

ENSV  
AUTOTRASPORDI JA MAANTEEDE MINISTEERIUM

---

**Matemaatilised meetodid  
autovedude planeerimisel ja  
korraldamisel**

TALLINN 1969

73842

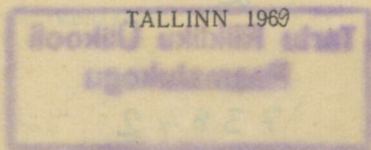
A-29666

ENSV  
AUTOTRASPORDI JA MAANTEEDE MINISTEERIUM

---

**Matemaatilised meetodid  
autovedude planeerimisel ja  
korraldamisel**

TALLINN 1969



Министерство автомобильного транспорта и шоссейных  
дорог РСФСР

---

ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
БЮРО ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
В ПЛАНИРОВАНИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Из опыта работы "Главленавтотранса"

Москва, 1966

Tõlkinud U. Sillajõe  
O. Telga

ARHIIVKOGU

2

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu  
73842

## Sissejuhatus

Sotsialistliku majanduse pidev kasv ning selle kõide harude kiire kasvutempo põhjustab majandussiseste sidemete laienemise ja keerulisemaks muutumise. Nendes tingimustes muutub planeerimise ja tootmise juhtimisel tekkivate ülesannete lahendamine üha raskemaks.

Autotransport ei moodusta selles suhtes mingit erandit. Mõõdunud seitse aastakul toimusid meie maa autopargi koosseisus suured kvantitatiivsed ja kvalitatiivsed muutused, töötingimused ja tööiseloome muutused põhjalikult. Väikeste, kahjumiga töötavate erinevatele ametkondadele ja ettevõtetele kuulunud automajandite likvideerimisega on moodustatud suured isemajandavad üldkasutatavad automajandid. Laialdaselt on levinud kaupade tsentraliseeritud vedu.

Samal ajal juhitakse veoprotsessi mitte just kõige paremini ja tehnikaala personali liialt suure koormamisega. See pinge on mingil määral tingitud kogu rahvamajanduse, sealhulgas ka autotranspordi kiirest kasvutempost. Ühtlasi on aga selle peapõhjuseks operatiivse juhtimise madal tase, mis ei vasta kaasaegse transpordi ulatusele ega ka uue tehnika kvaliteedile. Transpordi operatiivse juhtimise süsteem ja vahendid on oma arengus tunduvalt maha jäänud autotranspordi kasvust ning edurdavad transpordi edasist parendamist. See teeb vajalikuks vedude uute operatiivse planeerimise ja juhtimise meetodite väljatöötamise. Suur osatähtsus selles on matemaatikal ja reaaltehnikal.

Kaasaegsed matemaatilise planeerimise meetodid on just selleks vahendiks, mis võimaldab paljude raskete planeerimise ja juhtimise ülesannete põhimõtteliselt uue lahendamise transpordi korraldamisel. Matemaatiliste vahendite kasutamine võimaldab parendada plaani ning majanduslikke arvutusi ja planeerimist ning asendada senised plaanilised lahendused optimaalsetega. Raalide kasutamine võimaldab optimaalsete plaanide koostamisel arvutusi automatiseerida.

Matemaatilise planeerimise meetodid, k.a. ka lineaarne programmeerimine, on suhteliselt ammu tuntud. Nõukogude Liidus hakati lineaarset programmeerimist autotranspordis kasutama viiekümnendatel aastatel. 1956.a. ilmunud artiklis "Autovedude operatiivse planeerimise meetodid" x) näitas V.A. Ilarionov võimaluse Kantorovitši lahenduskordajate meetodi kasutamiseks eri kandejõuga autode optimaalsel jaotamisel marsruutidele ja graafilise meetodi kasutamiseks autojuhtide tööaja paremat ärakasutamist käsitlevate ülesannete lahendamisel.

Esimene praktiline ülesanne optimaalsete veoskeemide koostamisel oli lahendatud 1958.a. MSVL Teaduste Akadeemia Komplekssete Transpordiprobleemide Instituudis.

---

x) "Tehnilised ja majanduslikud küsimused autotranspordi masinate kasutamisel." MATJ tööd, 19.väljalase, M., Autotranspordi Kirjastus, 1956.a.

Märgatavaid tagajärgi, mis panid aluse lineaarse programmeerimise praktiliseks kasutamiseks autotranspordis, saavutati teaduslikes töödes, mis alustati Autotranspordi Teadusliku Uurimise Instituudis 1959.a. ja seejärel 1961.a. ka sama instituudi Leningradi filiaalis.

Esimesed lineaarse programmeerimise rakendamise katsed autotranspordis näitasid, et vaatamata mõnede matemaatiliste meetodite ja arvutusalgoritmide (arvutusmenetlus) lihtsusele, tekivad nende praktilises kasutamises tõsised raskused. Mõnes kohas ei suudetud neid raskusi ületada. Üksikute autotranspordi valitsuste katsed matemaatiliste planeerimise meetodite praktilises kasutamises lõppesid edutult. Kuid see ei ole mingil määral argumendiks uute meetodite rakendamisest keeldumiseks.

VNFSV Autotranspordi ja Maanteede Ministeerium, Autotranspordi Teadusliku Uurimise Instituut ja tema Leningraadi filiaal propageerivad uusi meetodeid ja osutavad abi nende praktilisel rakendamisel. Rõhuv enamus ministeeriumi autotranspordi valitsuste ekspluatatsiooniala spetsialistide - keskdirigektoriteenistuste inseneridest kuni valitsuste juhatajate asetäitjateni - on lõpetanud lineaarse programmeerimise erikursused, mille organiseeris ministeerium. On koostatud ja välja antud "Metoodiline juhend matemaatiliste meetodite kasutamiseks veoautode töö operatiivsel planeerimisel linnades." (I väljaanne 1961.a., I - 1964.a.);

on välja antud rida raamatuid ja brošüüre. Vedude planeerimiseks on välja töötatud uued matemaatilised meetodid ja arvutusalgoritmid. Autotranspordi Teadusliku Uurimise Instituudi Leningradi filiaal on välja töötanud üksikajalise linnades kasutatava optimaalse vahetuse ja ööpäevase kaubaveo planeerimise üldmetoodika, mis sisaldab kõik planeerimise astmed: alginformatsiooni ettevalmistamine, planeerimise ja majandusliku ülesande matemaatiline lahendamine, saadud lahenduste desifreerimine ja vajaliku dokumentatsiooni täitmine.

Käesoleval ajal on juba teatud kogemusi lineaarse programmeerimise praktilises rakendamises autotranspordis. Paljudes VNFSV ja teiste vabariikide linnades, nagu Moskvas, Leningradis, Rostovis-Doni ääres, Kievis kasutatakse matemaatilisi meetodeid ja raale juba 2-4 aasta vältel edukalt igapäevases planeerimise ja majanduslikus töös. See on andnud suuri majanduslikke sääste. Nende kogemuste üksikesjaline analüüsimine ja üldistamine võimaldab kiirendada ja laiendada tööd vanade, äraelanud operatiivse planeerimise meetodite asendamisel kaasaegsete ja tõhusamatega, mis lõppkokkuvõttes soodustab autotranspordi töö edasist parendamist.

Lineaarse programmeerimise meetodil lahendatakse autotranspordis peamiselt järgmised veoülesanded: 1) üheaugust või vastastikku vahetatavat kaupa vajavate tarbijate kinnistamine henkijaile (veokauguse vähendamise eesmärgil), 2) klientide kinnistamine automajandele (autode null-

läbisõidu vähendamine), 3) vedude marsrutiseerimine (autode tühisõitude vähendamine) ja 4) laialiveo- või kokkuveo-marsruutide koostamine (autode üldläbisõidu vähendamine miinimumini).

Igal ülesandel on omad spetsiifilised iseärasused, mis raskendavad või lihtsustavad selle lahendamist matemaatiliste vahenditega ning kindlustavad erineva majandusliku säästu. Seetõttu vaetleme võimalikult üksikasjaliselt lineaarse programmeerimise kasutamise tagajärgi nende ülesannete lahendamisel.

## Tarbijate kinnistamine hankijaile

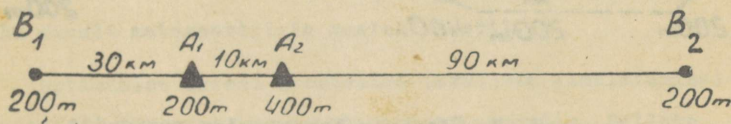
Veokauguse lühendamine on üheks tähtsamaks teeks rahvamajanduse kulutuste vähendamiseks kaubaveol. Tööstuse ja tarbijate paiknemise keerulisemaks muutumise tõttu saavutatakse see ratsionaalsete veoskeemide kasutamise-ga, mille puhul tarbijad kinnistatakse ühesuguse või vastastikku vahetatava kauba hankijaile. Kui antud kaupa kureteeb ainult üks hankija, siis ei teki veoskeemide koostamisel erilisi raskusi, sest sel juhul on olemas ainult üks lahenduse variant. Kuid sellised juhtumid esi-nevad ainult erandina. Ühe linna piires, seda enam aga rajoonis või oblastis on tavaliselt mitu ühesuguse kauba hankijat. Nii veetakse näiteks Leningradis liiva seits-mest sadamast, telliseid aga kaheteistkümnest tehase-st sadadele ehitusplatsidele.

