagane astronoomiliste arvude ligipääsmatu kindluse ees.

«Ma olen valmis nõustuma planeetidevahelise ühenduse pidamisega iga päikesesüsteemi piires, kuid kellelgi ei ole julgust nõustuda päikestevahelise ühenduse pidamisega,» räägib oponent Tsiolkovskile.

«Teiste tähesüsteemide uurimine on inimese jaoks igavesti suletud,» räägib Esnault-Pelterie.

«Ma usun mõistuse võimsust,» vastab Tsiolkovski. «Meil ei ole praegu mingit aimu mõistuse ja teadmiste piiridest, nii nagu meie esivanematel ei olnud ettekujutust tänapäeva sugupõlve tehnilisest võimsusest. Kes uskus kakssada aastat tagasi raudteed, aurulaeva, aeroplaani või raadiot!»

Ja inimese mõistus pöördub nende energiaallikate poole, mis võivad anda uusi, seninägemata kiirusi.

Osakesed, mis lendavad välja raadiumi aatomite lagunemisel, liiguvad kiirusega kümneid tuhandeid kilomeetreid sekundis. See on mitu korda suurem gaasijoa kiirusest, mille annab vesiniku ja hapniku põlemise produkt.

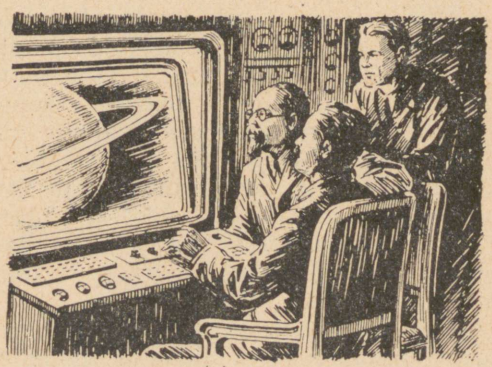
Aatomi tuuma suletud energia on suurem kõige võimsamast keemilisest energiast.

«Ja kui oleks võimalik kiirendada radioaktiivset lagunemist,» jätkab Tsiolkovski, «siis muutub kättesaadavaks niisugune kiirus, millega aeg lähima päikeseni jõudmiseks piirduks 10—40 aastaga. Siis oleks tonnise raskusega raketil kõikide sidemete purustamiseks päikesesüsteemiga vaja ainult killuke raadiumi.

Aga võib olla, et elektri abil saab aja jooksul heitegaaside kiirust veelgi suurendada. Elektrienergia või erilised kiiresti lagunevad radioaktiivsed ained on nendeks vahenditeks, millega saavutatakse suuri kiirusi,» pöördub Tsiolkovski nende poole, kellel ei jätku julgust nõustuda grandioossete kosmosereiside võimalusega.

On olemas ka teine energialiik, mis võimaldab meil ülisuurte kiiruste saamist.

Seda ei ole vaja enesega kaasa võtta. See tuleb ainult kinni püüda,



Televisioonsaate vastuvõtmine raketilt.

meie kasuks tööle panna. See on kiirgusenergia, mis kihutab kosmilist ruumi mööda.

Laseme sel praegu jääda fantaasia alaks. Perspektiivid, mis avab rakett, «on grandioossed, mõistusele peaaegu arusaamatud» — nii rääkis Tsiolkovski.

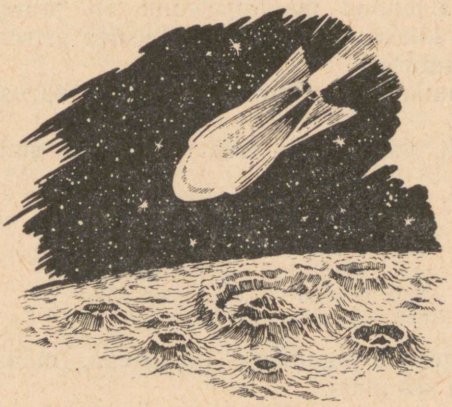
Kuid kas saab panna piiri uurivale inimmõttele, inimese mõistuse võimsusele, nõukogude teaduse ja tehnika võimsusele?

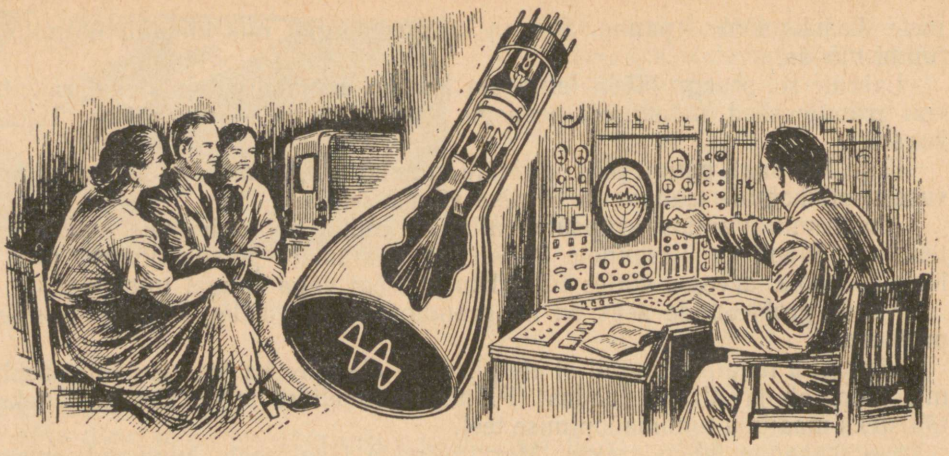
Akadeemik Vavilov kriipsutas alla, et «nüüd pöördub meie teadus ja tehnika tänapäeva ülesannete kõrval ka suuremate perspektiivsete probleemide poole, arvesse võttes tulevikku ja isegi väga kauget tulevikku.»

Nende probleemide seas on ka grandioosne ja veetlev kosmose-reiside probleem.

Lõpmatul maailmaruumil ei ole piire. Ei ole piire ka teaduse võimsusel, mis tunnetab ja alistab loodust. Planeetidevahelised reisid saavad uuteks tähisteks maailma tundmaõppimise teel.

See ülesanne lahendatakse. Marxi sõnade järgi seab inimkond enese ette ainult niisuguseid ülesandeid, mida ta on võimeline lahendama. Ja planeetidevaheliste lendude küsimus on lähemas tulevikus teadusel ja tehnikal päevakorras.





ALISTATUD ELEKTRON

Kosmose-laevad ja lennud maailmaruumi on praegu alles fantastika. Kuid kosmilised kiirused ei ole enam üksnes astronoomide päralt. Nad on ka inseneride käsutuses.

Meie sajandi tehnika on vallutanud ülisuurte kiiruste maailma. Erilise, imepärase maailma!

See on lõpmatult väike, kuid samal ajal ka suur. Poeedi sõnadega rääkides:

Vist aatomis planeete ringi
käib nagu tähti taevateil.
Seal ruumis kitsas kõik, mis siingi,
veel sedagi, mis puudub meil.
Neil mõõdud väikesed, kuid siiski
neis lõpmatus, just nagu siin.

Seal on meil tegemist gigantsete kiirustega, määratu suurte pöörete ja võngete arvudega sekundis.

See väga väikeste kauguste, väga väikeste ajavahemike ja väga väikeste masside maailm on meile nähtamatu.

Kuid väikeste nähtamatu maailm teeb inimese kätes suuri asju. Meil on õnnestunud luua masinaid, mis töötavad ülisuurte kiirustega.

Tänu sellele on saanud võimalikuks paljud meie päevade tehnika saavutused — raadiolokatsioon, kaugnägemine, röntgenoskoopia, mikroskoop, suurendusega 100 000 korda, ja teleskoop, mille abil võib vaadata seniuurimata maailmaruumi sügavustesse, «masinmatemaatika», imelised automaat-tööpingid ja automaadid-kontrolörid...

Nad said võimalikuks sellepärast, et me õppisime juhtima kõige väiksemate elektriliste osakeste — elektronide nähtamatut voogu.

Kas on tõesti võimalik ehitada masinat, mille osad liiguvad kiirusega mõnikümmend tuhat kilomeetrit sekundis? Masinat, mis täidaks meie soovid silmapilkselt, nagu mõte?

See, mida meile andsid elektronaparaadid, avas hoopis ebaharilikud võimalused.

Näha nähtamatut — kaugete tähtede maailma ja molekulide maailma. Näha seda, mis näib olevat kõige sügavamal looduses, kõige sügavamal asjade sisus, mis on meie silmade eest igavesti varjatud.

Kuulda paljude tuhandete kilomeetrite kauguselt. Raadio ja telegraafi kaudu kujutisi edasi anda. Saata raadiosignaal Kuule ja saada tagasi peegeldunud signaal, mis vastab täpselt küsimusele, kui palju maad on meie kaaslaseni. Vaadelda vihma ja äikest kümnete kilomeetrite tagant. Juhtida kindlalt merel laevu ja õhus lennukeid — öösel, udus, pilvedes, ükskõik missuguse ilmaga.

Lahendada silmapilkselt väga keerulisi matemaatilisi ülesandeid, teada saada, mis toimub metalli sisemuses või väga kiirekäiguliste masinate detailides, ilma metalli purustamata ja masinat peatamata.

Kuivatada puitu tuhat korda kiiremini. Tuhat korda kiiremini välja selgitada rauamaagilademete asukohad. Tuhat korda kiiremini teada saada kõik metallide ja sulamite omadused.

Juhtida kolossaalse kiirusega toimuvaid väga keerulisi keemilisi muundumisi, automaat-pinkide tööd, kontrollida valmistooteid nii täpselt ja nii kiiresti, mida ei suuda kõige parem inimene-kontrollija.

Elektronaparaatidel on ebatavalised «tundeorganid». Nad võivad «kinni püüda püüdmatu»: nii nõrga elektrivoolu, et tavalised aparaadid seda ei märkagi; inimkehast kiirguva soojuse peaaegu poole kilomeetri kauguselt; valguse heleduse väga väikese muutuse — saadiku aine sisemusest ja maailmaruumi sügavusest; miljondiku sekundi suurusi ajavahemikke; võnkumisi sagedusega miljard korda sekundis...

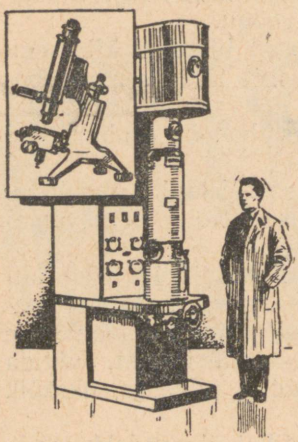
Elektronseadmete kaal ja mõõtmed on väga väikesed. Nad töötavad hääletult. Neid on kerge juhtida ja reguleerida. Nad saadavad korda imesid. Tibatilluke aparaat võib «käsutada» määratu suurt mehhanismi, tema tööd jälgides ja teda juhtides: elektronseadmed suurendavad ülekantavat võimsust miljardeid kordi...

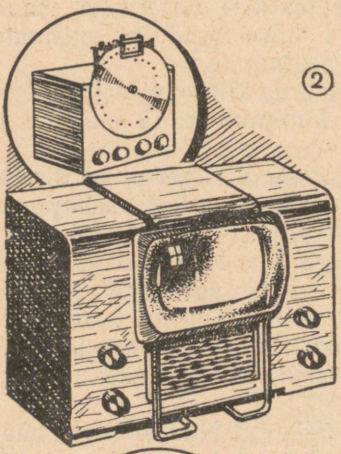
Nõukogude teadlased ja insenerid on elektroonika alal saavutanud suuri võite.

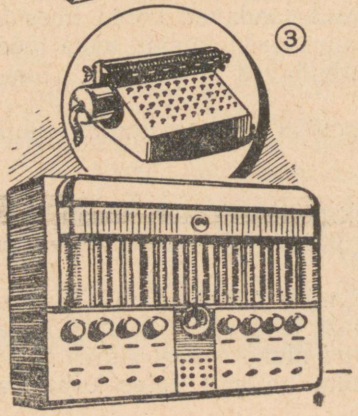
Nendest võitudest jutustamegi nüüd.

Kui palju teravmeelsust, leidlikkust, peent eksperimentaatori kunsti, keerulisi teoreetilisi arvutusi ja katseid on paigutatud võitu mikromaailma üle!

Füüsika kaalus, mõõtis ja uuris neid osakesi, mille mõõtmed on nii kaduvalt väikesed, et mõte keeldub seda kujutlemast ja arvud kaotavad juba oma arusaadavuse. Ainult analoogia meile tuntud olukordadest annab neist ettekujutuse. Räägitakse näiteks taolist: vesiniku aatomit tuleb kujutada







endale avara saali suurusena, et elektron oleks silmale vähegi nähtav, kas või punktina, mida te näete selle lause lõpus.

Aatomite maailma tegeliku suuruse kujutlemiseks ei ole meie ettekujutusvõime suuteline. Ja seda eredamalt seisab meie ees tänapäeva teaduse võimsus. Nende teaduse järelduste õigsuses, mis meie meeltele jäävad kättesaamatuks, veendume me praktika abil.

Kui me kuulame raadiot või vaatame helifilmi, kui me raadiolokaatoriga «ulatume» Kuuni, kui alistatud elektron töötab sõnakuulelikult kümnetes mitmesugustes seadmetes, siis on see ju teaduse looming. Ilma teaduseta ei oleks need imeväärsed tehnika saavutused võimalikud.

Heidame nüüd pilgu elektronseadmete sisemusse.

Elektronseadme aluseks on elektron. See aine kõige väiksem osake on äärmiselt kerge. Et näidata, kui suure murdosa grammist üks elektron kaalub, tuleb pärast koma kirjutada 27 nulli, alles siis järgneb väärtusega number. Miljardikus grammis on üle miljard miljardi elektroni!

Elektron on kõige väiksem elektrilaeng. Elektronid ei tarvitse üksnes aatomis tuuma ümber tiirelda, nagu planeedid Päikese ümber.

Rakett, mis on Maa külgetõmbejõust

Elektroonika saavutused.

1. Elektron-mikroskoop suurendab 100 000—200 000 korda, ja võimaldab näha kuni ühe miljondiku sentimeetri suurusi osakesi — suuri molekule. Optilises mikroskoobis, mis suurendab kuni 2000 korda, ei ole näha osakesi suurusega alla kahesajatuhandiku sentimeetri. *2.* Elektrontäppimisega televiisor annab poolest miljonist elemendist koosneva kujutise ja võib lähemas tulevikus anda kujutise poolteisest miljonist elemendist, mis vastab heledale, teravale projektsioonile kinoekraanil. Mehaanilise täppimisega televiisor andis 19 200 elemendist koosneva kujutise. *3.* Elektron-arvutusmasin võib arvutada meteoori trajektoori rutem, kui meteoor jõuab atmosfääri piirilt Maale. Aritmomeeter lõpetaks selle töö palju hiljem. *4.* Ülikõrgsageduse elektronlambid võimaldavad saada elektromagnetilisi võnkumisi kümnetesse miljardidesse küündiva sagedusega sekundis. Masingeneraatorid andsid voolu sagedusega kuni 30 000 võnget sekundis. *5.* Elektron-ostsillograaf (aparaat võnkumiste ülesmärkimiseks) registreerib võnkumisi, mille sagedus sekundis ulatub miljardini. Teist tüüpi ostsillograaf ei märgi võnkumisi, sagedusega üle 10 000 sekundis. *6.* Betatronis — laetud osakeste kiirendajas — antakse elektronidele kiirus, mis on valguse kiirusest ainult 0,03 protsenti väiksem. Kaugelaskesuur-

üle saanud, läheb planeetide sekka rändama. Kui rakett võidab Päikese külgetõmbejõu, siis ei ole ta enam meie päikesesüsteemi liige ja suundub maailmaruumi sügavustesse, kaugele kosmose-reisile.

Raketil aitab raskusjõudu purustada kiirus, kiire liikumine.

Elektronid, mida metalli aatomi tuum küllalt tugevasti kinni ei pea, vabastavad enda tuumast. Nad muutuvad vabadeks, ei jää enam tuuma kaaslasteks ega tuumasüsteemi liikmeteks. Kui elektronide kiirus on küllalt suur, siis ületavad nad laetud aatomite külgetõmbejõu ja vabanevad mitte ainult oma «koduaatomist», vaid ka kõikidest teistest selle metalli aatomitest.

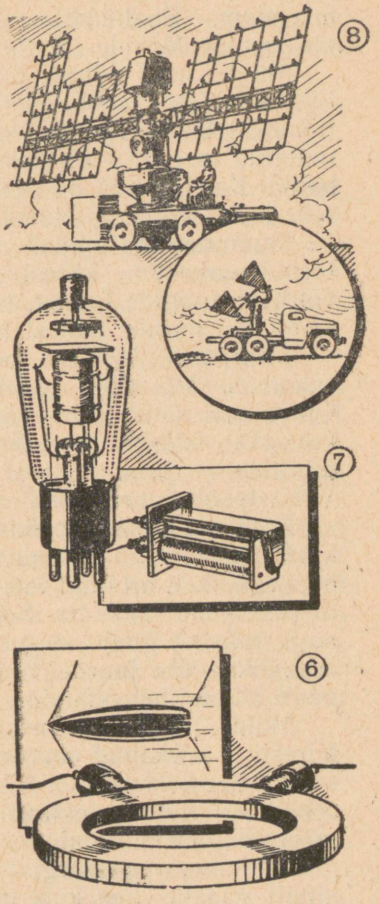
Kuidas saadakse niisuguseid kiireid elektrone? Mis võib sundida elektrone metallist lahkuma?

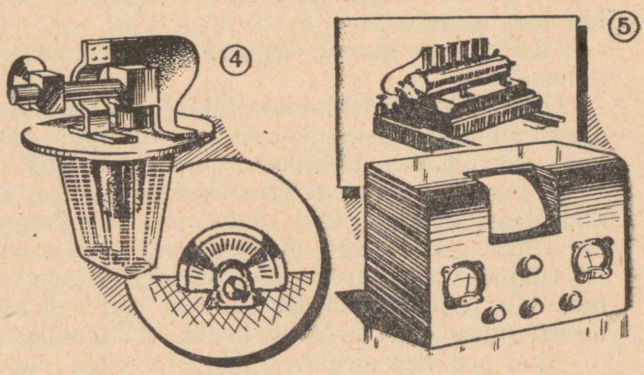
Kuumutamine, kõrge temperatuur.

Soojus on liikumine, ja mida rohkem metalli kuumutada, seda kiiremini liiguvad metalliosakesed, aatomid ja elektronid.

Alguses eraldub pinnalt elektrone vähe, siis aga üha rohkem. Tekib elektronide vool, elektriliste osakeste laviin.

Nad on nähtamatud, kuid teatavad oma olemasolust. Pommitades vääveltsingi kihiga kaetud ekraani, panevad elektronid ekraani





tüki mürsu kiirus on umbes 1,5 kilomeetrit sekundis. 7. Elekronseadmed — releed — võivad elektriahela sisse lülitada miljondiku sekundi jooksul. Elektromagnetilise relee lülitusaeg ulatub sekundi tuhandikesse osadesse. 8. Raadiolokaator avastab lennuki 10 kilomeetri kaugusel 0,00007 sekundi jooksul. Helipüüdeaparaat vajaks selleks 30 sekundit, millise aja jooksul tänapäeva kiirlennuk lendab umbes 10 kilomeetrit.

helendama. Kaaliumkloriidi kihiga kaetud ekraani valgel foonil ilmuvad elektronide löökide all tumedad laigud.

Muide, need nähted tekivad ühel tingimusel: kui elektronid lendavad tühjuses. Tihedas õhus või gaasis ei õnnestu elektronidel jõuda ekraanile — liikumist takistavad teel olevad gaasiosakesed. Seepärast asetatakse kuumutatud metall — elektronide allikas — ballooni, kust õhk on välja pumbatud. Kui ballooni on veel jäänud hõrendatud gaasi, siis pommitab elektronide laviin gaasi aatomeid.

Pommitamine tekitab aatomite maailmas segadust. Sinna tormas sisse laetud osakene — kiiresti lendav elektron. Sellisel elektronil ei ole muidugi võimalik tungida tuuma, tal ei ole selleks küllalt energiat, et aatomi südameni läbi murda. Sellest hoolimata toimuvad aatomis suured sündmused.

Sisselendav elektron toob enesega kaasa energiat. See ei saa aatomi seisukorrale jätta mõju avaldamata. Aatom on sissetungist äärmiselt pahane. On ju seal aatomite maailmas range kord. Tuuma kaaslastel, elektronidel, lubatakse ümber tuuma liikuda ainult rangelt kindlaks määratud teedel — orbiitidel — ja ainult seal. Aga nad võivad ühelt orbiidilt teisele üle hüpata. Väljastpoolt juurde toodud energia on neil seejuures abiks.

Kuid see hüpe ei möödu aatomile ilma kuludeta, kuna igal elektronil on kindlaksmääratud energiahulk, mis igal orbiidil on isesugune. Elektroni hüppega ühelt orbiidilt teisele kaasub elektroni energia muutumine: energia ülejääk peab lahkuma. See lahkubki kiirguse, valguse näol. Häiritud, või nagu füüsika ütleb, ergutatud aatom levitab valgust. Ta püüab endise «rahuliku» elu juurde tagasi pöörduda. Neist põrutustest signaliseerib meile aatomi helendamine.

Muide, just sellepärast helendab ka kuum gaas. Gaasi aatomid liiguvad kiiresti ja põrkavad omavahel kokku, nende energia kasvab ja saab küllalt suureks, et kokkupõrkel toimuks elektroni hüpe ühelt orbiidilt teisele. Teisele orbiidile sattunud elektron püüab tagasi minna sellele orbiidile, mis talle on määratud, ja vabastab sealjuures varemomandatud energia ülejäägi. Kiirgub annus valgusenergiat — kvant, kiirgub valgus, mis on iseloomustav ainult gaasile. See kõik toimub mõistagi kujutlematult väikese sekundi murdosa vältel.

Hõrendatud gaasis ergutab ka elektrivool, elektronide voog gaasi aatomeid.

Gaas hakkab elektronide löökide all helendama. Reklaam-kirjad helendavad punase, rohelise või sinise valgusega. «Päevavalguse lambid» annavad valget, päevavalgusele sarnanevat valgust.

Praegusel ajal õnnestub elektronseadmetes saada hõrendust, mis küünib atmosfääri tuhande miljardiku osani! Niisugune tühjus valitseb kaugel atmosfääri piiride taga, planeetidevahelises ruumis.

Tühjust on elektronseadmetes vaja selleks, et elektronidele teed puhastada. Kui rõhk on õhurõhust miljon korda väiksem, siis on igas kuupsentimeetri suuruses ruumiosas umbes 10 000 miljardit õhu molekuli.

Alles peaaegu ideaalses tühjuses, väga suures vaakuumis on vabadele elektronidele avatud vaba tee.

Kuid elektronide allikas (seda nimetatakse katoodiks) ja suur vaakuum ei ole veel kaugeltki kõik, mida elektronseadme loomiseks vaja on.

Elektronide voogu tuleb veel juhtida, kiirendada selle liikumist ja muuta liikumise suunda. Kuidas seda teha? Kuidas käsutada osakesi, mis on aatomist 100 000 korda väiksemad?

Siinjuures tuleb appi nende kõige väiksemate negatiivselt laetud elektriosakeste loomus. Erinimelised laengud tõmbuvad, ühenimelised tõukuvad. Järelikult saab elektrit juhtida elektri enesega.

Asetades elektronide voolu teele positiivselt laetud elektroodi (seda nimetatakse anoodiks), sunnime sellega elektrone kiiremini liikuma, sest anood tõmbab elektrone enda poole. Elektronid on kujutlematult väikesed ja kerged. Selle tõttu võib elektronidele elektrilise jõu abil anda hiiglasuuri kiirusi, mis ulatuvad kümnetesse tuhandetesse kilomeetritesse sekundis.

Insener G. Prudkovski toob järgmise huvitava näite. Selleks, et mingi masinaosa ühe grammi suurust massi ühe miljondiku sekundi jooksul ühe millimeetri võrra edasi nihutada, on vaja 200 tonni suurust jõudu. Võrdluseks olgu öeldud, et suurtükist laskmisel suruvad gaasid mürsule umbes 10 kilogrammi suuruse jõuga iga grammi mürsu kaalu kohta.

Ühe voldi suurune pinge mõjub tühiselt väikesele elektronile tühise jõuga. Kuid ühe grammi massi kohta ümberarvutatult moodustab see jõud umbes 2 miljonit tonni! Ühe sentimeetri suuruse vahemaa katoodi ja anoodi vahel läbib elektron 4 sajamiljondiku sekundi jooksul. Elektroni kiirus on 600 kilomeetrit sekundis. Kui katoodi ja anoodi vahel pinget suurendada, siis võib elektroni panna liikuma veelgi kiiremini. Nii liigub näiteks elektron 1000-voldise pinge puhul 18 000 kilomeetrit sekundis. Sel juhul kulub elektronil lennuks ainult üks miljardik sekundit.

Meie aparaatides konkureerivad elektronid valguse kiirusega.

Füüsika õpetab, et suurtel kiirustel, mis on võrreldavad valguse kiirusega, kehtivad eriseadused. Mass hakkab kiiruse suurenemisega kasvama. Elektron, mis on viidud kiiruseni ütleme 50 000 kilomeetrit sekundis, kaalub tõesti natuke rohkem — ligikaudu 2% — kui liikumise algul.

Teadlased saavutavad veel suuremaid elektronide kiirusi.

Väga väikeste osakeste voog, mille elektrilised jõud liikuma panevad, sai inimese käes võimsaks aatomi tuuma pommitamise relvaks, aatomimaailma uurimise relvaks.

Laetud osakeste kiirendajates õnnestub läheneda valguse kiirusele. Just nendes kiirendajates saadakse kiirus, mis on valguse kiirusega peaaegu võrdne — vahe on ainult kolm sajandikku protsenti. See on kõige suurem kiirus, mis inimene on Maa peal kunstlikult saanud.

Et sundida elektroni valgusele järele kihutama, kasutatakse elektroni kiirendamiseks elektrilisi ja magnetilisi jõude. Elektron, mida need jõud tagant piitsutavad, tiirleb sadu tuhandeid kordi omapärasel elektromagnetilisel «karussellil» ringikujulist orbiiti mööda. Väga väikese ajaühiku jooksul jõuab ta ringjoonel läbida üle tuhande kilomeetri pikkuse teekonna.

Elektron saab iga tiiruga kiirust juurde, mis hoovõtu lõpuks osutubki nii koletu suureks.

Suurem kiirus tähendab aga suuremat energiakogust. Tohutu energia saanud osakesed tungivad nagu mingi ülivõimsa suurtükiväe mürsud aatomi sisemusse. Need «rahurikkujad» löövad aatomi tuumast üksikuid osakesi välja. Ühe elemendi tuum muutub teise elemendi tuumaks. Üks element muutub teiseks.

Ei ole väga palju aega tagasi, kui Mendelejevi tabel lõppes 92 elemendiga. Nüüd on selles tabelis 100 elementi. Uued, meile senitundmatud elemendid on saadud kunstlikult.

Ülikiired masinad, kus töötavad laetud osakeste vood, annavad võimaluse tunnetada aatomite muundumisi ja võimaluse neid muundusi juhtida.

Maailmaruumi sügavusest tulevad Maa peale kosmilised kiired. Nad tungivad Maa atmosfääri ja purustavad oma teekonnal õhuosakesi, neist elektrone välja lüües, mõnikord isegi aatomituuma lõhkudes. Kosmilised osakesed kutsuvad aatomites ja molekulides esile terve laviini väga keerulisi muudatusi.

Stalini preemia laureaat professor J. P. Terletski avaldas ja põhjendas oletuse, et maailmaruumis on «kosmilised tsüklotronid» — tähed, mis pöörlemisel moodustavad magnetilise karusselli. Nii annavad kosmilistele osakestele hiiglaslikud elektromagnetilised jõud sellise tohutu kiiruse, milles on varutud energiat pikkade rännakute ja aatomite maailma ründamise jaoks.

Praegu mõtleme me selle üle, kuidas saada Maa peal kunstlikke kosmilisi kiiri, et tungida veel sügavamale mikromaailma saladustesse, looduse kõige ligipääsmatumasse kindlusesse — aatomi tuuma.

Elektrilistest jõududest liikuma pandud elektronid lendavad kosmilise kiirusega planeetidevahelises tühjuses, mille me oleme loonud ja sulgenud elektronseadmesse — väikesse «Universumi tükikesse», kunstlikku kosmilisse laboratooriumi Maa peal.

Mis juhtub siis, kui kosmilise kiirusega tormavate elektronide teele tekib takistus? Milleni viib elektroni — väikese ülikiire aatomimaailma mürsu poolt tekitatud löök?

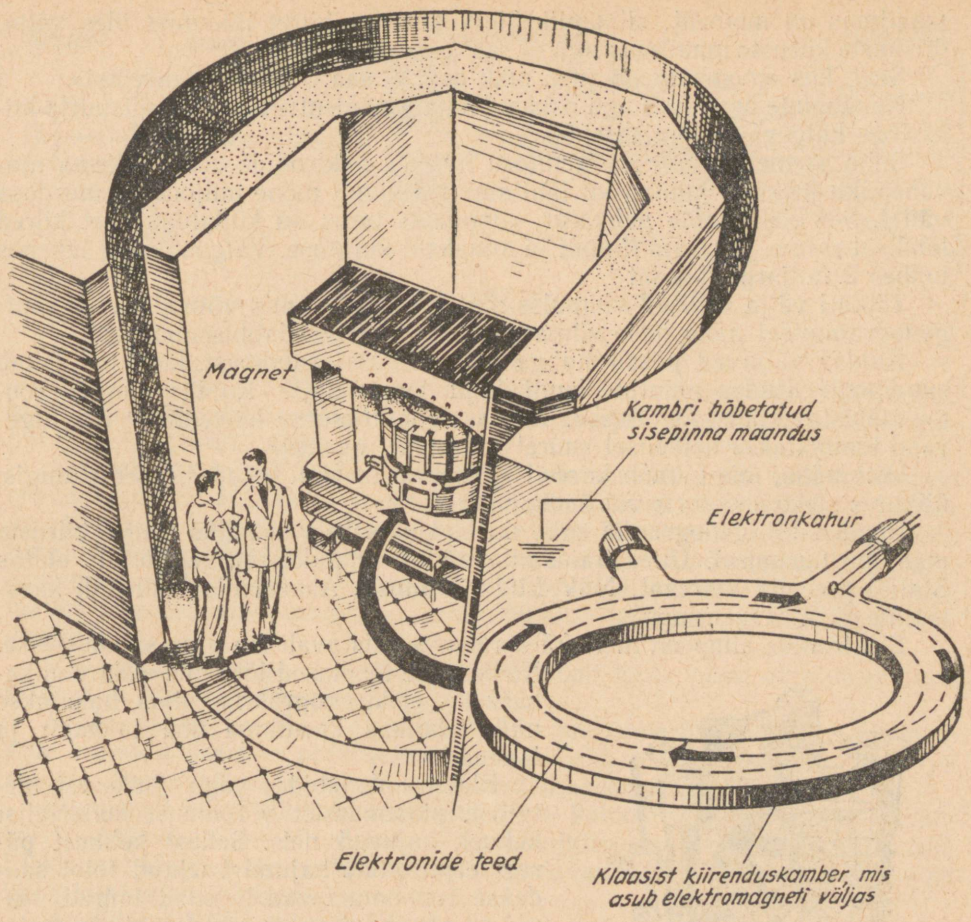
On selgunud, et järsku pidurdatud elektroni liikumisenergia läheb üle kiirgusenergiaks. Tekivad silmale nähtamatud, kuid sügavale aine sisemusse tungivad kiired. Need on võimelised tungima kaugele mikromaailma sügavustesse.

