

Üleliiduline

POLIITILISTE JA TEADUSALASTE TEADMISTE LEVITAMISE ÜHING

A-17346

16

FUUSIKA-MATEMAATIKATEADUSTE
DOKTOR

N. A. KAPTSOV

**P. N. JABLOTŠKOV –
VENE ELEKTROTEHNIKA
AU JA UHKUS
(1847–1894)**

EESTI NSV

POLIITILISTE JA TEADUSALASTE TEADMISTE LEVITAMISE ÜHINGU

VÄLJAANNE

RK „POLIITILINE KIRJANDUS“ • TALLINN 1948

0

2/14300

ÜLELIIDULINE
POLIITILISTE JA TEADUSALASTE TEADMISTE LEVITAMISE ÜHING

FÜÜSIKA- MATEMAATIKATEADUSTE
DOKTOR

N. A. KAPTSOV

P. N. JABLOTŠKOV —
VENE ELEKTROTEHNIKA
AU JA ÜHKUS
(1847 — 1894)

EESTI NSV
POLIITILISTE JA TEADUSALASTE TEADMISTE LEVITAMISE ÜHINGU
VÄLJAANNE

RK „POLIITILINE KIRJANDUS“ TALLINN 1948

Uingu Kesklektoriumis Moskvas
peetud avaliku loengu stenogramm



14300

A- 17346

16

Teaduses ja tehnikas on ala, kus tehniline progress on viimase sajandi jooksul avaldunud erilise jõuga ja kus on saavutatud rida väljapaistvaid edusamme tänu vene õpetlaste ja inseneride loomingulisele mõttele ja tööle. See ala on elektrotehnika.

Elektrikaare avastamine, elektrivoolu valgustamiseks kasutamise esmakordne praktiline lahendamine, galvanoplastika leiutamine, vahelduvvoolu idee ja selle tehnilise kasutamise praktika, samuti selle transformeerimise põhimõtted, kolmefaasilise vooluskeemi loomine, raadio-telegraafi leiutamine — kõik need on vene leiutised ja avastused, mis löid uue ajajärgu elektrotehnika arenemises.

Nende avastuste ja leiutiste saatus oli erisugune. Paljud neist etendasid omal ajal juhtivat osa maailmateaduses ja -tehnikas, teised neist jäid välismaal tundmatuks, Venemaal aga unustati nad ajutiselt möödunud sajandi sünges vene tegelikkuse tingimustes.

Vene elektrikute kuulsat plejaadi hulka kuulub ka P. N. Jablotškov. Et hinnata P. N. Jablotškovi panuse tähtsust maailmateadusse ja -tehnikasse, tuleb meil tutvuda teiste avastustega elektrotehnika valdkonnas, mis eelnesid tema loomingulistele tegudele.

Vene leidurid-elektrotehnikud — Jablotškovi eelkäijad

1802. aastal avastas vene füüsik V. V. Petrov elektrikaare nähtuse, mida hiljem nimetati volta kaareks. Elektrihaar — Petrovi haar, nagu teda õigupäraselt oleks tulnud nimetada — kujutab endast elektrilahendust õhus kahe teineteisele lähendatud sõe vahel. Kirjeldades tema poolt avastatud kaart, väljendas V. V. Popov mõtet, et selle kaare abil võib „pimedat ruumi küllalt heledasti valgustada“. Kuid tee õpetlase peaaegu tekkinud geniaalsest mõttest kuni selle teostamiseni, eriti aga laialdase praktilise kasutamiseni, osutus pikaks. Katseid, teostada Petrovi ideed elektrikaare kasutamisest valgustamiseks, tehti väga palju. Korraldati ka katseid valgustamise teostamiseks elektrivoolu abil, kasutades tahkkehade soojenemist neist läbivast voolust (hõõglambid). 1838. aastal püüdis Belgias Jobart

rakendada elektrivoolu söepulkade kuumutamiseks. Korraldati ka teisi katseid, et rakendada elektrivoolu valgustamiseks. Kuid kõik need katsed ei andnud pikemat aega rahuldavaid praktilisi tulemusi. Esimestes hõõglampides põles hõõgkeha kiiresti või oksüdeerus. Elektrikaar aga nõudis alatist süte vahemaa reguleerimist, kuna kaare põlemisel söed kahanevad ja vahemaa nende vahel suureneb, seega tingimused, mille olemasolul kaarenähtus tekib, muutuvad, vool nõrgeneb ja lõppude lõpuks suure vahemaa juures süte vahel kaar kustub.

Et vältida kaare kustumist, esitati rida seadiseid, niinimetatud regulaatoreid. Neis regulaatoreis nihutas elektrivoolu vähenemisel eriline elektromagnet üht sütest ja säilitas süte vahel vajaliku vahemaa. Kuid selline reguleerimine polnud küllaldane ja elektrikaare kasutamine nõudis pidevalt inimese vahelesegamist.

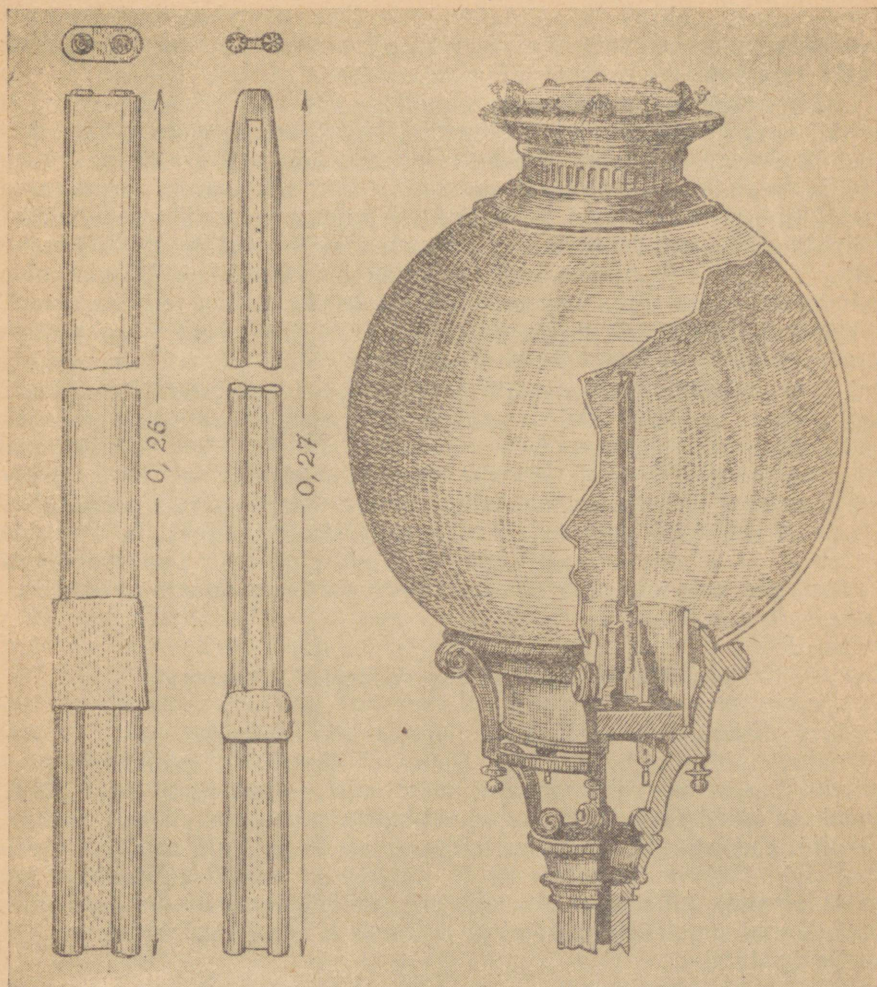
Pealegi sai igast elektrivooluallikast toita ainult üht kaart. Paralleelsel sisselülitamisel põles alati ainult üks kaar. Mitme kaartule järjestikku ühendamisel segas ühe kaare regulaator teise tööd: ühtedes kaartes söed ühinesid, teistes eemaldusid üksteisest kaugemale — ja kogu ahel kustus.