Sellistes tingimustes võib esineda mitu varianti tarbijate kinnitamisel hankijaile, mistõttu veoskeemide koostamine ei ole kaugeltki lihtne. Et leida optimaalse veoskeemi kõikide võimalike variantide lihtsal võrdle-misel parim, tuleks ära teha tohutu arvutustöö, milleks ei ole suutelised isegi raalid.

Käesoleval ajal määratakse veoautode veoskeemid kind-laks ilma eri arvutusteta, ainult plaani koostavate töö-tajate isiklikel kogemustel, lähtudes veokauguse lühenda-mise eesmärgist. Seetõttu ei ole need plaanid kuigi täius-likud.

Selleks et tõestada, et lahendused, mis esimesel pilgul näivad enesestmõistetavatena, ei ole alati õiged, võib tuua järgmise näite. Kaks tehast, mis paiknevad punktides  $A_1$  ja  $A_2$  (joon.1), toodavad eri marki tsementi vastavalt koguses 200 ja 400 tuh. tonni aastas.

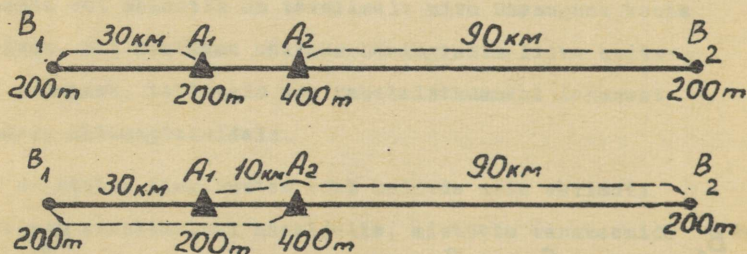
Tehaste toodang ei ole oma kvaliteedilt võrdne: ühe ja sama ehitustööde mahu puhul tuleb kulutada punktis  $A_2$  oleva tehase tsementi kaks korda rohkem kui teise tehase tsementi. Tsemendi tarbijad paiknevad punktides  $B_1$  ja  $B_2$ . Kumbki neist tarbib aastas kas 200 tuh. tonni tsementi esimesest tehasest või 400 tuh. tonni teisest tehasest. Kõikide punktide vahemaad on teada.



Joon. 1 Ülesande skeem

Tarbijad tuleb tehastele kinnistada nii, et transportitöö maht tonnkilomeetrites (aga järelkult ka keskmine veokaugus) oleks minimaalne.

Joon.2 on toodud selle ülesande lahendamise kaks varianti. Tundub, et parima lahenduse leidmiseks piisab ühest pilgust. On ju üldiselt tunnustatud, et vastastiku-  
sed veod on ebaratsionaalsed, sest nende puhul on töömaht suurendatud (eksisteerib isegi määratlus "vastastikused ja muud ebaratsionaalsed veod").



Joon. 2 Ülesande lahendamise variandid

Teises lahendusvariandis esinevad vastastikused veod (lõigul  $A_1 - A_2$ ), kuna esimeses neid ei olnud. Järelikult peaks esimene variant olema parem? Kontrollime seda nii-öelda silmnähtavat tööde elementaarse arvutusega. Esimeses veoskeemis moodustab transportitöö keskmine veokauguse

juures  $42\ 000\ 000 : 600\ 000 = 70\ \text{km}$   $\left( (200\ 000 \times 30) + (400\ 000 \times 90) = 42\ \text{milj.km} \right)$ . Teises veoskeemis võrdub transporditöö keskmise veokauguse juures  $36\ 000\ 000 : 600\ 000 = 60\ \text{km}$   $\left( (200\ 000 \times (10 + 90) + 400\ 000 \times (10 + 30) = 36\ \text{milj.km} \right)$ . Nagu arvutusest nähtub, kindlustab teine variant vähesema transporditöö ning on järelikult ka ratsionaalsem vaatamata sellele, et temas esinevad vastastikused veod.

Taolised juhtumid võivad esineda mõnede kaubaliikide puhul, mille kogutoodangu kvaliteet ei ole ühesugune, näiteks eri söemarkide, tsemendi, nafta jne. veol.

Ei maksa arvata, et raskused optimaalse skeemi leidmisel tekivad ainult vastastikku vahetatavate kaupade veo planeerimisel. Praktikas ei õnnestu subjektiivsete meetoditega luua optimaalseid tarbijate hankijaile kinnistamise skeeme mitte ainult vastastikku asendatavate kaupade puhul, vaid ka ühesuguste kaupade puhul. Seda on võimalik teha ainult matemaatiliste meetodite abil.

Optimaalse skeemi koostamine tarbijate kinnistamisel hankijaile lahendati esimesena autotranspordis. Selleks kasutati lineaarset programmeerimist.

1960.a. koostas Autotranspordi Teadusliku Uurimise Instituut ja tema Leningradi filiaal Leningradis optimaalse skeemi söetarbijate jaotamiseks nelja söebaasi vahel. Matemaatiliste meetodite kasutamine võimaldas koostada sellise veoplaani, et keskmine veokaugus vähenes 10,2-lt

8,1-le km, s.o. 20 % võrra. Sellega säästeti 186 tuh.rbl. Mõni aeg hiljem lahendati analoogiline ülesanne ka liiva veol. Kasutades lineaarset programmeerimist koostati optimaalne plaan 500 tarbija kinnistamiseks 7 hankijale. Selle tagajärjel vähenes 5,3 milj.tonni liiva keskmine veokaugus 10-lt 8,5-le km (15 %), transpordikulutused aga vähenesid 200 tuh.rbl. võrra aastas. Antud ülesanded lahendati lineaarse programmeerimise modifitseeritud jaotusmeetodil käsitsi, ilma raalideta. Seoses sellega, et kaubatarbijate arv oli küllaltki suur (mitu sada), kasutati maatriksi vähendamise eesmärgil mikrorajoonide moodustamise meetodit.

Suurimat edu optimaalsete veoskeemide koostamisel saavutati Moskvas, kus käesoleval ajal rakendatakse süstemaatilisel rea kaubaliikide puhul optimaalset tarbijate kinnistamist hankijale, kusjuures kõik arvutused tehakse raalil. Igal dekaadil tehakse taolised arvutused liivaveol 10 sademast 250-300 tarbijale. Ööpäevane veomaht moodustab umbes 10 000 m<sup>3</sup>. Andmed seadetiste ja tarbimise mahtude kohta valmistatakse ette 4 päeva enna planeeritava perioodi algust. Nende andmete alusel koostatakse maatriks, mille lahendamine annabki optimaalse plaani. Taoliste arvutuste tagajärjel vähenes liiva keskmine veokaugus 18-lt km kuni 13,5 km. Analoogilisi arvutusi tehakse dekaadide kaupa ka telliste veol 15 tehases 400...500 ehitusele. Kui keskmine veokaugus nendel vedudel moodustas enne matemaatiliste meetodite kasutamist 25 km, siis nüüd on see vähenenud

17 km-le. Eriti häid tagajärgi saavutati lineaarse programmeerimise kasutamisel jahuveo planeerimisel. Veokaugus vähenes siin 12,7 km-lt 7,6 km-le (peaaegu 40 %).

Kahjuks ei ole optimaalne tarbijate kinnistamise meetod hankijaile leidnud kusagil peale Moskva ulatuslikku praktilist kasutamist.

Käesoleval ajal kehtiv automajandite töö planeerimise ja tehtud vedude arvelduse süsteem viib aga selleni, et autotranspordi organisatsioonid ei ole üldse otseselt huvitatud veoskeemi ratsionaliseerimisest, sest arvelduses loeb ainult transporditöö maht. Selle mahu vähendamine soodusteks rehvamajanduse kulutuste vähenemist, kuid ei anna autotranspordi organisatsioonile märgatavaid kasumeid, vahel aga muutub talle isegi kahjulikuks. Seoses sellega peab rakendama otsustavaid abinõusid kohalike huvide vastandamise lõpetamisel üldriiklikele huvidele.

Teiseks tõsiseks takistuseks vaadeldava ülesande lahendamisel on see, et ta kuulub tegelikult materiaal-tehnilise varustamise veldkonda: tarbijaid kinnistavad hankijaile käesoleval ajal varustusorganisatsioonid autotranspordi ettevõteta osavõtuta (viimased lähtuvad oma töös juba kliendi poolt ette antud kinnitatud siht- ja lähtepunktide skeemist; seega on seal, kus õnnestub luua tihedad sidemed kahe asjast huvitatud organisatsiooni tegevuses, nii nagu see toimus Moskvas, antud ürituse edu kindlustatud, kus aga selline kontakt puudub, nagu see on enamikus linnades, ei ole autotranspordi organisatsioonid suutelised vedude korraldamise küsimust iseseisvalt lahendada.).