Isegi kui elektronidel ei ole kosmilisi ülikiirusi, vaid kui nad lendavad «väikese» kiirusega, tuhat kilomeetrit sekundis, ka siis tekivad nende löögist takistuse pihta nähtamatud kiired.

Need nähtamatud röntgenikiired võimaldavad vaadata nägematut.

Viimased röntgen-tehnika saavutused avasid meile uued, ebaharilikud võimalused.

Ei ole raske teha röntgeniülesvõtet liikumatust esemest. Röntgenikiired mõjuvad spetsiaalsele filmile samuti nagu tavalised valguskiired fotoplaadile. Röntgenikiired läbistavad mitmesuguseid esemeid erisuguselt ja film



Betatron — laenguga osakeste kiirendaja.

tumeneb eri kohtades erinevalt. Seepärast võib röntgeniülesvõttel väga selgesti näha inimskeleti luid, münte rahataskus, pragusid ja tühemikke valutükis, vana kujutist maali uue värvikorra all.

Kuidas saab aga teha röntgeniülesvõtteid esemetest, mis liiguvad väga suure kiirusega? Kuidas saab vaadata kiirekäigulise masina detaili sisemust töötamisel? Seejuures on nagu suure kiirustega protsessidelgi aja arvestus teistsugune — mitte sekundites, vaid milli- ja mikrosekundites, tuhandikes ja isegi miljondikes sekundites — niisugused on seal aja mõõdud.

Ülesvõtte tegemiseks tarviliku valgustusaja jooksul, mida tavaliselt arvestatakse sekundite või minutitega, võib toimuda väga palju. «Harilikus»

maailmas on moment, silmapilk küllaldane, et kiiret liikumist üles võtta, ülisuurte kiiruste maailmas aga ei saa seda enam teha.

Seal, kus «moment» on juba pikk aeg, ei saa olla «momentvõtet».

Nõukogude õpetlased aga oskasid luua «momentvõtted» ka ülisuurte kiirustega kulgevatele protsessidele.

Selle asemel et läbi röntgenitoru juhtida elektronide voolu pikema ajavahemiku jooksul, juhiti vool läbi ainult sekundi mõne miljondiku murdosa vältel. See elektronide pahvatus, «impulss» torus on küllaldane, et kiired läbiksid eseme, jõuaksid filmini ja annaksid kujutuse. Valgustusaeg lühenes umbes 2 miljardit korda!

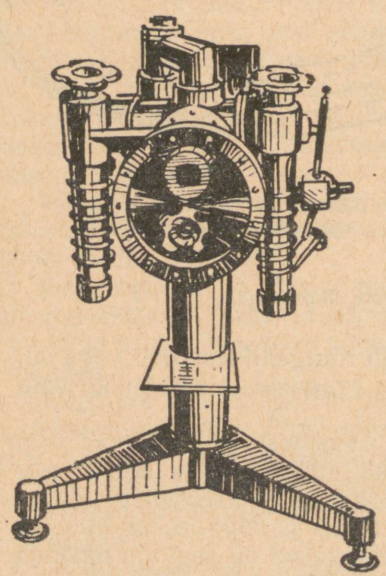
Töötati välja erilised «impulss-röntgenitorud», mis võimaldavad röntgenogrammidel näha meie silmadest seniajani möödalibisenud asju.

Kuidas väljuvad püssirohu gaasid vintpüssi suudmest, kui kuul jõuab suudmeni? Kuidas muutub kuuli kuju lennu ajal? Kuidas tungib soomustläbistav kuul soomusesse? Kuidas toimub mürsu lõhkemine? Kui tugevasti tõmmatakse hetkelisel suurel koormusel metalli?

Võib näha, mis toimub kiiresti pöörleva turbiini osades, tsentrifuugis, ülikiires elektrimootoris või õhukompressoris.

Impulss-röntgenograafia saab uueks võimsaks vahendiks suurte kiiruste maailma uurimisel. Uued, täiustatud tüüpi impulss-röntgenitorud ehitas Stalini preemia laureaat, NSV Liidu Teaduste Akadeemia teaduslik kaastööline V. A. Tsukerman.

Elektronide kimp on meie käes relvaks, mis avab tee aine saladustesse. Nõukogude teadlased lõid uue elektroonikaharu — elektronograafia, mida hakatakse nüüd tehnikas kasutama üha laiemalt ja laiemalt.



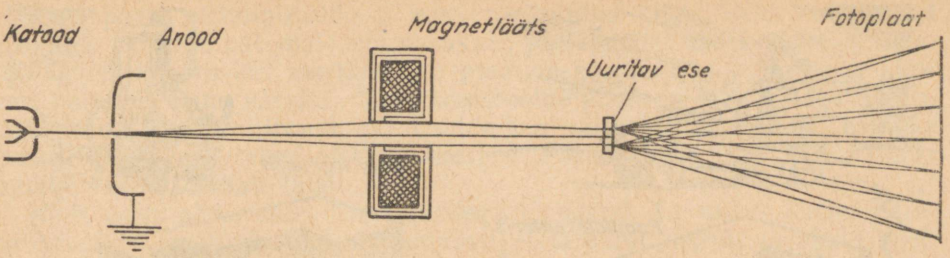
Elektronograaf.

Elektronid, läbides väga õhukesest metallist, plastmassist või muust materjalist kelmet, hajuvad neis. Sellest kelmest pärast elektronide hajumist tehtud fotol saadakse iseloomustavad heledad laigud, ringid ja rõngad. See on elektronide ja molekulide ning aatomite vastastikuse mõju tagajärg.

Pilti, mille järgi võib otsustada aine omaduste üle, mis võimaldab elektronide kimbu abil vaadata aine kõige väiksemate osade sisemusse, nimetatakse elektronogrammiks.

Pildil võib kujukalt näha, kuidas töötlemisel muutub metalli kõige peenem siseehitus, mis toimub lihvimisel või poleerimisel metalli pindkihis.

Selgus, et pärast poleerimist saadakse samasugused elektronogrammid, nagu



Elektronkiirte käik elektronograafis.

amorfsest, mittekristallilise struktuuriga ainest. Poleerimispulber rikub metalli aatomite omavahelist ranget korda ja ajab aatomid väga õhukeses pindkihis segamini, nagu juhtub.

Elektronogrammid andsid lahenduse küsimusele, mis toimub terase oksüdeerumisel, kuidas ja missugused kaitsekelmed seal tekivad, kuidas nad käituvad, kui terasele lisada teisi metalle. Teiste sõnadega öeldes: võib tungida kuumuskindla, mitteoksüdeeruva terase saladustesse. Elektronogrammide abil uuritakse määrdeainete käitumist, mineraalide kujunemist, materjalide kelmete venivust — seda kõike on tehnikale, praktikale ja teadusele vaja.

Nii teenib elektronide kimp, mis võimaldab heita pilku aine sisemusse, teadust ja tehnikat, teooriat ning praktikat.

Senini rääkisime ühest elektronide voo juhtimise moodusest — elektronide kiirendamisest ja pidurdamisest. Kuid võib muuta ka elektronide voo suunda. See avab uued, tõepoolest imestamapanevad võimalused.

Olgu meil kõige lihtsam elektrontoru — katood ja anood tühjas klaaskolvis. Anoodi teeme silindrina — rõngakujulise ja laeme ta positiivselt. Elektronid läbivad siis seda anoodi, kiirendavad oma liikumist ja väljuvad kitsa kimbuna — kiirena.

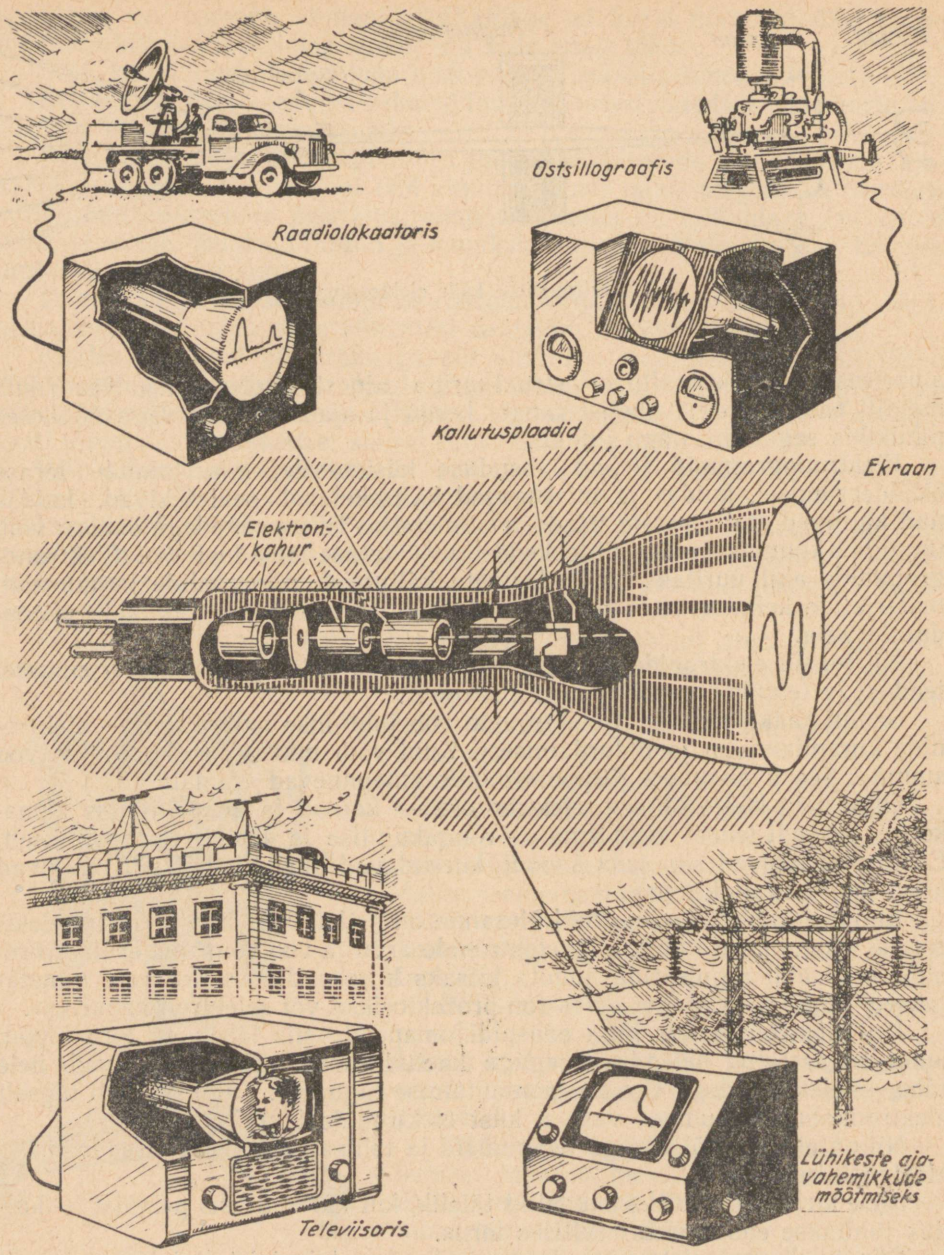
Anoode võib olla mitu, kuid ülesanne on neil ühine. Tarvis on lai elektronide voog, milles muide võib elektronide arvu ja voo võimsust erilise võreelektroodi abil reguleerida, muuta kitsaks kiireks. Just sellepärast nimetataksegi kogu seda seadet «elektron-prožektoriks» või «elektron-kahuriks».

Kui elektronide kiir jätta edaspidi omapead, siis läheb ta toru lõppu, kuhu on asetatud helendava seguga kaetud ekraan. Ekraanile ilmub hele tähn — elektronidega ekraani pommitamise tagajärg. Tähnike asub täpselt elektronkahuri «suudme» vastas, kust elektronide kimp väljub.

Nii on ehitatud üks kõige levinumaid ja tähtsamaid elektronseadmeid — elektronkiiretoru.

Meie kirjeldus ei oleks kaugeltki täielik, kui me ei ütleks peamist — kuidas juhitakse elektronkiirt sellises torus.

Siin tuleb appi elektriliste laengute loomus teineteist ligi tõmmata või eemale lükata.



Elektronkiiretoru ja selle kasutamine.

Kaks paari metallplaadikesi, mis on asetatud kiire teele, kallutavad kiirt üles või alla, paremale või vasakule, ja sel moel saabki kiirt juhtida.

Alguses kohtab kiir vertikaalsete plaatide paari. Üks plaat asub kiire teest paremal, teine vasakul. Kui parempoolne plaat on laetud negatiivselt, vasakpoolne aga positiivselt, siis kaldub kiir vältimatult vasakule. Kiir ise koosneb ju negatiivsetest elektriosakestest. Parempoolne plaat lükkab kiirt eemale, vasem tõmbab külge.

Näib, nagu oleks kiire rännak sellega lõppenud. Ta sattus lõksu. Paremalt lükatuna ja vasakult tõmmatuna langeb ta paratamatult vasakule, positiivselt laetud plaadile.

Kuid seda ei juhtu! Kiir kihutab kuulmatu kiirusega ja plaatidevaheline ruum möödub nii ruttu, et plaadid suudavad kiirt sirgjooneliselt teelt üsna vähe kõrvale kallutada. Seepärast ei ilmu hele tähnike mitte enam ekraani keskkohas, vaid vasakul äärel. Kui plaatidel laengud vahetada, siis ilmub tähn muidugi paremal.

Edasi asub kiire teel samasugune püünis horisontaalsete plaatide paarist. Üks plaat asub kiire teest ülevalpool, teine allpool. Kui plaate laadida erinimeliste laengutega, siis võib kiirt panna tõusma või langema.

Me saime võimaluse elektronkiire juhtimiseks. Meil ei ole üksnes võimalus sundida kiirt toru ekraanil «jalutama» paremalt vasakule või vasakult paremale. Me võime sundida kiirt seda tegema rangelt määratud aja vältel, näiteks tuhandiku sekundi jooksul. Plaadid kallutavad ju kiirt seda tugevamini, mida tugevamini nad on laetud. Plaatide laengud ja laengute vahetamine on aga meie võimuses.

Vertikaalsete plaatide paar paneb elektronkiire liikuma mööda ekraani.

Juhitagu nüüd laengud ka teisele plaatide paarile. Laengud võib sinna anda näiteks määratud eesmärgilt peegeldunud raadiosignaal, mis avab laengutele silmapilkselt juurdepääsu, nii et alumine plaat lükkab elektronkiirt eemale, ülemine aga tõmbab külge.

Ja kiir «eksib» teelt, «komistab». Sellega, et kiir teatab signaali saamisest ja näitab, millal signaal on saadud, täidab kiir kellaosuti osa. Kiire tee on mõõdetud, ja tähnike hüppab üles meie elektron-kella numbrilaua ühe või teise jaotuse kohal.

Elektronkiiretoru abil elektronkiiri juhtides võib niimoodi mikromaailmas aega mõõta.

Raadiokiire edasi-tagasi käimiseks kulunud aega teades saab mõõta kaugusi.

Elektronkiiretoru sai raadiolokaatori kõige tähtsamaks osaks.

Lokaatoreid kasutati möödunud sõjas laialdaselt nii maal, merel kui õhus, lennukitel ja laevadel, suurtükiväes ja õhutõrjes, lennukipommides ja mürskudes.

Raadiolokaatorid avastasid vaenlase lennukid öös ja udus ja tundsid ära omad lennukid, aitasid tüürimeestel juhtida mere- ja õhulaevu, suunasid lennukeid ja relvi märgile, panid mürske plahvatama, et õhus tabada vaenlasi märgist mööda laskmata. Väike lokatsioon-sütik, mõõdetelt teeklaasist veidi suurem, pidas vastu väljalaskmisel tekkivatele hiiglasuurtele kiiren-

dustele ja pani mürsu plahvatama isegi siis, kui mürsk ei tabanud lennukit, vaid ainult möödus lennuki lähedalt.

Kuid raadiolokatsioonil on ka teisi eesmärke. Rahulikus elus on ta vajalik, et lennukid lendaksid ohutult, et laevad sõidaksid igasuguse ilmaga, päeval ja öösel, udus ja jääs.

Raadiolokatsioon rikastas teadust. Raadiolokaatori abil saab teostada palju huvitavaid vaatlusi.

Lokaator avastab meteoorid mitte üksnes öösel, vaid ka päeval, mitte ainult suured, vaid ka väikesed, mis jäävad isegi optilisele silmale märkamatuks.

Ta jälgib õhupall-sondi lendu, raketti, vaatleb pilvitust, vihma ja äikest.

Lokaatoriga kauguse määramise täpsus on üsna suur. Kord vaadeldi lokaatoriga saja meetri kõrgusel asuvat putukate parve. Samal ajal mõõdeti kõrgust teodoliidiga ja saadi sama arv!

Võimas raadiolokaator saatis lained Kuule — ja saadi vastussignaal, kaugus meie kaaslaseni oli mõõdetud täpselt.

Veelgi rohkem — Kuult peegeldunud lainet uurides saadi teada — varem ainult oletati seda — et Kuu on kaetud õhukese, millimeetri paksuse tolmukihiga, mõõdeti ka kuupinna temperatuur!

Võib olla, et tulevikus õnnestub raadiokiirega jõuda Marsini ja heita pilku tiheda pilveloori taha, mis varjab meie eest Veenuse palet.

Raadiolained muutusid planeetidevahelisteks ränduriteks. Kui maailmaruumi saadetakse kosmose-laevad, siis ühendab neid Maaga raadio.

Elektronkiir on ebatavaliselt tundlik. Ta reageerib signaalidele, mille kestus on mõni miljondik sekundit. Just sellepärast võibki elektronkiiretoru abil vaadelda kiiresti kulgevaid elektrilisi protsesse, kõrgsageduslikke võnkumisi.

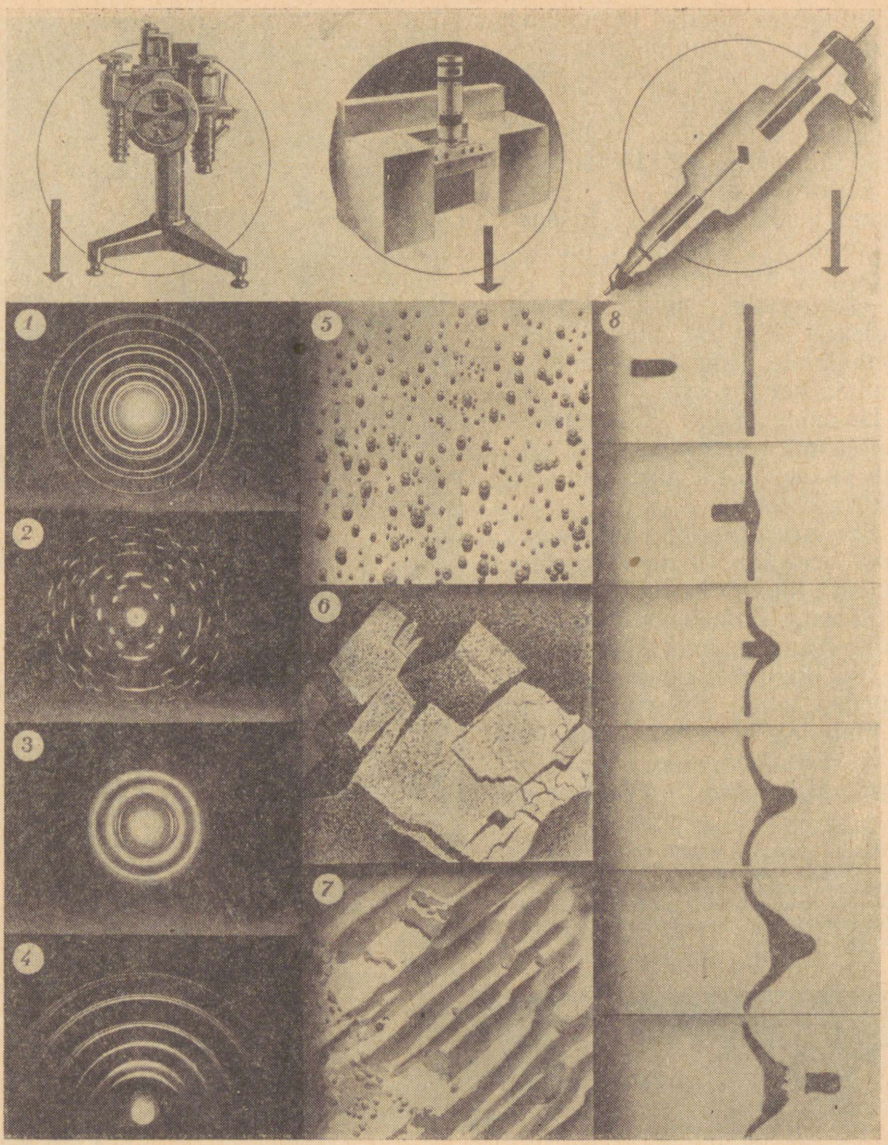
Tehnika oskab elektrilisteks võnkumisteks muuta suure hulga mitmel pool toimuvaid nähtusi. Elektrilised omadused on ju seotud teiste omadustega: kroomnikkeltraadi takistus muutub, kui muutub traadi pikkus; valgus muutub fotoelemendis elektrivooluks. Ja lõppude lõpuks võib alati saada nähtuse «elektrilise pildi», nähtuse täpse koopia, kuid juba elektriliste võnkumiste keeles.

Elektron-kella numbrilaual võib vaadelda, kuidas kulgevad ajaliselt mitmesugused füüsikut, keemikut, bioloogi või arsti huvitavad nähtused.

Üks plaatide paar paneb nagu varemgi kiire numbrilaual-ekraanil edasitagasi käima, mis täidab kella osuti ülesannet. Teisele plaatide paarile aga juhitakse elektriline pinge, kuid mitte enam vooluks muudetud raadiosignaalist, nagu raadiolokaatoris, vaid mingisugusest muust seadmest, mis mõõdab ja muudab mingi meid huvitava protsessi elektriliseks võnkumiseks.

Plaatidele juhitud võnkumine kallutab ekraanil tähnikest samuti kui torru viidud raadiolokaatori signaal. Võnkumised joonistavad pidevalt kordudes kõvera, mis ütleb meile, kuidas see või teine suurus ajaliselt muutub, kuidas toimub see või teine protsess.

Ekraanil näeme, kuidas automootori silindris tõuseb ja langeb rõhk, kuidas mitmesugustes elektriseadmetes muutub ajaliselt sagedus, pinge ja



Elektron- ja röntgenikiirtega tehtud ülesvõtted.

Vasakul — elektronograaf ja elektronogrammid: *1* — keedusoola kristallidest, *2* — kristalsest antimonist, *3* — amorfsest antimonist, *4* — hõbeda kelmest. Keskel — väikesemõõduline elektronmikroskoop ja ülesvõtted: *5* — värvaine hemotsüaniini molekulidest, *6* — söövitatud alumiiniumi pinnast, *7* — söövitatud vasest. Paremal — impulssröntgenitoru ja ülesvõtted alumiiniumlehte läbivast kuulist *(8)*.

voolutugevus, kuidas keemilistel muundumistel muutub aine värvus ja koostis, kuidas fotoaparaadi avanev katik valgust läbi laseb või missugused voolud tekivad inimese südame töötamisel.

Elektronkiiretoru ei esine üksnes teadlase, vaid ka inseneri, konstruktori, keemiku, bioloogi ja arsti abilisena.

Elektronkiir, mis järgneb kuulekalt kiiretele elektrilistele signaalidele, annab võimaluse vaadata kaugusesse.

Heidame pilgu televisioonsaatejaama stuudiosse, kus toimub saade, ja me näeme ka seal elektronkiiretoru.

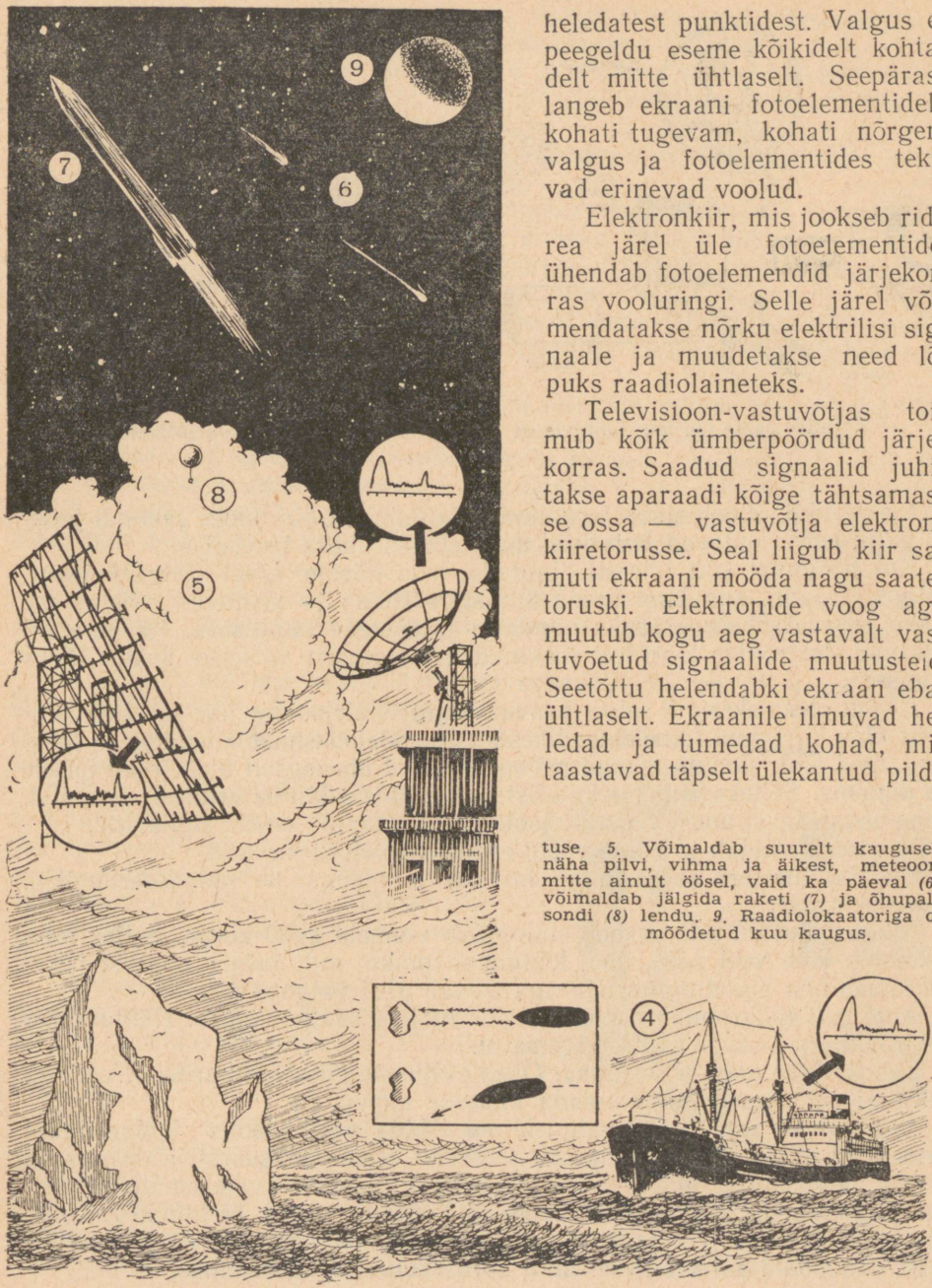
See toru on erilise ehitusega. Tema ekraan koosneb suurest hulgast tibatillukestest fotoelementidest. Fotoelementides ilmub valguse toimel elektrivool.

Igal kujutisel on heledad ja tumedad kohad. Kui vaadata läbi luubi ajalehes või raamatus olevat ülesvõtet, siis näeme, et kogu pilt koosneb tumedatest ja



Raadiolokatsiooni kasutamine.

1. Raadiolokaator väldib õhus lennukite kokkupõrke. 2—3. Ta võimaldab pimeduses ja udus „näha" maad ja kergendab lennuväljale maandumist. 4. Raadiolokaator tagab laevasõidu ohu-

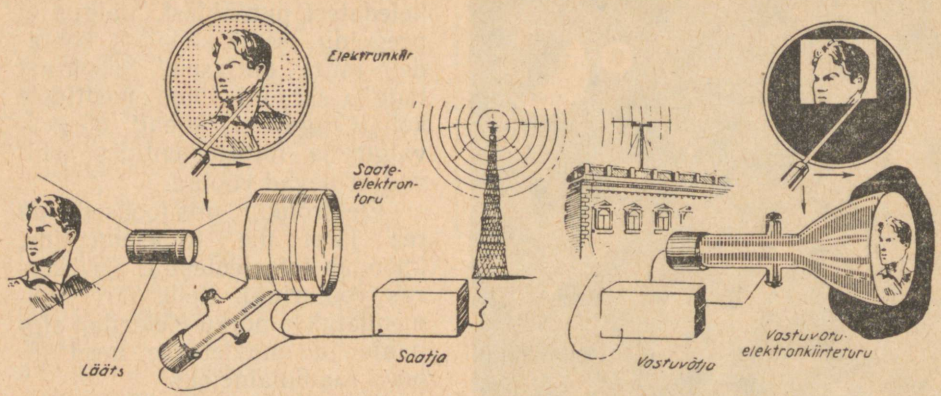


heledatest punktidest. Valgus ei peegeldu eseme kõikidelt kohtadelt mitte ühtlaselt. Seepärast langeb ekraani fotoelementidele kohati tugevam, kohati nõrgem valgus ja fotoelementides tekivad erinevad voolud.