Tervelt 70 aastat pärast Petrovi avastust oli elektervalgustus ikka ainult kalliks efektseks meelelahutuseks ning seda kasutati ainult paraadjuhtudel nagu ilutulestikku. Vanades raamatutes võib leida illuminatsiooni kirjeldust Moskvast 1856. aastal, samuti Kremli illumineerimist 1866. aastal. Võib leida „elektripäikeste“ (s. o. kaare) kirjeldust, milliseid kasutati valgustusefektideks teatrites. Elektervalgustus kaare abil leidis kasutamist ainult seal, kus suuri kulutusi elektrienergia-allikatele ja alatise hoolitsuse ning valve tarvidust lampide ja regulaatorite eest tasus saavutatud efekt ning kui vajati suurte ruumalade valgustamist ööajal.

Et võimaldada elektrivoolu laialdast kasutamist valgustuseks, pidid tolle aja elektrikud leidma mooduse kaare süte püsiva vahemaa säilitamiseks ning saavutama, nagu siis väljendati, „elektervalguse jaotamise“ ühelt suurelt elektrimasinalt; või jälle, rakendades valgustuseks tahkkehade kuumutamismeetodit, saavutama, et „hõõgkeha“ ei põleks ega laguneks liig kiiresti.

Alles XIX sajandi 70-ndail aastail lahendasid kolm vene leidurit — Pavel Nikolajevitš Jablotškov, Aleksandr Nikolajevitš Lodõgin ja Vladimir Nikolajevitš Tšikolev need ülesanded peaaegu ühel ja samal ajal, kuid igaüks neist omamoodi. Nad tegid praktiliselt võimalikuks elektri kasutamise valgustuseks, ja Jablotškov nende hulgas viis oma „küünla“ ja oma valgustussüsteemi laialdase kasutamiseni kogu Euroopas.

Nende kolme silmapaistva vene elektrotehniku tööd olid tihedas



„Jablotskovi küünal“ ja „elektrilatern“ küünlaga

seoses. Seepärast rääkides Jablotškovist ei saa meenutamata jätta Lodõginit ja Tšikolevit.

Lodõginil õnnestus luua selle aja kohta küllaltki kestvat „hõõgkeha“ kahe väikese, tihedalt teineteisele surutud sõepulga näol, mis olid asetatud „õhuvabasse ruumi“, nagu siis väljendati. 1873. aastal

ühel pimedal õhtul oli Peterburi elanikel võimalus imetella kaht elektrilaternat, mis valgustasid tavaliselt pimedusse vajunud tänavat Peski rajoonis.

Lodõgin soetas patendi oma lambile mitte ainult Venemaal, vaid ka Ameerikas. Hiljem, sellele tugeades, lahendas ameerika kohus tülisküsimuse kuulsa leiuri Edisoni ja tema konkurendi Swani vahel. Kohus annulleeris mõlema patendid, viidates varem väljaantud Lodõgini patendile. Kuid vene leiuril polnud vahendite puudumisel võimalik oma lambi viimistlemist lõpule viia. Tal tuli leitudustöö maha jätta ja sõita välismaale, kus ta töötas insenerina nii hõõglampide valmistamise alal Edisoni meetodi järgi kui ka teistel tehnika aladel.

Kapitalistliku lääne tingimused tõid Lodõginile vaid väga väikest ainelist kasu, ehkki ta veel kord saavutas võidu Edisoni üle. Ajajärkul, kus söeniitlampe asendati praegusaegsete metallniit-hõõglampidega, pani Lodõgin ette ja valmistas raskeltsulavatest metallidest (volframist, molübdeenist jm.) niitidega lambid. Tema lambid olid välja pandud 1900. aastal Pariisi ülemaailmsel näitusel. 1906. aastal tuli ameerika kõige suuremal hõõglampide valmistamise firmal „Üleüldine Elektrikompanii“ osta Lodõgini patendid selleks, et alustada metallniit-hõõglampide valmistamist. Seejärel pöördus Lodõgin tagasi Venemaale, kuid siin ei leidunud võimalusi tema annete rakendamiseks.

Jablotškovi õppe- ja tegevusaastad Venemaal

Pavel Nikolajevitš Jablotškov sündis 26. septembril 1847. aastal Saraatovi mõisniku perekonnas. Vanemad saatsid Jablotškovi õppima esiteks Saraatovi gümnaasiumi, mõne aja pärast aga, tema suure andekuse ja edukuse tõttu matemaatikateadustes, saadeti ta Peterburi Nikolai insenerikooli. Tänu heale õppejõudude valikule andis insenerikool Jablotškovile laialdasema ja sügavama tehnilise hariduse kui seda sai anda tolleaegne klassikaline gümnaasium. Koolis õpiti põhjalikult matemaatikat, füüsikat ja keemiat. Hästi oli korraldatud võõrkeelte õpetamine.

1866. aastal lõpetas P. N. Jablotškov Nikolaikooli ning määrati nooremohvitserina 5-ndasse sapööripataljoni Kiievi kindlusse. Kuid teda ei ahvatlenud sõjaväeline karjäär. Esimesel võimalusel, üks aasta pärast kooli lõpetamist, lahkus ta haiguse tõttu sõjaväeteenistusest. Soovides täiendada oma teadmisi elektrotehnika alal, mis teda väga huvitas, astus ta Peterburis ohvitseride galvaanilistesse klassidesse. Õpetamine neis klassides oli väga kõrgel tasemel. Jablotškov tutvus seal elektrivoolu tundmaõppimise ja tehnilise kasutamise uusimate saavutustega ning täiendas tõsiselt oma teoreetilisi ja prakti-

lisi teadmisi. Iga ohvitser, kes lõpetas galvaanilised klassid, oli kohustatud seejärel teenima ühe aasta jooksul inseneri väeosas, omamata õigust ennetähtaegsele vabanemisele või kestvale puhkusele. Seetõttu arvati Jablotškov uuesti 5-nda sapööripataljoni koosseisu.