## Klientide kinnistamine automajandele

Null-läbisõit moodustab auto üldläbisõidust tihti 15...20 %. Null-läbisõidu vähendamine on tähtis tegur autode töötootlikkuse tõstmisel ja vedude omahinna alandamisel. Seda võib saavutada klientide õige jaotamise korral automajandite vahel. Matemaatiliste meetodite kasutamine võimaldab saavutada kõigi autode minimaalse null-läbisõidu.

Lineaarse programmeerimise meetod klientide kinnistamisel automajanditele on laialdaselt levinud ning käesoleval ajal kasutatakse seda paljudes VNFSV AT ja MM autotranspordi valitsustes. Seda soodustab suurel määral ülesande lihtsus: teda ei ole vaja lahendada iga päev ja ta ei ole kiireloomuline. Arvutuse meetod on äärmiselt lihtne ja tema kasutamine ei kutsu töötajatel esile erilisi raskusi. Ka saadud lahenduste praktiline kasutuselevõtmine ei tekita erilisi raskusi. Samal ajal omandatakse selle ülesande lahendamisel matemaatika kasutamisel planeerimise ja majanduslikes arvutustes juba teatud hulk kogemusi, mida läheb vaja keerukamate ülesannete lahendamisel.

Kõikides autotranspordi valitsustes, kus planeerimisel on kasutatud matemaatilisi meetodeid, rakendatakse klientide optimaalsel kinnistamisel automajandele lineaarse programmeerimise modifitseeritud jaotusmeetodit, mida korratakse teatud perioodilisusega (kuu, kvartal, aasta). Arvutused tehakse eraldi iga autotüübi ja -margi kohta.

Ülesande lahendamise lähteandmeteks on: keskmine igapäevane autode liinilelase iga automajandi osas,

Tabel 1

Autode esimeste null-läbisõitude maatriks

Kliendid	Rida Tulp	Automajandid				Autode vajadus
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	
B <sub>1</sub>		3	1	4	6	100
B <sub>2</sub>		14	5	17	1	50
B <sub>3</sub>		18	7	20	2	75
B <sub>4</sub>		10	1	10	4	50
B <sub>5</sub>		12	2	15	1	25
Autode väljalase		75	125	50	50	300

iga kliendi keskmine igapäevane nõudmine autode järele, iga automajandi kaugus igast kliendist. Nende andmete alusel koostatakse null-läbisõitude maatriks (Tabel 1.). Saadud maatriksi lahendamisel modifitseeritud jaotusmeetodil saadakse optimaalne klientide kinnistamise skeem automajanditele.

Nagu eespool mainitud, kinnistatakse klientuur optimaalselt paljudes linnades. Leningradis lahendati antud ülesanne LRMN Autotranspordi Trustis<sup>x)</sup> (praegune Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsus) ja LATV<sup>xx)</sup> Tsentraliseeritud Kaubaveo Trustis (praegune Leningradi Ehituslike Vedude

x) Leningradi Rahvamaajanduse Nõukogu  
xx) Leningradi Autotranspordi Valitsus

Valitsus) juba 1961.a.

Leningradi RMN Trustis oli vaja 27 automajandile kinnistada 254 klienti. Iga automajandi autopargi koosseisus oli erisuguseid autosid. Ülesande lahendamiseks oli koostatud 6 null-läbisõidu maatriksit: viis - auto eri markide kohta (GAZ-51 ja ZIL-5; ZIL-150 ja ZIL-164; GAZ-93 ja ZIL-585; MAZ-205; MAZ-200;) ja üks üldine kogu autopargi jaoks (2130 ühikut).

Maatriksi vähendamise eesmärgil grupeeriti kliendid mikrorajoonidesse ja maatriksi olid lülitatud mikrorajoonid. Maatriksi maksimaalne mõõt moodustas 58 x 27, s.o. 1566 elementi (ruutu). Mainitud maatriksid olid lahendatud modifitseeritud jaotusmeetodil käsitsi, millele kulus 70 inimtundi (üldist maatriksit lahendati samaaegselt NSVL TA Arvutuskeskuses raalil "Strela", kus lahenduse saamiseks kulus kõigest 8,5 min.. millest 1,5 min. kulus andmete salvestamiseks, 4 min. lahendamiseks ja 3 min. andmete väljevõtmiseks masinast ja tagajärgede trükkimiseks).

Automarkide järgi saadud lahenduse analüüs näitas, et kuna trusti automajandid on segamajandid ja iga automajandi koosseisus on kõiki automarke peale MAZ-200, oleks piisanud ühe maatriksi lahendamisest arvestamata pargi automarke.

Optimaalne klientide kinnistamise skeem, mille andis lahendus, võimaldas vähendada igapäevast autode null-läbisõitu 6248 km-lt 4628 km-le, s.o. 1620 km võrra ehk

peaaegu 26%. Arvestades autotrusti nõudeid ja soove tuli seda skeemi teatud määral korrigeerida ning lõppvariandiks jäi skeem, mille järgi igapäevane null-läbisõit vähenes 1355 km (22 %), mis andis 61,7 tuh.rbl. säästu aastas.

Teises Leningradi organisatsioonis, Tsentraliseeritud Kaubaveo Trustis lahendati niisugune ülesanne erinevate platvormautomarkide ja haagiste kohta. Seal kasutati teist, tõhusamat lahendusmeetodit.

Et antud autotrusti automajanditel olid erinevad transpordivahendid, mida võis lähetada igasse kaubasaatmispunkti, tuleks eeltoodud metoodika järgi koostada neli maatriksit (ZIL-150 + haagis; Škoda; Škoda + haagis; MAZ-200 + haagis), mille lahendamine oleks andnud optimaalse klientide kinnistamise variandi iga autogrupi osas. Kuid selline eraldi lahendamine ei garanteerinud optimaalse skeemi saamist kõigi autode osas. Optimaalse skeemi saamiseks kasutati lähteandmeid (klientide vajadus ja automajandite liinilelase) muudetult, ja nimelt autode arv asendati transpordivahendite üldtonnaažiga, mida klient iga päev vajas ja automajand liinile laskis. See võimaldas saada lahenduse ainult ühe null-läbisõidu maatriksiga (Tabel 2).

Tellisetehaste optimaalse kinnistamise

Tellisetehased	Rida Tulp	Automajandid ja transpordi-		
		nr.4		nr.5
		"Škoda"	"Škoda" +haagis	ZIL-150 +haagis
		40	30	38
1. Sverdlovi-nimeline	0	54	35	38 37
2. "Krasnaja Zvezda"	-2	52	33	36 147
3. Nr.5, I osak.)	2	56	35	40 78
4. Nr.5 (II osak.)	-28	12 20	/	22
5. Nr.4	-39	1 235	1	17
6. "Krasnõi Kirpitšnik"	-19	21 63	13	34
7. "Stroitel"	-14	26 45	16 56	39
8. "Leningradi Ehituskeraamika"	-7	33 105	M	46
9. Rjabovski	18	75	48 76	90
10. "Pobeda"	-23	23	14	34
11. "Ust-Ižorets"	-21	26	16	36
12. Nr. 3	-22	M	M	36
Reserv	-41	0	0	0
Keskmine autode väljalase (tonnaazis)		468	132	262

skeem Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuse  
automajandeile

Tabel 2

vahendite tüüp:						Ton- naaž
nr.6	nr.13		nr.29	nr.39		
ZIL-150 + haagis	"Škoda"	"Škoda" +haagis	ZIL-150 +haagis	"Škoda"	MAZ-200 +haagis	
37	41	32	41	41	33	
75	51	32	50	48	34	
		132				169
73	50	32	48	46	32	
						147
77	53	34	52	50	35	
					41	119
37	25	16	16	13	9	
				50		70
25	13	8	8	6	4	
						235
18	35	28	29	23	16	
45						108
25	40	25	2	28	19	
					29	130
32	46	M	39	35	M	
						105
60	77	50	81	80	56	
						76
14	32	20	28	25	17	
140						140
16	34	22	30	27	19	
126						126
15	M	M	30	M	M	
189						189
0	0	0	0	0	0	
	168		220	50		438
500	168	132	220	100	70	2052

Ühtlasi tingis aga kandejõu kasutamine autode arvu asemel ülesande lahendamisel maatriksis kasutatavate kauguste ümberarvestamise. Selgitame seda näitega.

Klient K vajab autosid üldkandejõuga 70 t. Automajandis A on autod "Škoda" kandejõuga 7 t, automajandis B aga autod ZIL-150 kandejõuga 4 t. Kaugus automajandist A kliendini on 10 km, automajandist B aga 8 km. Kust anda autosid kliendile K, et null-läbisõit oleks minimaalne? Lühim kaugus kliendini on automajandist B 8 km, kuid see ei tähenda veel, et autod juhul väiksema null-läbisõidu saavutamiseks tuleb kliendile autod saata just sellest automajandist. Vastupidi: kliendile tuleb autod anda automajandist A, kuna temale vajaliku kandejõu rahuldamiseks piisab 10 autost "Škoda", automajandist B peaks olema aga 18 autot ZIL-150. Esimesel juhul moodustaks null-läbisõit  $10 \times 10 = 100$  km, teisel aga  $8 \times 18 = 144$  km. Niisiis on summaarse kandejõu puhul automajandist A null-läbisõit väiksem kui autode andmisel automajandist B.