Elektronkiir, mis jookseb rida rea järel üle fotoelementide, ühendab fotoelemendid järjekorras vooluringi. Selle järel võimendatakse nõrku elektrilisi signaale ja muudetakse need lõpuks raadiolaineteks.

Televisioon-vastuvõtjas toimub kõik ümberpöördud järjekorras. Saadud signaalid juhitakse aparaadi kõige tähtsamasse ossa — vastuvõtja elektronkiiretorusse. Seal liigub kiir samuti ekraani mööda nagu saatetoruski. Elektronide voog aga muutub kogu aeg vastavalt vastuvõetud signaalide muutusteie. Seetõttu helendabki ekraan ebaühtlaselt. Ekraanile ilmuvad heledad ja tumedad kohad, mis taastavad täpselt ülekantud pildi.

tuse. *5.* Võimaldab suurelt kauguselt näha pilvi, vihma ja äikest, meteoore mitte ainult öösel, vaid ka päeval *(6)*, võimaldab jälgida raketi *(7)* ja õhupallsondi *(8)* lendu. *9.* Raadiolokaatoriga on mõõdetud kuu kaugus.



Kujutise saate- ja vastuvõtuskeem elektronsüsteemi kaugnägemisseadmes.

Elektronkiir «joonistab» toru ekraanile kujutise. Kordudes sekundi jooksul palju kordi, sulavad kujutised meie silmas üheks tervikuks.

Kui hõõguvat sütt kiiresti liigutada, siis näeme söest pidevat joont. Valgusreklaami, kus lambikesed kiiresti süttivad ja kustuvad, näeme me kokku sulavat üheks eredaks numbrite ja tähtede kujutiseks. Ka ekraanil jooksvad elektronide löökidest tekkinud plahvatused sulavad kokku üheks jooniseks.

Et pilt oleks ekraanil selge, peavad kujutist ülekandev kiir ja vastuvõtutorus olev kiir igast fotoelemendikeste reast ülejooksmist alustama ja lõpetama ühel ajal, samuti peavad mõlemad kiired üheaegselt ühelt realt teisele üle minema. Selleks antakse kujutist vastuvõtvale kiirele erilised signaalid. Kiir alustab igast uuest reast ülejooksmist vastavalt sellele signaalile.

Niimoodi saadab ja võtab vastu elektronkiiretoru kujutist.

Elektronkiiretoru abiga tungis inimese pilk sügavale maailmaruumi ja aine sisemusse.

Kõige tugevam mikroskoop suurendab esemeid 2000 korda. Selles mikroskoobis võib veel näha ühe kümnetuhandiku millimeetri suurust eset. Mikromaailma sissetungimisele aga asetab piiri valguse olemus.

Appi tuli elektronmikroskoop ja piir nihkus kaugele edasi. Nähtamatud elektronkiired aitavad näha nägematut.

Selles ei ole midagi imelikku. Olles paljus valguskiirte sarnane, võib ka elektronkiiri läätsedega koondada kitsasse kimpu.

Nad võivad samuti kui valguskiired läbida nende jaoks läbipaistvaid esemeid ja absorbeeruda erinevalt, olenevalt eseme paksusest ja tihedusest.

Kui valguskiired on jõuetud kümnendikust mikronist väiksemate esemete avastamiseks, siis elektronkiir «näeb» 50 korda paremini. Ta annab 100 000-kordse suurenduse! Võimalik, et samasuguste mikroskoopide kõige uuemad konstruktsioonid annavad veel mitu korda suurema suurenduse.

Elektronkiirte elektriline omadus on jällegi abiks nende kasutamisel, et näha seda, mis kaua aega oli inimese silmade eest varjatud.

Elektrone elektriliste ja magnetiliste jõududega mõjutades võib muuta elektronide liikumise suunda ja koondada nad ühte punkti nagu tavaline lääts teeb valguskiirtega.

Elektronide allikaks on ka siin nagu kõikides elektronkiiretorudes elektronkahur.

Suurendamiseks on elektronmikroskoobis elektriliste või magnetiliste läätsede süsteem. Mingi uuritava aine õhukest kelmet läbides elektronid hajuvad. Helendaval ekraanil või fotoplaadil ilmub vaadeldavast esemest heledate ja tumedate kohtadega «vari» — kujutis.

Me näeme ekraanil või ülesvõttel väga väikeste bakterite ja viiruste elu, keemiliste muundumiste ja aine ehituse saladusi. Elektronmikroskoobis võib vaadelda isegi üksikuid molekule.

Elektronmikroskoop avab metallide ja sulamite ehituse ning pärast töötlemist tekkiva seisukorra väga täpseks uurimiseks uued võimalused.

Esimese nõukogude elektronmikroskoobi loojaid, akadeemik A. A. Lebedevi, füüsika-matemaatika teaduste kandidaati V. N. Vertsnerit ja insener N. G. Zandinit autasustati Stalini preemiaga. Nüüd kasutavad teadlased meie maa paljudes instituutides elektronmikroskoopi — uut, võimsat mikromaailma uurimise vahendit.

Elektronid teevad nähtavaks soojuskiirguse, mida meie silm ei taju. Nähtamatute infrapunaste kiirtega reedavad esemed ennast öös, hämarikus ja udus.

Niisuguste kiirtega «valgustatakse» eesmärki. Kiired, olles saavutanud sihi, peegelduvad ja pöörduvad tagasi nagu raadiolained, mida lokaator välja saadab.

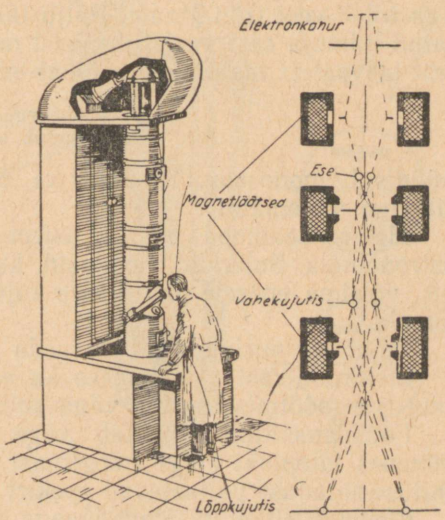
Sihilt tagasipöördunud raadiolained püüab kinni lokaatori vastuvõtja. Infrapunased kiired juhitakse nende kiirte suhtes tundlikule kihile, kust lüüakse välja elektrone. Elektronid pommitavad ekraani ja panevad selle helendama.

Nähtamatu infrapunastest kiirtest kujutise asemel ilmub elektron-«teleskoobi» helendavale ekraanile silmale nähtav kujutis. Nii muundub elekter valguseks.

Sel moel avab elektronkiiretoru akna nähtamatusse maailma.

Elektronkiir on tundlik ja kuulekas. Elektronidele võib anda sellise kiiruse, mida ei saavuta ükski masin.

Elektrone võib sundida silmapilk-



Elektron-mikroskoop.

selt oma teed muutma. «Silmapilkselt!» See on meile harilikuks saanud väljendus, kui me räägime väga lühikestest ajavahemikest. Kuid mikromaailmas ei ole silmapilk lühike aeg. See vältab sekundi kümnendikke osasid! Elektronkiirele aga, mis on jõudnud ekraani ääreni, on vaja ainult mõni miljondik sekundit, et tagasi pöörduda ja uuesti alustada oma teekonda.

Sellega ei tule toime ükski tavaline masin. Ükski inimese meel ei ole võimeline tabama ülilühikesi aja hetki. Seda võib ainult elektroonika.

Elektronmasinate ebaharilikud omadused on seletatavad nendes masinates töötavate osakeste olemusega, elektronide loomusega.

Elektronid on väikesed ja kerged. Seepärast ongi nende inerts nii väike, nende «pööratavus» nii suur. Mida suurem on mass, seda suurem on inerts. Raske keha vajab peatumiseks kaua aega. Kujuteldamatult kerge elektron jääb «silmapilkselt» seisma (silmapilk on siinkohal andam harjumusele!).

Elektronide voogu ei ole võimalik mitte ainult kiirendada või pöörata, vaid ka võimendada.

Sellega avanevad uued võimalused.

Missugust masinat võiks juhtida nii väikese võimsuse kuluga, et selle väljendust vati murdosades ei saa isegi lugeda: pärast komaga eraldatud nulli seisab veel 14 nulli! Vatt on 0,00136 hobujõudu. Järelikult on tegemist tõesti tühise võimsusega.

Missuguses masinas võiks väga väikest saadud võimsust võimendada sadu miljardeid kordi!

Meie meeltega tabamatu saab kombitavaks, nähtavaks, kättesaadavaks.

Tähtede valgus on maailmaruumi kaugete maailmade saadik. Tähed on meist nii kaugel, et mõned neist on võib-olla juba hukkunud, nende valgus aga tuleb veel ikka Maale. Palju tähti jääb võimsate teleskoopidega varustatud inimese eest varjatuks, sest nendest maailmaruumi sügavuses asuvatest taevastest maailmadest jõuab meieni liiga vähe valgust.

Läks lahti ruum, mis tähti täis,
Neil puudub arv, ruumil — ots! —

hüüdis Lomonossov. Tähtedel ei ole arvu... Kuipalju tähti jääb meil silmaga nägemata!

Elektronseadmed avasid astronoomias uue peatüki — nähtamatuse astronoomia. Sajandid möödusid, kuid tähtede kaaslasi, kus on elu võimalus, võisime enesele ainult ette kujutada, nende olemasolu võisime ainult aimata.

Nüüd me uurime neid. Ja seda võimaldas elektroonika.

Elektroonikast sai abimees ka astronoomidele, kellel on väga väikeste suuruste mõõtmiseks vaja väga suurt täpsust.

Fotoelementide abil võib väga suure täpsusega määrata, kui palju tumenes fotoplaat kõige nõrgemast valgusest, kuidas on asetatud tähtede ehituse saladust paljastavad spektri jooned.

Elektronkellad mõõdavad aega ühe sajamiljondiku sekundi täpsusega. Täpsete astronoomiliste uurimuste juures on nad asendamatud.

Elektron-võimendajaga jälgimisseade pöörab teleskoopi ja suunab pidevalt sinna, kuhu astronoomil on vaja. Arvutus-seadmed viivad läbi väga keerulisi tehteid astronoomilise täpsusega ja fantastilise kiirusega.

Automaatika tungib ka astronoomiasse!

Me rääkisime palju suurte kiiruste tehnikas kasutatavatest suurepärastest sulamitest. Nende valmistamisel tuleb täpselt hoida antud temperatuuri ja koostist. Tavalised seadmed, meie meeleorganitest rääkimata, ei suuda tabada väga väikesi temperatuuri muudatusi või väikesi lisandite koguseid, sellest aga oleneb sulami tekkimine.

Ainult elektronseadmed võivad temperatuuri hoida tuhandiku kraadi täpsusega, kindlustada sulami täpse koostise ja hetkeliselt muuta sulamise käiku, kui nõutavast režiimist tekib kõrvalekaldumisi.

Automaat-pinkidel teostatakse töötlemist kümnendiku mikroni täpsusega. Valmissaadusi kontrollivad tohutu kiirusega automaadid. Ka siin kohtame elektronseadmeid.

Valmistatakse palju uute omadustega aineid. Mitmesuguseid protsesse, mis inimesele ega harilikele masinatele ei ole kättesaadavad, tuleb juhtida täpselt ja kiirelt. Ja appi tuleb elektroonika.

Tarvis on automaatselt juhtida mootoreid. On vaja jälgida põlemist kolletes, et vältida liigset kütuse kulu. Tuleb võidelda suitsuga. Metalli on vaja kuumutada kõrgsagedusvooluga.

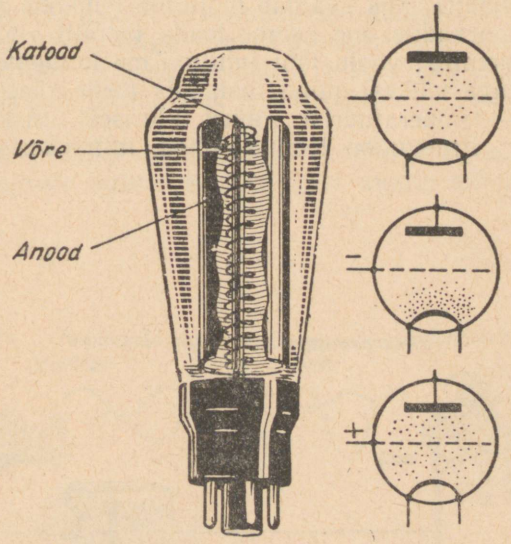
Masinate projekteerimisel võib arvutusi kiirendada sadu ja tuhandeid kordi.

Võib vastata kõige mitmesugusematele küsimustele, nagu: mis toimub lennukiga pikeerimisel? Missugused mõõtmed valida antud masina jaoks? Kuidas hakkab tööle turbiin, elektrimootor või transformaator? Mis sünnib ehitusega mõne aasta pärast?

Ja seda kõike teeb elektroonika.

Me oleme juba harjunud rääkima ilma juhtmeteta, sadade ja tuhandete kilomeetriteni ulatuva raadioside abil. Ka raadio, mis on kindlalt juurdunud meie ellu, ei oleks ilma elektroonikata mõeldav. Raadioajastu on ka elektroonikaajastu, sest ilma elektronlambita ei oleks tänapäeva raadiot.

Tuleme hetkeks tagasi kõige lihtsama elektrontoru juurde, kus klaaskolvis on katood ja anood.



Tüürvõrega elektronlamp.
Ülalt alla: võrel ei ole laengut, võrel on negatiivne laeng, võrel on positiivne laeng.

Asetame elektronide teele katoodi ja anoodi vahele veel ühe elektroodi — metallspiraali, mida kutsutakse võreks.

Niikaua kui võrel ei ole laengut, ei sega ta sugugi elektronide liikumist Mis juhtub aga siis, kui võre laadida?

Katoodilt väljuvad elektronid ei lenda anoodile mitte korrapärase kimbuna. Mitte kõigil neist ei ole küllaldast kiirust, et jõuda anoodini. Mitte asjata ei tule elektronkiiretorus elektrone õigele teele «tõugata» ja kitsaks kimbuks — kiireks koguda.

Kui seda mitte teha, siis lendleksid elektronid korratult ümber elektroodi, nagu sääsed põleva lambi ümber. Ainult väike osa jõuaks neist sihile — anoodile. Vool oleks ahelas väike.

Sellesse elektronide parve ilmub võre.

Võre juhib elektronide liikumist samuti kui valgusfoor tänavaliiklust.

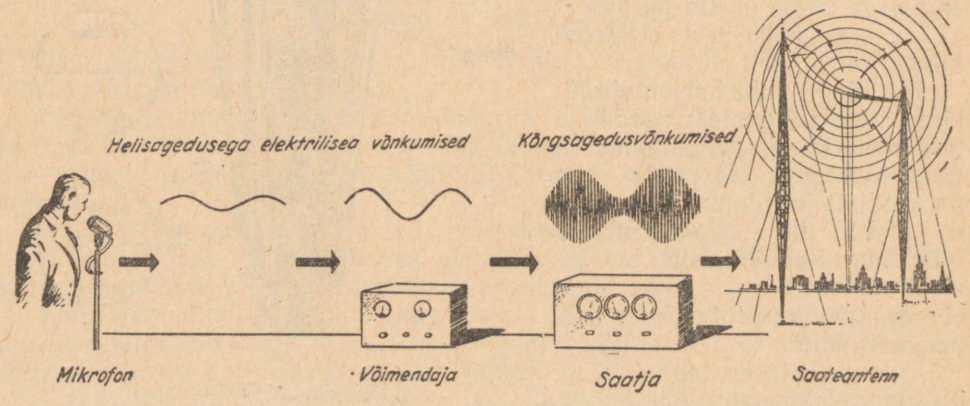
Punane tuli! Stopp! Võrel on negatiivne laeng, mis ei lase elektrone anoodile.

Roheline tuli! Võrel on positiivne laeng. See tõmbab nüüd elektrone külge. Elektronide parv, mida võre oma poole tõmbab ja kiirendab, suundub anoodile. Võre sunnib anoodile lendama palju rohkem elektrone, kui sinna jõuaks ilma võreta. Vool ahelas suureneb, teda võimendatakse mitu korda.

Selles peitubki elektronlamp-võimendaja saladus. Mitme lambiga võib voolu võimendada kuni miljard või sada miljardit korda.

Vaevalt kuuldav sosin või nõrgad, märkamatud signaalid räägivad elektron-lampide abil täie häälega. Me «kuuleme» maa alt maakide «häält», mis avaldab mõju üle leiukoha lendaval lennukil asuvale magnet-aparaadile, me saame teada metalli omadusi, mis enese paljastavad, kui metallist voolu läbi juhtida, me kuuleme, kuidas kasvab rohi, me tabame väga väikesi muudatusi, mis meile räägivad meid huvitavatest nähtustest — temperatuurist, rõhust, kiirusest, niiskusest ja paljust muust.

Praegu on loodud kõige mitmekesisema konstruktsiooniga elektron-



Raadiosaatja skeem.

lampe. Nende toodang aastas ulatub mitmesaja miljonini. Nagu elektronkiiretorugi on ka see lamp üks tänapäeva kõige levinum elektronseadis.

Elektronlamp-võimendajat kohtame raadiotehnikas, kus tuleb võimendada nõrku signaale, kus on vaja nii tihti muuta voolutugevust, et see ei ole jõukohane ühelegi teisele elektrilisele seadmele. Missugune lüliti võiks sooritada miljon ümberlülitust sekundis! Elektronlamp saab sellega kergesti hakkama, sest elektronlambi voolu võib juhtida ülisuure kiirusega, tekitades voolu võnkumisi miljardeid kordi sekundis.

Elektron-arvesti võib teha sekundis kuni 100 000 lugemit. Ükski teine aparaat ei suuda temaga sammu pidada!

Raadiotehnika on nüüd omandanud ülikiired võnkumised. Ülikõrgsageduslambid tekitavad võnkumisi sagedusega kümneid miljardeid võnkeid sekundis! See uus elektrontehnika sai raadiolokatsiooni, kaugnägemise ja kõrgekvaliteedilise raadioside aluseks.

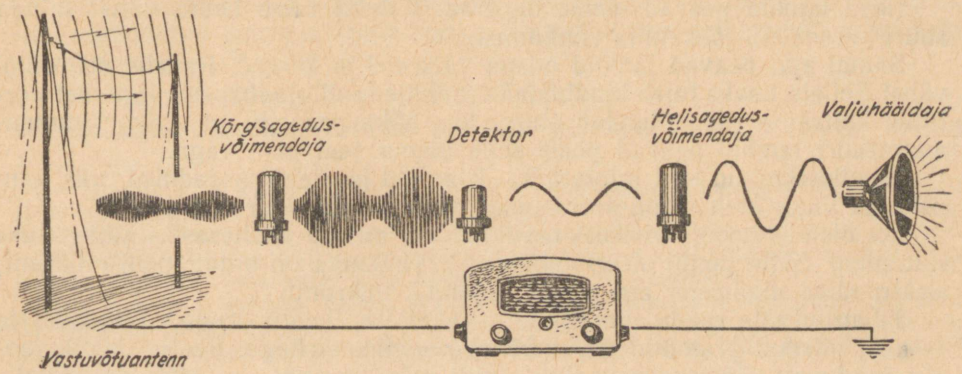
Kiireid võnkumisi tekitavad elektronlambid ei tööta üksnes raadiotehnikas.

Neid kasutatakse ka metalli, plastmassi või puidu kuumutamiseks kõrgsagedusvooluga. Kõrgsagedusvool on meie tööstuses võitnud endale kindla koha.

Elektronlamp-võimendajad ja kõrgsagedusgeneraatorid on vajalikud tööstuslike protsesside automaatseks kontrollimiseks ja reguleerimiseks, metallide kiirkatsetamiseks, automaat-tööpinkide ja elektrikeevituse juhtimiseks ning elektrimootorite kiiruse sujuvaks ümberlülitamiseks, väga keeruliste ülesannete silmapilkseks lahendamiseks «masinmatemaatikas».

Nüüd, kus me oleme tutvunud suure hulga elektronseadmetega, tuleb veel jutustada sellest, kuidas elektroonika peab arvestust ja lahendab kõige mitmesugusemaid, kõige keerulisemaid ülesandeid, ja sealjuures veel enneolematu kiirusega.

Vastus on juba pooleldi teada. Tehnika oskab paljudest nähtustest luua «elektrilise pildi», oskab mitmesuguste suuruste muutumisi muuta mitmesugusteks elektrivooludeks.



Raadiovastuvõtja skeem.

Tehnika oskab koostada ka mitmesuguste protsesside «elektrilisi mudeleid». Matemaatilises keeles kirjeldatakse palju üksteisest erinevaid nähteid täiesti samasuguselt.

«Võiks arvata, et mis ühist on taevaste valguskehade liikumisel päikese külgetõmbejõu mõjul ja laevade kiikumise ning õõtsumise vahel lainetel? Siiski, kui kirjutada ainult valemid ja võrrandid ilma sõnadeta, siis ei ole võimalik eraldada, kumba küsimust lahendatakse: võrrandid on samasugused,» kirjutas akadeemik Krõlov.

Selles ilmneb looduse ühtsus. Ja tehnika kasutab seda.

«Tegeliku» nähtuse, näiteks lendavale lennukile aerodünaamiliste jõudude mõju asemel koostatakse elektriline ahel, kus voolud, pinged ja muud suurused, millega tegeleb elektrotehnika, asendavad antud jõudusid, kiirusi ja koormusi. Nii ühel kui teisel juhul on valemid samad.

Matemaatikale on ükskõik, mida me lahendame. Valemid on ju ühed ja samad. Seepärast võib elektrilisi suurusi muutes otsustada teiste, nende «asendajate» muutumise üle, selle üle, mis juhtub lennukiga, kui lennutingimused — jõud, kiirus, koormus — muutuvad.

Niisuguseid näiteid võiks tuua palju, sisu on sama: «elektriline mudel» esitab täpselt mingit nähtust ja võimaldab teada saada, kuidas see nähtus kulgeb.

Kuna asi läks üle elektrile, siis ilma elektronlambita enam toime ei tule! Nad juhivad elektrilistes mudelites voolu, kulutades selleks õige vähe võimsust.

Arvutus-seadmetes töötavad tuhanded lambid.

Suurel lennukil on lampe mõnisada.

Rakettidel tõusevad raadiolambid stratosfääri ja tagavad juhtimise ning ühenduse maaga. Üheaegselt saadetakse edasi umbes kolmkümmend mitmesugust teadet, mida annavad automaatseadmed: küll õhu, päikese ja kosmiliste kiirte kohta, raketi asukoha ja tema mehhanismide töö kohta.

Tuleb märkida, et elektronlampide loomine niisugustele lendavatele laboratooriumidele ei olnud kerge.

Need lambid peavad olema tugevad. Raketil tuleb lennu vältel taluda suuri kiirendusi, tõukeid ja võnkumisi.

Samal ajal peavad lambid olema väikesed ja kerged. Raketis on ruumi vähe! Sellele lisaks tuleb kindlustada kõikide raadiojaama detailide hermeetiline kaitse — rakett lendab sinna, kus õhku peaaegu ei olegi. Lennukiaparatuuri lambid peavad peale selle olema veel pika eaga.

Raadiotehnikud lõid miniatüürsed lambid ja elektronseadmed, mis kannatavad välja kõik «lennuteenistuse» ajal ettetulevad raskused.

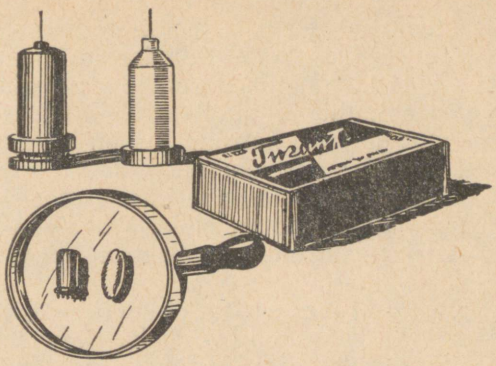
On olemas hoopis pisikesi raadiolampe, mis on riisiterast ainult natuke suuremad. Selle lambi elektroodide otste vahemaa on ainult pool mikronit, elektroodide diameeter aga ainult sajandik mikronit.

Tibatillukeste raadioaparaatide — saatjate, vastuvõtjate, võimendajate — kaal piirdub grammidega, mõõtmed sentimeetritega. Saatja on tikutoosist tunduvalt väiksem ja kaalub ainult mõni gramm.

Kuidas õnnestus seda saavutada?

Raadioaparaadi skeeme — detailide omavahelisi ühendusi hakati trükkima lambi kolvile, kuhu kanti mõne mikroni paksused juhtivast materjalist jooned. Kondensaatorid takistused ja kõik detailid kogutakse väikesteks plokkideks ja valatakse hermeetiliseks tegeva massiga kinni.

Tahtmatult meenub Leskovi jutt, kuidas tuula sepp kirpu rautas...[1] Tuleb ju raadioaparaati monteerida peaaegu mikroskoobi all.



Miniatüürsed raadioseadmed — lamp ja saatjad.

Niimoodi kohandub elektroonika teenistusülesannetega, mida ta peab täitma stratosfääris ja väljaspool atmosfääri, vigurlendudel ja üle-helikiirustel.

Elektronlampide mitmekesiseid kasutusalasid on raske isegi loetleda!

Elektronlampe kasutatakse aparaatides, mis aitavad juhtida suurtükiväe tuld, automaatselt sihtida ja alustada tulistamist lennukitel, leida tohutu, üle-helikiirusega lennates eesmärki, avastada paljude kilomeetrite kauguselt laevu ja lennukeid ning isegi allveelaeva periskoopi. Nii teenib elektroonika sõjatehnikat.

Sõja vastu valmistuvatel imperialistlikel maadel on elektroonika agressiooni relvaks.

Juhitavad pommid ja mürsud, pommitajate automaatsihikud, kaugjuhitavad lennukid vajavad kõik elektron-seadmeid.

Just seepärast kulutavad imperialistid tohutu suuri rahasummasid elektroonika, automaatika ja telemehaanika arendamiseks.

Ainult Nõukogude Liidus on alistatud elektron ja ülisuurte kiiruste maailm rakendatud inimese teenistusse ja kasutatakse laialdaselt rahulikeks eesmärkideks.

Nõukogude teadus viib elektroonikat edasi.

Nõukogude teadlane, Stalini preemia laureaat L. A. Kubetski töötas

---

[1] Kirjanik N. S. Leskov (1831—1895) kirjeldab jutustuses «Vasakukäeline. (Jutustus tuula kõõrsilmsest vasakukäelisest ja teraskirbust)» kirpu, mille inglased valmistasid terasest loomulikus suuruses. Kirbu sisse oli paigutatud vedru ja mehhanism, mis pani kirbu tantsima. Võti vedru üleskeeramiseks oli nii väike, et seda võis näha ainult mikroskoobiga. Inglastelt ostis kirbu tsaar Aleksander I ja tõi Venemaale.

Kolm tuula relvaseppa, kellest üks oli kõõrsilmne vasakukäeline, valmistasid kirbu jalgade jaoks rauad. Igal raual oli meistri nimi. Vasakukäeline tegi raudade allalöömiseks nii peened naelad, et neid ei olnud isegi mikroskoobiga näha. Kirp rautati ja saadeti Inglismaale tagasi.

Jutu sündmustiku on Leskov välja mõelnud. *Tõlk.*

välja uue elektronvõimendajate tüübi — sekundaarelektron-võimendaja, mis avab tehnikale ja teadusele hämmastavad perspektiivid.

Ta seadis endale eesmärgiks laiendada meie meeleorganite võimeid; avastada tabamatut ja sellele reageerida inimesele kättesaamatu kiirusega. Tema ehitatud ülitundlikes elektronseadmetes ulatub valgussignaali võimendus miljardi korrani! See on sadu tuhandeid ja miljoneid kordi rohkem, kui suudab anda «kunstlik silm» — fotoelement.

Me nimetasime fotoelementi möödaminnes, kui oli juttu kaugnägemise põhimõtetest. Temast maksab aga rääkida täpsemalt.

Elektronkiiretoru ja elektron-lambi kõrval on see kõige levinum seadis elektroonikas.

Mitte üksnes soojus ei sunni elektrone metallist väljuma. Suur vene füüsik Stoletov avastas, et ka valgus lööb metalli pinnast elektrone välja, tekitades fotovoolu («fotos» — valgus).

Ta korraldas järgmise katse. Metallplaat ja metallvõrk ühendati läbi mõõteriista elektripatareiga.

Plaadi ja võrgu vahel oli katkestus ning mõõteriist voolu ei näidanud. Niipea kui plaadile langes valgus, kaldus mõõteriista osuti kõrvale. Ahelasse ilmus vool, kuigi plaati ja võrku varem ei ühendatud.

Mispärast tekkis vool? Sellepärast, et valgus võib mõningate metallide pinnast elektrone välja kiskuda. Elektronide voog on elektrivool ja ahel sulguski.

Fotoelemendis on elektronide allikaks valgustundlikust metallist tseesiumist fotokatood. Valguse poolt tekitatud vool on nõrk, appi tuleb võimendaja, elektronlamp, mis muudab ta sadu tuhandeid kordi tugevamaks.

Mõned fotoelemendid täidetakse fotovoolu võimendamiseks gaasiga. Siis põrkavad fotokatoodilt väljalendavad elektronid kokku gaasi molekulidega.

Kokkupõrgete tagajärjel väljuvad molekulidest uued elektronid ja üldine elektronide voog suureneb. Muuseas on ka mõned võimenduslambid täidetud gaasiga, et saada suuremat voolu.

Ilma fotoelemendita ei oleks helikino. Filmilindi serval on «heliriba», mis koosneb mitmesuguse läbipaistvusega võõtidest või lainelise (hambulise) kujuga triibust. See on helikiri, mida me kuuleme filmi demonstreerimisel.

Läbi heliriba juhitakse valguskiir. Ta ei ole kogu aeg ühtlase heledusega, vaid võngub olenevalt tema eest läbijooksva heliriba kujust või läbipaistvusest.

Edasi hakkab tööle fotoelement, mis valguse võnkumise muudab elektrivooluks. Vool juhitakse võimendajasse, selle järel valjuhääldajasse, kus ta sunnib elektromagnetit oma külge tõmbama plaati — membraani, membraan paneb võnkuma õhu ja tekibki hääl.