Välja teeninud kohustusliku ning temale tüütu sõjaväeteenistuse aja, läks Jablotškov 1870. aastal lõplikult erru. Talle pakuti telegraafiülema koht tollal veel ehitataval Moskva—Kurski raudteel. Ta võttis selle koha rõõmuga vastu, kuna see andis talle võimaluse kasutada telegraafitöökoda tema poolt kavatsatud katsete sooritamiseks ning oma leiundusidee kontrollimiseks.

Jablotškovi sellesse eluperioodi kuuluvad ka tema kohtumised silmapaistva vene elektriku V. N. Tšikoleviga. Samuti nagu Jablotškov omas Tšikolev suure leiduriande, kuid ta omas sügavama teadusliku ettevalmistuse. Ta lõpetas Moskva ülikooli füüsika-matemaatika teaduskonna ning otsustas alguses asuda õppe- ja teaduslikule tööle ning valmistus juba magistri teadusliku kraadi eksamile. Kuid varsti, kiindunud elektrotehnikasse, loobus Tšikolev õpetlase karjäärist, lahkus Petrovski põllumajandusakadeemia füüsika kateedri assistendi kohalt ja pühendas end täielikult praktilisele ja populariseerimistegevusele.

Tšikolevi erakordselt suureks teeneks on mitte niivõrd tema rohkearvulised leiutised, kuivõrd tema suur töö elektrotehnikuna ning tema määratu suur ja mitmekülgne popularisaatorlik tegevus. 1872. aastal oli Tšikolev üheks aktiivsemaks Moskva Polütehnilise Muuseumi elektrotehnika osakonna loomise initsiaatoriks ja organiseerijaks. See muuseum oli juba tollal üheks kõige tähtsamaks tehniliste teadmiste levitajaks Venemaal.

1880. aastal hakkas rühm vene elektrotehnikuid Vene Tehnilise Ühingu nimel kirjutama esimest elektrotehnilist ajakirja Venemaal — „Elekter“. Selle ajakirja hingeks ja esimeseks toimetajaks oli V. N. Tšikolev.

Kõiki tema poolt kirjutatud artikleid ja raamatuid läbistas veendumus elektri igakülgse kasutamise võimalusest nii igapäevases elus kui ka tehnikas. Ühel oma avalikul loengul ütles ta: „Muidugi mitte meie lastel, vaid meil endil tuleb olla elektervalgustuse laialdase leviku tunnistajaiks.“

Ei möödunud nelja aastatki, kui need sõnad läksid hiilgavalt täide tänu P. N. Jablotškovi poolt saavutatud edule. Kuid 1875. aastal, kui neid lausuti, näis see veel fantaasiana ning elektervalgustuse laialdane levik näis olevat väga kauge tuleviku küsimus.

Jablotškov tutvus Tšikoleviga ühel vestlusel elektrotehnika küsimuste kohta, milliseid Tšikolev korraldas Polütehnilises Muuseumis. Eriti tugevat muljet avaldasid Jablotškovile Tšikolevi katsed leiu-

tada elektriikaare regulaatori lootustandev konstruktsioon, mis põhjenes Tšikolevi poolt ette pandud „diferentsiaalsel“ põhimõttel. See põhimõte seisis selles, et süte vahemaad määras mitte ühe, vaid kahe elektromagneti toime. Ühe magneti mähist läbis kaare vool, teise mähist läbis võrgust hargnev vool, paralleelselt kaarele. Nii reageeris esimene elektromagnet süte vahemaa muutusele, teine aga kaart toitva võrgu pingele kõikumistele. Tšikolev pani ette mitu diferentsiaalse regulaatori tüüpi, igauks neist oli üha täiuslikum. Lõplikult kujundas ta diferentsiaalse regulaatori 1879. aastal.

Tšikolevi entusiasm ning tema töö diferentsiaalse regulaatoriga õhutasid Jablotškovi keskendama kogu oma tähelepanu sellele tööde tsüklile, mis viis teda „käänla“ leiutamiseni. Jablotškov valmistas Tšikolevile, kes tundis tollal suurt puudust eksperimentaalse baasi osas, tema joonise järgi ühe diferentsiaalse regulaatori ja hakkas ise intensiivselt mõtlema elektriikaare valgustamiseks kasutamise võimalusest. Neist mõtetest kaasa kistud, teostas Jablotškov 1874. aastal mõnevõrra ebatavalistes tingimustes elektriikaare kasutamise katse raudteel vana mittetäiusliku regulaatori abil. Katse õnnestus, kuid Jablotškov, kes valvas pidevalt öö või kaks veduriesisele platvormile asetatud elektrilaterna juures, reguleerides käsitsi Foucault' „automaatse“ regulaatori toimet, veendus veel kord sellise elektervalgustuse laialdase kasutamise võimatuses.

Samal, 1874. aastal, et omada rohkem aega uurimis- ja leiutus-tegevuseks, lahkus Jablotškov riigiteenistusest ning avas Moskvas väikese isikliku füüsikaliste riistade töökoja. Kuid tema lootused ettevõtte edukusele ei täitunud. Ta laostus, põhjustades omaste suurt meelepaha. Vaatamata ebaõnnestumisele ei pöördunud Jablotškov tagasi teenistuja tööalale, vaid jäi truuks oma õpetlase ja leiutaja toekspidamistele. Siis keeldusid omaksed temale igasugusest materiaalse toetuse andmisest.

Veendudes, et tolleaegsel tsaari-Venemaal ei õnnestu tal midagi korda saata, otsustas Jablotškov siirduda välismaale, et seal rakendada oma jõudu armastatud tegevusalal.

Elu välismaal

Teel Ameerikasse sattus Jablotškov Pariisi. Ta rakendas kõik jõud selleks, et saada selles linnas viibimisest võimalikult suuremat kasu oma kavatsuste teostamiseks. Nende Pariisi ettevõtete hulgas, kellega ta tutvus, oli Bréguet' kellade ja täpsusriistade firma. See firma omas XIX sajandi esimesel poolel laialdast kuulsust. Bréguet' nimi sai hüüdnimeks. Tuletagem meelde Puškini värssi:

Onegin uitab puiesteel,
seal avaruses viibib seni,
kui teatab valvas gongilöök
Bregetiilt: ootab lõunasöök.