Nagu toodud näitest nähtub, on null-läbisõidu vähendamise seisukohast kandejõu arvestamisega kasulikum saata autod 10 km kauguselt. See vahe kauguse näidu absoluutses väärtuses tuligi kõrvaldada ümberarvutamisega. Ümberarvutus tehti järgmiselt.

Kõigil kuuel trusti automajandil oli oma kindel autode (autorongide) kandejõud: automajanditel nr.5, 6 ja 29 olid ainult 7-tonnise kandejõuga autorongid (ZIL-150)

ühe haagisega), nr.4 ja 13 - autod "Škoda" (7 t) ja 11-tonnise kandejõuga autorongid (Škoda haagisega) nr.39 - nii 7-tonnise kandejõuga "Škodasid" kui ka 10-t kandejõuga autoronge (MAZ-200 haagisega). Kahele erineva kandejõuga autosid omavale automajandile oli maatriksi koostamisel antud kaks tulpa, mistõttu maatriksis oli 9 tulpa. Maatriksis näidati iga 7-t kandejõuga autosid omava automajandi tegelik kaugus iga kliendini. Teistsuguse kandejõuga autosid omavate automajandite tegelikku kaugust klientideni vähendati nii mitu korda, kui mitu korda ühe auto kandejõud antud automajandis ületas ühikuks võetud ühe auto kandejõu (seega antud juhul 7 t.).

Näide: Automajandi nr.4 autode (autorongi) kandejõud on 7 ja 11 tonni. Jagame antud automajandi tinglikult kaheks: nr.4-a (7-t autod) ja nr.4-b (11-t autorongid). Automajandi nr.4-b ühe auto kandejõud ületab automajandi nr.4-a oma 1,57-kordselt. Järelikult tuleb maatriksi koostamisel automajandi nr.4-b kaugusi klientideni vähendada 1,57 korda võrreldes tegelikuga. Analoogiliselt määratakse ka autode saatmise kaugused automajanditele nr.13 ja 39.

Sel moel koostatud maatriks oli lahendatud (vt. tabel 2). Saadud kandejõu väärtus arvestati ümber autode arvuks.

Autode saatmine vastavalt saadud lahendusele vähendas nende igapäevast null-läbisõitu 6107 km-lt 4928 km-le (19 %). Saadud lahendus aga ei rahuldanud trusti peamiselt

kahel põhjusel: 1) automajand nr.29 vabanese optimaalse skeemi järgi telliste veost, sest null-läbisõidu vähendamise seisukohast lähtudes oli sellele veole kasulikum suunata teiste automajandite autosid; 2) igast tellisettehasest hakkasid telliseid vedama mitme automajandi autod.

Sellest lähtudes püstitas trust täiendavad tingimused: jätta telliste vedu automajandile nr.29 ja saada selline optimaalne lahendus, milles iga tellisettehase transpordivajadusi rahuldaks üks automajand. Arvestades täiendavaid nõudeid saadi uus lahendus. Uue autode saatmise skeemi järgi vähenes igapäevane autode null-läbisõit 5481 km-ni, s.o. vähenes 11 %. Skeemi realiseerimine kindlustas trustile 13,5 tuh.rbl. tegelikku säästu aastas.

Käesoleval ajal Leningradis kliente automajandidele ei kinnistata, s.t. kinnistamist ei võeta iseseisva ülesandena. Parima autode etteandmise skeem saadakse igapäevase plaani koostamisel koos vedude marsrutiseerimisega. Antud ülesande kompleksne lahendamine tühisõitude vähendamise suunas (null-läbisõit + koormata sõit) on täiuslikum ning annab suurimat majanduslikku säästu (ülesande kompleksse lahendamise meetodika on toodud vedude marsrutiseerimise osas).

Omandatud kogemused võimaldasid kasutatavas ülesande lahendamise meetodikas avastada ka mõningaid püüdnusi. Matemaatiline meetod ise ja arvutusalgoritm on väljaspool kriitikat ega kutsu esile mingeid kahtlusi. Meetodika nõrgaks kohaks on algandmete probleem.

Praktilises töös kinnistatakse kliendid automajandele suhteliselt pikaks perioodiks - kuuks, kvartaliks või veelgi pikemaks tähtajaks. Seejuures kasutatakse arvutustes autode ööpäevase väljalaske ja kaubasaatepunktide autode vajaduse keskmisi andmeid. On loomulik, et need andmed ei ühti igapäevaste tegelikega ning juba see tingib lahenduse ebatäpsuse. Endise Leningradi Tsentraliseeritud Kaubaveo Trusti kogemused näitavad, et keskmiste andmete mittevastavus tegelikele igapäevastele vähendab ülesande lahendamise tõhusust peaaegu kaks korda.

Null-läbisõidu maatriksi koostamiseks on vaja teada kõik autode etteandmise punktid, kaasa arvatud kauba mahalaadimise punktid, autode arv ja vastavad läbisõidud (null-läbisõit) kõikide punktide osas. Osa andmete saamine on võimatu. Antud punktist garaaži saabuvate autode arvu määramine kohtaletoimetatud kaubakoguse järgi on väga umbkaudne: auto võib terve kaubakoguse toimetada sihtpunkti, kuid ta ei pea sealt tingimata alustama tagasisõitu garaaži. Nagu nähtub, pole võimalik enne vahetuse või ööpäeva veoplaani koostamist isegi kindlaks määrata, millisest punktist auto sõidab majandisse tagasi.

Püüdes ületada eelmainitud raskusi algandmete saamisel, arvestatakse praktikas tavaliselt ainult esimesi null-läbisõite (autode lähetamine automajandist) ja ei arvestata teisi (tagasisõitu automajandisse). See ei ole parim väljapääs kas või sellepärast, et nii ei saavutata minimaalset null-läbisõitu.

Ja kui lõpuks oleks ka võimaldunud saada täpseid algandmeid, ei oleks olnud õigustatud null-läbisõitude (klientide kinnistamisel automajandele) ja koormata sõitude (vedude marsrutiseerimine) eraldi vaatlemine, sest see ei garanteeri üldist minimaalset null-läbisõitu.

Õeldu tõestamiseks vaatleme konkreetset näidet. Marsruutidel  $A_1, B_1, A_2, B_2$  ja  $A_3, B_3$  töötab vastavalt 20, 10 ja 10 autot, mis sooritavad vahetuses 100, 90 ja 120 sõitu. Vedudel on 25 autot automajandist  $G_1$  ja 15 - automajandist  $G_2$ . Punktidevahelised kaugused on näidatud maatriksi ruutude ülemistes parempoolsetes nurkedes (tab.3---5). Keskutades neid andmeid leidsime parimad skeemid klientide kinnistamiseks automajandele, võttes kriteeriumiks autode esimeste ja teiste null-läbisõitude ning koormata sõitude optimaalsusa.

Tabelis 3 on toodud vastav skeem, kuid selles on arvestatud ainult esimesi null-läbisõite. Selle skeemi järgi peab automajand  $G_1$  saatma 20 autot punkti  $A_1$  ja 5 autot punkti  $A_3$ , automajand  $G_2$  aga 10 autot punkti  $A_2$  ja 5 autot punkti  $A_3$ . Sellise jaotuse puhul moodustab kõikide autode null-läbisõit  $(20 \times 4) + (5 \times 7) + (10 \times 2) + (5 \times 3) = 150$  km.

Tabel 3

Klientide optimaalse kinnistamise  
skeem automajandele arvestades esimesi null-  
lābisõite

Auto- majandid		Kaubaseatmise punktid			Liini- lelas- tavate autode arv
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	
	Rida				
	Tulp	4	6	7	
G <sub>1</sub>	0	20 4	6	5 7	25
G <sub>2</sub>	- 4	5	10 2	5 3	15
Vajadus autode järele		20	10	10	40

Et antud lahenduses ei arvestatud teist null-lābisõitu, siis määrab selle suuruse autode optimaalse seetmise plaen. Nii tuleb leitud optimaalse plaeni järgi saata automajandist G<sub>1</sub> 20 autot punkti A<sub>1</sub> ning järelikult hakkavad nad tööle marsruudil A<sub>1</sub> B<sub>1</sub>, lõpetades töö punktis B<sub>1</sub>. Nende teine null-lābisõit (vt. tabel 5 maatriksi alumist vasakut osa) võrdub 20 x 3 = 60 km. Teostades analoogilise arvutuse ka teiste autode kohta, leiame, et kõigi autode teine null-lābisõit kokku moodustab 190 km. Sel moel moodustab summaarne null-lābisõit esimese plaeni järgi 340 km.

Sama ülesande lahendus esimeste ja teiste null-läbisõitude miinimumi osas on näidatud tabelis 4. Selle maatriksi ülemistes paremates nurkades on märgitud üldised null-läbisõidud.