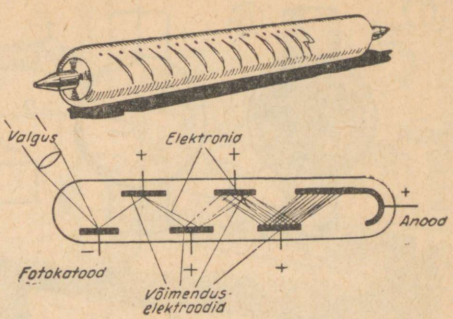
Fotoelemendid täidavad kaasaegses tehnikas väga mitmesuguseid ülesandeid. Nad töötavad televiisoris, fototelegraafis ja fotoelektron-automaatikas, kus valgus on masinate ja seadmete kontrollijaks, reguleerijaks ja juhtijaks.



Planeetidevahelised reisijad.

Fotoelement märkab kõige väiksemaid valgustugevuse muudatusi, ja see võlusilm ongi automaatide «meeleorganiks».

Fotoelemendi sugulaseks, tema nooremaks vennaks on sekundaarelektronseade, üks kõige huvitavamaid elektroonika saavutusi.



Sekundaar-elektronseade.

Fotoelement on oma tundlikkuselt inimsilmast halvem. Inimese silm märkab ka nii nõrka valgust, mida kunstlik silm ei suuda tabada — elektrone tekib liiga vähe ja fotovool jääb liiga nõrgaks. Akadeemik S. J. Vavilov näitas teravmeelse katsega, et inimese silm võib tajuda kaduvalt väikest valgusevälgatust, mis on ainult mõne kvandi suurune.

Et tõsta «võlusilma» teravust ja fotoelemendis voolu mitu korda suurendada, tuleb sundida elektrone «paljunema».

Pandi tähele, et mõned metallid hakkasid elektronide voo mõjul ise elektrone välja saatma. Uusi sekundaarelektrone saadakse rohkem, kui oli primaarelektrone.

Elektronide voogu, mida on kord võimendatud, võib samal viisil ikka jälle ja jälle võimendada. Selles seisabki sekundaar-elektronseadme, või nagu seda teisiti nimetatakse, fotoelektronkordistaja põhimõte.

Selles aparaadis tekitab valgus nagu fotoelemendiski elektronide kimbu, mis satub eriliselt ettevalmistatud pindkihiga plaadile ja lööb sealt välja uusi elektrone. Korrates elektronide voo paljunemist, võibki saavutada miljardkordse üldise võimenduse.

Sekundaar-elektronseadmed laiendavad meie võimalusi tehnikas ja teaduses.

Nad avastasid inimesele ja ka kunstlikule silmale — fotoelemendile nähtamatu tähtede maailma.

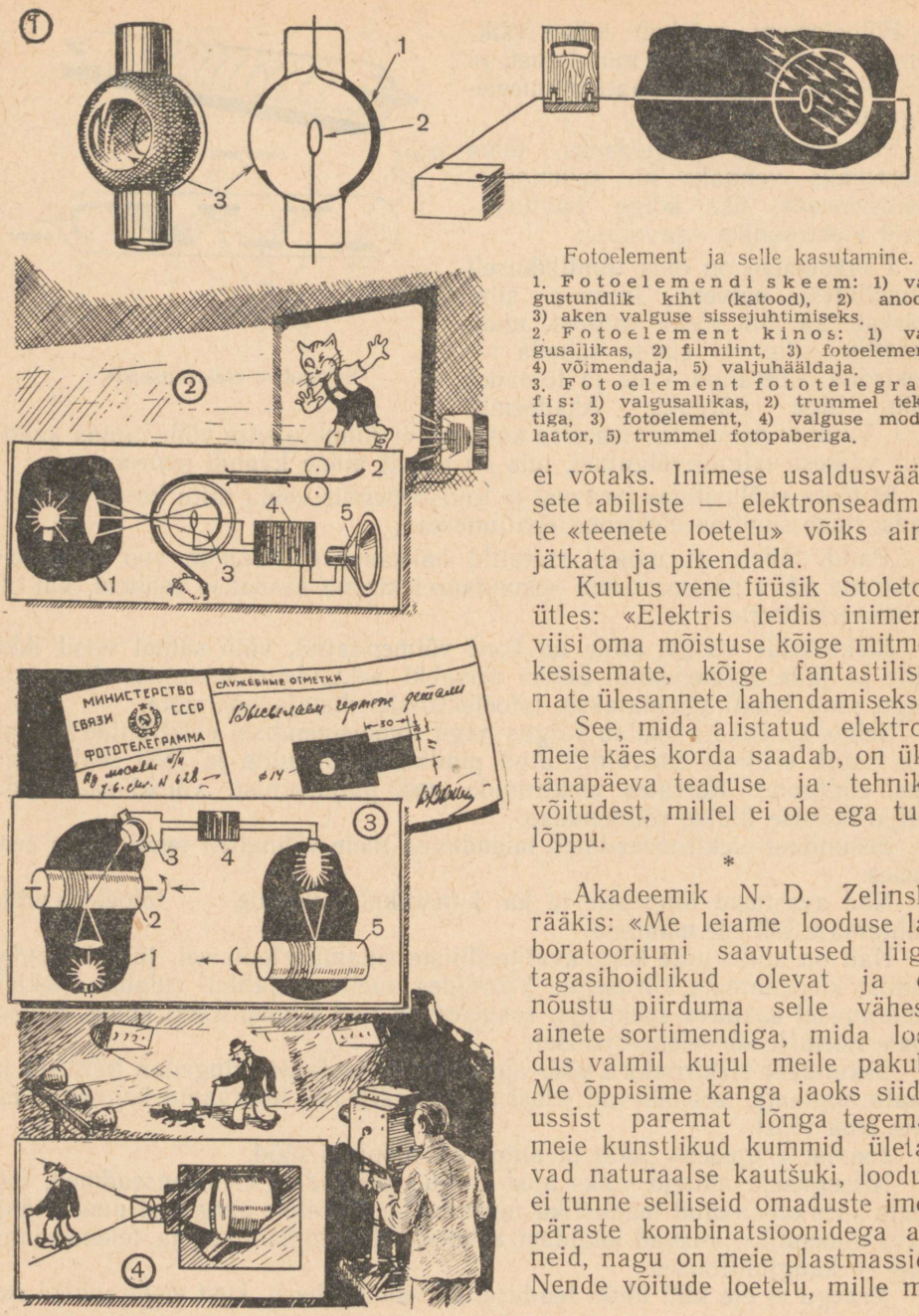
Nad on abiks uute kõrgekvaliteediliste sulamite loomisel, juhtides sulatamist kirjeldamata kiirusega. Võrreldes meile vajaliku sulami spektrit sulatamisel saadava spektriga, reageerivad nad silmapilkselt kõige väiksemale normist kõrvalekaldumisele.

Sekundaar-elektrontoru võib aparaatide skaaladelt «lugeda» näitusid ja saata signaale, mis lähevad edasi raadiosaatjasse. Aparaadid kannavad ise ette oma tööst.

Joonist «lugedes» juhib ta automaat-tööpingi tööd.

Niisuguseid näiteid võiks tuua palju. Sekundaar-elektronseadmed, mis meie käes on saanud teadusliku uurimise ja tehnilise progressi uueks tähtsaks vahendiks, leiavad laialdast kasutamist automaatikas ja telemehaanikas — kaugjuhtimises.

Praegu ei ole küll ühtki teaduse või tehnika haru, kust elektroonika osa



Fotoelement ja selle kasutamine.

1. Fotoelemendi skeem: 1) valgustundlik kiht (katood), 2) anood, 3) aken valguse sissejuhtimiseks.
2. Fotoelement kinos: 1) valgusallikas, 2) filmilint, 3) fotoelement, 4) võimendaja, 5) valjuhääldaja.
3. Fotoelement fototelegraafis: 1) valgusallikas, 2) trummel tekstiga, 3) fotoelement, 4) valguse modulaator, 5) trummel fotopaberiga.

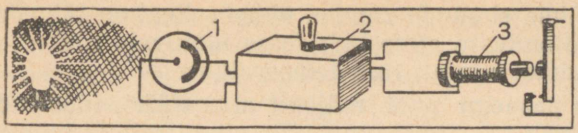
ei võtaks. Inimese usaldusväärsete abiliste — elektronseadmete «teenete loetelu» võiks aina jätkata ja pikendada.

Kuulus vene füüsik Stoletov ütles: «Elektris leidis inimene viisi oma mõistuse kõige mitmekesisemate, kõige fantastilisemate ülesannete lahendamiseks.»

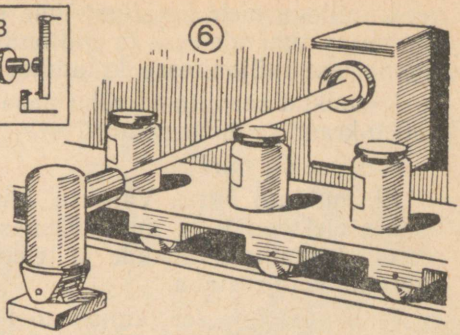
See, mida alistatud elektron meie käes korda saadab, on üks tänapäeva teaduse ja tehnika võitudest, millel ei ole ega tule lõppu.

*

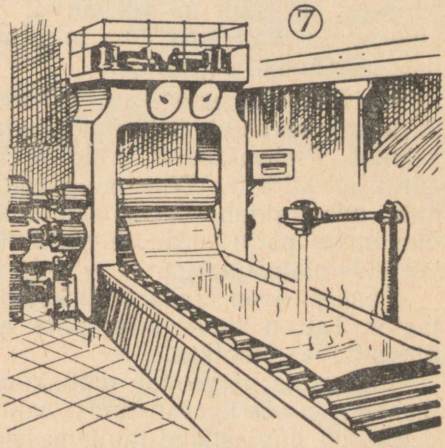
Akadeemik N. D. Zelinski rääkis: «Me leiame looduse laboratooriumi saavutused liiga tagasihoidlikud olevat ja ei nõustu piirduma selle vähese ainete sortimendiga, mida loodus valmil kujul meile pakub. Me õppisime kanga jaoks siidiussist paremat lõnga tegema, meie kunstlikud kummid ületavad naturaalse kautšuki, loodus ei tunne selliseid omaduste imepäraste kombinatsioonidega aineid, nagu on meie plastmassid. Nende võitude loetelu, mille me



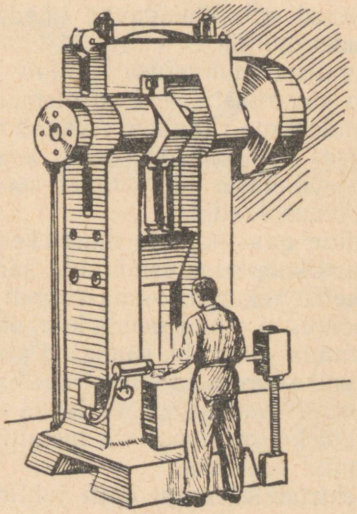
⑤



⑥



⑦



⑧

4. Fotoelement kaugnägemises. 5. Fotorelee skeem: 1) fotoelement, 2) võimendaja, 3) täidesaatjamehhanism.
6. Valmistoodete automaatne fotoelektron-arvesti.
7. Fotoelektriline püromeeter metalli temperatuuri kontrollimiseks valtsimispingil.
8. Automaatne fotoelektronkaitse töölise pressi vahele sattumise vastu.

ainult avasime, on pikk. Selles kütkestavas võistluses loodusega on tähtsaks elemendiks võimalus uurida aineid piirtingimustes. Et me võime aine asetada harilikult mitteesinevatesse tingimustesse, selles väljendub meie teaduse võimsus. Looduses ei ole mõõdetud niisuguseid madalaid temperatuure, nagu nüüd füüsikud saavutavad. Tuumareaktsioonide tulemusena on kindlustatud võimalus nii kõrgete temperatuuride saamiseks, mida võib võrrelda ainult tähtede temperatuuriga. Kõige tugevamat välku ületava elektrilise lahenduse väga kõrged pinged, väga kõrge gaaside hõrenduse aste — see kõik on meile kättesaadav, ja nendesse piiraladesse tungimine annab iga päev midagi uut ja tähtsat meie teadmiste täiendamiseks.»

Meie teostasime rännaku elektronide maailma, ülisuurte kiiruste maailma. Kuid kas ainult elektronidel on kosmiline kiirus? Missugused võimalused on meil veel olemas, et Maa peal ehitada «kosmose» laboratooriumi, mis võiks uurida ja juhtida ülisuuri kiirusi?

Kosmoses ei ole ainult kiirused

need, millega meie kujutlusvõime ei suuda sammu pidada. Seal on tähtede sisemuses tuhandetesse ja miljonitesse atmosfääridesse ulatuvaid rõhke ja kümnetesse miljonitesse kraadidesse ulatuvaid temperatuure.

Keemikud saavutasid rõhu peaaegu pool miljonit atmosfääri, füüsikud 20 000-kraadise temperatuuri.

Kas see on piir?

Ei, muidugi mitte. Valguse kiirusega ei konkureeri seadmetes mitte üksnes elektronid. Ja mitte üksnes laboratooriumides ei ole võimalik opereerida kosmiliste rõhkude ja temperatuuridega ning miljardite kilovattide suuruste võimsustega.

Plahvatus — see annab meile nii hästi ülisuured kiirused, rõhud, temperatuurid kui ka võimsused. Tõepoolest annab isegi väiksema lõhkeainekoguse plahvatus juba mitu miljonit hobujõudu, mitu tuhat kraadi ja mitusada tuhat atmosfääri.

Kuid ei tohi unustada, et see kestab ainult mõni sajatuhandik või miljondik sekundit. Selles peitubki plahvatuse ebatavaliselt suure võimsuse saladus. Plahvatamisel eraldub energiat suhteliselt vähe, kuid seejuures äärmiselt kiiresti. Võimsus aga on töö ühe sekundi jooksul. Väike energiahulk, mis eraldub sekundi sajatuhandiku osa jooksul, kasvab sekundi peale üleviimisel palju kordi. Ei ole ühtki masinat, mida võimsuse poolest võiks võrrelda plahvatusega.

Lõhkeaine on erakordselt kompaktne, kerge ja võimas energia akumulaator. Tal on kindel koht mitte ainult purustavas sõjatehnikas, vaid ka ülesehitavas tehnikas.

Plahvatus kergendab mullatöid teede ja kanalite ehitamisel, kergendab maakide ja söe kaevandamist, võitlust jääga. Plahvatuse kasuliku töö näideteks on hiiglaslikud mullamassid, mida ta välja paiskab, ja pisikesed needikesed, mis ühendavad tihedalt metall-lehti ja mille pead plahvatus lamedaks muljub.

Tavalisel plahvatusel ulatub kiirus mõne kilomeetrini sekundis. Ma ütlesin «tavalisel», sest on olemas ka ebatavalisi plahvatusi.

Nendest me räägime. Avavad nad ju tee veel suuremate kiiruste juurde.

Teises maailmasõjas võeti kasutusele mürsud, mis plahvatades sõnasõnalt «põletasid läbi» tanki soomuse, punkri raudbetoonkatte või laevateki soomusplaadid.

Tuline gaasijuga ja mürsu kesta vedel metall tungis kõvasse soomusesse, mis harilikule soomusmürsule järele ei anna, kiirusega kakskümmend viis kilomeetrit sekundis sama kergelt nagu nuga võisse.

Soomus ei olnud nende kumulatiivsete mürskude vastu enam soomus.

Kumulatsioon ehk suunatud plahvatus, millest me juba rääkisime, annab tunduvalt suuremaid kiirusi kui harilik, mittesuunatud plahvatus.

Kosmilise kiirusega ei lenda enam üksnes silmale nähtamatud elektronid, vaid ka gaasivool või metallijuga, mis plahvatuse ülisuurel rõhul on muutunud vedelaks.

Elektronide voogu õpiti juhtima. Õpiti juhtima ka plahvatust.

Kumulatiivset plahvatust võib kasutada hiiglasuurte pinnasemasside ümberpaigutamiseks. Professor G. J. Pokrovski arvab, et seda plahvatust võib teha «ehitajaks». Plahvatus võib paisata pinnast näiteks sinna, kuhu on vaja ehitada pais. Veealuse suunatud plahvatusega võib tihendada veehoidla pinnast.

Meie hakkasime rääkima ebatavalistest plahvatustest. Jutustasime suunatud plahvatusest. Kuid on olemas ka plahvatus ilma lõhkeaineta, kui kosmilise kiirusega meteoriit lõikub maasse. Seejuures muutub kogu kiirusenergia soojuseks ja momentaanselt tekib väga kõrge temperatuur ja suur rõhk.

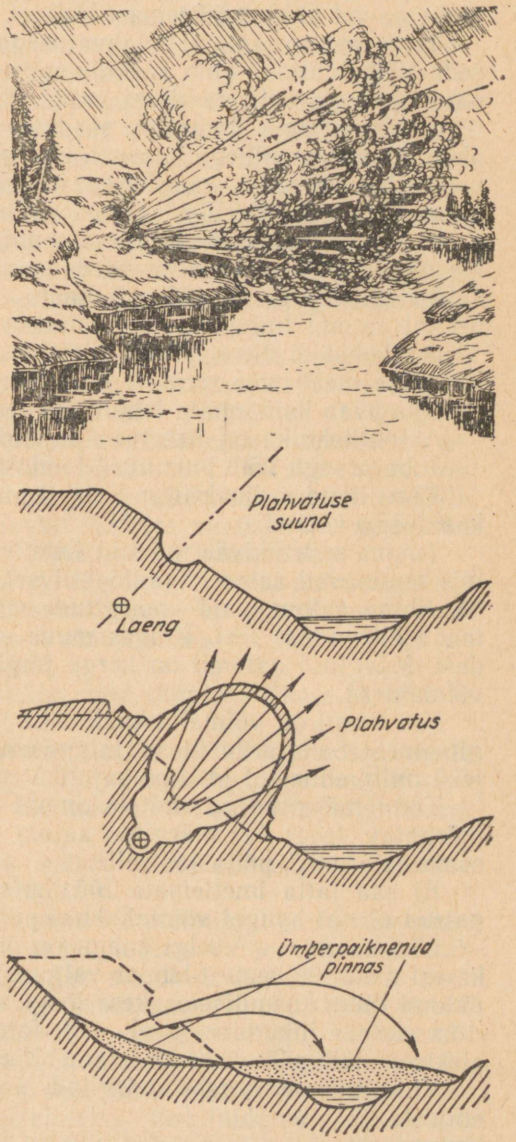
Nüüd vestleme teisest ebaharilikust plahvatusest — aatomi plahvatusest.

Aatomi lagunemisel eralduv energia on kolossaalne. See on umbes 20 miljonit korda suurem kõige tugevama lõhkeaine trotüüli energiast, 1 700 000 korda suurem, kui bensiini põlemisel tekkiv energiahulk, miljon korda suurem süsiniku energiast. Aatomi plahvatusel ületab temperatuur 20 000 000°. Rõhku arvutatakse paljude miljardite atmosfääridega.

See kõik, nii temperatuur kui ka rõhk, mida võiksime kohata ainult Päikese ja tähtede sisemuses, tekib silmapilkselt.

Suunatud plahvatusel kiirus kasvab ja ulatub mõnikord 40 kilomeetrini sekundis. Aatomi lagunemisel tekkiv kiirus on mõõtmatult suurem. Nii liiguvad laguneva raadiumi aatomi tuuma osakesed kiirusega umbes 20 000 kilomeetrit sekundis!

Püssirohu plahvatamise kiirust võib aeglustada. Püssirohi pressitakse kokku ja ta põleb järk-järgult kihtide kaupa. Kuid see ei ole



Suunatud plahvatus.

enam plahvatus, vaid põlemine — see ei välta mitte sekundi tuhandikke osi, vaid hoopis kauem.

Püssirohtu või muid lõhkeaineid, kui neid on palju, on raske ja ohtlik tööle panna nii, et nad töötaksid, aga ei plahvataks. Nad detoneeruvad, plahvatavad kõige väiksemast tõukest, värinast, isegi oma raskusest.

Teine asi on aatomi plahvatusega. Energiat eraldub palju rohkem ja seda võib juhtida. Võib rääkida mitte ainult aatomi plahvatusest, vaid ka aatomienergia vabastamisest, mille juhtimine on meie võimuses.

Aatomienergia tootmise seadmes — uraanikatlas — toimub tuuma ahelreaktsioon, millega kaasneb energia eraldumine. Ahelreaktsiooni kutsuvad esile neutronid — osakesed, millel ei ole laengut ja mis seepärast tungivad kergesti elektriliselt laetud aatomituuma ligipääsmatusse kindlusesse. Et energia vabanemine ei toimuks mitte liiga tormiliselt ja kiiresti, on katlas niisugusest materjalist vardad, mis neelavad tugevasti neutrone. Vardaid sisse lükates või välja tõmmates reguleeritakse neutronite juurdepääsu uraani aatomi tuumadele ja juhitakse sellega energia saamist.

Siinkohal ei ole vajadust kirjeldada aatomienergia saamist täpsemalt, see viiks meid meie teemast liiga kaugele[1]. Kuid peab ütlema, et aatomienergia avab kahtlemata tehnika ja teaduse ees grandioossed perspektiivid.

Aatomitehnika on üks meie sajandi kõige suurematest saavutustest.

Juba praegu võib luua uusi, looduses senitundmatuid keemilisi elemente.

Kunstlikud radioaktiivsed ained on juba tehnikas, tööstuses ja teaduses kasutusele võetud.

Tuuma-suurtükiväe mürsud kutsuvad aatomite maailmas esile nähtusi, mis muudavad aatomid radioaktiivseks. Radioaktiivne aatom ei ole harilik, lihtne aatom, vaid «märgitud» aatom, mis annab oma olemasolust teada kiirgamise teel. Kõiges muus ei erine ta millegagi oma kaasvendadest. Märgitud aatomit on kerge jälgida, see avab meile väga huvitavad võimalused.

Kas tõesti on võimalik kaaludel kaaluda ühte triljondikku grammi mingit ainet? Selle arvu üleskirjutamiseks tuleb pärast koma kirjutada viisteist nulli, enne kui jõuame vajaliku numbrini.

Tänu märgitud aatomitele on nii väike raadioaktiivse aine hulk siiski märgatav. Isegi üks märgitud aatom — üks aatom! — ja aparaat, laetud osakeste arvesti, paljastab selle.

Ei saa jätta imetlemata füüsikute saavutusi, kes vaatlevad seda, mis paistis olevat kaugel võimalikkuse piiride taga.

Üks aatom... Veelgi enam, on õnnestunud vaadelda, kuidas imepisikesest metallikübemest lendab valguse toimel välja elektron, kuidas puruneb aatomi tuum kosmilise osakese löögi all. Nähakse kõige väiksemate aatomiilma elanike liikumise jälgi. On fotografeeritud elektroni jälg, kusjuures elektroni läbimõõt on kaks kümnebiljondikku millimeetrit.

Kuid tuleme tagasi märgitud aatomi juurde. Kuidas nad reedavad ennast?

[1] Vaata näiteks A. F. Kapustinski artiklit «Aatomienergia» kogumikus «Современные проблемы науки и техники». «Молодая гвардия». 1949, lk. 48—68.

Väike gaasiga täidetud metalltoruke ja selle sees asuv peenike traadike ühendatakse elektripatareiga. Voolu ei ole, sest vooluring on katkestatud, toru ja traat ei ole omavahel ühendatud. Kui torusse satub laetud osake, siis see ioniseerib gaasi, lööb gaasi aatomitest elektrone välja ja elektronide laviin likvideerib ahelas silmapilkselt katkestuse. Ilmub vool — osakese märguanne oma olemasolust. Arvestis tekkiv lahendus antakse üle võimendajale ja arvesti märgib osakese ilmumise.

Arst võib jälgida organismi viidud mitmesuguste ainete teed, mida näitavad talle märgitud aatomid. Bioloog uurib taimede hingamist. Keemik määrab kindlaks, kuidas üks või teine raskesti lahustuv aine vees lahustub, märgitud aatomid näitavad niivõrd väikese hulga olemasolu, et seda ei saa määrata harilike, isegi väga tundlike kaaludega, mis mõõdavad grammi miljardikku osa. Märgitud aatomid aitavad keemikul uurida keemiliste reaktsioonide mehhanismi. Füüsik jälgib aatomite liikumist gaasides, vedelikes, tahketes kehades, kuidas toimub segunemine, auramine või gaaside liikumine.

Märgitud aatomid fotografeerivad ennast ise — nende kiirgus mõjub fotoplaadile. Ilmus uus sõna — radiograafia (meenutame teist — fotograafiat!). Ka metallurg võib märgitud aatomite abil ülesvõttel (radiofoto!) näha, kuidas muutub aatomite asetus metallis metalli mitmesugustel muundumistel. Insenerile, kes uurib metallide hõõrdumist ja kulumist, kes teostab parima määrde valikut, näitab märgitud aatom, mis toimub metallipindade aatomitega, kui pinnad hõõrduvad üksteise vastu, kuhu ja kuidas kanduvad väga väikesed ainehulgad hõõrdumisel ja kulumisel.

Võiks jutustada veel palju, mida märgitud aatomid meile annavad. Kuid toodud näidetestki on selge, kui tähtsaks suure hulga nähtuste uurimise vahendiks on saanud radioaktiivsed ained, mida toodab aatomitööstus.

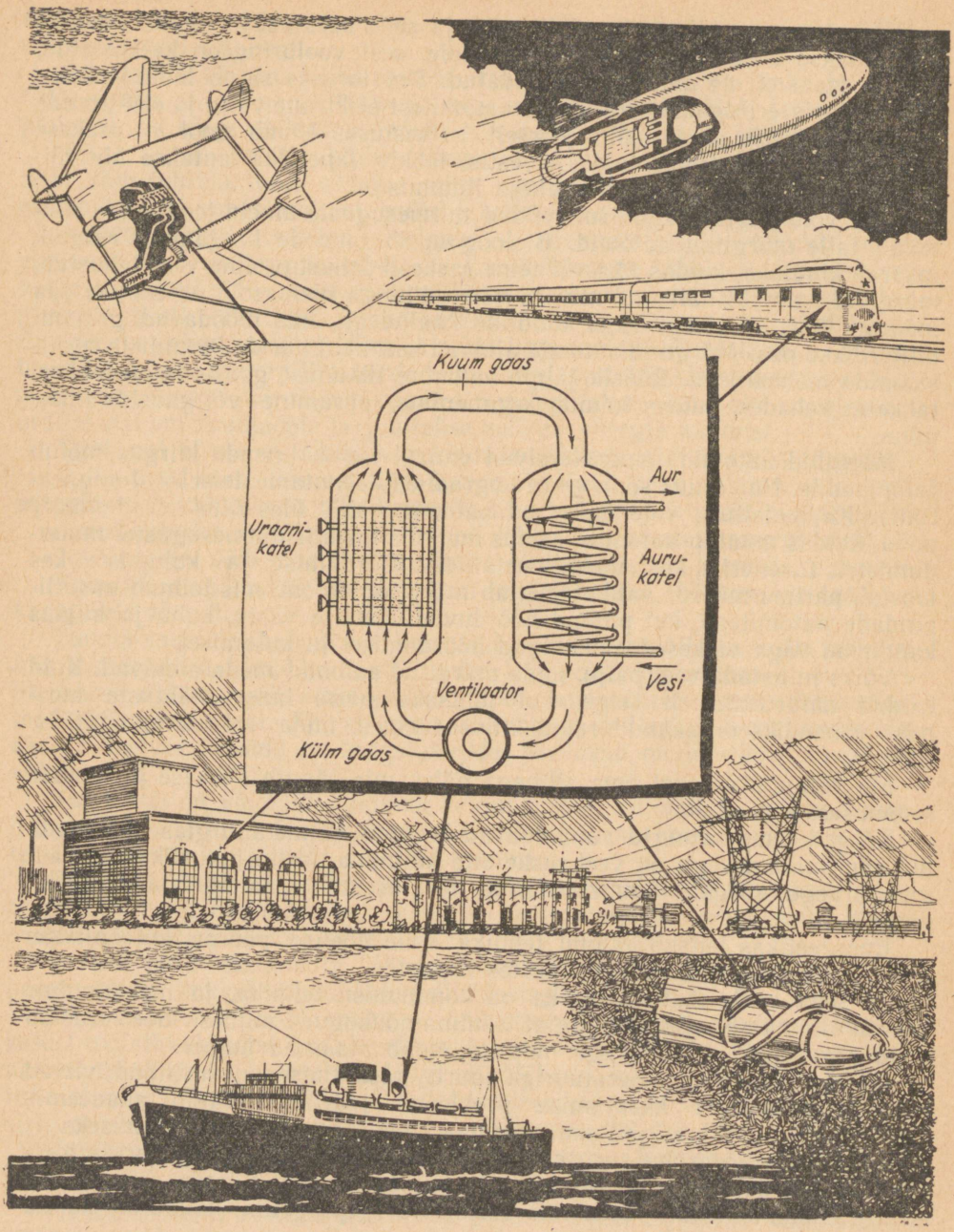
Me võime Maa peal oma silmaga näha, mis sünnib Päikese ja tähtede sisemuses.

Kõrged temperatuurid võimaldavad keemias ja metallurgias saavutada uut edu, mida praegu on veel raske ette kujutada. Mitte juhuslikult ei räägita praegu kõrgete temperatuuride tööstusest — aatomisajandi uuest lapsest.

Energeetikas kutsub aatomi tehnika esile tõelise pöörde, kui õpitakse saama odavat tuumaenergiat suurtes kogustes.

Ja seda saab. Aatomitehnika on kommunismitehnika, ja me sunnime aatomi sisemusse suletud energiat teenima nõukogude inimest. See varustab meid energiaga — energiaga, mis kujundab maailma ümber.

«Kõrge rõhu ja temperatuuriga auru kasutamise uurimistööd viivad meid aatomienergia kasutamise probleemi juurde,» räägib akadeemik G. M. Kržižanovski. «Osa tuumaenergiast, mis läheb vee soojendamiseks ... võib kasutada kõrgrõhu auru saamiseks, mis juhitakse aatomienergia tootmiskoha lähedale ehitatud võimsa elektrijaama turbiinidesse. Niisuguses elektrijaamas toodetud voolu võib seejärel kõrgepingeliini kaudu üle kanda pikkade vahemaade taha.»



Võimalik aatomjõuseadme ehitus ja selle kasutamine.

Aatom-gaasiturbiinid elektrijaamades, laevadel, lennukitel, veduritel... Praegu on see unistus, kuid unistus, mille saatuseks on täitumine.

Mida võib aatomienergia anda suurte kiiruste tehnikale?

Sellele küsimusele ei saa praegu täielikku ja kindlat vastust muidugi anda. Kuid üht-teist võib öelda juba nüüdki.