Töökoja omanikuks ja tehniliseks juhatajaks oli Louis François Clément Bréguet, haritud ja suurte tehniliste teadmistega inimene, keda 1874. aastal tema suurte leiutiste eest elektrotehnika alal valiti Pariisi Teaduste Akadeemia erakorraliseks ordinaarseks liikmeks.

Vesteldes Jablotškoviga taipas Bréguet, millise silmapaistva inimesega tal on tegemist ning pakkus Jablotškovile tööd enda abilisena firma töökojas. Bréguet lubas anda Jablotškovile kõik võimalused katsete teostamiseks elektervalgustuse praktilise kasutamise ning teiste leiutiste alal, nõudes temalt selle ees ainult tööd dünamo täiustamise alal. Jablotškov nõustus. Ta leidis Bréguet' juures neid soodsaid tingimusi, milliseid ta nii kaua ja asjatult oli otsinud kodumaal.

Järgnenud kolm aastat olid Jablotškovi leiutus- ja teadusalases töös kõige viljakamad. Ei möödunud aastatki, kui ta lahendas elektrikaare süte vahemaa säilitamise ülesande, luues valgustusseadise, millele anti tema nimi — „Jablotškovi küünal“.

Rahva hulgas arvati, et „Jablotškovi küünla“ leiutamine on õnneliku juhuse tulemus. Räägiti, et leiutaja olevat kohvikus laua taga istudes ja tööpäeva jooksul tehtud märkmeid korrastades juhuslikult asetanud kaks pliiaitsit kõrvuti, ning neid kaht pliiaitsit nähes tekkinudki tal mõte elektrikaare süte rööbiti asetamisest. Kuid muidugi ei olnud see nii. „Küünla“ leiutamine oli mitmeaastase pingelise töö tulemus.

Jablotškov ise jutustab oma leiutisest 1879. aastal Peterburi Vene Tehnilises Ühingus tehtud ettekandes järgmist:

„Esimesi katseid elektervalgustusega tegin ma veel siin Venemaal aastail 1872—1873. Töötasin siis tavaliste mitmet süsteemi regulaatortitega, hiljem mõnda aega tollal ilmunud Lodõgini hõõgsüsteemi lambiga. Umbes sellal tekkis mul mõte, mis on seoses minu järgnevate töödega.

Tegin siis järgmisi katseid: võtsin võrdlemisi õhukesi söekesi, asetasin neid kahe juhtme vahele ning selleks, et süsi ära ei põleks, mähkisin teda asbest-kiududega. Mõte seisis selles, et süsi kuumenedes ise ära ei põleks, vaid kuumendaks teda ümbritsevat savi või asbesti.

Neist katsetest ei tulnud midagi välja. Seejuures korraldasin ma neid suurte vaheaegade tagant ja jätsin nad isegi hoopis maha, säilitades mõtte savide ja teiste muldade kasutamisest elektervalgustuse rakendamisel. Asusin uuesti tööle alles 1875. aastal Pariisis ning hakkasin kasutama jällegi savi ja paljusid teisi sobivaid isoleermaterjale, asetades neid volta kaarde selleks, et säilitada vahemaad

süte vahel. Sooritades katseid Venemaal, kasutasin ma nõrgajõulisi elemente ning mul polnud seetõttu võimalik teha laialdasi tähelepanekuid. Töötades Pariisis Bréguet' juures, tuli mul tegemist teha suurte elektrimasinatega. Siin uurisin nende savide omadusi.

Volta kaares tugeva voolu poolt tekitatud kõrge temperatuuri juures sulasid ning aurused savid, nii et põlemist oli raske alal hoida.“

„Siis,“ kõneles Jablotškov, „leiutasin ma seadise, mis on praegu tuntud minu nimelise küünlana, s. o. asetasin süte vahele isoleeraine, mis aurub üheaegselt süte põlemisega.“

Jablotškovi leiutised

Joonisel on „Jablotškovi küünal“, samuti elektrilatern näidatud sellistena, nagu nad esmakordselt Jablotškovi poolt valmistati. Töötades vahelduvvooluga põlevad mõlemad söed võrdse kiirusega, isoleermass nende vahel aurub ning sel teel säilitatakse püsiv vahemaa süte otste vahel ja püsiv elektrikaare pikkus, olenemata kaart toitva pinge kõikumisest.

Jablotškovi katsete tulemuseks oli mitte ainult küünla väljatöötamine. Ta avastas, et paljude raskeltsulavate kehade, nagu kaoliini, magneesiumi jt. takistus elektrivoolule soojenemisel väheneb, vastupidi tollal levinud vaatele, et kõigi tahkainete takistus temperatuuri tõusuga suureneb, nii nagu see esineb metallide puhul. Elektrivool, läbides kaoliiniplaati ning soojendades seda, suureneb ja kuumutatud plaat hakkab eredalt hõõguma. Avastades selle nähtuse, kasutas Jablotškov seda niisuguse hõõglambi valmistamiseks, mis ei nõudnud õhu kõrvaldamist. Selle lambi hõõgkehaks oli kaoliinplaat ehk -pulk.

Jablotškovi poolt ettepanud hõõglambi idee sarnleb 20 aastat hiljem patenteeritud füüsiku-keemiku V. Nernsti suurt edu omanud lambi ideega.

Jablotškov arvas, et hõõglambid ei tasu endid. Ta ei uskunud üldse nende praktilise kasutamise võimalusse ja seepärast ka ei kasutanud oma avastust.

Elektrikaare süütamine „Jablotškovi küünlas“ saavutati esialgu erisöökeste-süütajate asetamisega põhisüte otste vahele. Peagi hakkas aga Jablotškov kasutama süütajana mitmesuguseid metalliribasid, mis asetati süsi isoleeriva keha ülaservale.

Jablotškov hakkas ka süte vahele asetatud isoleermassile juurde segama metalli, näiteks tšingi pulbrit. Süte ärapõlemisel isoleermass aurub, temas olev metall aga sadestus tema pinnal joonekesena. See võimaldas voolu sisselülitamisega korrata „küünla“ süütamist. „Jablotškovi küünlast“ jätkus poolteisetunniseks põlemiseks. Igas laternas kin-

nitati niinimetatud „küünlaalusele“ mitu küünalt. Neist põles ainult üks, nimelt see, mille põlemiseks olid tingimused kõige soodsamad. Need kõige soodsamad tingimused seisid selles, et põles see „küünal“, mille oomiline takistus oli kõige väiksem. Kui ta kustus, hakkas põlema järgmine küünal jne.

Alalisvoolu kasutamisel tegi Jablotškov positiivse söe kaks korda jämedama kui negatiivse, sest positiivne süsi põleb kaks korda kiiremini kui negatiivne, kuid praktilisemaks osutus kasutada kaht võrdse ristlõikega sütt ning rakendada vahelduvvoolu. Seepärast valmistas Gramme'i firma spetsiaalselt „Jablotškovi küünlale“ vahelduvvooludünamo.