Tabel 4

Optimaalne skeem klientide  
kinnistamiseks automajandele lähtudes minimaalsest  
null-läbisõidust

Auto- majandid	Rida Tulp	Kaubasaatepunktid			Autode liini- lase
		$A_1$	$A_2$	$A_3$	
$G_1$	0	5 <sup>7</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup>	25
$G_2$	-1	15 <sup>6</sup>	12	11	15
Vajadus autode järele		20	10	10	40

Selle optimaalse skeemi järgi võrdub summaarne null-läbisõit 315 km, s.o. 7 % vähem kui esimese järgi.

Lõpuks on tabelis 5 toodud skeem, mis kindlustab üldise minimaalse tühisõidu. Seejuures arvestati, et igasse kaubasaatepunkti  $A_1$ ,  $A_2$  ja  $A_3$  peab vajaliku arvu autosid 20, 10 ja 10 saatma tingimata vahetuse alguses (vt. lähteandmeid). On märgata, et autode saatmise ja tagasisõidu skeem on siin teistsugune, summaarse null-läbisõiduga

220 km, see on juba 35 % vähem kui esimese variandi järgi.

Klientide optimaalse kinnistamise  
 plaan automajandele lähtudes tühisõitude  
 miinimumist

Tühjade autode lähtepunktid	Tühjade autode saatmise sihtpunktid									Tühjade autode arv (sõitudes)
	Rida Tulp	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> sõidud		A <sub>2</sub> sõidud		A <sub>3</sub> sõidud		
				esimesed	teised ja järgnevad	esimesed	teised ja järgnevad	esimesed	teised ja järgnevad	
	Rida Tulp	6	4	4	8	6	6	7	7	
G <sub>1</sub>	0	0	M	4 20	M	6 5	M	7	M	25
G <sub>2</sub>	-4	M	0 <sup>0</sup>	5	M	5 <sup>2</sup>	M	10 <sup>3</sup>	M	15
B <sub>1</sub>	-3	5 <sup>3</sup>	15 <sup>1</sup>	M	11	M	80 <sup>3</sup>	M	5	100
B <sub>2</sub>	-5	4	10	M	3 80	M	5	M	2 10	90
B <sub>3</sub>	-4	20 <sup>2</sup>	8	M	5	M	4	M	100	120
Vajadus tühjade autode järele		25	15	20	80	10	80	10	110 <sup>3</sup>	40-310

Nagu nähtub, on lahenduse tõhusus otseses sõltuvuses optimaalse kriteeriumi õigest valikust.

Toodud puudused, mis esinesid Klientide kinnistamise kasutataval meetodikal, sundisid otsima teid selle täiustamiseks. Autotranspordi Teadusliku Uurimise Instituudi

Leningradi filiaali teaduslikud ja eksperimentaalsed tööd võimaldasid välja töötada täiuslikuma meetodi. Käesoleval ajal kasutatakse seda meetodikat Leningradis, ning klientide kinnistamist automajandele kui iseseisvat ülesannet ei lahendata. Parim autode saatmise ja automajandisse tagasipöördumise skeem määratakse kindlaks iga päev vahetuse ja ööpäeva veopleani koostamisel, kus see küsimus lahendatakse komplekselt autode üldise tühisõidu vähendamise suunas. Sellisel lahendusel saadud optimaalsed sõidumarsruudid (ring- ja pendelmarsruudid) hõlmavad peale koormaga ja koormata sõitude ka veel null-läbisõidud. Marsruut algab ja lõpeb automajandis. Sel moel muutub klientide kinnistamine automajandele iseseisvast ülesandest vedude marsrutiseerimise elemendiks.

Autode parima liiklusskeemi igapäevasel valikul ei esine üldist tühisõitude vähendamist silmas pidades puudusi, mis on omased eraldi lahendustele (mida veel lisaks ei tehta iga päev), ning saavutatakse suurim majanduslik sääst.

Õeldu ei pea tähendama, et klientide kinnistamisest automajandele null-läbisõitude vähendamise eesmärgil tuleks igal pool loobuda. Vedusid ei marsrutiseerita matemaatilisel meetodil veel igal pool ja sellepärast võikski nendes autotranspordi organisatsioonides, kus seda veel ei kasutata, klientide kinnistamise meetodit automajandele null-läbisõitude vähendamise eesmärgil kasutada ülemineku etapina subjektiivselt planeerimise meetodilt objektiivsele. Kuigi see ei ole kõige täiuslikum ega ka kõige

tõhusam null-läbisõitude vähendamise meetod, annab selle kasutamine subjektiivse meetodi asemel siiski tunduvalt säästu. Ühtlasi tuleb aga meeles pidada, et see on kõigest sunnitud abivahend, vaheetapp teel kõrgemale astmele - autode tühisõitude probleemi komplekssele lahendamisele.

### Vedude marsrutiseerimine

Tootlikkuse kasv autotranspordis on lõppkokkuvõttes autode töö tootlikkuse kasv tehniliste ja eksploatatsiooniliste näitude parendamise arvel. Vedude marsrutiseerimisel, mille eesmärgiks on tühisõitude likvideerimine, on esmajärguline tähtsus.

Kulutused tühisõiduks on ainult 20...25 % väiksemad kui kulutused koormaga sõiduks. Seetõttu säästaks veoautode koormaga läbisõidu suurenemine kas või 1 % võrra VNFSV piires üle 40 milj. rbl. aastas.

Tähtsamaks ülesandeks vedude vahetuse ja ööpäevase plaani koostamisel on autode tühisõitude parem ärakasutamine. Autotranspordi ettevõtte ülesanne seisneb selles, et autod oleksid tööga kindlustatud kogu tööpäeva vältel minimealsete tühisõitudega. See saavutatakse erinevate kauba- ja laadimise vedude sidumisega, mida on hakatud nimetama vedude marsrutiseerimiseks (auto sõidab järjestikku mitme saate- ja lähtepunkti vahel).

Käesoleval ajal on tingimused selliseks vedude sidumiseks eriti soodsad. Viimasel ajal on tehtud suur töö autode koondamisel suurtesse laemajandavatesse automajanditesse, veoautode tsentraliseeritud planeerimise ja eksploatatsiooni juhtimise süsteemi loomisel ja vedude tsentraliseeritud korraldamisel, mis on loonud kõik võimalused vedude marsrutiseerimise ulatuslikuks kasutamiseks.

Autotranspordialastest ülesannetest, mille lahendamisel kasutatakse matemaatilisi meetodeid, annab vedude marsrutiseerimine kõige suurema majendusliku kasu. Samal ajal on aga see ka üks raskemaid ülesandeid, mis nõuab igapäevast lahendamist piiratud aja vältel.

Kogamused näitasid, et kui teiste ülesannete puhul (näiteks tarbijate kinnistamisel hankijatele ja klientide kinnistamisel automajandele) on praktiliselt vaja ainult matemaatilist lahendust, siis vedude marsrutiseerimisel sellaga piirdumisest ei piisa: siin tuleb välja töötada küsimuste kompleks, mis on seotud marsrutiseerimise planeerimisega, kuhu kuuluvad vajalike lähteandmete ettevalmistamise meetodid, matemaatiline lahendus ja optimaalse lahenduse realiseerimiseks vajaliku dokumentatsiooni väljatöötamise meetodika. Seega on üksikasjaline tehnoloogia (üldmeetodika) optimaalse vahetuste ja ööpäeva veoplaani väljatöötamiseks vajalik kõigil planeerimise astmetel. Ainult sel juhul võib subjektiivsed planeerimismeetodid objektiivsetega täielikult asendada. Suurimast huvi pakuvadki selles osas Leningradi autotranspordi valitsustes

omandatud kogemused. Seal tehakse vedude vahetuse ja ööpäeva pleenid matemaatilistel meetoditel juba alates 1962. a. Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuses, kuhu on koon- datud kõik ehitusmaterjalide ja sõe vedu, planeeritakse iga päev kõikide kaupade vedu matemaatilistel meetoditel. 1965.a. veeti selles valitsuses matemaatiliste meetodite abil koostatud optimaalsetel marsruutidel 14,1 milj.t. veoseid, mille tagajärjel tühisõit vähenes 4 milj.km võr- ra, mis põhjustas vedude omahinna languse 534,1 tuh.rbl. võrra.

Teises spetsialiseeritud autotranspordivalitsuses - Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsuses -, mis teenindab kõiki Leningradi tööstusettevõtteid, planeeritakse iga päev keskmiselt 4 tuh.t veoseid matemaatilistel meetodi- tel. Seejuures ei seota mitte ainult platvormautode, vaid ka eriotstarbeliste (metsaveokid, metalliveokid jt.) auto- de ja Leningradi Transpordisõlmes (kuhu kuuluvad mitu raud- tee kaubajaama, jõe- ning meresadam ja lennuväli) sisse- ning väljavedavate autode sõitu.