Oletatakse, et aatomienergia kasutamine võimaldab tunduvalt tõsta rakett-mootorist väljavoolavate gaaside kiirust. Kui aatomi lagunemise soojusega kuumendada näiteks gaasilist vesinikku, siis võib vesinik välja voolata ligikaudu 2—3 korda kiiremini kui kõige parema kütuse põlemisproduktid. See tagab raketile suure kosmilise kiiruse ja kauged kosmosereisid planeetidel maandumisega. Sellega oleks siis lahendatud ka planeetidevaheliste rännakute peaküsimus — rakettlaeva energiaga kindlustamine.

Kuid kas see tee on lihtne? Ei. Me oleme juba rohkem kui üks kord näinud, et suuremad kiirused tähendavad ka suuremaid raskusi.

Aatomienergia nõuab inseneridelt ka uut mootorit ja raketi enese uut konstruktsiooni.

Aatomiraketi konstruktoritel tuleb kokku põrgata väga kõrgete temperatuuridega, mis kaasnevad aatomisse peidetud jõudude vabanemisega, samuti kahjuliku radioaktiivse kiirgusega.

Keemilistel, mitteaatom-kütustel ei ole küllaldaselt energiat.

Aatom-, tuum-kütusel on liiga palju energiat.

Aatomi lagunemisel eraldub väga palju soojust. Rakett muutuks otsekohe auruks, kui seda soojust ära ei juhitaks. Oletatakse, et üheks võimalikuks lahenduseks on poorsete materjalide kasutamine. Nende pind on hiiglasuur — meenutage kas või mesilaste kärgi! Järelikult juhitakse soojus kiiremini minema ja mootor ei kuumene üle.

Keemilise, mitteaatom-kütuse energia muutub rakett-mootoris otse, ilma vahendajateta väljavoolavate põlemisproduktide energiaks.

Aatomi, tuumkütuse energiat võiks raketis kasutada ainult vahendaja kaudu, milleks võib olla näiteks vesinik, mis moodustab suunatud gaasijoa. Vesinik on väga kerge ja vajab seepärast suuri paake. Kosmilisel aatomraketil on esialgu tõenäoselt kaunis soliidsed mõõtmed. Selle kõrval paistab tänapäeva suur rakett ainult kääbusena.

Kõigest sellest täiesti veendunult kõnelda näib olevat veel vara. Kuid ei saa olla kahtlust, et vaatamata paljudele raskustele ei jää inseneride ja teadlaste mõtted paigale, vaid suunduvad oma rikkalikke kogemusi kasutades aatom-transporditehnika, ülisuurte kiiruste tehnika loomisele.

Võib-olla ilmuvad tulevikus ka sellised raketid, kus liikumapanev jõud saadakse aatomi lagunemise produktidest, kui neid produkte õnnestub saada suunatud joana. Sel juhul ulatub väljavoolu kiirus mõnekümne tuhande kilomeetrini sekundis. Siis ehitatakse ka raketid muidugi hoopis teisiti kui need, mida me praegu tunneme.

Ja samuti kui üle-helikiirus kutsub esile meile ebatavalisena näivad lennukid, samuti on võimalik, et kiiruse kasvuga muutub ka rakett, mis tagab meile maailmaruumi vallutamise.

Aatomienergia võimaldab meile kaugeid kosmose rakett-rännakuid teistesse maailmadesse, meresügavuste vallutamise allveelaevadega ja stratosfääri alistamise stratoplaanidega, mis on varustatud aatommootoritega.

Saabub aatomienergia ajastu.

«Meie panime aatomienergia rahuliku ülesehitustöö ülesandeid täitma,» rääkis A. J. Võšinski juba 1949. aastal Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni Peaassambleel, «meie tahame aatomienergiat kasutada selleks, et õhku lasta mägesid, muuta jõgede voolu, niisutada kõrbeid ja luua uusi ja uusi elusooni sinna, kuhu inimese jalg on harva astunud...»

Möödus mõni aeg, ja nõukogude rahvas alustas grandioosseid töid looduse ümberkujundamiseks, lõi uusi elusooni sinna, kus varem olid surnud kõrbealad. Pealetung loodusele rullub lahti üha laiemalt ja laiemalt. Üheks relvaliigiks selles pealetungis sai aatomienergia.

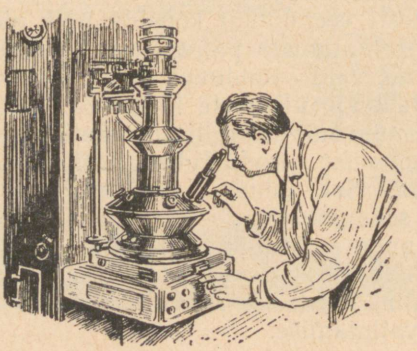
Hoopis teine on pilt USA-s. Ameerika majandusteadlane James Allan kirjutab raamatus «Aatomienergia ja ühiskond»:

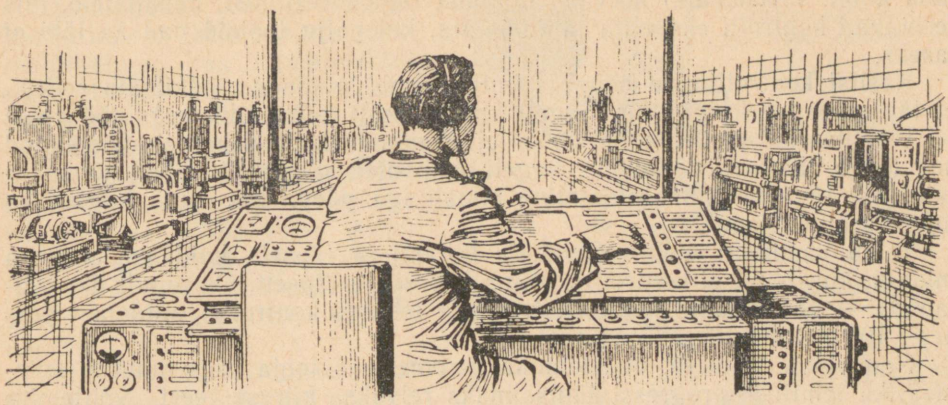
«USA-s on aatomienergia rahulikuks otstarbeks kasutamise katsed tänapäeval väga armetud ja neid teostatakse tigusammul, võrreldes pingutustega, mis kulutatakse aatomipommi valmistamiseks ja täiendamiseks, milleks kasutatakse kõik olemasolevad tooraine varud ja paremad teaduslikud jõud. On raske leida kusagil mujal peale USA aatomitööstuse kaasaegse seisukorra nii eredat näidet teaduse mandumise ja rahva püüete lämmatamise kohta paremate elutingimuste poole, mille on esile kutsunud uued avastused.»

Ameerika imperialistid püüavad aatomipommiga vehkides maailma šantažeerida. Kuid nüüd, nagu ütles J. V. Stalin, «... aatomirelva saladust omavad mitte üksnes Ameerika Ühendriigid, vaid ka teised maad ja eeskätt Nõukogude Liit».

Nõukogude tehnika ja teadus töötab edukalt uuel teadusealal — aatomienergeetikas.

Aatomi plahvatus, inimmõistuse suurim saavutus, tähendab meie jaoks «loovat plahvatust», mis loob meie ajastu, suure sotsialismi epohhi seninägematu kultuuriõitsengu, kus kõik teed viivad kommunismini.





AUTOMAATIDE MAAILMAS

Kõige rohkem rääkisime me kiirusest. Kuid tänapäeva tehnikas ei kasvanud üksnes kiirus, vaid ka võimsus, pinge, sagedus, rõhk, temperatuur, täpsus — kõik suurused, mis iseloomustavad masinate ja seadmete tööd.

Täpsus on üks meie tehnika deviisidest, täpsus, mis arvestab kümnendikke ja sajandikke mikroneid.

Täpsust on vaja mitte üksnes masinaehituses.

Metallurgid, kes koostavad uusi sulameid, keemikud, kes valmistavad uusi aineid, peavad oskama temperatuuri ja keemilisi koostisi reguleerida enneolematu täpsusega. Nüüd on isegi sajandikul ja tuhandikul kraadil või protsendil oma tähtsus. Selline «mikroskoopiline» täpsus on paljude toodete tootmise vajalik tingimus, alates masinate detailidega ja lõpetades penitsilliiniga.

Kaasaegses vaakuumtehnikas on tähtis isegi tuhandik mikronit elavhõbeda sammast.

Seda suurust on raske endale ette kujutada. Kuid teda on tarvis mõõta, ja pärast mõõtmist tuleb reguleerida tootmisprotsessi.

Kas inimene suudab käsitsi juhtida hiiglasuuri võimsusi, pingeid, rõhke, jälgida väga kiirekäiguliste masinate tööd ja kontrollida suure täpsusega tuhandeid esemeid tunnis, ilma eksimata ja väsimata, lootes «silmamõõdule», oma meeleorganitele?

Ei. See on kättesaadav ainult masinatele, mis «tunnetavad» mõõtmatult paremini kui inimene, masinatele, mis juhivad tootmist hõlpsasti ja ei

luba kõige väiksematki kõrvalekaldumist õigest režiimist, masinatele, mis teostavad kontrolli eksimata ja väsimata, kui palju tooteid nad ka läbi ei laseks.

Käsitsi kontrollimine nõuab tohutult aega ja jõudu, rääkimata sellest, et täpsus ei ole kuigi suur. Sageli kulub ainult kolmandik aega töö peale — tegeliku töö peale, kuna poole ajast nõuab kontrollimine! Ülejäänud aeg läheb abioperatsioonidele. Sageli on pooled kõigist töölistest kontrollijad, sest tänapäeva masstootmine annab iga päev, iga tund hiiglasliku hulga produktsiooni.

Tekib vastuolu: võib valmistada kiiresti ja täpselt, kuid see ei anna midagi, kui tehtut ei kontrollita sama kiiresti ja täpselt. On ainult üks väljapääs — automaatne kontroll. Laagrite tehases kontrollib automaat peaaegu 100 000 detaili vahetuses.

Nõukogude inimese, uue tehnika peremehe ja looja käes muutub automaatika tehnilise progressi tähtsaimaks relvaks, kiiruse eest võitlemise osaks.

Automaadid kontrollivad toodete mõõtmeid ja kvaliteeti. Nad jälgivad kõike, mis neile ülesandeks tehakse — temperatuuri ja rõhku, kiirust ja sagedust, pinget ja pöörete arvu.

Automaadid juhivad keerulisi keemilisi muundumisi paremini igast keemikust. Kuna keemiliste reaktsioonide kiirus on tugevasti tõusnud, siis ei saa ilma automaatikata olla tänapäeva keemia suurtööstust.

Automaadid lülitavad sisse ja välja masinaid, mehhanisme ja seadmeid ning teevad seda määratud ajal vajaliku täpsusega.

Automaadid täidavad kümneid kõige mitmesugusemaid ülesandeid: juhivad elektrimootoreid ja hoiavad lennuki kurssi, väldivad transpordis ja elektrivõrkudes avariisid, kaitsevad töölist õnnetusjuhtumi eest, loendavad valmistooteid ja teevad palju, palju muud.

Me kohtame «tarku masinaid» — automaate — šahtides ja valtspinkidel, kõrgahjude juures ja elektrijaamades, metallitöötlemise tsehhides ja kergetööstuses, transpordis ja sides.

Šahtis juhib söekombaini masinist väga keerulist masinat lihtsalt nupule vajutamisega.

Maa-aluse transpordi — sütt vedavate elektrirongide — liikumist juhib üks inimene, dispetšer, juhtimispunktist. Ei ole kaugel aeg, kui mitte üksnes ronge, vaid kõiki šahti mehhanisme juhitakse automaatide abil ühest punktist.

Kõrgahi-automaat teeb kõik ise. Kaalud mõõdavad täpse koguse maaki, koksi, lubjakivi. Tõstuk viib need kõrgahju. Tooraine puistatakse ahju automaatselt.

Kadus laadijate, «kõrgtööliste» raske elukutse kõrgahju suudmel, kes täitsid ahju küllastamatut kurku sealt väljapurskuvate kuumade, lämmatavate gaaside atmosfääris.

Automaat-seadmed jälgivad rangelt õhu hulka ja temperatuuri, mida õhukompressorid ahju annavad. Valmis malmi valavad masinad-automaadid.

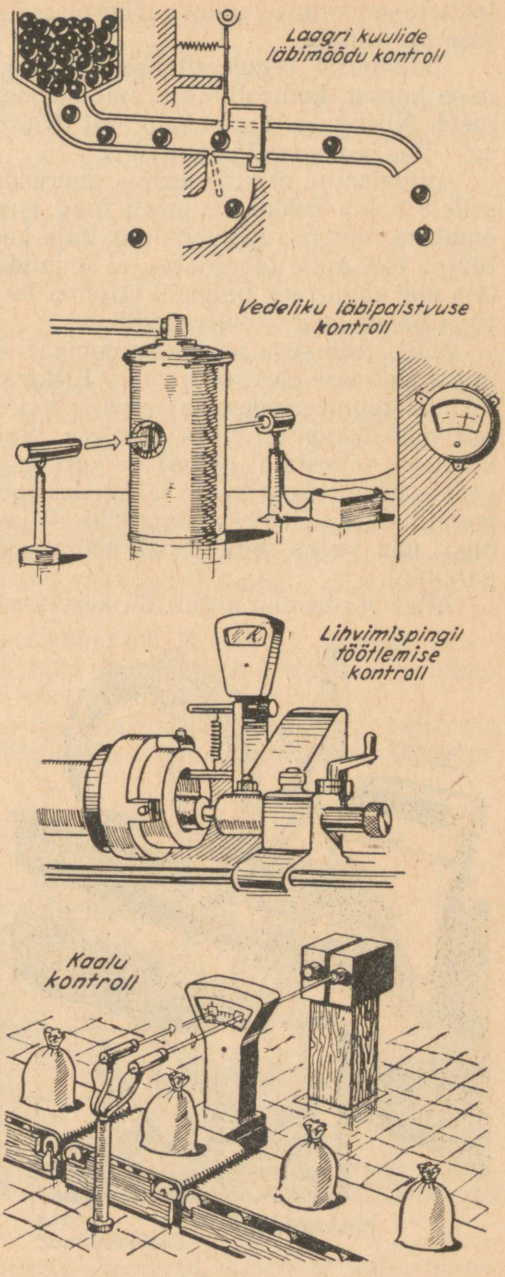
Automaatika on ka terasekeetja kindel abiline. Ilma automaatikata ei saa terasekeetjad nüüdsel ajal lihtsalt hakkama. Me teame, kui tähtis on tugevate sulamite saamiseks täpselt hoida etteantud termilise töötlemise soojuslikku režiimi. Siin ei saa töötada silma järgi. Automaadid säilitavad vajaliku temperatuuri ja reguleerivad terase keetmist martään- või elektriahjudes.

Praegu annavad meie maal tunduva osa malmist ja terasest ahjud, kus töötavad automaadid. Automaatkõrgahi toodab 1500—1700 tonni metalli ööpäevas ning martään-ahjudes kulgeb sulatamine kaks korda kiiremini kui sajandi alguses.

Üks martään-tehastest varustati automaatikaga. Terase tootmine tõusis 5%, võrra. Esimese pärastsõjaaegse viisaastaku lõpul andsid martäänahjud maale ligi 25 miljonit tonni terast. Üks protsent on 250 000 tonni. Aga 5%, on üle miljoni tonni terast. See on «tarkade masinate» kasutamise tulemus. Ja peale selle peaaegu 150 000 tonni kütuse kokkuhoidu.

Hiiglaslikku valtsimismasinat, bluumingut, mis mitme tonni raskustest valatud terase plokkidest teeb lattrauda, juhitakse ainult nupule vajutamisega või käepideme pööramisega. Valatud plokk liigub bluumingu valtside vahel kiiresti edasi ja tagasi, kuni ta on saanud vajaliku kuju ja kuni automaatkäärid lõikavad ta vajalike mõõtudega tükkideks.

Valtsimise kiirus õhukese



Automaadid-kontrolörid.

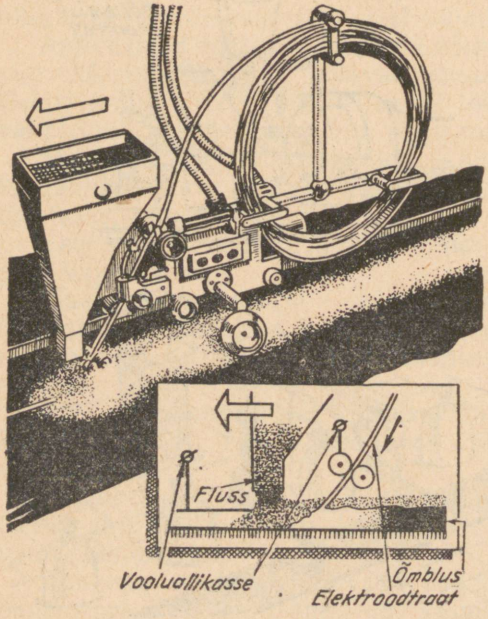
lehtterase tootmisel pideva tööprotsessiga valtspingil ulatub praegu 70 kilomeetrini tunnis.

Valtsimisel reguleeritakse automaatselt plokkide ja pooltoodete liikumise kiirust, kontrollitakse automaatselt metalli temperatuuri ja lati mõõtmeid. Niisugusel automaatpingil töötab 35 korda vähem töölisi kui tavalisel, ilma automaatikata pingil.

Automaatne elektrikeevitus suurendab tööviljakust 12—13 korda, lisaks sellele hoiab kokku materjali ning energiat ja annab parema kvaliteediga õmbluse. Varem reguleeris keevitaja keevitamise režiimi käsitsi — raske ja tüütav töö, mille tööviljakus ei saanud olla loomulikult kuigi kõrge. Keevitaja pidi kogu aeg pingsalt jälgima leegi õiget põlemist ja iga sula metallitilga paiknemist keevitusõmblusse.

Nüüd teeb seda keevitusautomaat. Õmblust mööda nihkub iseliikuv pea, mis annab ette elektrood-traati. Elektroodi ja detaili vahel tekkiva kaarleegi pikkust reguleeritakse automaatselt. Leegis sulatatud traadi ja detaili metall moodustab tardudes õmbluse. Samuti juhitakse õmbluse peale automaatselt räbustaja (fluss) — eriline kattematerjal, mis sulab ja katab vedela metalli koorikuga, takistades seega hapniku ja lämmastiku tungimist metalli. Leek põleb räbustaja kihi all ja keevitajal ei ole vaja katta nägu kilbiga, mis segas teda vabalt töötamast. Keevitamine läheb kiiremini ja paremini.

Alles võrdlemisi hiljuti oli keevitamine metallitöötlemise haru, kus valitses käsitöö. Nõukogude teadlaste poolt väljatöötatud kiirautomaatkeevitus vahetas käsitöö välja.



Automaatne elektrikeevitus.

Tänapäeva elektrijaamad ja energia-süsteemid — jaamade ringliinid — ei saa töötada ilma automaatideta.

Katlamajas annavad automaadid sütt ette. Enne koldesse sattumist on söel ees pikk teekond — tükist peene musta «puudrini», söetolmuni. Söelaos, söeveskites, katla koldes — igal pool kohtame automaatseid mehhanisme ja seadmeid, mis kaaluvad sütt ja annavad seda ette, jälgivad söetolmu valmistamist ja õiget põlemist.

See võimaldab säästa niipalju sütt, et meie maa kõikides katlamajades kokkuhoitud söest jätkuks suure elektrijaama töötamiseks aasta läbi!

Automaat-regulaatorid toidavad katelt veega, kütusega ja õhuga:

«Auruvabrikus» hoiavad automaadid auru rõhku konstantsena. «Elektrivabrikus» aga, jaama masinasaalis, kus töötavad turbiinid ja elektrigeneraatorid, jälgivad automaadid turbiini pöörete arvu konstantsust.

Jaama koormus muutub, sest päeval ja õhtul, suvel ja talvel vajatakse erinevaid energiakoguseid. Turbiin ei saa aga muuta kogu aeg oma pöörete arvu: generaator peab pöörlema ühe ja sama kiirusega. Pöörete arvu suurenemine või koormuse järsk langus võib põhjustada avarii. Siin seisab aga valvel automaat, mis reageerib koormuse muutumisele.

Jaama ja elektrivõrku kaitsevad avarii eest kiirautomaadid — releed. Automaadil kulub ainult 0,03 sekundit, et märgata võrgus korratust ja lülitada välja vigastatud ala.

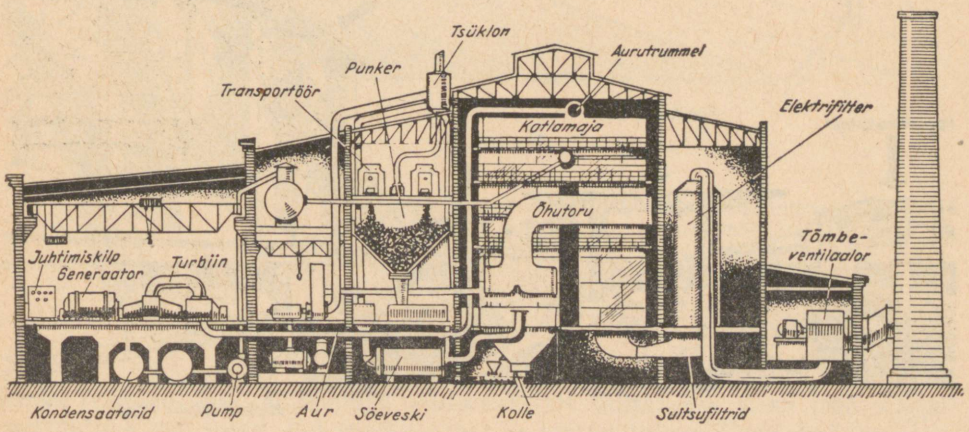
Elektrijaamad ühendatakse ringliiniga, ja nad aitavad üksteist, jaotades energia ülejäägi sinna, kus energiat ei jätku. Ilma automaatikata ei oleks võimalik juhtida kümneid ja sadu kilomeetreid üksteisest eemalasuvaid «energiavabrikuid» ega jälgida, mis sünnib hiiglaslikus elektrivõrgus. Üks inimene — süsteemi dispetšer — teab kõik, mis kusagil jaamas tehakse, teab, kuidas iga masin töötab ja juhib neid.

Juba praegu on olemas «lukustatud jaamu». Seal tuleb automaatika toime täiesti ilma inimesteta — inimene ainult jälgib jaama tööd, käivitab ja paneb seisma, tehes seda sageli eemalt. Kõik muu antakse automaatide kätte: nad reguleerivad turbiinide ja kõikide elektrimasinate tööd ning teatavad esinevatest avariidest.

Nõukogude inimesed kasutavad automaatikat laialdaselt suurehitustel.

Automaatika aitab teostada meie maa grandioosseid ehitusi — maailma kõige suuremaid hüdrosõlmi ja kanaleid.

Meile on vaja tohutul hulgal ehitusmaterjale. Tuleb paigaldada miljoneid kuupmeetreid betooni. Nõukogude inseneride konstrueeritud automatiseeri-



Automatiseeritud soojuselektritsentraal. Tooraine etteandmist, katelde ja turbogeneraatorite tööd reguleeritakse automaatselt.

tud betoonitehas annab 4000 kuupmeetrit betooni ööpäevas. Tooraine — killustik, liiv, tsement ja vesi juhitakse automaatselt betoonisegistisse. Operaator valib juhtimispuldi juures vajaliku betooni margi ja määrab toorainete nõutava doseerimis-vahekorra. Valmissegu laaditakse automaatselt välja ja betoonisegisti võib uuesti tööd alustada.

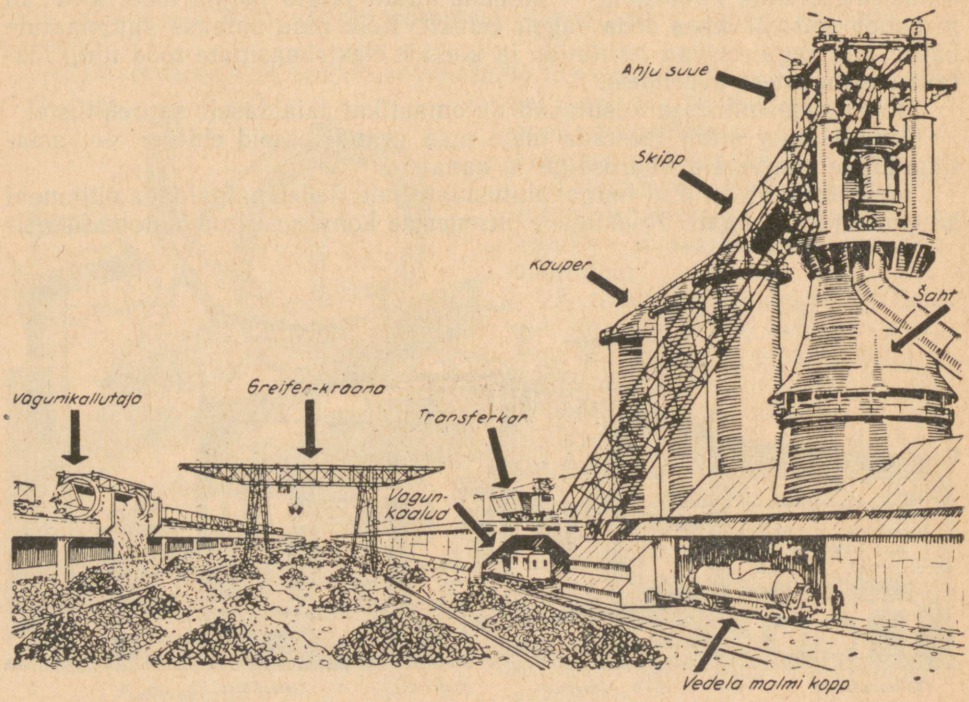
Gigantsetes hüdro- ja pumbajaamades, mis annavad vett kanalitesse ja niisutussüsteemidesse, hakkavad tööle kõige täiuslikumad automaatseadmed ja -mehhanismid.

Hiiglasuurtes kunstlikes meredes — veehoidlates tuleb veepinna kõrgust reguleerida automaatselt. Ainuüksi Kuibõševi ja Stalingradi juures olevate merede pindala moodustab umbes 30 000 ruutkilomeetrit!

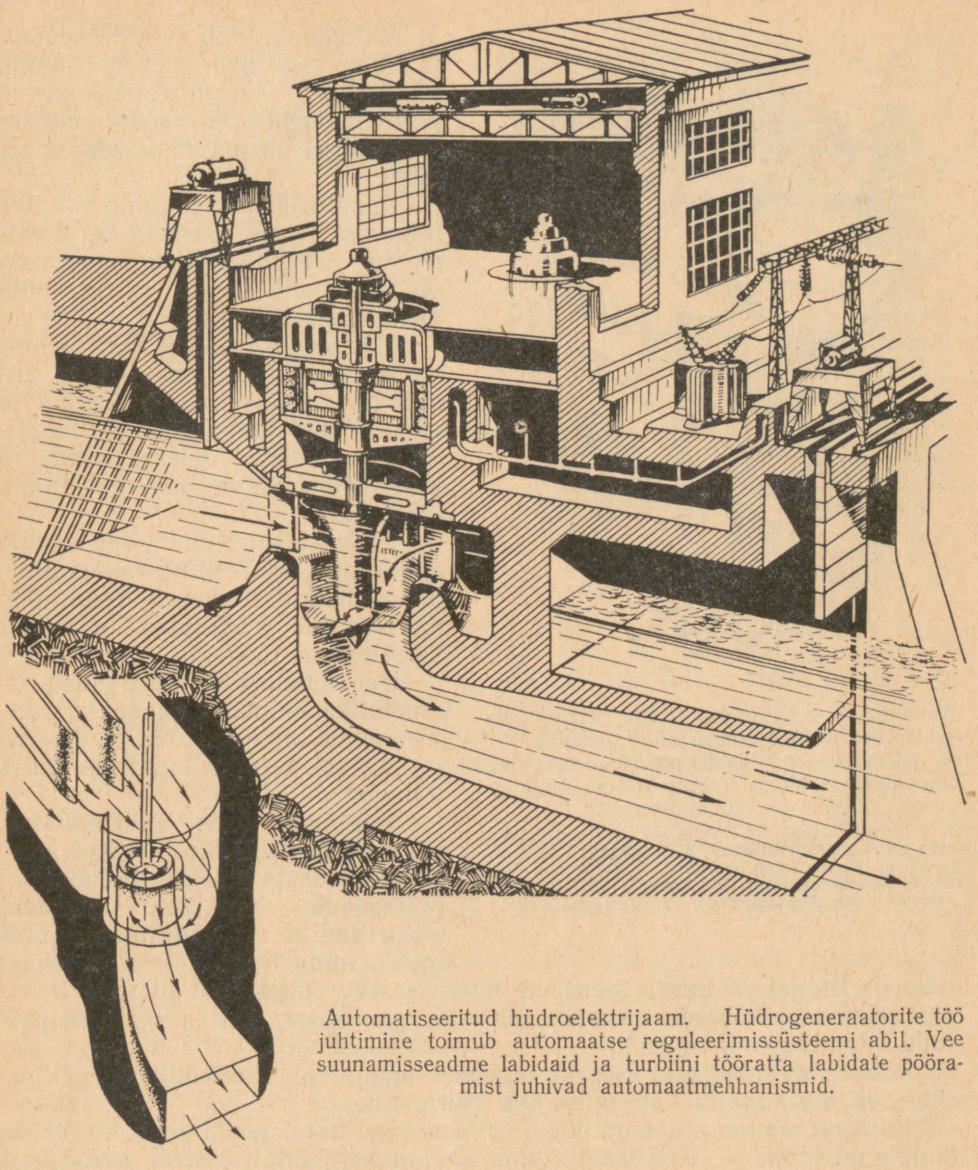
Automaatikat hakati laialdaselt kasutama kõikides rahvamajanduse harudes, esmajoones energeetikas. Varsti viiakse lõpule rajooni-hüdroelektrijaamade täielik automatiseerimine. Energeetilistes süsteemides juurutatakse telemehaanikat — kaugjuhtimist.

Automaat-šahtid, automaat-elektrijaamad, automaat-tsehhid ja -tehased — selleni jõuab eesrindlik nõukogude tehnika.