Elektervalguse jaotamise ülesande lahendas Jablotškov mitmel erineval viisil. Vastupidi regulaatoritega laternatele võis „Jablotškovi küünla“ 4—5 küünalt lülitada järjestikku ühte elektrivooluahelasse. Pealeselle tegi ta ettepaneku lülitada masina peavooluringi järjestikku mitme induktori primaarmähised ning toita järjestikku ühendatud „küünaldest“ moodustatud ahelat samade induktorite sekundaarmähistes tekkinud vooluga. Seega kasutati esmakordselt transformatori põhimõtet praktilisteks otstarveteks. Mõni aasta hiljem ehitas Moskva ülikooli füüsikalise kabineti laborant I. F. Usagin Jablotškovi ideede teostamiseks elektriseadiseid, mis olid juba tõelised transformatorid. Kolmas Jablotškovi poolt ettepanud valguse jaotamise meetod seisis selleks otstarbeks kondensaatorite kasutamises.

Otsekohe pärast „küünla“ leiutamist ja laboratoorset katsetamist lõpetas Jablotškov „küünla“ tehnilise vormistamise, mis võimaldas selle tegelikku kasutamist. 1876. aastal sõitis Jablotškov Bréguet' firma esindajana Londoni täpsete ja füüsikaliste seadiste näitusele. „Jablotškovi küünal“ sai sel näitusel suure edu osaliseks.

Pärast leiutaja Londonist tagasipöördumist tutvustas Bréguet teda ettevõtliku prantslase Denayrouze'ga — tuukriseadmete valmistamise töökoja omanikuga. Denayrouze andis Jablotškovi käsutusse oma töökojad „küünalde“ seeria viisi tootmiseks ja vajaliku aparatuuri valmistamiseks. Samal ajal asutas Denayrouze küllaltki võimsa aktsiaseltsi „Ühing elektervalgustuse uurimiseks Jablotškovi meetoditel“. Organiseeriti katseid mõningate esmaklassiliste Pariisi kaupluste ja suurte tänavate valgustamiseks „Jablotškovi küünaldegaga“. Need katsed laienesid üha suurema ja suurema eduga. Algas uue elektervalgustuse laialdane levimine mitte ainult Pariisis, vaid ka teistes Euroopa keskustes: Londonis, Peterburis, Madriidis, Napolis, Berliinis. See oli „Jablotškovi küünla“ tõeline triumfikäik Euroopas. Idas levis ta persia šahhi ja Kambodža kuninga paleedeni.

Pariislased, kes olid harjunud petrooleumi ja gaasi ning steariin-küünalde tuhmi tulega, olid hämmastunud uue valgustuse hiilgusest

ja eredusest ning avaldasid kõikjal vaimustust „vene valguse“ üle, nagu nad seda nimetasid.

Jablotškovi kaasaegsed kirjeldavad värvikalt, kuidas igal õhtul videviku saabumisel kogunesid Ooperi väljakule suured inimhulgad. Kõikide pilgud olid suunatud kahele reale valgetele mattkuulidele, mis olid riputatud kõrgete postide külge Ooperi prospekti mõlemal poolel. Äkki süttisid need kuulide read meeldiva valgusega. Siiä kogunenud rahvas võrdles neid musta sameti taustal eralduvate pärlitega.

Jablotškovi kaasaegsetes ajakirjades leiame hipodroomi, tänavate, sadama ja võõrastemajade kujutusi, mis on eredasti valgustatud „vene valgusega“ (vt. joonis lk. 5).

Suure vene elektrotehnika katsed kasutada oma leiutisi kodumaal

Kohe pärast oma leiutiste tehnilist vormistamist astus Jablotškov samme oma leiutise rakendamiseks kodumaal, kuid toleaeegsel Venemaal valitses tardumus ja rutiin. Tsaari-Venemaa ametlikud ja rahandusringkonnad ei tundnud huvi vene leiutajate saavutuste vastu. Nad vajasisid välismaa marki, nii suur oli kummardumine lääne ees. Asi liikus surnud punktilt ainult siis, kui „Jablotškovi küünal“ sai laialdase leviku osaliseks ja Jablotškov võitis üleeuroopalise kuulsuse.

Pärast kaht kadumaläinud aastat loodi Peterburis ühing „Leidur Jablotškov ja kompanii“. Venemaal hakkasid levima „Jablotškovi küünlad“, mis valmistati Peterburis.

Ränk ja raske oli novaatori tee kodumaal. Pärast esimest ebaõnnestunud katset organiseerida aktsiaseltsi Venemaal, andis ta kõik õigused oma vene eesõigusele (vene patendile) Pariisi aktsiakompaniile. Et omada õigust Peterburis „küünalde“ töökoja avamiseks, tuli leiduril 1878. aastal osta tagasi vene patent, mille eest Pariisi kompanii peamehed nõudsid, et neile antaks üle Jablotškovile kuuluvad aktsiad 2 miljoni frangi väärtuses. Soovides kirglikult organiseerida elektervalgustust Venemaal, nõustus leidur selle tohutu kõrge hinnaga. See Jablotškovi õilis samm andis end hiljem tema ainelises olukorras raskesti tunda.

1879. aastal, oma suurima triumfi perioodil, sõitis Jablotškov Peterburi. Oma mälestustes kirjeldab Tšikolev seda Jablotškovi saabumist järgmiselt: „Nagu praegu mäletan seda Pavel Nikolajevitši Peterburi saabumist, miljonäri reputatsiooniga ja ülemaailmse kuulsusega. Ta asus elama „Euroopa võõrastemaja“ suurepärase ruumides, ja kes kõik käisid tema juures: hiilgusi, kõrgusi, kõrgeaususi, linnapäid, arvutul hulgal. Kuid kõige tähelepanelikumalt ja sõbrali-

kumalt suhtus Jablotškov vaestesse töötajaisse, tehnikuisse ja oma vaesusaja vanadesse sõpradesse.

Jablotškovi kutsuti kõikjale üksteise võidu, igal pool olid müügil tema näopildid, ajalehtedes ja ajakirjades pühendati temale poolehoidvaid, mõnikord ka vaimustatud artikleid.“

Sellesse ajajärku kuuluvad ka Jablotškovi ettekanne 2. aprillil 1879 Vene Tehnilises Ühingus ja avalik loeng rohkearvuliste demonstratsioonidega, mis korraldati sama ühingu poolt 13. aprillil. 14. aprillil 1879 annetati Jablotškovile Vene Tehnilise Ühingu koosolekul selle ühingu poolt medal pealiskirjaga. 29. märtsil 1880 korraldati leiduri ettekanne Moskvaa Loodusteaduste Harrastajate Ühingu füüsikateaduste osakonna koosolekul. Selle koosoleku kinnises osas tõsteti üles küsimus Jablotškovile ühingu suure kuldmedali annetamisest. 30. jaanuaril 1880 valiti Jablotškov äsjaloodud Vene Tehnilise Ühingu elektrotehnika osakonna esimehe asetäitjaks.