Matemaatiliste meetodite nii laialdane kasutamine ve- dude vahetuse ja ööpäevaasel planeerimisel vanade subjek- tiivsete meetodite asemel saavutati teadusliku uurimise ja eksperimentaalsete tööde viljana. Töö tegi Autotranspordi Teadusliku uurimise Instituudi Leningradi filiaal koos auto- transpordi valitsuste töötajatega. Seejuures omandatud ko- gemused ulatuvad tööniliselt väljapoole Leningradi linna ja võivad huvi pakkuda kõigile autotranspordi töötajale.

Matemaatiliste meetodite kasutuselevõtmist vahetuste ja ööpäevasel planeerimisel Leningradis soodustasid põhiliselt järgmised tegurid: lihtsamate ja täiuslikumate meetodite ja arvutusalgoritmide väljatöötamine ülesannete matemaatiliseks lahendamiseks ning muude küsimuste lahendamise meetodika koostamine ja lõpliku üldmetoodika loomine vedude vahetuste ja ööpäevasel planeerimisel; suur organisatsiooniline ja tehniline töö, mis tehti nii autotranspordi valitsustes kui ka väljaspool neid.

Autode töö optimaalse planeerimise  
üldmetoodika (tehnoloogia) matemaatilistel  
meetoditel

Autotranspordi Teadusliku Uurimise Instituudi Leningradi filiaali poolt välja töötatud ja Leningradi autotranspordi valitsustes rakendatud autode vahetuste ja ööpäevase töö planeerimise meetodika võimaldab matemaatilistel meetoditel nii käsitsi kui raalidel iga päev optimaalselt marsrutissarida kõikide veoautogruppide tööd: platvormautod, kallurid, eriotstarbelised autod. See juures arvestatakse üldmetoodika kasutamisel autogruppi, sest eri autogruppidel on ülesande matemaatilise lahendamise osas mõned erinevused. Selle põhjustavad eri autogruppide töö spetsiifilised iseärasused ja tingimused. Nii on näiteks ringmarsruudi moodustamisel maatriksis mõtte ainult

sel juhul, kui auto võib teha sellel marsruudil vähemalt kaks ringi vahetuses, sest muidu ring ei sulgu. Kahe või kolme kaubasetepunkti puhul, mis moodustavad marsruudi, on kalluritel alati selline võimalus. Olukord on teine aga platvormautode puhul: esinevate suurte seisakute tõttu peale- ja mahalaadimisel ei ole nad tihti suutelised sooritama vahetuse vältel üle kolme sõidu. Sellisel puhul on ringmarsruudi moodustamine mõttetu, sest tegelikkuses see ei sulgu. Seetõttu peab marsruut olema maatriksis üles ehitatud teisiti, marsruutahelana, mis sulgub automaajandis. Kõik see ongi üldmetoodikas arvestatud.

Üldisel kujul, sellises vormis, nagu seda kasutavad Leningradi autotranspordi valitsused, kujutab optimaalne vedude vahetuste ja ööpäevase planeerimise metoodika endast planeerimise arvutuste tehnoloogiat ning koosneb kolmest etapist: 1) lähteinformatsiooni ettevalmistamine (planeerimiseks vajalike andmete hankimine ja eelnev töötlemine); 2) matemaatiline lahendamine (autode sõidumarsruutide koostamine minimaalse tühisõidu saavutamiseks); 3) saadud lahenduse dešifreerimine ja vajalike dokumentide väljatöötamine.

Üldmetoodika koosneb mitmest arvutuste üksikmetoodikast planeerimise erinevatel etappidel. Seejuures olid mõned neist rajatud töödele, mis olid tehtud ettevalmistusperioodil matemaatiliste meetodite kasutamisel. Eeltööd

moodustavad tegelikult iseseisva tööetapi, mis tehakse ainult üks kord. (Seda etappi on kirjanduses juba korduvalt valgustatud<sup>x)</sup>, mistõttu siin ei ole sellel mõtet peatuda).

### Lähteinformatsiooni ettevalmistamine

Selle optimaalse ööpäevase veoplaani koostamise etapi eesmärgiks on tühisõitude maatriksite saamine mikro-rajoonide kaupa. See hõlmab töö kartoteegiga, mikrorajooni šifreeritud veoplaani koostamise ja töömaatriksi ettevalmistamise. Tööjärjekord on seejuures järgmine.

Alustatakse veotellimustes antud veomahtude kandmisega kartoteeki. Selleks valitakse veotellimustes antud aadresside järgi välja vastavad kaardid, millele kirjutatakse lihtsa pliiatsiga kõik planeerimiseks ja teekonnalehe täitmiseks vajalikud andmed: kaubasaatepunkt, veose liik, veotellimuse nr., kauba tellija, kauba sihtpunkti aadress (ainult maja nr., sest tänava nimetus on juba kaardil tähendatud) ja kauba maht (joon.3).

- 
- x) 1. Belov, D.A., Bobarõkin, V.A. "Autodel kaubaveo marsruutiseerimine." M., "Transport", 1965.a.
2. "Metoodiline juhend matemaatiliste meetodite kasutamiseks veoautode töö planeerimisel linnades", M., 1964.

35. mikro- rajoon	P I O N E R S K A J A T N.				
	Veo- telli- muse nr.	Tellija	Siht- punkti maja nr.	Kauba- liik	Veo- maht t
Kaubasaate- punkti aadress					
Sedovi tn.4	36	Lenini-nim.tehas	74	profiil- teras, seotult	100
Obštšestven- nõi pöik 1	1	Metallitoodete tehas	2	peenraud	4
Obuhhovi kaitse prosp. 70	15	Nogini-nim.vabrik	6	lõng	8
Diminskaja tn.4	21	Paberitööstuse Va- rustuse-Turustuse Peavalitsus	15	paber	42

Joon.3 Alfabeetilise kartoteegi täidetud kaardi näidis

Täidetud kaardid võetakse kartoteegist välja, ja grupeeritakse mikrorajoonide järgi ning seejärel grupeeritakse kõik ühe mikrorajooni kaardid kaubasaatepunktide järgi. Grupeerin-gute tagajärjel saadud veomahud kantakse koondtabelisse. Pea-le mahtude liitmist ridade ja tulpade järgi ning nende summa-de ja vajalike kauguste kandmist vastavatesse ruutudesse saa-dakse mikrorajoonide šifreeritud veoplaanid.

Lõpuks koostatakse šifreeritud veoplaani andmeil tühi-sõitude töömaatriksid (maatriksid); seejuures sõltub töömaat-riksite vorm ja hulk ülesande lahendamise tingimustest.

Näitena vaatleme ühte levinud ülesannet, mis lahendatakse iga päev Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsuses eriotstarbeliste ja platvormautode töö planeerimisel.

On vastu võetud veotellimus (tabel 6). Seda täidavad kaks automajandit  $G_1$  ja  $G_2$ , kus on vastavalt 30 ja 20 autot. On teada kõik vajalikud kaugused (tabel 7). Seoses sellega, et kaubasaatepunktides on laadimiskohtade ja laadimismehhanismide arv piiratud, peab vahetuse alguses (esimeseks sõiduks) igasse kaubasaatepunkti saatma autosid: punktid  $A_1 - 13$ ,  $A_2 - 25$  ja  $A_3 - 13$ . (Viimase tingimuse lülitamisel ülesandesse muutub see tunduvalt erinevaks nendest ülesannetest, mis lahendatakse käesoleval ajal teiste linna- de autotranspordi valitsustes kallurite töö marsrutiseerimisel. Selle tingimuse kasutamist põhjustavad eriotstarbeliste ja platvormautode töö iseärasused: pikad seisuajad laadimisel, laadimistöõde viletsam mehhaniseerimise tase jne.). Marsruudi koostamisel tuleb lähtuda sellest, et antud maht oleks veatud minimaalse tühisõiduga, või teisiti öeldes, läbisõidu kasutamise maksimaalse teguriga.