Automaatblokeering — automaat-signalisatsioon tagab meie maa teras-

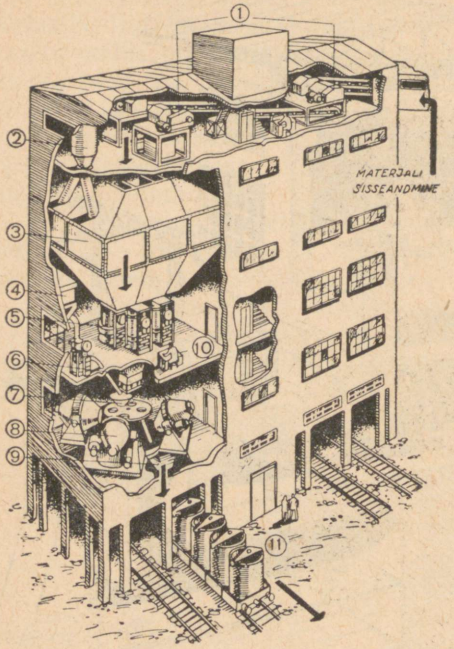


Automaat-kõrgahi. Kõiki tootmisprotsesse, alates tooraine laadimisest kuni malmi väljalaskmiseni, aitavad sooritada automaatseadmed ja -mehhanismid.



Automatiseeritud hüdroelektrijaam. Hüdrogeneraatorite töö juhtimine toimub automaatse reguleerimissüsteemi abil. Vee suunamisseadme labidaid ja turbiini tööratta labidate pööramist juhivad automaatmehhanismid.

teedel rongide ohutu liiklemise. Automaatselt lülitatakse sisse teed sulgevad valgusfoori tuled, kui rong on teel, ja tee avatakse niipea, kui ta vabaneb. Automaat peatab rongi isegi siis, kui vedurijuht ei märka, et valgusfoor on suletud. Rongid liiguvad kiiremini, kartmata avariid.



Automaatne betoonitehas. Kogu betooni valmistamise tsükkel: materjali (killustiku, liiva, tsemendi, vee) laadimine ja doseerimine, betoonisegaja töö ja valmis betooni väljalaadimine on automatiseeritud.

1. Transportöörid. *2.* Tsüklon. *3.* Killustiku, liiva ja tsemendi punker. *4.* Veepaak. *5.* Dosaatorid. *6.* Kuiva segu punker. *7.* Pööratav lehter. *8.* Betoonisegistid. *9.* Betooni väljaandmise punker. *10.* Juhtimispult. *11.* Betoonitünnid.

Automaate võib juhtida eemalt, ja kõik, mis nad teevad, sünnib masinast, keemia-aparatuurist, elektrijaamast või raudteesemaforist kaugel asuva inimese tahte järgi.

Raudtee-dispetšer juhib rongide liikumist terves jaoskonnas. Elektrivõrgu juhtimise dispetšer-punktis võib iga hetk teada saada, mida mehhanismid teevad.

Mägedes või kaugel Põhjas asuv meteoroloogia automaat-jaam annab ilmateateid raadio kaudu ise edasi. Sond-õhupalliga või raketiga suurtesse kõrgustesse saadetud aparaadid teatavad maa peale oma tööst ise.

Lennukatsete ajal võib raadio kaudu automaatselt üle kanda õhus oleval lennukil asuvate aparaatide näidud, mis kergendab tunduvalt katselenduri tööd.

Uue mootori või uue lennukimudeli katsetamisel saadakse vaatluspunktis otsekohe kõik teada, mis stendil või aerodünaamilises torus toimub.

Maa-alusel söe gaasistamisel või nafta tootmisel sügavatest puuraukudest, lüüside ja pumbajaamadega kanalitel, pikkadel elektriliinidel, arteritel-torujuhtmetel, mida mööda voolab tehastesse ja linnadesse nafta, gaas või kuum vesi — kõigil neil juhtudel vajavad erinevates kohtades asuvad masinad peremeest, kes juhiks neid paljude kilomeetrite kauguselt.

Aatomi-energeetikas, kus on tegemist kahjuliku radioaktiivse kiirgusega, on uraanikatla kaugjuhtimine vältimatu.

Inimene sunnib automaatikat ja telemehaanikat tegema seda, mis talle endale on raske ja osalt isegi võimatu. Nad kergendavad tööd, muudavad töö viljakamaks ja ohutumaks.

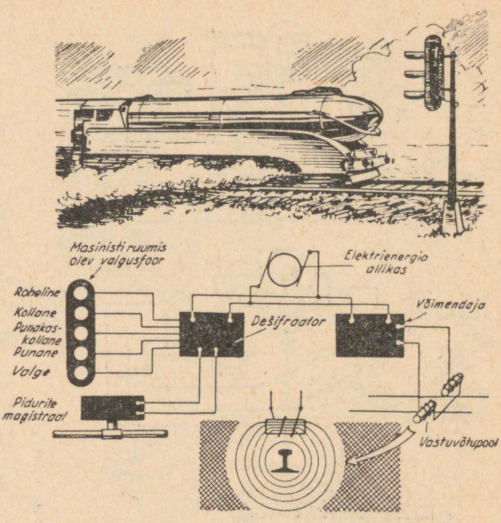
Just sellepärast osutataksegi meie maal automaatikale ja telemehaanikale nii suurt tähelepanu.

Meenutame kuulsaid leninlikke sõnu, et lõppude-lõpuks on tööviljakus uue ühiskondliku korra võiduks peamise ja otsustava tähtsusega.

Miljonite võistlus, tööeesrindlaste saavutused, nõukogude patriootide initsiatiiv, mis sünnitab üha uusi ja uusi võitlusvorme toodangu tõusu eest, on kaasaja võimsad jõud. Koos eesrindliku tehnikaga, millega varustasid meie maad viisaastakud, loovad nad imesid.

Lenin rõhutas: «Igal pool on vaja rakendada rohkem masinaid, võimalikult laialdasemalt üle minna masinatehnika kasutamisele.»

Ei tohi «loota sellele, et lusikaga võib mere tühjaks tõsta», «tööprotsesside mehhaniseerimine on meile selleks **uueks** ja **otsustavaks** jõuks, ilma milleta pole võimalik kinni pidada meie tempost ega tootmise uutest mastaapidest», — õpetas J. V. Stalin.



Autostopp.

Näiteid ei ole vaja kaugelt otsida. Masinatehnika, mehhaniseerimine ja automaatika on tunginud meil kõikjale.

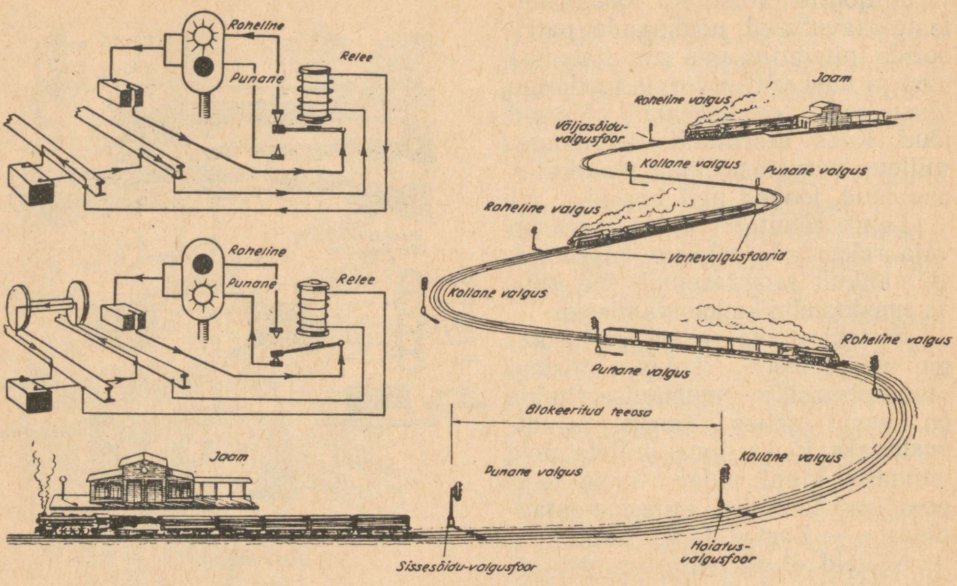
Automaatpinke lastakse meil välja iga aastaga üha rohkem ja rohkem. V. M. Molotov ütles partei XVIII kongressil: «... tööpinkide tootmist ei tule lihtsalt suurendada, meil tuleb tööpingiehituses kindlustada suure tootlikkusega pinkide ja spetsiaalpinkide, eriti automaatide ja poolautomaatide, erikaalu otsustav tõus».

Automaat-tööpink teeb töölise asemel kõik, mida detaili töötlemisel nõutakse: asetab kohale ja kinnitab pooltoote, viib lõikeriista detaili juurde ja eemaldab detailist, võtab valmisdetaili ära. Poolautomaadil jääb töölise ülesandeks pooltoode kohale asetada, tööpink käivitada ja detail maha võtta, kui töötlemine on lõpetatud.

Mis sunnib tööpinki seda tegema? Võllile on kinnitatud mitmesuguse kujuga nokad. Nad on ühendatud tööpingi osadega, mida tuleb detaili töötlemisel sisse või välja lülitada. Iga nokkvõlli pöördega sooritatakse üks või teine töö jaoks vajalik liigutus.

Tööpingil ei tarvitse olla üks tööriist — lõiketera, puur, vaid mitu, mis töötavad ühel ajal või üksteise järel. On võimalik samaaegselt töödelda mitte üht, vaid mitut toodet, töötlemist võib teostada valmisdetaile pidevalt maha võttes.

Automaat-pinke on mitmesuguseid. Kuid neil on ühiseid osasid, agregaate. See võimaldab tööpinke ehitada standard-agregaatidest, nagu laste mängu «Konstruktor» ühedest ja samadest osadest koostatakse mitmesuguseid mänguasju. Nõukogude tööpingiehitajad on loonud palju agregaatpinke.



Autoblokeering raudteel.

Meil on olemas automaatsed lihvimispingid, mida käivitatakse nupule vajutamisega. Tööpingid töötlevad suure täpsusega ega võimalda praagi tekkimist — neid abistavad automaat-kontrollijad. Niipea kui detail on lihvitud vajalikku mõõtu, eemaldab automaat lihvimisketta ja lülitab pingi välja.

Automaat-tööpingi juurest ei ole palju maad automaat-pinkide liinini.

Juba enne Suurt Isamaasõda loodi Nõukogude Liidus maailma esimene automaatpinkide liin. Pärast sõda lõid nõukogude insenerid uusi automaat-liine, mis valmistavad autode ja traktorite detaile.

Toorik peab alustama teekonda. Vajutus käivitusnupule, ja liin elavneb. Metalne kang-käsi viib tooriku tööpingi juurde. Metallist klambrid-sõrmed asetavad tooriku kohale ja kinnitavad pinki. Pea koos tööriistadega tuleb juurde ja töötlemine algab. Kui töö on lõpetatud, siis annab metallkäsi detaili edasi järgmisse pinki.

Automaat-mehhanismid jälgivad pidevalt kõike ja signaliseerivad esinevatest takistustest. Möödub ainult mõni minut ja valmisdetail lahkub liinilt.

Automaat-pinkide liinid lühendavad mitu korda töötlemise aega ja tõstavad töö tootlikkust. Üks niisugustest liinidest on Moskva Stalini-nimelises Autotehases. Seda teenindab kolm töölist. Vahetuses annab ta niipalju toodangut, nagu annaksid 56 töölist kaasaegsetel universaalpinkidel.

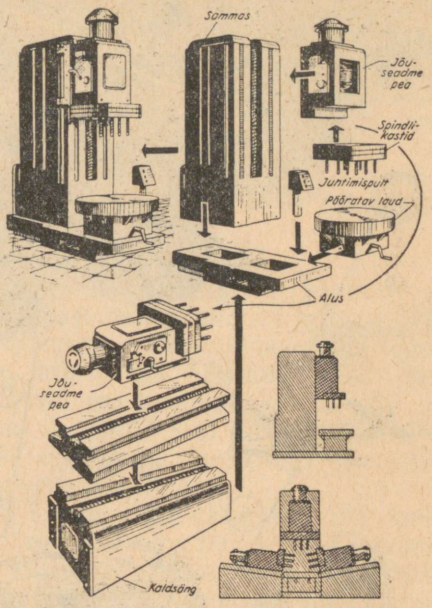
Meie insenerid on loonud terve automaat-tehase, mis toodab automootorite kolbe.

Kaks niisugust tehast on juba ehitatud. Kuid see on alles algus. Automaat-tehased võivad teha ka teisi masinate detaile.

Automaat-tehased on nõukogude masinaehitajate väljapaistvaks võiduks. Nendes on leidnud ereda väljenduse tänapäeva tehnika püüd tootmisprotsesside pidevuse poole.

Meil oli sellest suunast juttu, kui me vestlesime turbiinidest. Turbiin on kõige võimsam jõumasin. Tema saladus peitub selles, et turbiinil ei ole kepsu, mis liigub edasi ja tagasi, peatudes liikumise lõpp-punktides. Turbiinis ei ole üksikuid plahvatusi, nagu kolb-mootoris. Üksnes katkematu liikumine, ainult pöörlemine — see on turbiini võimsuse saladus.

Ja tehnika püüabki igal pool, kus aga võimalik on, masinaid tööle panna ilma sunnitud seisakuteta, pidevalt.



Agregaat-tööpingid.

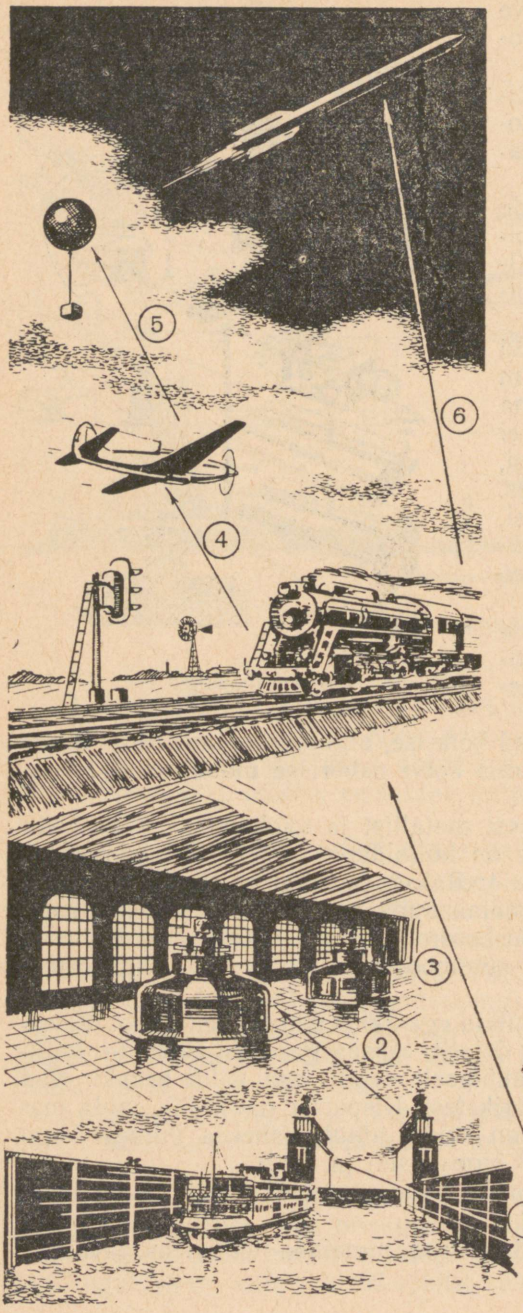
Automaat-tehases teevad masinad kõik ise, algusest lõpuni. Alguseks on kolvi tooriku valamine. Lõpuks valmis kolvi paberisse mähkimine ja pakkimine karpi.

Teel puhastatakse toorvalu liigsest metallist ja töödeldakse termiliselt. Proovitakse kõvadust. Kui kõvadus on küllaldane, läheb pooltoode edasi. Ta rändab ühest pingist teise. Teda treitakse, puuritakse, lihvitakse, tinutatakse ja kus vaja, pestakse ning kaetakse määrdega. Töötlemist kontrollivad ranged ja erapooletud automaat-kontrollijad. Ja valmis, kontrollitud, määritud ning karpidesse pakitud automootori kolvid viib transportöör lattu.

Masinad-automaadid üksnes ei sulata ega töötle metalli, tehes tooralumiiniumi tükist väga keerulise kujuga detaili, täpsusega mõni tuhandik millimeetrit. Nad üksnes ei kontrolli igakülgselt detaili ega väldi praaki. Nad teatavad dispetšerile ka esinevatest riketest. Dispetšer näeb kõik, mida masinad teevad. Korrastajad — neid on kokku ainult kaheksa inimest kogu tehase kohta — kõrvaldavad rikked õigeaegselt ja ruttu.

Nii töötab see imetlusväärne «inimesteta» automaat-tehas, kus ei ole töölisi.

Neid, kes seal tehases töötavad, ei saa nimetada töölisteks tavalises mõttes. Need on töölised-insenerid.



See on silmaga nähtav tuleviku tehas, kommunismi tehas, kus inimese tööd asendavad masinad ja jätavad inimesele Marxi väljenduse järgi ainult ühe ülesande — «järelvaataja ja reguleerija» ülesande. See aga viib olulise erinevuse kadumisele vaimse ja füüsilise töö vahel.

J. V. Stalin õpetas, et «... vaimse ja füüsilise töö vahel olemasoleva olulise erinevuse kaotamisel tööliste kultuurilise ja tehnilise taseme tõstmisega tehnilise personali tasemele peab olema meie jaoks esmajärguline tähtsus».

Töölised muutuvad masinate komandörideks ja saavad kogu tootmisosakonna juhtideks. Nende töö saab olema viljakam, seejuures ka vastutusrikkam, nõudes teadmisi, initsiatiivi ja loomingut.

Et paremini mõista, kuivõrd suurendab meie võimalusi uus, automaattehnika, toome ainult kaks arvu: automaat-tehase tööviljakus on üheksa korda suurem, toodete omahind aga väheneb kolm korda.

Telemehaanika kasutamine:

1) lüüside juhtimiseks, *2)* elektrijaama töö juhtimiseks, *3)* rongide liikumise juhtimiseks, *4)* lennukite juhtimiseks lennukatsetel, aparaadi näitude edasiandmiseks õhupallsondilt *(5)* või raketilt *(6)*.

Automaat-tööpinkidest rääkides puutusime me kokku ka selliste automaat-seadmetega, mis täidavad mitmesuguseid ja keerulisi ülesandeid: nad jälgivad töötlemise õigsust ja toote kvaliteeti, signaliseerivad riketest, nad üksnes ei lõika laastu ega puuri ja lihvi, vaid ka kuumutavad metalli.

Automaatide suguvõsa on nii suur, et nende kirjeldamine oleks väga keerukas. Automaat-tehnika areneb ruttu. Meie maal toodetakse praegu umbes 500 tüüpi mitmesuguseid automaate.

Automaat-tehnika aluseks on lihtne skeem. Missuguse automaadi me ka ei võtaks, me leiame sealt alati tuttavaid osasid, kuigi erineva ehitusega, aga samade ülesannetega.

Mida peab siis iga automaat tegema?

Ta peab kõigepealt seda, mis ta juhtimise all on, kindlaks tegema ja mõõtma, peab tabama sageli äärmiselt väikesi mõõdetavate suuruste kõikumisi. See suurus võib olla ükskõik missugune, millega masinates tegemist tuleb teha — temperatuur või rõhk, kiirus või sagedus, elektriline pinge või metalli kõvadus, toote mõõtmed või vee tasapind katlas.

Kindlaks määrata ja mõõta ei tähenda kaugeltki veel kõike. Mõõdetud suurusi tuleb võrrelda korraliku töö jaoks nõutavate suurustega, normist kõrvalekaldumistel tuleb aga õiged suurused taastada.

Kindlaksmääratavat ja mõõdetavat on sageli väga vähe. Aga ülesanne seisab ju lõplikult selles, et panna vähest tegema suurt: mõõdetava suuruse tühised kõikumised peavad masinas esile kutsuma vastava mõju. Järelikult ei ole vaja ainult kindlaks määrata, mõõta ja võrrelda, vaid ka võimendada.

Seejärel tuleb masin panna signaalile vastama: ta peab taastama endise temperatuuri, rõhu, kiiruse, pinge või vee tasapinna.

Kui on tarvis ainult mõõta ja «aruannet» edasi anda, nagu näiteks raketi või lennuki pardal olevate aparaatide puhul, siis kantakse signaal üle raadio teel (või ka juhtmete abil). Ka juhtimissignaale võib kauge maa taha edasi anda.

Järelikult peavad automaatidel olema «meeleorganid», siis «suunaja», mis annab ette vajaliku suuruse, edasi seade, mis võrdleb etteantud suurust tegeliku suurusega ja lõpuks võimendajad ning täideviivad mehhanismid. Need on automaadi põhilised osad. Neid leiame kõige lihtsamal, nii vee tasapinda reguleerival automaadil kui ka keerulisel, mis valmistab mootorlaeva kruvi.

Automaatide «meeleorganid» on inimese omadest võrreldamatult teravamad. See on ka arusaadav — seal kasutatakse elektron-seadmeid ja teisi suure tundlikkusega seadmeid.

Automaadid võivad valgust, heli või soojust võrdlematult täpsemini määrata kui meie silmad, kõrvad või nahk. Nad võivad tabada inimesele kättesaamatut — kuuldamatut heli, nähtamatut valgust ja palju muud.

Valgus või heli, mida me tunnetame, on ju ainult kitsas riba võnkumiste lõpmatust reast.

Elektromagnetilised võnkumised sagedusega 400 000 miljardist kuni 750 000 miljardi võnkeni sekundis — see on valgus, mis avab meile akna ümbritsevasse maailma. Teisi võnkumisi me ei näe. Me ei näe

ultraviolett- ega infrapunaseid kiiri. Me ei näe röntgenikiiri ega raadiolaineid, aatomi lagunemisel tekkivaid kiiri ega kosmilisi kiiri, mis tormavad maailmaruumist Maa peale.

Meie kõrv kuuleb võnkumisi sagedusega 16 kuni 20 000 võnget sekundis. Kõik ülejäänud võnkumised on meile kättesaamatud. Me ei kuule ultraheli-võnkumisi sagedusega üle 20 000 võnke sekundis. Ultraheli mängib praegu tehnikas suurt osa: avastab allveelaevu ja mõõdab mere sügavust, kutsub esile keemilisi muundumisi ja võitleb suitsuga, pihustab mitmesuguseid aineid väga väikesteks tilgakesteks ja osakesteks ning avastab defekte metallis.

Automaatide «meeleorganid» võivad olla väga mitmesugused, nendes töötavad optilised, soojuslikud, akustilised, keemilised ja elektronseadmed.

Fotoelemendid, viimasel ajal ka sekundaar-elektronseadmed — ülitundlikud fotoelemendid — täiendavad inimsilma. Tundlikud elektritermomeetrid märkavad sajandiku kraadi suurusi temperatuure, termistoorid — ained, mis reageerivad tuhandiku kraadi suurustele temperatuuri kõikumistele, on meie meelteorganitele abiks.

Neid täiendavad infrapunaste ja ultraviolett-kiirte vastuvõtjad, elektrilised, magnetilised, elektromagnetilised ja ultraheli-aparaadid, mis saadavad korda inimesele kättesaamatuid asju.

Automaat märkis ja mõõtis tühiseid muudatusi. Enamikul juhtudel muudetakse need elektrivooluks. Vool aga on nii väike, et see ei tule toime ühegi, isegi kõige väiksema masinaga, mille võimsus moodustab murdosa «sääse jõust». Järjekorras antakse sõna nüüd võimendajale. Enamikel juhtudel on selleks elektronlamp (temaga oleme juba tuttavad), mis võimendab nõrku signaale tuhandeid, miljoneid ja kui vaja, isegi miljardeid kordi.

Siis astub tegevusse täideviiv mehhanism. See sunnib elektrimootorit pöörete arvu suurendama või vähendama, juhib elektrikeevitust, avab või sulgeb riive ja klappe, kõrvaldab konveierilt kõlbmatuid detaile või süütab signaal-lambi, muudab kütte või õhu andmist koldesse, viib lennuki või laeva tagasi õigele kursile, pöörab tüüri.

Veel üks huvitav näide.

Automaat-aparaatidega varustatud raketid atmosfääri uurimiseks tõusevad praegusel ajal mitmesaja kilomeetri kõrgusele. Seal, kus õhk peaaegu puudub, ei moodusta planeedi õhukate päikesekiirtele mingit takistust.

Päikesekiirguse uurimine suurtel kõrgustel on teadusele väga huvitav ja tähtis. Päikesespektri ülesvõtted umbes 80 kilomeetri kõrgusel näitasid, et spekter on ultravioletse osa pool tugevasti pikenenud. See tähendab, et kõike elavat ohustavad lühilainelised ultraviolettkiired peetakse atmosfääris kinni. Vastasel korral oleks elu Maal võimatu.

Niisuguseid huvitavaid tulemusi annab Päikese uurimine väljaspool atmosfääri! Nende uurimiste teostamiseks peab vastav aparaat — spektrograaf raketil üles tõusma ja Päikese poole pöörduma.

Kuid seal kerkivadki esile ootamatud takistused. Rakett ei lenda nagu nool. Õhkutõusmisel pöörleb rakett oma telje ümber, ja väga kiiresti — kuni 50 pööret sekundis. Peale selle rakett pöörab ennast, kaldudes külje

suunas. Niisugused komplitseeritud «piruetid» ei võimalda spektrograafil kuidagi Päikest jälgida.

Mis siis teha? Appi võeti automaatika. Ja alles automaadid panid aparaadi kogu aeg Päikese poole vaatama, hoolimata sellest, missuguseid vigureid rakett oma lennul ka tegi.

Rakett läbis atmosfääri. Raketi peas, just sellel kohal, kuhu on paigutatud spektrograaf, avaneb automaatselt väike aknake. Otse akna vastas asub «Päikese otsija» — fotoelement. Fotoelemendi valgustundlik pind on tehtud ketta kujulisena, kuid nii, et kui valguselaik satub tsentrisse, siis voolu ei ole. Niipea kui valguselaik kõrvale kaldub, tekib vool, mis pärast võimendajas võimendamist sunnib elektrimootoril otsijat niipalju pöörama, et valguselaik oleks jälle keskel.

See kõik sünnib niivõrd ruttu, et jälgimisseade saab aparaadi alati Päikese poole pöörata, vaatamata raketi elavale liikumisele.

Aga kui otsija siiski kaotab Päikese? Ka see ei kohuta: automaat paneb otsija kiiresti pöörlema, kuni ta leiab Päikese jälle üles.

Automaadid ei ole võimelised toodet mitte üksnes mõõtma, vaid ka prakeerima või masinat «korrigeerima», kui masin antud režiimist kõrvale on kaldunud.

Automaadid võivad kaitsta juhuslikkuste ja avariide eest, võivad isegi inimest parandada, kui ta masinat juhtides valesti tegutseb.

Automaat-kaitset kasutatakse laialdaselt elektrijaamades ja elektrivõrkudes.

Kusagil tekkis avarii: osa võrgust, seade või elektrimasin langes rivist välja. Korrapärane töö on rikutud. Ja automaat reageerib silmapilkselt avariivoolu ilmumisele ning lülitab vigastatud osa välja.

Pärast liini väljalülitamist lülitab automaat selle uuesti veel kord sisse, et veenduda, mis liiki avariiga on tegemist: kui avarii ei ole ohtlik — tuul kõigutas juhtmeid või läks üle äike — siis võib jälle töötada, vastasel korral sõidab liinile remontbrigaad. Kaitseautomaadid hoiavad vigastuste eest kõiki masinaid, seadmeid, aparaate, kõike, mis on voolu all.

Korrasolev automaat ei väsi ega eksi kunagi.

Kui valvekorral olev töötaja lülitas elektrijaamas generaatori valesti sisse, siis automaat ei võimalda sellist lülitamist teostada. Kui raudtee dispetšer avab semafori, teele aga sõidab teine rong, või kui rööpaseadja asetab pöörangu valesti, siis parandab automaat vea veel õigeaegselt. Kui tööline satub juhuslikult hädaohtu — pressi või haamri alla või kiiresti pöörleva detaili lähedale, siis peatab automaat masina.

Automaat on võimeline masinat mitte üksnes reguleerima, vaid ka masina «käitumist» juhtima varem kindlaksmääratud programmi järgi.

Temperatuuri automaat-regulaatori käivitusnupule vajutades avaneb klapp, mis laseb auru autoklaavi. Autoklaavis asuvad konservipurgid, mida on vaja konservide steriliseerimiseks kuumutada.

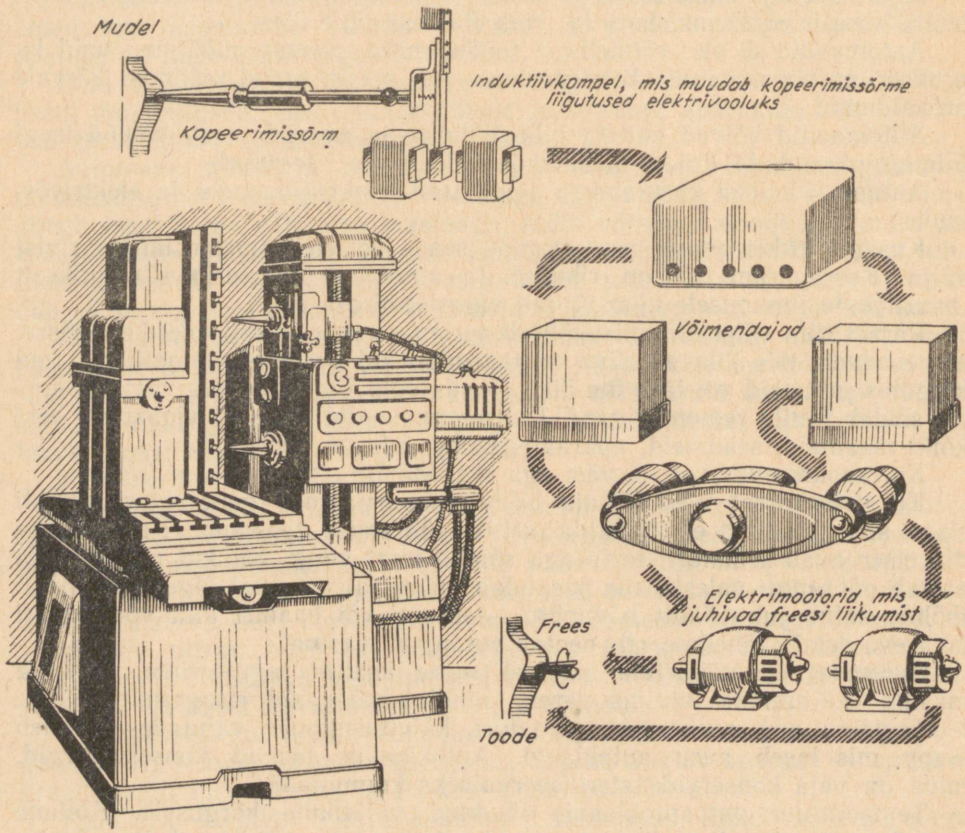
Temperatuur on autoklaavis jõudnud vajalikule kõrgusele. Kollane lambike, mis signaliseerib kuumenemisest, kustub; süttib roheline lamp, see tähendab, et algas steriliseerimine. Täpselt ettemääratud ajal lõpeta-

takse kuumutamine, põlemahakanud punane lambike teatab, et algas jahtumine. Kui kuumutamisel tekkis mingi seisak, näiteks langes aururõhk, siis teeb automaat töötlemata jäänud osa tasa ja kuumutab konserve niikaua, kui talle on ülesandeks tehtud. Alles pärast seda lakkab kuumutamine. Niisuguseid automaate kasutatakse kalakonservide tehastes.