Ühing „Leidur Jablotškov ja kompanii“ teostas edukalt Lossi silla valgustamise Peterburis üle Neeva jõe. Teostati Ohta püssirohuvabriku töökodade valgustamine, siis järgnesid teatrid, restoranid jne.

Peterburis valmistatud suure elektrotehnika „küünlad“ tungisid Moskva, Nižni-Novgorodi, Helsingi, Poltaavasse, Krasnodari ja teistesse linnadesse. Vene leiutise ekspluaterimise kompaniid tekkisid peale Pariisi ja Peterburi ka teistes Euroopa linnades.

Kõigi nende ettevõtete asutamine ja nende tegevuse organiseerimine nõudis leiutajalt palju jõudu ja aega, sest igal pool oli tema tehniliseks juhatajaks tootmise sisseseadmisel ja korraldamisel, tema töötas välja plaanid ja projektid. Ühe sõnaga, kõigil juhtudel oli tema asja hingeks.

Pealeselle tuli tal polemiseerida rohkearvuliste vastastega, lükata ümber nende valed väljamõeldised leiutise puuduste kohta, taastada tõe elektervalgustuse maksumuse kohta. Peavastasteks olid gaasikompaniid; nad alustasid sõjakäiku Jablotškovi vastu samuti nagu nad mõni aasta hiljem astusid üles ka Edisoni vastu. Suur vene elektrotehnik võitles püsivalt ja edukalt, kuid saatuse kibeda pilkena osutus, et selle võitluse tulemuseks oli mitte elektrikaare, vaid tema konkurendi — hõõglambi võidukäik.

Elektrikaarküünla võistlejad

Samal ajal kui Jablotškov rajas teed oma „küünlale“, omamata nii tõsiseid tehnilisi abilisi kui ka vaba aega küünla üksikasjaliseks väljatöötamiseks ja täiustamiseks, töötas Edison Ameerikas hõõglambi kallal rahulikus olustikus, omades vajalikke vahendeid ja suure rühma

abilisi. On andmeid, et Edison oli tuttav Lodõgini saavutustega, kuna mereväeinsener Hotinski viis mõned õnnestunud Lodõgini lambi eksemplarid Ameerikasse, ja ehkki Edison töötas iseseisvalt, kinnitas Lodõgini näide, kes konstrueeris esimese praktiliselt kõlbuliku elektrihõõglambi, ameerika leiduri veendumust täiuslikuma hõõglambi loomise võimaluses.

1879. aastal jõudsid Edisoni hõõglambid sellesse staadiumi, kus sai võimalikuks nende massiline tootmine. Ameerika kapital pakkus oma teenuseid ja hõõglambid hakkasid kiiresti levima. Edisoni sõeniitidega lambi omaduslikud näitajad — värvus ja ökonoomsus — olid halvemad kui Jablotškovi küünlal, kuid hõõglambi kasuks kõnelesid tema kasutamise lihtsus ja pikk iga võrdlemisi madala hinna juures, samuti erakordselt lihtne ja laialdane valguse jaotamise küsimuse lahendamine. Mõõdunud sajandi 80-ndail aastail võitis hõõglamp kui massiline valguseallikas elektriikaare.

Üleminek võimsamaile hõõglampidele kitsendas üha enam elektriikaarlaternate ja -tulede kasutamise ala. Juba 1880. aastal andis Edison lambi ilmumine, millele kaasnes kärarikas reklaam, end ebasoodsalt tunda elektriikaare edasises edus. Nõudmine „Jablotškovi küünalde“ järele hakkas langema sama kiiresti kui ta enne oli tõusnud. Jablotškovi lepinguid Pariisi linnavalitsusega tänavavalgustusele ei uuendatud. Peterburi aktsiaseltsi õitsengule tuli lõpp, koos sellega muutus ebakindlaks ka leiduri aineeline seisukord. Muutus ka ettevõtjate kapitalistide suhtumine temasse ja tema ideedesse. Jablotškovile hakati vaatama kui hädavaresse, kellele on riskantne raha usaldada.

1889. aastal oli P. N. Jablotškov Pariisi näituse elektrotehnika osakonna korraldajaks, kuid tema „küünal“ etendas sellel näitusel vaid teisejärgulist osa.

Peale hõõglambi oli elektriikaarel veel teisi võistlejaid. Tšikolevi diferentsiaalse regulaatori idee, ettevaatamatult tema poolt ühes välismaa ajakirjas avaldatud, haarati saksa firma Schuckerti poolt, samuti Siemensi kompanii poolt Berliinis. Regulaatoriga elektriikaarlatern lasti välja Heiner-Altenecki nime all. Umbes samal ajal ilmus ka teisi tüüpe selliseid regulaatoreid. Nii oli elektriikaarküünlal terve rida tõsiseid võistlejaid.

Venemaal sattus Jablotškov kuulsuse kaotanud kangelase olukorda, välismaal aga oli ta võõras. Pariisi seltsis, jäänud ilma aktsiaist, ei omanud ta enam kaalu.

Vene novaatori saatuses etendas tunduvat osa Fontaine — Gramme'i elektrimasinate firma juhataja, väljapaistev prantsuse elektrotehnik. Jablotškovi avalikust loengust saame me teada, et Fontaine oli „Jablotškovi küünla“ vastane, seni kui Gramme'i firma valmistas ainult

alalisvoolumasinaid, kuna aga „küünal“ nõudis oma toitmiseks vahelduvvoolu. Kuid seesama Fontaine muutus tuliseks võitlejaks „Jablotškovi küünla“ eest, kui Gramme'i firma hakkas valmistama vahelduvvoolumasinaid. Hiljem, 1882. aastal oli Fontaine üks Jablotškovi Pariisi kompanii direktoreist.

Fontaine kirjutas oma raamatus „Elektervalgustus“, mis ilmus kolmanda väljaandena 1890. aastal: „Elektervalgustuse ühing esitas näitusel (Pariisi näitusel 1889. a. — N. K.) automaatküünlahoidja... samuti näitas transformaatori rakendamist „Jablotškovi küünla“ toitmiseks... Transformaatorite rakendamine „küünalde“ toitmiseks omab sellise erisuse, et ta viib ühe ja sama elektriku kaks leiutist üheaegsele praktilisele teostamisele... See rakendamine võimaldab teostada tunduvalt kokkuhoidu juhtmetes 16 punkti toitmise teel ühest ja samast ahelast 5 punkti asemel... Kui need kaks täiustust oleks teostatud 1882. aastal, siis ma muidugi ei oleks andnud korraldust kustutada suurepärase valgustus Ooperi prospektil ning „küünal“ oleks tõenäoliselt valgustanud veel tänapäeval kõiki meie puisteid ja suuri prospekte.“

Kuid need täiustused esitati Jablotškovi poolt palju varem ja 1882. aastal ei võinud Fontaine neist midagi teada.