Tabel 6

## Veetellimused

1	Kaubaste- punktid	Kauba- ste- punkti ting- lik tähis- tus- viis	Sihtpunk- tid	Siht- punk- ti mik- ro- ra- joon	Siht- punk- ti ting- lik tähi- tus- viis	Veos		Veo- maht t	Au- mahto ZIL- 164 sõit- tude arv
						liik	klass		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Terasevaltsi- mise tehas	A <sub>1</sub>	Obštšestven- nõi põik 2	4	B <sub>4</sub>	pa- ki- tud	1	48	12
2.	- " - - " -	"	Lenini tn.17	4	B <sub>4</sub>	te- ras	1	104	26
3.	- " - - " -	"	Glühhoozers- ki mnt.5	4	B <sub>4</sub>	"	1	48	12
4.	Metallitoodete tehas	A <sub>2</sub>	Mehhanitšes- kaja tn.24	2	B <sub>2</sub>	Metall- too- ted	1	80	20
5.	- " - - " -	"	Moskovski prospekt 174	1	B <sub>1</sub>	-"	1	56	14
6.	- " - - " -	"	Kondratjevski prospekt 72	2	B <sub>2</sub>	-"	1	20	5
7.	- " - - " -	"	Poltavskaja tn. 2	1	B <sub>1</sub>	-"	1	40	10
8.	- " - - " -	"	Poljastrovski prospekt 31	3	B <sub>3</sub>	-"	1	52	13
9.	- " - - " -	"	Sovetskaja tn.5	4	B <sub>4</sub>	-"	1	112	28
10.	- " - - " -	"	Dumski põik 7	4	B <sub>4</sub>	-"	1	40	10
11.	Tekstiilikombi- naat	A <sub>3</sub>	Ivanovskaja tn. 27	1	B <sub>1</sub>	Lõng	2	78	26
12.	- " - - " -	"	Matrossovi tn.7	3	B <sub>3</sub>	-"	2	18	6
13.	- " - - " -	"	Lesnoi pros- pekt 72	4	B <sub>4</sub>	-"	2	6	2
14.	- " - - " -	"	Volgograts- kaja tn.9	3	B <sub>3</sub>	-"	2	18	6
15.	- " - - " -	"	Pobeda t.4	4	B <sub>4</sub>	-"	2	30	10

Tabel 7

## Punktidevahelised kaugused

	$G_1$	$G_2$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$G_1$	-	-	2	5	8
$G_2$	-	-	5	10	14
$M_1$	11	12	3	18	22
$M_2$	19	20	12	15	29
$M_3$	26	17	11	11	25
$M_4$	5	8	16	2	15

Et puudub võimalus demonstreerida kartoteegi käsitlemist, tuleb vajalikud grupeeritud teha väljavõtetena veotellimusest (selleks on tabelis 6 toodud sihtaadresside mikrorajoonid). Veotellimuses antud kogus koosneb erinevatest kaubaklassidest. Seetõttu peab lahenduses veokoguseid arvestama sõitudes; antud veokoguse üleviimine standardsete autode sõitudeks on toodud tabelis 6. Peale nende eelmärkuste asume arvutama.

Kõigepealt koostatakse esimeste null-läbisõitude maatriks (tabel 8). Maatriksi kokkuvõtteritta kirjutatakse see autode arv, mis tuleb automajandist saata kaubasaatepunkti vahetuse alguses, viimasesse tulpa aga automajandite liinilaskle võimsus autode arvus. Maatriksi ruutude ülemisse paremasse nurka märgitakse vastavad kaugused.

Seejärel koostatakse tabelite 6 ja 7 andmeil mikrorarajooni šifreeritud veoplaan, mis on toodud tabelis 9. Selle tabeli kokkuvõtterida ja viimane tulp on mõeldud tühjade autode olemasolu ja vajatavuse näitamiseks: sihtpunkti jõudvate koormatud autode arv (sõitudes) ongi antud punkti tühjade autode arv, kaubasaatepunktist väljasaadetavate koormatud autode arv aga selle punkti tühjade autode vajatavus.

Tabel 8

Autode esimeste null-läbisõitude matriks

Auto- majandid	Rida Tulp	Kaubasaatepunktid			Autode arv
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	
G <sub>1</sub>		2	5	8	30
G <sub>2</sub>		5	10	14	20
Vajadus autode järele (esimeseks sõiduks)		13	25	12	50

Tabel 9

Kaubaveo šifreeritud plaan

Siht- mikrorajoonid	Kaubasaatepunktid			Sisse- veo- maht (sõitudes)		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>			
M <sub>1</sub>	3	24	18	26	22	50
M <sub>2</sub>	12	25	15		29	25
M <sub>3</sub>	11	13	11	12	25	25

$M_4$	50 <sup>16</sup>	38 <sup>2</sup>	12 <sup>15</sup>	100
Väljaveomaht (sõituses)	50	100	50	200

Nende andmete alusel koostatakse koormata sõitude ja teiste null-läbisõitude maatriks (tabel 10). Tabeli ridadele märgitakse tühje autosid omavad mikrorajoonid (kaubasihtkohtade mikrorajoonid), tulpadesse aga - autode lähenduspunktid, s.t. automajandid ja kaubasaatepunktid. Viimasesse tulpe kirjutame iga mikrorajooni tühjade autode arvu, mis on võetud tabelist 9. Kokkuvõttereala ruutudes, mis kuuluvad kaubasaatepunktide juurde, näitame punktide  $A_1$ ,  $A_2$  ja  $A_3$  vajaduse tühjade autode järele, arvates maha autode arvu, mis saadeti esimeseks sõiduks, s.o. näitame 9. ja 8. tabeli kokkuvõtteridade vastavate arvude vahe. Kokkuvõttereala ülejäänud ruutudesse märgime tagasisaabuvate tühjade autode arvu, mis peab ühtima liinilelaskega (vt. tabel 8), sest automajandisse peab tagasi saabuma sama palju autosid, kui sealt väljus.

Autode koormata sõitude ja  
teiste null-läbisõitude maatriks

Tühje autosid omavad mikrorajoonid (sihtmikrorajoonid)	Rida Tulp	Tühjade autode lähetuspunktid					Tühjade autode arv (sõitudes)
		automejandid kaubasaatepunktide					
		$G_1$	$G_2$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	
$M_1$		11	12	3	18	22	50
$M_2$		19	20	12	15	29	25
$M_3$		26	17	11	11	25	25
$M_4$		5	8	16	2	15	100
Vajadus tühjade autode järele (sõitudes)		30	20	37	75	38	200

Märgime tabelisse kõik vajalikud kaugused ning saamegi koormata ja teiste null-läbisõitude valmis maatriksi (vt. tabel 10). Sellelega lõpeb alginformatsiooni ettevalmistamine. Ettevalmistatud esimeste null-läbisõitude ja koormata ning teiste null-läbisõitude maatriksid (vt. tabel 8 ja 10) antakse üle matemaatiliseks lahendamiseks.

Lisaks vaadeldud ülesandele tuleb praktikas tihti kokku puutuda veel ühe ülesandega, mis on eeltoodust lihtsam. Vahetuse alguses ei piirata kaubasaatepunktides autode arvu. Sellisel juhul arvutatakse natuke teisiti. Alguses

koostatakse šifreeritud veoplaan, nagu eelmises ülesandeski. Seejärel koostatakse üks kompleksne tühisõitude maatriks (tabel 11). Selleks kirjutatakse tabeli vasakusse tulpas kõik tühje autosid omavad punktid. Sellisteks punktideks on automajandid (enne autode väljumist liinile) ja sihtmikrorajoonid (peale järjekordset autode tühjakslaadimist kogu tööpäeva vältel). Tabeli ülemises reas näidatakse tühjade autode lähetuspunktid, s.t. automajandid ja kaubehankijad.

Tabel 11

Autode tühisõitude kompleksmaatriks

Tühje autosid omavad punktid	Rida Tulp	Kaubasaatepunktid					Tühjed autod (sõitudes)
		Automajandid		Kaubasaatepunktid			
		$G_1$	$G_2$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	
$G_1$		M	M	2	5	8	30
$G_2$		M	M	5	10	14	20
$M_1$		11	12	3	18	22	50
$M_2$		19	20	12	15	29	25
$M_3$		26	17	11	11	25	25
$M_4$		5	8	16	2	15	100
Vajadus tühjade autode järele (sõitudes)		30	20	50	100	50	50+200

tabeli viimasesse tulpe märgitakse tühjade autode arv vastavates sihtpunktides (peale koorma mahalaadimist tarbija juures) ja automajandites (enne liinile väljasõitu), alumisse ritta märgitakse vajadus tühjade autode järele kaubaasatepunktides ja automajandites (liinilt tagasisaabumisel).