Stalini preemia laureaat insener T. N. Sokolov konstrueeris freespingi, mis valmistab detaili, kopeerides mudelit.

Detaili mudelit mööda liigub «sõrm». Mudeliks võib olla turbiini labidas või ketas, laevakruvi või lennuki propeller. «Sõrm» puutub mudelit mööda liikudes kokku kõigi kühmude ja süvenditega. Surve sõrmel muutub, ja sellest on küllalt, et elektrivooluks muudetud ja võimendatud signaal jõuaks mootorini, mis juhib freesi liikumist.

Aga mis tähendab «surve sõrmele muutub»? Muutub jõud, mis surub sõrme detaili vastu. Hoides seda jõudu kogu aja ühtlasena, sunnime sõrme



Automaatne kopeer-freespink.

kuulekalt jälgima kõiki mudeli kuju muudatusi, see tähendab, et ka frees jälgib valmistatava detaili juures samasugust kuju. Tööpink jälgib ise mudeli-šablooni, pidevalt ennast korrigeerides ja kõiki turbiini labida või propelleri tiiva kumerusi jälgides. Pink töötleb täpsusega kuni viis tuhandikku millimeetrit.

Automaatselt juhitavad lennukid ei ole enam fantaasia, vaid reaalsus. Lennuk seisab starditeel. Mootorid töötavad madalate pööretega. Nüüd — vajutus nupule... ja lennuk, iseenese peremees, suunatakse lennule... Mootorid lähevad automaatselt üle täisgaasile, rataste pidurid vabanevad. Hoovõtt — ja lennuk on õhus. Tellik on tõmmatud sisse. On saavutatud antud kiirus ja kõrgus. Autopiloot juhib lennukit ette määratud kursi järgi. Kui vajalik kaugus on läbitud, toimub kõik ümberpööratud järjekorras: tellik lastakse välja, mootorid viiakse aeglasemale käigule. Lennuk jõuab aerodroomi raadiolokatsioon-jaama tegevuse piirkonda, ja autopiloot saab käsu: alustada maandumist. Rattad puudutavad maad... jooks... pidurid lülitatakse sisse. Lennuk on saabunud sihtkohta.

Automaatpiloot juhib raketti. Raketi teekond on varem välja arvutatud, on teada, millal ja missuguseid pöördeid ta peab tegema. Automaatseade saadab rangelt kindlaksmääratud signaale — käsklusi roolile.

Need signaalid on nõrgad, kuid võimendajad muudavad nad niipalju tugevamaks, et nende abil võib nüüd tüürimootori sisse lülitada. Tüürid seisavad rakett-mootorist väljuvate gaaside joas. Kui tüür kõrvale kaldub, siis rakett pöördub.

Automaat-piloot hakkab juhtima ka ülikiirete masinate lendu, mis teevad mitutuhat kilomeetrit tunnis. Automaatpiloodist saab stratosfääri- või kosmoseraketi juhi ustav abiline.

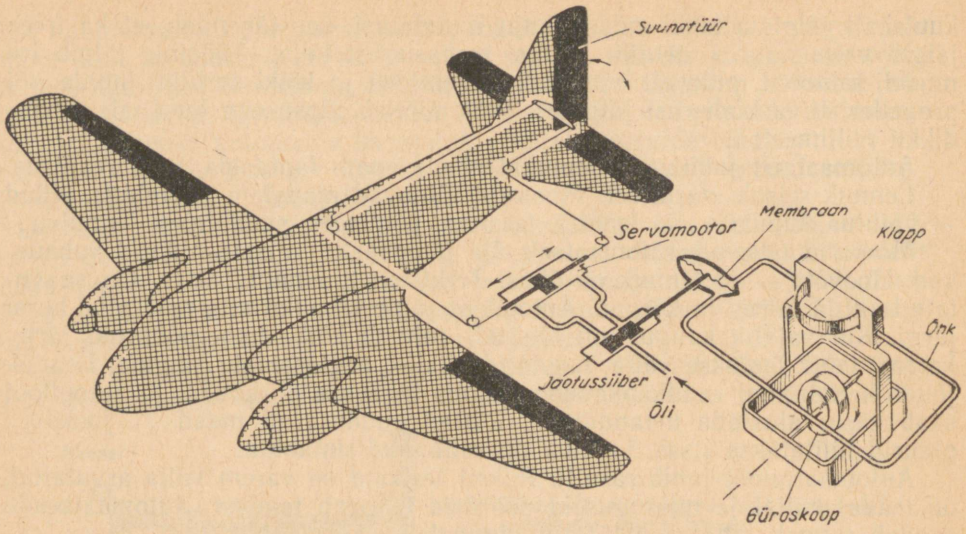
Sellisel raketil kohtame ka palju teisi automaate. Automaatseadmed on raadiolokaatoris, mis annab piloodile võimaluse määrata täpselt kaugust, maandumisel «pilku heita» pilveloori taha, et valida allalaskumise kohta. Automaadid hakkavad juhtima mootoreid ja teatavad kõikide mehhanismide tööst, jälgivad kabiinis normaalset temperatuuri ja õhurõhku. Automaatsed kino- ja fotoaparaadid pildistavad kosmose-reisu ajal kõik huvitava.

Automaatsed... Oot' pidage kinni! Nüüd me hakkasime ju fantaseerima. Kosmose-reis on praegu fantastika. Kuid ainult «praegu», nagu palju muudki, mis seisab tänase ja homse tehnika ees järjekorras.

Tähtsate teaduse ning tehnika tuleviku-ülesannete lahendamisel on abiks automaatika ja telemehaanika.

Me mainisime, et esimeseks maailmaruumi uurijaks on võib-olla automaat-rakett raadiosaatjaga.

Rakett automaatse kinoaparaadiga toob kaasa inimkonna ajaloos ennenägematu filmi. Selles filmis ei ole näitlejate mängu, ahvatlevat süžeed ega koomilisi seiklusi. Kuid meie vaatame seda hingematva huviga, sest me näeme, mida veel keegi ei ole kunagi näinud: Maa poolt nähtamatut Kuu külge, Marsi kanaleid «täiesti lähedalt», Saturni rõngast, Universumi ja Maad maailmaruumist vaadatuna.



Kursiautomaadi skeem.

Aga võib-olla, et automaatne kinoaparaat filmib ka teise ebatavalise filmi — batüsfäärist, uurimata meresügavustest. Ei oota ju üksnes pilvetagused kõrgused, vaid ka meresügavused oma uurijaid — inimest ja tema abilisi, täpseid, usaldusväärseid aparaate, mille hulgas on muidugi ka automaadid. Automaadid on samuti allveelaeval, mis viib täide kirjaniku fantaasia rännakutest meresügavustes, ookeani põhjas...

Rakett-lennukid ja ülikiired rongid, kogu tuleviku transport kasutab laialdaselt automaatikat.

Automaatika tungib kõikjale ka tööstuses, saab harilikuks, argipäevaseks, tavaliseks. Meie räägime juba nüüd uuest automaat-tehnikast, kommunismi, meie helge tuleviku tehnikast.

See kasvab meie silmade all. Me loome selle, et kergendada inimese tööd, mitmekordistada tema jõudu ja paremaks muuta ta elu.

Meie jutustuses automaatikast räägiti tehnikas kasutatavatest «tarkadest masinatest».

Kuid automaatikat ei kasutata praegu üksnes tehnikas. Automaatika ei ole ainult töölise ja inseneri, vaid ka teadlase abiline.

Ühegi teadusharu teadusliku uurimise laboratooriumi või instituuti, olgu see keemia või füüsika, aerodünaamika või astronoomia instituut, ei saa nüüd ette kujutada ilma automaatsete aparaatide ja mehhanismideta. Kas me tungime aine ehituse või keemiliste muundumiste saladustesse, uurime meresügavusi või kosmilisi kiiri stratosfääris, vaatleme tähti maailmaruumi sügavustes või helist kiiremat mudelit aerodünaamilises torus, igalpool aitavad meid automaat-seadmed.

Automaatika ja telemehaanika annavad inimesele võimaluse ilma maapinnalt õhku tõusmata viibida stratosfääris ja planeetidevahelises ruumis. Need olid automaat-seadmed koos telemehaanikaga, mis võimaldasid meil suurtes kõrgustes mõõta õhu temperatuuri ja õhurõhku, võtta õhu proove mitmekümne kilomeetri kõrguselt, mõistatada kosmiliste kiirte saladust, fotografeerida päikesespektrit teisel pool atmosfääri.

Automaatika aitab ennekuulmatult kiirendada teaduslike ja konstrueerimistööde tempot. Kui imelikult see ka ei kõla, kuid mõnikord oleneb avastuse, teadusliku probleemi lahenduse või uue masina loomise saatus... arvutusmasinast. Sageli on vaja teostada hiiglasuurt arvutustööd, enne kui saab lahendada teaduslikult ja praktiliselt tähtsat probleemi.

Selline on olukord aerodünaamikas ja tänapäeva tuumafüüsikas, meteoroloogias ja elektrotehnikas, mehaanikas ja statistikas, soojustehnikas ja artilleerias.

Oli juhtumeid, kus teaduslik ülesanne jäi lahendamata ainult hiiglasuure arvutustöö pärast, millega inimene ei suuda toime tulla isegi aastatepikkuse vaevarikka tööga. Samasugust olukorda võime meenutada sulamite uurimisel, millest me varem rääkisime. Konstruktoril kulub palju aega kõikide arvutuste läbiviimiseks, mis on vajalikud masina kõige parema konstruktsiooni väljavalimiseks.

Arvutusmasinad kiirendavad teadlase ja inseneri tööd. Seal, kus varem oli vaja aastaid, jätkub nüüd nädalaist. Ei säästeta üksnes aega: võib kiiresti läbi arvutada hoopis suurema hulga lahenduste variante ja valida nende hulgast parima, niisuguse, mida muidu ei oleks olnud võimalik leida.

Insener E. Obodan toob meie tööstuse praktikast järgmise näite. Teostati töid uue masina väga olulise detaili konstruktsiooni täiendamiseks. Konstruktoritel oleks 30—40 variandi arvutamiseks kulunud kaks aastat. Kaasaegse arvutustehnika abil tehti mõne nädala jooksul umbes 2000 varianti. Tagajärg: konstruktsioon muutus kergemaks ja lihtsamaks, tugevusvaru vähenes poole võrra ja saavutati väärtuslike materjalide kokkuhoid.

Viimastel aastatel on loodud arvutus-seadmed — automaadid, mis töötavad tohutu kiirusega. Nõukogude teadlaste ehitatud «masinmatemaatika» aparaadid võivad arvutada kümneid ja sadu kordi kiiremini kui varem.

Tänapäeva automaatsed arvutus-lahendusseadmed võivad meteoori liikumise trajektoori välja arvutada enne, kui meteoor jõuab atmosfääri piirilt Maa peale. Aritmomeeter lõpetaks selle arvutuse palju hiljem. Arvutuslahendusseade korrutab kaks kümnekohalist arvu 3 millisekundiga. See masin-matemaatik tuleb kümne- ja kahekümnekohaliste arvudega toime tuhat korda kiiremini kui ükskõik missugune mehaaniline arvutusmasin.

Ei ole raske mõista, missugused ebatavalised võimalused avab meile uus masinmatemaatika.

Meie tingimuste masinasse andmisest möödub ainult sekundi murdosa, kui me saame täpse vastuse, mis muidu oleks nõudnud pikki ja raskeid arvutusi.

Stalini preemia laureaat L. J. Gutenmahher, üks nõukogude elektron-arvutusmasina loojaid, räägib: «Ilma uute uurimise ja arvutuse kiirmeetoditeta ei saa ükski teaduse- ega tehnika-ala edukalt areneda. Konstruktoritel, uurijatel ja inseneridel avanevad oma töös täiesti uued võimalused. Arvutustehnika annab neile niisugused relvad, et nad võivad ühe nädalaga läbi viia nii suure hulga arvutuste ja uurimiste variante, mille peale varem kulus aastaid pingelist arvutustööd. Nii nagu elektronmikroskoobi loomine tegi võimalikuks viiruste ja varem nähtamatute mikroobide nägemise, samuti võimaldavad uued arvutustehnika vahendid leida ja avastada niisuguseid konstruktsioonide variante, milleni varem võis jõuda alles kestvate katsete tulemusel.»

Uute suurehituste projekteerimine, masinate konstrueerimine, kõige mitmesugusemate uurimuste teostamine füüsikas, keemias, soojustehnikas, metallurgias ja aviatsioonis, arvutu hulk tehnilisi ja teaduslikke küsimusi, millele võib saada kiire ja täpse vastuse — niisugune on kaasaegse masinmatemaatika olevik ja tulevik. Kõige uuemad arvutusmasinad on vanast muinasjutust pärineva võlupeegli kehastuseks, ainult mitte ilusa tütarlapse, vaid teadlaste, uurijate ja inseneride jaoks... See on tähtis osa nõukogude teaduse ja tehnika teenistusse rakendatud automaatikast.

Arvutusmasinad veenavad meid veel kord (kui-mitmes kord juba!), et tänapäeva tehnika on imede tehnika, muinasjutu tehnika.

Automaatikat kasutatakse tehnikas ja teaduses, automaatikat leidub ka meie igapäevases elus. Me sööme leiba, suhkrut, konserve ja muid toiduaineid, mis on valmistatud automaat-tsehhides ja tehastes. Me kanname ülikondi ja riideid, mis on valmistatud automaatsetel kudumismasinatel. Meie ümbruses on palju asju valmistatud automaatidel. Meie räägime automaat-telefoniga ja kontrollime aega rääkivate kellade järgi.

Lühidalt öeldes elame me automaatide maailmas. Automaatide abiga saab nõukogude inimene tõeliseks masinate valitsejaks.

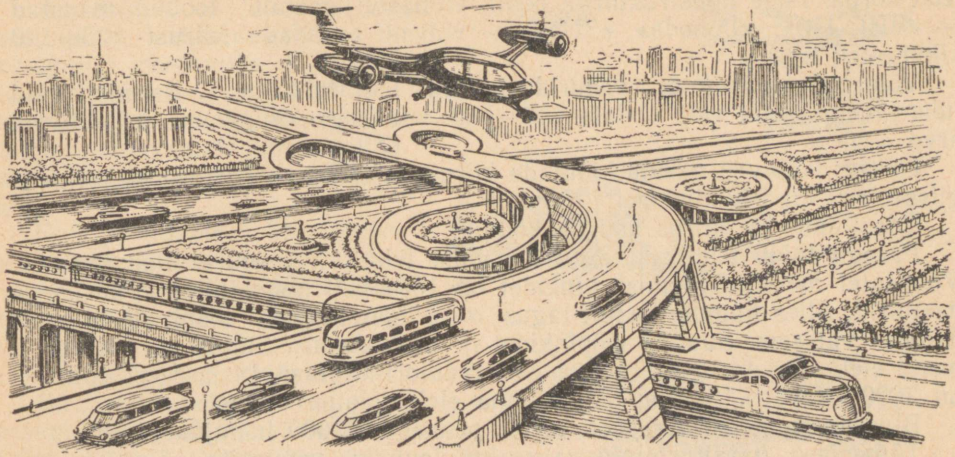
Kapitalismi maadel on automaatika, seal kus teda üldse on, tööliste ekspluateerimise tugevdamise vahendiks, «kodanliku ekspluateerimise rafineeritud elajalikkuseks», nagu ütles Lenin. Kapitalistide käes tähendab automaatika töölisele töötute armeesse sattumise ohtu.

Meil areneb automaatika plaanipäraselt, et suurendada rahva rikkusi. Kapitalistide juures on see üksikute, peamiselt sõjalisi tellimusi täitvate firmade asjaks. Imperialistid vaatavad tehnikale, sealhulgas ka automaattehnikale kui sõjatehnikale. Nad unistavad automaat-rakettidest, mis heidaksid aatomipomme ja baktereid tuhandete kilomeetrite kaugusele, lendavatest pommidest ja rakett-mürskudest, mis paljude kilomeetrite tagant leiavad ise märgi.

Meil on automaatika meie tuleviku tehnika.

Meie «... võime ehitada oma tööstust kõige parema tehnika alusel ja tänu sellele kindlustada ennenägematu tööviljakuse...», ütles J. V. Stalin.

Meie teadlased, insenerid ning tööeesrindlased loovad kõige parema tehnika ning kasutavad seda täielikult.



MEIE PÄEVADE TEHNIKA

LÕPPSÕNA ASEMEL

Meie päevade tehnikas võib tihti kohata äärmusi, hiiglaslikke ja pisikesi suurusi.

Kiiruste kasv... Helibarjääri ründavad lennukid. Raketid, mis on ületanud helikiiruse. Mootorid, aparaadid, seadmed, tööpingid tohutu suure pöörete arvuga.

Lõikekiiruse tõus: poole sajandi jooksul suurenes see 150—200 korda. Tööeesrindlased-kiirtöötlejad lõikavad terast kiirusega üle 2500 meetri minutis, kergeid sulameid aga peaaegu kaks korda kiiremini.

Suured kiirused on saanud tavaliseks ka paljude muude masinate juures.

Palju näiteid võiks tuua kõige erinevamatelt tehnika aladelt.

Võidusõiduauto kiirus tõusis neljakümne aasta jooksul — 1899. kuni 1939. aastani — peaaegu 5 korda. 1939. aastal püstitatud rekord oli 595 kilomeetrit tunnis. Kaks lennukimootorit, kumbki võimsusega 1300 hobujõudu, langeva tilga taoline voolujooneline kuju, kerged sulamid ja range kokkuhoid masina kaalus võimaldasid autol õhus olevale lennukile maa peal järele jõuda.

Ei kasva mitte üksnes rekord-masinate kiirus. Alates kolmekümnendatest aastatest on nõukogude kergesõiduauto kiirus tõusnud peaaegu pool-

teist korda. Meie konstruktorite poolt viimastel aastatel loodud masinad — «ЗИС-110», «Pobeda», «ЗИМ» — võivad arendada kiirust 125—140 kilomeetrit tunnis.

Võimsad nõukogude vedurid teevad 100 kilomeetrit tunnis, kuid juba lähemal ajal võib oodata 150—180 või isegi kaugemale küündivaid arve.

Glisser võib vett mööda kihutada kiirusega 85 kilomeetrit tunnis, rekordglisser aga üle 200 kilomeetri tunnis.

Edasiliikumise kiirus kasvab kõikjal.

Praegu tuleb tehnikas sageli tegemist teha hiiglasuurte võimsustega. Võimsatel metallitöötlemise pinkidel on 150—200 hobujõulise võimsusega mootorid. Alles kümme aastat tagasi oli kõige suuremal tööpingil võimsus 5 korda väiksem. Suurtel tööpinkidel ja vooltootmise liinidel on mitukümmend elektrimootorit. Sammuva ekskavaatori-hiiglase 48 mootori võimsus on 7000 kilovatti. See on oblastilinna elektrijaama võimsus.

Bluumingu töötamiseks on tarvis peaaegu 50 000 hobujõudu!

Tänapäeva gaasiturbiinidega reaktiivlennuki mootorite võimsus, mis arendavad kiirust umbes 1000 kilomeetrit tunnis, võib ulatuda 10 000 — 12 000 hobujõuni, suurtel mitme mootoriga õhulaevadel kuni 30 000 hobujõuni.

Stratosfääri-raketi mootor arendab maksimaalsel kiirusel pool miljonit hobujõudu.

Ka energeetikas kasvavad võimsused ja pinged.

Kaasaegsed võimsad kõrgrõhu auruturbiinid arendavad 150 000—200 000 hobujõudu.

Suurte hüdroelektrijaamade turbiinide võimsus moodustab sadu tuhandeid hobujõude. Maailma suurimateks hüdroelektrijaamadeks on Kuibõševi ja Stalingradi HEJ (hüdroelektrijaam). Nende üldine võimsus tõuseb 3,7 miljoni kilovatini. Et seda arvu selgemini ette kujutada, on küllaldane mainida, et iga kilovatt võimsust asendab põllumajanduses 8 inimest, kes tegelevad füüsilise tööga. Vaat missugune tohutu, inimese tahtele alistuv jõud saab olema meie nõukogude tehnika käsutuses.

Suhteliselt lühikese aja eest kanti kõrgepingeliinide kaudu elektrienergiat üle pingega 110 000 volti. Volga gigant-hüdrojaamadest annavad liinid Moskvasse, tuhande kilomeetri kaugusele 10 miljardit kilovatt-tundi aastas pingega 400 000 volti.

Miljonid kilovatid, nelisada tuhat volti, tuhandekilomeetriline ülekanne — seda kõike saavutab maailma tehnikas esmakordselt nõukogude energeetika.

Elektro- ja raadiotehnikas ilmus uus ala — kõrg- ja ülikõrgsageduste ala.

Kõrgsagedusvoolud andsid metallide ja materjalide töötlemiseks uue meetodi. Ülikõrgsagedusvoole kasutatakse paljudes raadioseadmetes kaugete sidepidamiste jaoks. Võnkumissageduse tõus viis meid raadiolokatsioonini. Me unistame energia ülekandmisest ilma juhtmeteta kõrgsageduslike võnkumiste abil, ja see unistus ei ole mitte aluseta fantaasia.

«Kiiremini» ei ole üksnes lennunduse, masinaehituse ja transpordi loosungiks. Kiiremini püütakse teostada ka keemilisi protsesse ja terase sulatamist, kõige erinevamate materjalide kõige mitmesugusemat töötlemist.

Energeetikutele, keemikutele, metallurgidele, masinaehitajatele ja aparaadiehitajatele on kõrged ja madalad temperatuurid, kõrged ja madalad rõhud saanud harilikeks asjadeks.

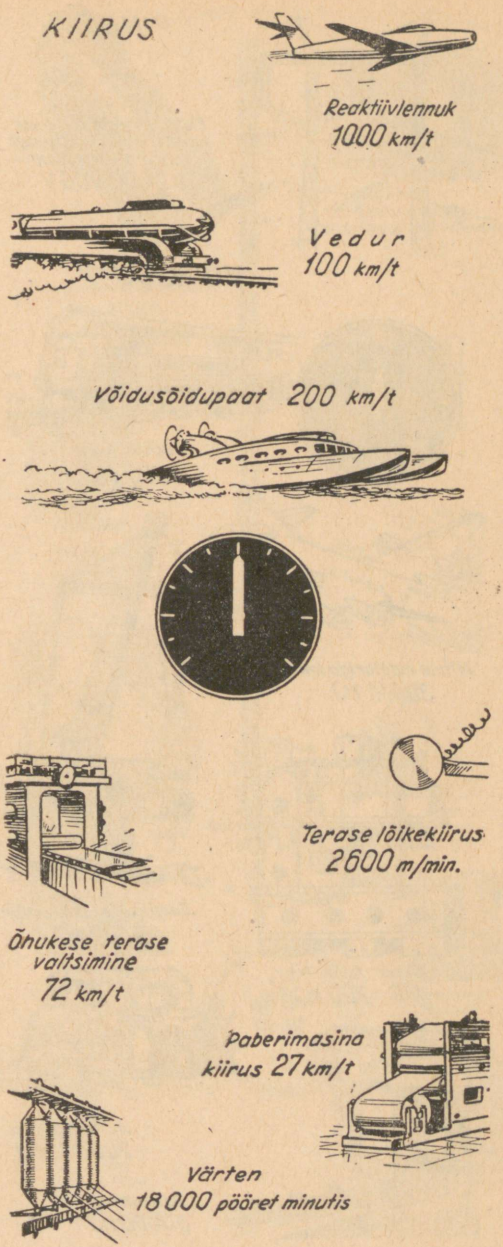
Energeetikud kasutavad juba praegu 90 atmosfäärilise rõhuga auru. Alles kolm-nelikümmend aastat tagasi töötasid auruseadmed 12—18 atmosfääriga, enne Suurt Isamaasõda 29 atmosfääriga. Samal ajal tõusis ka auru temperatuur 320—350° kuni 500—550°.

Meil on loodud esimene turbiin maailmas võimsusega 150 000 kilovatti, aururõhuga 170 atmosfääri ja temperatuuriga 550°.

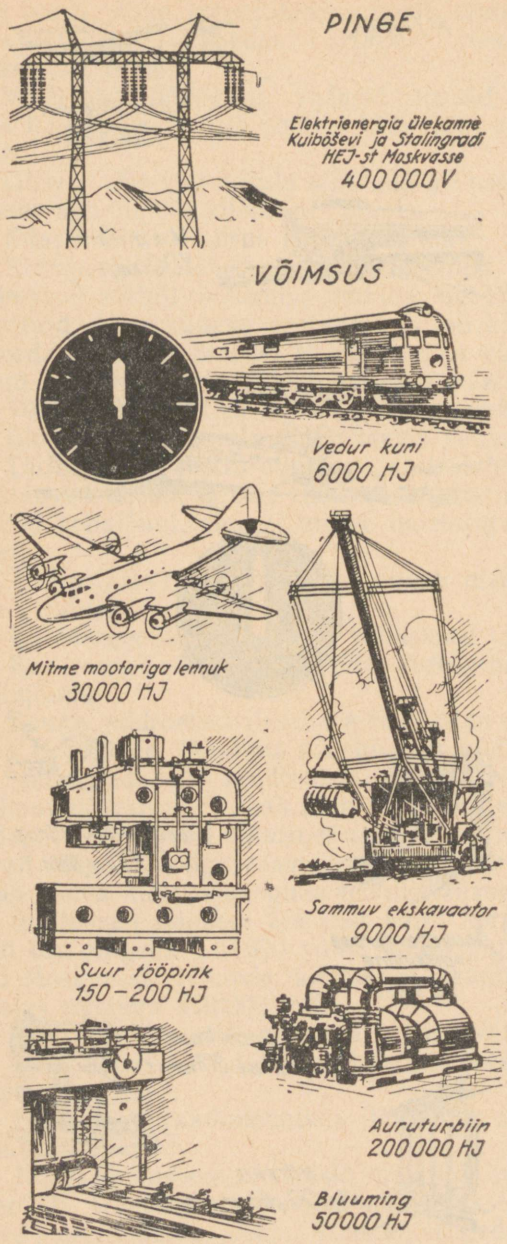
Metalli sulatamiseks ja termiliseks töötlemiseks on vaja kõrgeid temperatuure. Metallide töötlemine külmutusega, gaaside veeldamine ja teised keemilised protsessid nõuavad madalat temperatuuri.

Kõrged rõhud muutusid keemias tähtsaks toodangu väljalaske suurendamise teguriks. Ammoniaagi ja kunstliku vedelkütuse tootmiseks kasutatakse 1000 atmosfääri suurust rõhku, kuid keemikud arvestavad rõhu tõstmisega kahekordseks.

Kui mõningate plastmasside tootmisel suurendada rõhku 4000—5000 atmosfäärini, võib



Kõrgete parameetrite tehnika.



Kõrgete parameetrite tehnika.

saavutada protsessi kiirenemist 4—5 korda. Valmisproduktsiooni saadakse 4—5 korda rohkem.

Kui molekule suure rõhu all ümber korraldada, võib saada uusi keemilisi produkte. Keemikud teostavad uurimusi hiigelsuurtel rõhkudel, mis ulatuvad kümnete tuhandete atmosfääride.

Ülikõrgete rõhkude laboratooriumis võib korraldada «matka Maa tsentrisse», kui mitte just maakera keskpunkti, kus planeedi keha surub koletisliku, miljonitesse atmosfääridesse ulatuv rõhk, siis ikkagi kaugele maakera sisemusse.

Seal maa-aluses kuningriigis, mille keemikud on kunstlikult loonud maapeal, on oma ebaharilik kord, nagu mujalgi looduse «äärmustes», mida me oleme kätte saanud. Näiteks omandab aine ülimadalatel temperatuuridel hoopis uusi, imepäraseid omadusi. Nii põrgati ka aparaadi loomisel ülikõrge rõhu jaoks kokku ootamatustega; hiigelsuure jõuga kokkusurutud vesi ... lahustus klaasis! Klaas tuli asendada teemandiga.

Kõrgetel rõhkudel muutub läbipaistmatu aine läbipaistvaks, mittejuht — juhiks, grafiit aga, kui teda veel tugevasti kuumutada, võib muutuda teemandiks. Võib oletada, et miljoniatmosfäärilise rõhu juures puruneb isegi aatom.

Järjekorras on ülikõrgete rõhkude keemia.

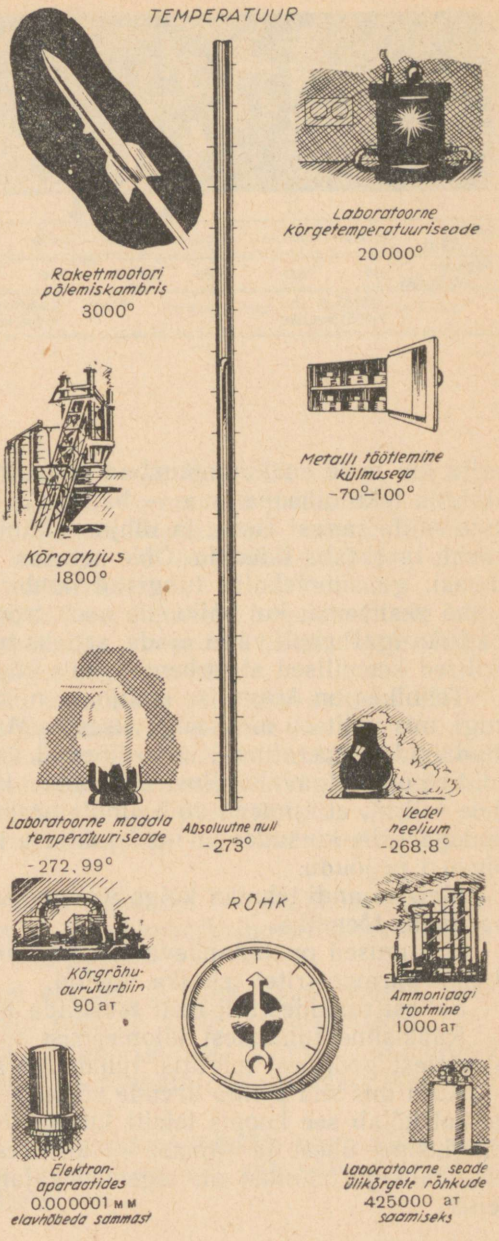
Ja kes teab, missuguseid ootamatusi keemikud kohtavad veel kõrgete ja ülikõrgete rõhkude kuningriigis! Akadeemik

Zelinski arvab võimaliku olevat, et seal käituvad teisiti ka «väärisgaasid», «inertsed» gaasid, nagu heelium ja neoon, mida me praegu ei saa sundida mingisugusesse ühendisse astuma. Praegusel ajal kasutatakse reaktsioonide kiirendamiseks katalüsaatorite abi, need on vahendajad, mis kiirendavad protsessi käiku. Kõrged rõhud teevad katalüsaatorite valitsemisele tõenäoliselt lõpu, sest keemikutel toimuvad protsessid ka ilma nendeta erakordselt ruttu. Juba praegu tõstab nafta ümbertöötlemisel kõrge rõhk bensiini kvaliteeti ja annab rohkem hinnalisi produkte.