Leidurile raskel, tema „küünlale“ nõudmise vähenemise perioodil ei lakanud ta uskumast eesrindliku tehnika lõplikku võitu ja võimalusse võita kõik ajutised raskused. Ta jätkas töötamist, tõi küll, teatud määral teisel alal, ja tegi rea väärtuslikke leiutisi galvaaniliste elementide ja elektrimasinate osas, kuid mõnd oma leiutist lõpule viia ja ellu rakendada, nagu see omal ajal oli toimunud „küünlaga“, ta enam ei suutnud: uurimistöodeks ja uute toodete valmistamiseks ei jätkunud andekal leiduril vahendeid.

Jablotškovi tagasitulek Venemaale

Jablotškov sõitis veel kord Venemaale. Kuid tema siinviibimise väline külg oli järsult muutunud. Sellest perioodist kirjutab Tšikolev:

„Milline järsk vahe tema saabumisega 1879. aastal. Ta peatus odavamas võõrastemajas, lihtsas numbritoas, teda külastasid ainult vähesed tuttavad ja sõbrad, kõik kehvavõitu ja silmapaistmatud inimesed. Need aga, kes omal ajal olid tema ees lipitsenud, nüüd võõrduisid temast, vaevalt laskudes temaga kõnelustesse. Isegi need, keda ta oli jalule aidanud ja kes olid aastaid elanud ühingu „Jablotškov ja kompanii“ arvel, olles otseselt temale võlgu oma praeguse seisukoha eest, isegi nende hulgas, räägiti, leidis selliseid, kes solvasid teda.“

Kõik need ebaõnnestumised koos pingutava tööga ja hingeliste elamustega, mida kutsus esile armastatud ürituse nurjumine, samuti üha enam raskenev ainealine olukord avaldasid oma mõju leiutaja tervisele. Pärast tagasipöördumist 1889. aastal Pariisi näituselt, mis röövis temalt palju jõudu, ta tervis halvenes, kaks südameatakki järgnesid teineteisele. Olles paranenud, sõitis Jablotškov oma kodukohta Serdovski maakonda isalt päritud mõisa ning asus hiljem Saraatovi, kus ta püüdis oma tööd uuesti organiseerida. Sealsamas Saraatovis suri Pavel Nikolajevitš Jablotškov pärast rasket haigust 31. märtsil 1894, olles kõigest 46-aastane.

Nii katkes enneaegselt selle silmapaistva vene leiduri elu, kellele naeratas õnn ainult üks kord elus hiilgava, kuid lühiajalise ilutulestikuna. Vene tehnika ja vene teadus kaotasid temas mitte ainult ühe oma andekamaist esindajaist, vaid ka tulihingelise võitleja Venemaa tehnilise progressi eest.

Jablotškovi loomingulise tegevuse iseloom ja tähtsus

Jablotškovile on iseloomustav see, et tema leiutised olid alati paljude füüsikaliste uurimuste ja katsete tulemuseks. Ta ei tegelnud lihtsalt leiutamisega, vaid uuris jälgitavaid nähtusi, andes neile oma, mõnikord omapärase tõlgenduse. Oma arvamust hõõglampide rakendamisest elektervalgustuseks tõestas Jablotškov originaalse arutlusega, mis rajanes tema ettekujutusel elektrikaare protsessidest. Seoses kaasaegse füüsika arenemistasemega tõlgitses Jablotškov elektrikaares ja hõõglambis toimuvaid nähtusi mitte kui elektrivoolu läbimist gaasides — esiteks elektrilahendus ning teiseks elektrivoolu läbimine tahkainetest — vaid kui hõõgumist süte põlemisega ja hõõgumist põlemiseta. Jablotškov omistas erilist osatähtsust õhus leiduvale hapnikule ja viimasega seoses olevatele keemilistele reaktsioonidele kaares. Nende reaktsioonide juures eralduvat energiat pidas ta kaare valgusenergia peamiseks allikaks.

Nagu selle mõtte tõestamiseks või illustreerimiseks ehitas Jablotškov mõni aasta pärast oma kuulsat „küünla“ leiutamist sellise „küünla“: raudpulk oli ümbritsetud kloorhapumagneesiumiga. Kaks niisugust pulka oli asetatud teineteise vastu. Nende otste vahel tekkis elektrikaar. Raud kuumendus valgeks ning vabastas magneesiumi hapendist. Metall magneesium põles õhu hapnikus valge ereda tulega. Sellise „küünla“ elektroodid lühenesid väga aeglaselt — mitte rohkem kui ühe sentimeetri võrra tunnis. On täiesti selge, et sel juhul oli valguse kiirgamise allikaks tõesti keemiline reaktsioon.

Oma katsete teostamisel valguse jaotamisega kondensaatorite abil püstitas Jablotškov küsimuse elektrivoolu läbimise kohta kondensaatorist. Tal õnnestus eksperimentaalselt näidata, et kondensaatori laadimiseks on vajalik teatav aeg. Nende katsete kirjeldust ja teoreetilisi arutlusi võib leida juba eespool mainitud Jablotškovi Peterburis peetud ettekandes.

Kogu sellele küsimusele, mille sisu Jablotškov määratles kui dünaamilise elektri siirdumist staatiliseks elektriks ja vastupidi, omistas ta suurt problemaatilist tähtsust. Meie ajal ei teki enam staatilise ja dünaamilise elektri küsimust, kuid Jablotškovi ajal paelus ta teadlaste-novaatorite tähelepanu. Kajastust sellest võib leida ka sellise suure füüsiku nagu A. G. Stoletovi tööd.

P. N. Jablotškov oli mitte ainult suurte laialdaste teadmistega leiutaja, vaid ka tõsine, mõtlev füüsik-uurija, kes analüüsis sügavalt kõiki nähtusi, millega tal tuli tegelda, ja kes alati kasutas põhjalikke katseid temal tekkinud kahtluste lahendamiseks.

Peale oma põhiliste tööde, mis töid talle maailmakuulsuse, tegi Jablotškov küllaltki palju teisi leiutisi. Tema hõõglambid kaoliinist hõõgkehaga, millest rääkisime eespool, valmistati leiutaja poolt ja kasutati kolme vene sõjalaevastiku laevakajutite valgustamiseks. Elektrimasinatega hakkas Jablotškov tegelema juba Bréguet' töökojas. Ajakirjas „Elektër“ 1881. aastast võib leida tolle aja kohta päris täiuslike, Jablotškovi poolt ehitatud dünamote kirjeldust. Jablotškovi dünamo eelised, võrreldes teiste tollal kasutamisel olnud Siemensi ja Gramme'i dünamotega, olid võrdlemisi suured. Siemensi masinas saadi elektrivoolu pöörlevast ankrust, mis põhjustas kollektoriharjade kiiret kulumist ja sädemete tekkimist ahela võrdlemisi kõrge pinge tõttu. Gramme'i masinas olid mähised, kus pinge indutseerus, liikumatud, kuid nad omasid keerulist ringikujulist vormi. Masina see osa põhjustas tunduvalt raskusi konstrueerimisel ja iga-suguste mähiste rikete kõrvaldamisel. Jablotškovi dünamos oli mähis, milles pinge indutseerus, samuti liikumatu, kuid ta koosnes üksikuist poolidest. Nende poolide ühendust kas paralleelselt või järjestikku võis igal viisil muuta ja saada ühelt masinalt mitmesuguse pingega voolu. Ka võis masinat seisma panemata lülitada välja riknenud pool ning vahetada see teisega. Jablotškovi dünamo süsteem ei tekitanud selliseid raskusi mõõtude ja võimsuse tõstmiseks nagu Gramme'i süsteem.

Kindla ja odava elektrivooluallikate otsinguil ei piirdunud Jablotškov dünamo uurimisega ja täiustamisega. Teda huvitasid suurel määral ka galvaanilised elemendid, mis olid kunagi elektrivoolu ainsaks allikaks.

Esiialgu tegeles ta vedelikuta elementidega. Kuid sellised elemendid erinesid suurel määral neist elementidest, milliseid me praegu nimetame mitte päris õigesti „kuivadeks elementideks“. Elektrolüüdiks ja samal ajal depolarisaatoriks oli neis Jablotškovi elementides, milliseid ta kirjeldas Pariisi Teaduste Akadeemiale 1877. aastal esitatud memorandumis, sulatatud tšiiilisalpeeter. Üheks ning seejuures aktiivseks elektrodiks oli koks või puhastatud süsi; teiseks elektrodiks oli plaatina või muu metall, millest oli tehtud elemendi väliskest. See Jablotškovi leiutus ei saavutanud edu, kuid selles on väga huvitav tema tahe saada elektrienergiat sõe vahetu ärakasutamise teel.

Jablotškovi töö järgmiseks staadiumiks galvaaniliste elementide alal olid katsed elementidega, mis sisaldasid naatriumi. Katsed naatriumelementidega Pariisis 1884. aastal oleksid peaaegu Jablotškovile elu maksnud, sest nende katsete sooritamisel tekkis vesiniku süttimisest tulikahju. Jablotškov hakkas lämbuma ja oli juba meelemärkuseteta, kui talle appi tuldi. 1885. aastal esitas Jablotškov Pariisi Akadeemiale aruande uuest galvaanilisest elemendist, mida ta nimetas autoakumulaaatoriks.

1885. aastal avaldas Jablotškov temale lähedaste inimeste ringis rea õigeid ettepanekuid elektrienergia kaugülekanndmise kohta kõrgepingelise vahelduvvoolu abil. Need mõtted leidsid peatselt hiilgavat tõestust ühe teise vene teadlase-novaatori Mihhail Ossipovitš Dolivo-Dobrovolski töödes.

See suur tähelepanu, mida Jablotškov pühendas vahelduvvoolule, samuti see tõuge, mille ta andis vahelduvvoolu kasutamisele ja vahelduvvoolumasinate väljatöötamisele, samuti ka transformaatorite kasutamise idee on Jablotškovi põhiteeneid tehnilise progressi alal võrdselt tema poolt esmakordselt saavutatud laialdase elektervalgustuse kasutamisega.

Ülalloeteldud Jablotškovi leiutised ei ammuta kaugeltki kogu tema tööd, kuid nende leiutiste mitmekesisus ei saa kuidagi varjata Jablotškovi uurimis- ja leiutustegevuse erakordset sihikindlust. On vastu vaidlematu, et dünamotega ja ökonoomsete galvaaniliste elementidega tegeles ta sihiga leida sobivamaid ja odavamaid elektervalgustuse allikaid.

Selle põhieesmärgi saavutamiseks ja teostamiseks just Venemaal ohverdas Pavel Nikolajevitš Jablotškov elus kõik — nii tasuva sõjaväeinseneri karjääri, suure raudtee osakonnajuhataja teenistusliku seisukoha kui ka oma isikliku kapitali.

Jablotškovi, samuti nagu ta teiste kuulsate kaastöötajate Lodõgini ja Tšikolevi töö ja elu erineb „kuulsate“ välismaalaste tööst ja elust selle võrratult masendava olukorra poolest, milles tuli töötada vene

novaatoritel ja nende tohutute takistuste poolest, milliseid neil tuli võita.

Kirgliku andumusega pühendasid need inimesed teadusele ja tehnikale kõik oma võimed, kogu oma jõu. Nad ei omanud ei teaduslikke kraade ega aunimetusi, kuid nad valdasid oma teaduse ja tehnika ala iseseisvalt ja esinesid neis novaatoritena. Nad omasid selleks oskust ja julgust.

LOENGU KAVA

Vene leidurid-elektrotehnikud — Jablotškovi eelkäijad	3
Jablotškovi õppe- ja tegevusaastad Venemaal	6
Elu välismaal	8
Jablotškovi leiutised	10
Suure vene elektrotehniku katsed kasutada oma leiutisi kodumaal	12
Elektrikaarküünla võistlejad	13
Jablotškovi tagasitulek Venemaale	15
Jablotškovi loomingulise tegevuse iseloom ja tähtsus	16

Toimetaja F. Plaks

Tehniline toimetaja E. Ridala

Н. А. Капцов. Павел Николаевич Яблочков — слава и гордость русской электротехники (1847—1894)

На эстонском языке

Ladumisele antud 24. IX 1948. Trükkimisele antud 26. X 1948. Paber 61×86 cm ¹/₁₆. Trükiarv 4000. Trükitähti trükipoognas 47 472. Trükipoognaid 1,25. Arvutuspoognaid 1,16 MB-08572. Tellimise nr. 1692. Graafikatööstus „Oktoober“, Tallinn, Tartu mnt. 49.

Trükivigu

Lk.	Rida	On trükitud	Peab olema	Kelle süü läbi viga tekkinud
3	8. alt	V. V. Popov	V. V. Petrov	Toimetus
9	13. ülalt	ees	eest	"

Rbl. 1.—

A-1734

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00482026 4

48-878