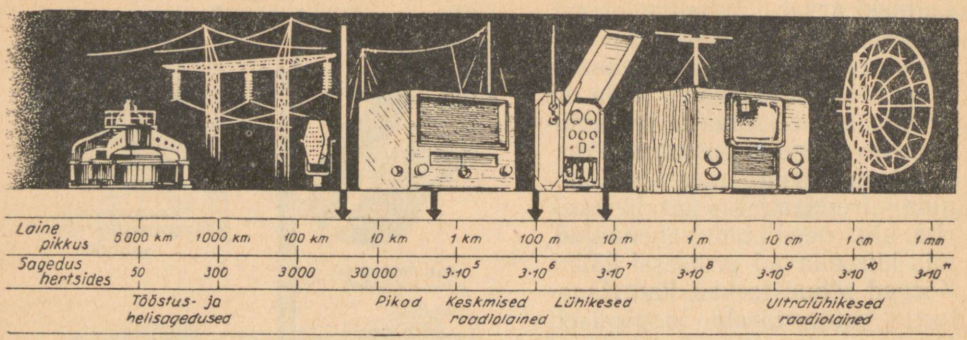
Ja kui tehnika aitab keemikutel luua aparaate ülikõrgetele rõhkudele, siis saavutame me oma võimu laiendamisel mateeria üle uusi edusamme. Kõrge rõhk koos kõrgete temperatuuridega annab võimaluse teostada keemikutele senitundmatuid reaktsioone. Raskused on suured. Kümnete ja sadade tuhandete atmosfääride suuruste survete saamiseks on vaja tugevaid materjale ja julget konstruktori vaimu.

Vaakuumaparaate — elektrilampe, raadiolampe, fotoelemente, röntgenitorusid luues saavutavad aparaadiehitajad hõrenduse, mis ulatub miljardiku või isegi tuhande miljardiku atmosfäärini.

Ka siin on raskused suured, ka siin on vaja leidlikkust, vaimukust, peent insenerikunsti. Selleks, et näiteks «tühjust» lambi klaaskolbi sulgeda, tuleb kogu õhk välja pumbata — nii-



Kõrgete parameetrite tehnika.



Elektromagnetilised võnkumised ning

palju kui meie vaakuumpumbad võimaldavad, sellejärel tuleb kinnipüütud «tühjus luku taha panna» — balloon kinni joota, et väljaaetud õhumolekule mitte tagasi lasta, ja tühjus püünises hoida. Kuid õhk on muuseas kaval, ta ei taha lahkuda. Õhk aetakse uksest välja, kuid ta ronib aknast tagasi: gaasimolekulid tungivad lambi osade materjali sisse ja jäävad sinna pesitsema; kui balloonis asub troonile tühjus, siis tulevad nad välja. Et õhku igalt poolt välja ajada, selleks tuleb lampi kuumutada ja appi võtta erilised keemilised absorbendid, mis «õgivad» ahnelt gaasi.

Tehnikas on kosmilist «tühjust» niisama vaja, nagu koletu suurt rõhkugi, mis valitseb mere sügavuses ja Maa sisemuses, samuti kui kõrgeid ja madalaid temperatuure, mis esinevad ümbritsevas maailmas.

See on hiilgavaks illustratsiooniks Engelsi tähelepanuväärsetele sõnadele sellest, et inimene võib ainult praktika kaudu, loodusnähteid oma jõududega esile kutsudes ja neid juhtides tõestada oma teadusliku mõtlemise õigsust ja jõudu.

Meie sajandi tehnika kõige uuemad saavutused on nende sõnade õigsuse parimaks tõendiks.

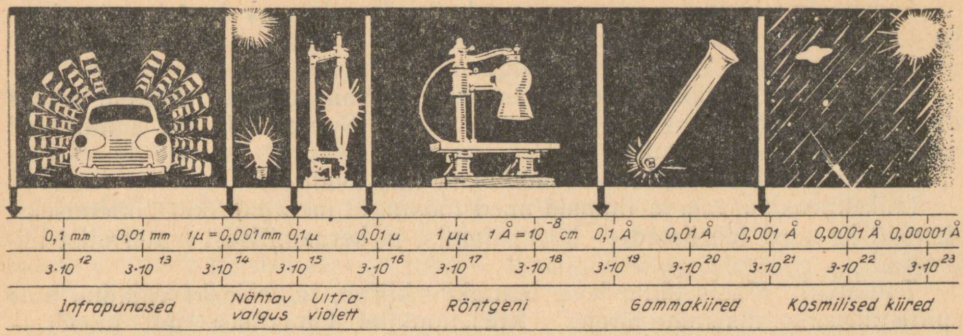
Niisugused on tänapäeva tehnika, suurte kiiruste, ülikõrgete ja ülimadalate parameetrite[1] tehnika võidud.

Sellest rääkides tuli meil tarvitada arvude keelt.

Rääkisime tuhandest kilomeetrist tunnis, tuhandetest ja kümnetest tuhandetest pööretest minutis, tuhandete atmosfääride suurustest rõhkudest.

Kuid mis siis peitub arvude võiduka sümfoonia taga? Nüüd, XX sajandi keskel kõlab see hoopis teisiti kui sajandi algul. On teised ajad. Kui me räägiksime ühest ja samast — kiirusest, võimsusest ja kõikidest suurustest, millega tehnikal oli tegemist sajandi algul, siis kõlaksid need arvud teisiti.

[1] Parameeter tähendab mõõdetavat suurust (tuleneb kreekakeelsest sõnast «parametreo» — mõõtma).



nende kasutamine tehnikas ja teaduses.

Meie keelde on ilmunud uued sõnad: kiir- ja ülikiirlõikamine, kiirlennundus, kõrgsagedusvoolud, kõrgrõhukeemia. Varem neid mõisteid ei olnud. Suured kiirused on meie aja looming. See on üks tehnika peasuundi. Vaadates tulevikku unistame me praegu lennust, mis oleks helist kiirem, unistame uutest seninägemata ülikiiretest masinatest.

Arvude võiduka sümfoonia taga näeme me inimeste, nende võitude loojate, visa tööd. Me oleme uhked, et meie maa inseneride ja teadlaste tööga on loodud vundament tänapäeva tehnika saavutustele.

Kui süveneda meie eest möödunud arvudesse, siis saab selgeks, et kõrgete parameetrite tehnikas paistavad kommunismi tehnika jooned.

Metalli lõigatakse kiiremini, vabrikud ja tehased töötavad kiiremini ning mitmesuguseid vajalikke esemeid toodetakse rohkem. Gorki ütles, et võit surnud mateeria üle on üks kõige imeväärsemaid inimmõistuse võite.

Kiiremini liiguvad rongid, sõidavad laevad ja lendavad lennukid ning veavad üha rohkem koormaid.

Igaühe kohta meie seast tuleb rohkem võimsust — järelikult suureneb meie jõud, tähendab igaühel meist on looduse ümberkujundamiseks rohkem abilisi. Meie töö on kergem ja töövili üha ilusam.

Kogu meie maal teostatakse suuri ehitusi ja maa saab juurde uusi jõude. Töö edeneb veelgi kiiremini, elu muutub veelgi rõõmsamaks.

Meie tehnika tõuseb uuele tasemele. Tekivad uued tehased, tööpingid töötavad veelgi kiiremini, rongid liiguvad rutemini, ja masinad sõidavad põldudele seal, kus varem olid kõrbed.

Just sellepärast rõõmustavadki meid nõukogude tehnika arenemises saavutatud võidud, nende võidunumbrite taga näeme uut, mis võimsalt tungib meie ellu — näeme meie tuleviku ilmet.

*

Sooritasime rännaku nõukogude tehnika maailma ja õppisime tundma, kuidas peetakse seal võitlust kiiruse eest.

Heidame sinna veel korraks pilgu.

Kiiruse tõus ei tähenda tehnikas mitte lihtsalt rohkem meetreid sekundis, pöördeid minutis või kilomeetreid tunnis. Suured kiirused sünnitavad uusi masinaid, uut tehnikat.

Kvantitatiivsed muudatused tekitavad uue kvaliteedi.

Lõikekiirus kasvas, ja ilmusid uued tööpingid metallide kiirtöötlemiseks, ilmusid ka uued tööriistad — kõvasulamist ja keraamilisest materjalist lõiketerad.

Tunduvalt tõusis tänapäeva lennukite kiirus, ja tekkiski vajadus uute suure kiirusega masinate järele. Kiirlennukitel lennatakse uut moodi — lennutehnika kujunes teistsuguseks.

Kui lennukiirus ületab heli kiiruse, siis ilmuvad uued masinad uue kujuga ja uute mootoritega. Ka helist kiiremini lendamisel saavad olema omad iseärasused.

Meenutagem, kuidas muutus soojusjõumasin, kui ta käigukiirus suurenes: aurumasinast auru- ja gaasiturbiinini, kus esineb ainult pöörlemine. Rakett-mootoril aga, mis tagab suured lennukiirused, ei ole üldse liikuvaid osi.

Ülisuuri kiirusi saavutatakse masinates, mille loomisega tegeleb uus tehnikaharu — elektroonika.

Nii saavutame kiiruse suurenemisega üha uusi ja uusi masinaid, kaasaegse tehnika «imesid».

Kiirekäiguliste masinate loomiseks ja katsetamiseks ei jätku vanadest, «harilikkudest» meetoditest. Tänapäeva tehnika kasutabki uusi katsetamise, kontrollimise ja uurimise kiirmeetodeid. Kiirete protsesside ja masinate juhtimist võimaldab automaatika, muutudes sellega kiirtehnika lahutamatuks osaks.

Suured kiirused ei esine ainult masinates. Suureneb ka masinate valmistamise kiirus, samuti tehnoloogiliste protsesside kiirus meie tööstuse mitmesugustes harudes.

Sõna «kiirtöötleja» on juurdunud meie keelde sama tugevasti kui sõna «tööeesrindlane» või «novaator».

Naftatootjad saavutavad puuraukude puurimisel rekordilisi kiirusi. Nad lükkavad ümber vanad normid. Kiirpuurimine on meil saanud sama harilikuks kui kiirlõikamine. Metallurgid arendavad metalli kiirsulatamist. Kiiremini toimub telliste põletamine tellisetehastes. Ehitajad töötavad kiirmeetoditel.

Töö meie vabrikutes ja tehastes käib intensiivsemalt ja kiiremini. Igas tööstuseharus on omad novaatorid-kiirtöötlejad. Stahhaanovlik liikumine on astunud uude etappi. On nimetamisväärne, et võitlusega kiiruse eest on meil tihedalt seotud võitlus kõrge tootmiskultuuri eest.

Novaatorid-kiirtöötlejad püüavad kõrge tööviljakuse saavutamiseks kasutada tehnikat täielikult, et anda enam kõrgekvaliteedilist toodangut. Nad

säästavad materjali, otsivad üha uusi ja uusi teid toodangu omahinna alandamiseks ja kadude vastu võitlemiseks. Iga päev toob meile teateid selle võitluse edusammudest. Novaatorite nimed, aga nende arv aina kasvab, saavad tuntuks kogu maal.

Novaatorite ja teadlaste koostööst sünnivad uued väljapaistvad nõukogude tehnika saavutused ja leitakse uusi reserve toodangu suurendamiseks.

Teadus masinatest, tugevusest, metallide lõikamisest ja palju teisi tehnilisi teadusi on tööstuse, praktika ja tehnika teoreetiliseks aluseks. Nende panus võitlusse kiiruse eest on tohutu. Novaatorite-kiirtöötlejate kogemused annavad teadusele väga rikkaliku materjali.

Praegu seisab küsimus selles, et nende kogemuste alusel tõsta tehnilised teadused uuele tasemele, luua üldine teooria, mis oleks abiks tootmisprotsesside, masinate, agregaatide ja mitmesuguste tööstusharude projekteerimisel, mis viiks meie masinaehitust kiiremini edasi.

Akadeemik I. I. Artobolevski rõhutas, et on hädavajalik «teaduslikult üldistada masinate ja automaatliinide konstrueerimise ning tehnoloogiliste protsesside automatiseerimise alal saadavaid väärtuslikke kogemusi, kõike uut, mis sünnib masinate ja mehhanismide ekspluatatsiooniprotsessis».

Nõukogude tehniline teadus, ütleb professor G. L. Šaumjan, asudes tootmisnovaatoritega püsivate loominguliste sidemete pidamise teele, vaatab maailma kõige eesrindlikumale sotsialistlikule tööstusele kui oma hiigel-laboratooriumile, tööstuse novaatoritele aga kui teaduslikele kaastöölistele. Tehniline teadus loob põhiliste tootmisvahendite ekspluateerimise eesrindliku teooria ja relvastab selle teooriaga miljoneid nõukogude inimesi, kes võitlevad kõrge tööviljakuse eest, kommunistliku ühiskonna tööviljakuse eest, ja aitab ehitada võimsat kommunismi tehnikat.

Niimoodi sünnib eesrindliku tehnika ja eesrindliku praktika ühinemisel uus relv võitluseks kiiruse eest, tehnilise progressi eest.

*

Kodumaise kiirtehnika arenemisele avaldasid suurt mõju paljude meie väljapaistvate teadlaste, inseneride, konstruktorite, leiutajate ja maa uurimisasutuste tööd.

Kiiruse eest peetava võitluse ajalukku lähevad Žukovski, Tšaplõgini, Tsiolkovski, Petrovi ja paljude teiste teadlaste nimed.

Vene lennuasjanduse isa Nikolai Jegorovitš Žukovski lõi aerodünaamika alused. Akadeemik Sergei Aleksejevitš Tšaplõgin töötas välja gaasidünaamika — suurte kiiruste aerodünaamika alused.

Žukovski ja Tšaplõgini avastatud aerodünaamika seaduste alusel ehitatakse kiirlennuki tiivad, kiirekäigulise turbiini labidad, võidusõiduauto kere, reaktiivmootori detailid, stratosfääriraketi kuju.

Kuulus teadlane Konstantin Eduardovitš Tsiolkovski on rakett-tehnika ja reaktiiv-lennunduse, planeetidevaheliste reiside ning suurte kosmiliste kiirustega lendude teooria ja tehnika rajaja. Tsiolkovski aimas ette rakette, mis lendavad kiirusega mitutuhat kilomeetrit tunnis ja tõusevad koos aparaatidega atmosfääri kõige kõrgematesse kihtidesse. Tsiolkovski aimas ette ka rakett-lennukeid, mis ületavad helikiiruse ja alistavad stratosfääri. Nad ehitatakse vene teaduse poolt avastatud reaktiivliikumise teooria seaduste alusel.

Väljapaistev vene teadlane, au-akadeemik Nikolai Pavlovitš Petrov, töötas välja hõõrdumise ja määrimise teooria, milleta ei oleks võimalik laagrite õige konstrueerimine. Petrovi teooria on aluseks laagrite loomisel ka uutele, ülikiiretele masinatele.

Geniaalsele matemaatikule ja mehaanikule Aleksandr Mihhailovitš Ljapunovile kuulub liikumise püsivuse teooria, mis on vajalik paljude masinate arvutamisel. Masinate korrapärase töö jaoks on püsivus hädavajalik tingimus. Suurte kiiruste tehnikale ja ülikiirete masinate jaoks on see teooria eriti tähtis.

Automaatika ja telemehaanika kroonikasse on märgitud Nartovi automaatsuport, Polzunovi regulaator, Popovi suur avastus — raadio, ja teisigi vene tehnikute ja teadlaste avastusi.

Venemaa on gaasiturbiini kodumaa. Esimese gaasiturbiini maailmas ehitas P. D. Kuzminski. Tänu kodumaa teadlaste ja konstruktorite töödele on gaasiturbiini ehitamise teooria ja praktika kaugele edasi arenenud. Lennukite turbiinmootorid, mille väljatöötamise prioriteet kuulub meie maale, on saanud nüüd aviatsioonis põhilisteks jõumasinateks.

Metallide kiirlõikamine tekkis meie maal. Lõiketeooria rajajaiks olid vene ja nõukogude teadlased. Nende hulka võib täie õigusega arvata ka need, kes oma novaatorliku tööga tõestasid praktikas metalli kiirtöötlemise võimalikkust, kes olid kiirlõikamise laialdase juurutamise algatajaiks meie maa tehastes.

Vene teadlastel on hiiglasuuri teeneid elektrotehnika ja kõrgsagedustehnika arendamisel. «Võlusilm» — fotoelement — põhineb fotoefekti nähtusel, mille avastas kuulus vene õpetlane A. G. Stoletov. Raadio loojale A. S. Popovile kuulub ka raadiolokatsiooni idee.

Siinkohal on nimetatud ainult üksikuid nimesid ja üksikuid alasid. Kuid sellega ei ole kaugeltki ammendatud nende loetelu, kes oma töödega võtsid ja võtavad praegu osa võitlusest kiiruse eest.

Teaduse osatähtsus kaasaegses kiirtehnikas on äärmiselt suur. Teadus aitab luua vastupidavaid materjale suure kiirusega masinate jaoks, tagab nende kindla, stabiilse töö, võitleb keskkonna kahjuliku takistusega, kuumenemise, hõõrdumise ja kulumisega. Tugevusõpetus, masinate ja mehhanismide teooria; rakendusmatemaatika ja -mehaanika — niisugune on kiiruse probleeme lahendava inseneri abiliste lühike loetelu.

Tehnika teenistusse on pandud ka matemaatika ja füüsika.

Teaduslikest laboratooriumidest tulid tööstusse spektraal-analüüs ja aatomite «märkimine», röntgenikiired ja ultraheli.

Ilma elektroonikata, mis koondab eneses füüsikaliste teaduste saavutusi, ilma automaatikata, mis on rajatud mehaanika ja matemaatika seadustele, oleks jäänud ehitamata palju suure tootlikkusega masinaid. Ei saa ehitada jõumasinat kiiretele masinatele ilma soojustehnikata, füüsikata, keemiata, aerodünaamikata või gaasidünaamikata.

Teaduse võimalused on tohutud. Ei ole kahtlust, et teadus, tehnika liitlane, aitab luua veel suuremate kiirustega masinaid, kui on olemas praegu, ja saavutab veel uusi edusamme võitluses kiiruse eest.

Praegu käib võitlus kiiruse eest tehnikas laial rindel. Sellest võtavad osa väga mitmesuguste, sageli üksteisest kaugel olevate erialadega inimesed. Sellest võtavad osa teadlased ja konstruktorid, tehnoloogid ja leiutajad, meistrid ja töölised. Sellest võtavad osa teadusliku uurimise instituudid ja laboratooriumid, tehased ja akadeemiad, konstruktsiooni-bürood ja katsejaamad.

Nõukogude teadlased on viinud oma uurimustega kaugele edasi suurte kiiruste aerodünaamika. Stalini preemia laureaatide nimestikus kohtame igal aastal teadlaste-aerodünaamikute nimesid, kelle tööd aitavad lennutehnikat viia edasi.

Nõukogude teadlased ja insenerid uurivad masinate vastupidavust, loovad uusi ülitugevaid materjale, ja Stalini preemiad märgivad nende edu.

Stalini preemia laureaatide seas on kiirlennukite ja lennukimootorite, turbiinide, tööpinkide ja muude suure kiirusega tehniliste seadmete konstruktoreid.

Stalini preemia laureaatide seas on ka neid, kes loovad seda tehnikat, ja neid, kelle käes see tehnika meid teenib. Need on praktikud, tööeesrindlased, kogu maal tuntud kiirtöötlejad.

Edaspidine toodangu kasv sõltub paljuski suurte ja ülisuurte kiiruste laialdasest arenemisest. Peamiseks, põhiliseks teguriks on võitlus kiiruse eest, võitlus uue tehnika, kommunismi tehnika eest.

Kui me vaatame reaktiivlennukit, mis jõuab helile järele, kui me loeme uutest mootoritest või rakettidest, mis avavad tee stratosfääri, siis peame meeles pidama seda julget mõtet, visa tööd ja püsivust, mis on nad loonud.

Kui me kuuleme uutest masinatest, mis annavad ennenägematuid kiirusi, siis mõtleme nendele raskustele, mis seisid ja seisavad niisuguste masinate loojate ees.

Nagu teisteski teaduse ja tehnika saavutustes, on ka siia mahutatud peamine, mis viib võidule — nõukogude inimese loov tahe.

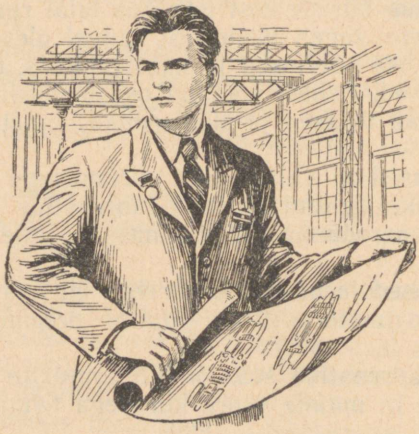
Tema on loonud masinad, mis vallutavad ruumi ja aega.

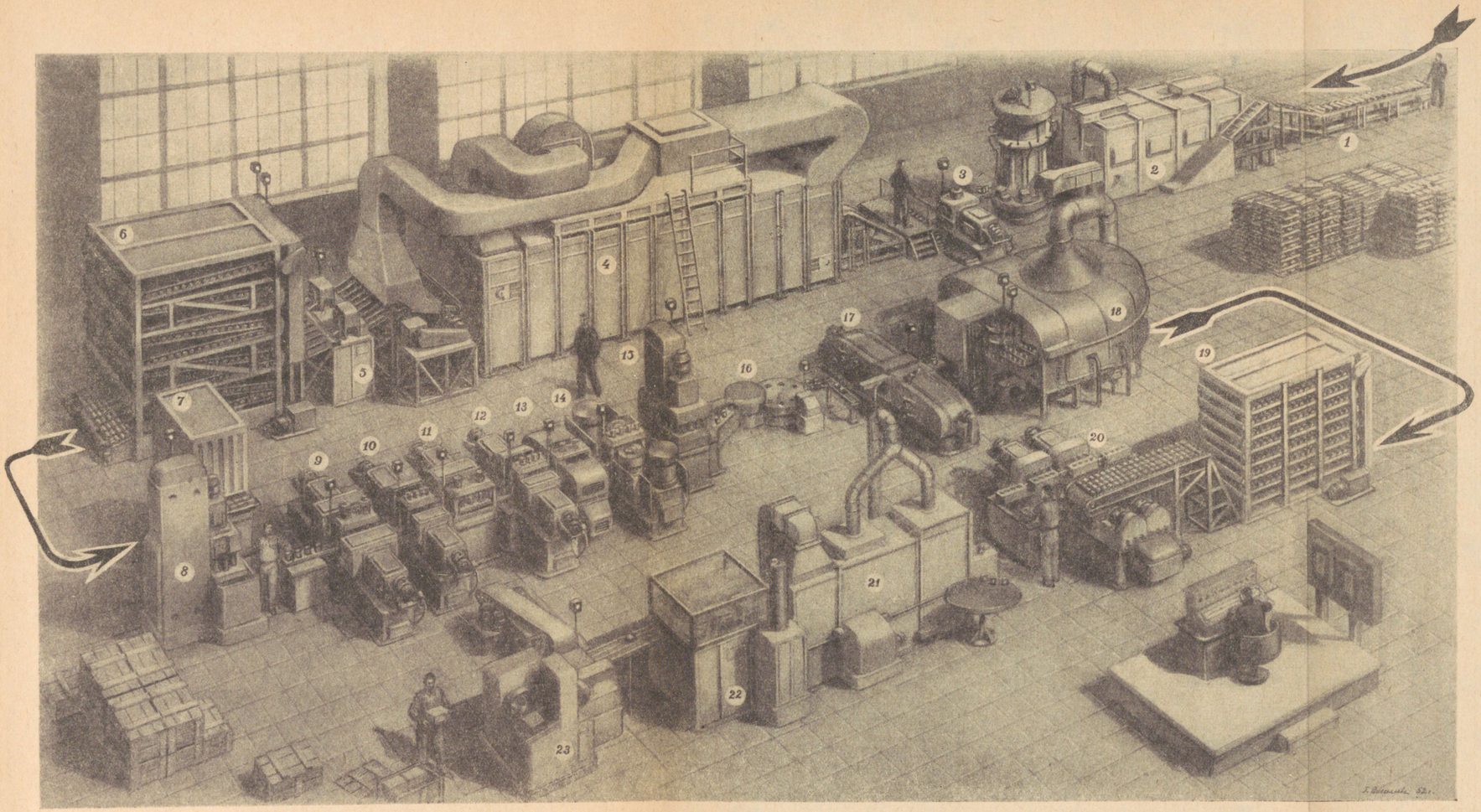
Tema on loonud imepärased masinad ülisuurte kiirustega.

Partei juhtimisel luuakse ja arendatakse uut tehnikat, kommunismi tehnikat.

Kui me saame teada järjekordsest kõrgete autasude määramisest teadlastele ja tehnikainimestele, kelle hulgas on õpetlasi, insenere, konstruktoreid, töölisi — võitlejaid kiiruse eest, tehnilise progressi eest, siis räägivad valitsuse määruse kasinad read paremini kõikidest teistest sõnadest, et suurte kiiruste tehnika areneb edasi meie silmade all, meie kätes.

Edasi — ja kiiremini!



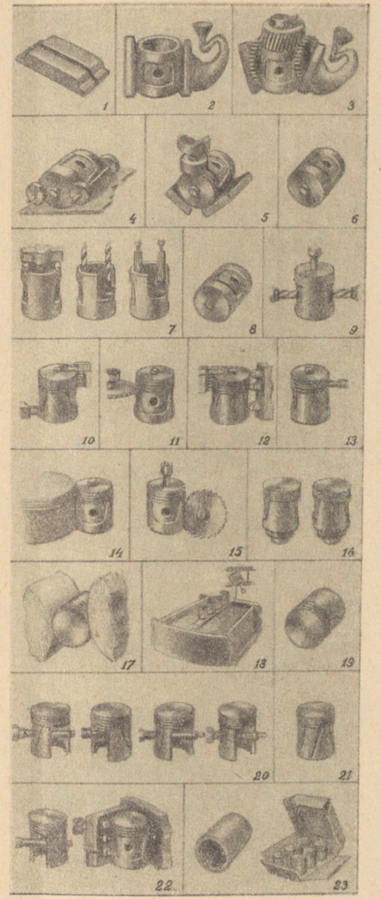


Kolbide automaattehas.

1. Valumaterjali kangide transportöör; *2.* Elektri-sulatusahi ja valumasin; *3.* Valupeade mahalõikamise pink; *4.* Noolutamisahi; *5.* Kõvaduse proovimise press; *6.* Automaatpunker; *7.* Vahepunker; *8.* Lähtepindade töötlemise pink; *9—15.* Kolvi töötlemise automaatpinkide liin; *16.* Kaalu täpsustamise pink; *17.* Automaat-ümberlaadija; *18.* Peenlihvimise pink ja tinutamisagregaat; *19.* Automaatpunker; *20.* Agregaat sõrmeaukude lõplikuks töötlemiseks; *21.* Pesemismasin; *22.* Kontrollimis-sorteerimisautomaat; *23.* Pakkimismasin; All paremal — dispetšeri juhtimispult.

Kõrvaloleval skeemil — kolbide töötlemise tehnoloogiline protsess.

1. Valumaterjali kang; *2.* Toorvalutükk; *3.* Valupeade mahalõikamine; *4.* Valutüki noolutamine; *5.* Kõvaduse kontrollimine; *6.* Pooltoode, mis läheb automaat-punkrisse operatsioonidevaheliseks varuks; *7.* Põhja ja faaside lõikamine, lähteaukude puurimine ja hõõritsemine; *8.* Pooltoode, mis läheb vahepunkrisse; *9.* Jäme sisetreimine ja tsentreerimine; *10.* Jäme välistreimine; *11.* Horisontaalsoonte freesimine; *12.* Peentreimine; *13.* Oliaukude puurimine; *14.* Jämelihvimine; *15.* Tsentreerimistoe mahalõikamine ja pilu sisselõikamine juhtpinda; *16.* Kaalu täpsustamine; *17.* Peenlihvimine; *18.* Tinutamine; *19.* Kolb, mis läheb automaatpunkrisse; *20.* Aukude lõplik töötlemine; *21.* Kolb, mis läheb pesemismasinasse; *22.* Kontroll ja sorteerimine; *23.* Pakkimine.



SISUKORD

EESSÕNA 5
EILE JA TÄNA (sissejuhatuse asemel) 7
MATERJALI SÜND 30
VÕIT METALLI ÜLE 48
KIIRETE MASINATE VAENLASED 73
TUHANDED PÖÖRDED MINUTIS 91
RÜNNAK HELIBARJÄÄRILE 111
KOSMOSE-REIS 137
ALISTATUD ELEKTRON 160
AUTOMAATIDE MAAILMAS 195
MEIE PÄEVADE TEHNIKA (lõppsõna asemel) . . 215

LUGEJALE

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

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

Toimetaja H. Rehemaa.
Tehniline toimetaja M. Aardma.
Korrektorid
L. Saulin ja A. Nurmoja.

*

Ladumisele antud 20. VIII 1954. Trükkimisele antud 15. X 1954. Trükiarv 10 000. Paber 70×92, 1/16. Trükipoognaid 14,25+7 kleebist. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 17,33. Arvutuspoognaid 18,28. MB-18614. Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk tän. 2. Tellimise nr. 4838.

*

На эстонском языке.

Hind rbl. 7.85

7—11

Rbl. 7.85

A-20252
I

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00387768 7