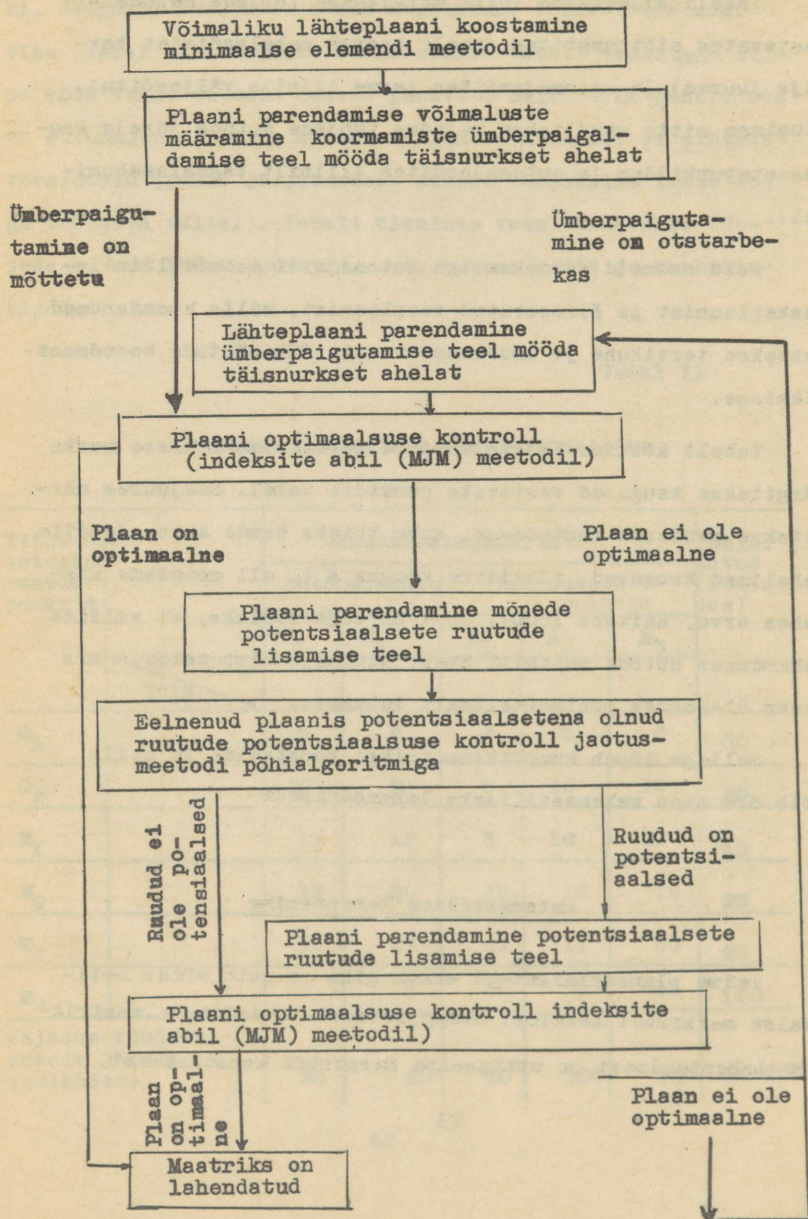
- Need andmeid saadakse iga automajandi autode liinilaskeplaanist ja šifreeritud veoplaanist, mille koondandmed kantakse tervikuna ja muudetusteta üle tühisõitude koondmaatriksisse.

Tabeli kõikide teiste ruutude paremasse ülemisse nurka märgitakse kaugused vastavate punktide vahel. Seejuures märgitakse nendes ruutudesse, kuhu tuleks kanda automajandite vahelised kaugused, riiktiivne kaugus  $M$  ( $M$  all mõistame mis-tehes arvu, näiteks 1000). Seda on vaja selleks, et vältida lahenduses autode saatmist ühest automajandist teise, mis oleks ülesandes põhimõtteliselt lubamatu.

Sellega lõpeb kompleksmaatriksi koostamine ja selle võib üle anda matemaatiliseks lahendamiseks

#### Matemaatiline lahendamine

Teise planeerimisetapi eesmärgiks on auto sõidu optimaalse marsruudi saamine. Etapp koosneb tühisõitude maatriksite lahendamisest ja optimaalse marsruudi koostamisest.



Joon.4 Maatriksi lahendamise järjekorra skeem.

Maatriksid lahendatakse modifitseeritud jaotusmeetodil (MJM) arvutusmahtude ja selleks kuluva aja koondamise võtete kasutamisega.<sup>x)</sup>

Maatriksi lahendamise operatsioonide järjekord on toodud joon.4. Meie näite optimaalsed lahendused on toodud tabelites 12 ja 13.

Tabel 12

Autode saatmise optimaalne plaan  
lähtudes minimaalsetest esimestest null-  
- läbisõitudest

Automajandid	Kaubasaatepunktid			Autode arv
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	
Rida Tulp	0	5	8	
$G_1$	0	2	$18^5$	30
$G_2$	5	$13^5$	$7^{10}$	20
Vajadus autode järele (esimese sõidu järgi)	13	25	12	50

Tabel 13

Autode tühisõitude optimaalne plaan  
 lähtudes teiste null-läbisõitude ja koormata  
 sõitude miinimumist

Tühje autosid omavad mikro- rajoonid (siht- mikrorajoonid)	Tühjade autode lähetuspunk- tid						Tüh- jade auto- de arv sõitu- des)			
	automajandid			kaubasaate- punktid						
	$G_1$	$G_2$	$A_1$	$A_2$	$A_3$					
	Ride Tulp	10	12	3	7	20				
$M_1$	0	11	13	12	37	3	18	22	50	
$M_2$	8	19	7	20	12	18	15	29	25	
$M_3$	4	26		17	11	25	11	25	25	
$M_4$	-5	30	5	8	16	32	2	38	15	100
Vajadus tühjade autode järele (sõitu- des)		30	20	37	75	38			200	

Autode optimaalsete sõidumarsruutide moodustamiseks koondatakse tabelite 12 ja 13 (autode tühisõitude plaanid) ning tabeli 9 (koormatud auto šifreeritud sõiduplaan) andmed ühte tabelisse, mille tagajärjel saadakse ühendatud plaanide kombineeritud maatriks (tabel 14). Koormaga ja koormata sõidud märgitakse ühendatud plaanide maatriksi

eri värvi pliiatsiga (14-ndas ja järgnevates tabelites on koormaga sõidud märgitud jämeda kirjaga).

Marsruutide koostamise protsessi kirjeldamise lihtsustamiseks oletame, et nad koosnevad neljast koormaga sõidust. Marsruudi koostamiseks tuleb ühendatud plaanide maatriksil moodustada vahelduvatest koormaga ja koormata sõitudest murdjooneline ahel, mis koosneks horisontaalsetest ja vertikaalsetest lõikudest. Seejuures tuleb arvestada järgmisi reegleid: 1) koormaga sõidud moodustavad ainult ahela paarisemendid, 2) koormata sõidud moodustavad ahela paaritud emendid, kusjuures esimeseks paarituks emendiks (ahela alguseks) saab alati auto saatmine automajandist esimesse kaubaseatepunkti (esimene null-läbisõit), viimaseks emendiks aga tagasisõit automajandisse, kust auto liinile sõitis (teine null-läbisõit). Kõik ülejäänud paaritud emendid on koormata sõidud (M-st A-sse).

Ahela pikkus (lülide arv) sõltub koormaga sõitude arvust, mis tuleb autole planeerida terveks vahetuseks. Marsruudile saadetavate autode arvu määrab ahela väikseim element. Tabelis 14 on punktiirjoonega näidatud marsruutahel. Kuid tal on nelja koormaga sõidu asemel ainult kolm. Lisame leitud marsruudile veel ühe pendelsõidu ( $A_3 - M_4 - A_3$ ) ning saamegi esimese marsruudi:

$G_1 - A_3 - M_3 - A_3 - M_3 - A_2 - M_1 - A_1 - M_4 - G_1$ ,  
mille läbisõidu kasutegur on:

$$\frac{15 + 25 + 18 + 16}{8 + 15 + 15 + 25 + 11 + 18 + 3 + 16 + 5} = \frac{74}{116} = 0,64 (\text{tab. 15})$$

Marsruudile on vaja suunata 12 autot. Saadud marsruudi paneme kirja ning lahutame matriksist selleks marsruudiks võetud sõidud ja jätkame marsruutide koostamist. Seejuures võib vajaduse korral koos marsruutahelaga moodustada veel ringmarsruudi (tabel 16), millel hakkab tööle 13 autot läbisõidu kasuteguriga 0,60:

$$G_2 - A_1 - M_4 - A_3 - M_1 - A_1 - M_4 - A_3 - M_1 - G_2.$$

Lahutades matriksist juba arvestatud sõidud, moodustame kolmanda (tabel 17) ja seejärel ka neljanda (tabel 18) marsruudi:

$$G_2 - A_2 - M_4 - A_2 - M_1 - A_1 - M_4 - A_2 - M_2 - G_2;$$

$$G_1 - A_2 - M_2 - A_2 - M_1 - A_1 - M_4 - A_2 - M_4 - G_1.$$

Nendel marsruutidel hakkab tööle vastavalt 7 ja 5 autot, mille läbisõidu kasutegur moodustab 0,58 ja 0,63.

Peale arvestatud sõitude järjekordset lahutamist jäävad matriksi sõidud ainult kaubasaatepunktist  $A_2$ .

Tabel 14

## Ühendatud plaanide kombineeritud maatriks

koos marsruudi näidisega

Tühje autosid omavad punktid	Tühjade autode lähetuspunktid				
	automajandid		kaubasaatepunktid		
	$G_1$	$G_2$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$G_1$	M	M	2	5	8
$G_2$	M	M	5	10	14
$M_1$	11	12	3	18	22
$M_2$	19	20	12	15	29
$M_3$	26	17	11	11	25
$M_4$	5	8	16	2	15
	30		50	32	38
				38	12

Tabel 15

Näide nelja koormaga sõidu marsruudi moodustamisest  
(marsruut 1) kombineeritud maatriksis

Tühje autosid omavad punktid	Tühjade autode lähetuspunktid				
	automajandid		kaubasaatepunktid		
	$G_1$	$G_2$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$G_1$	M	M	2	18 5	12 8
$G_2$	M	M	13 5	7 10	14
$M_1$	11	12	3	18	22
		13	37	24	26
$M_2$	19	20	12	15	29
		7		18 25	
$M_3$	26	17	11	11	25
				25 13	12
$M_4$	5	8	16	2	15
	30		50	32 38	38 12

Vaatamata sellele jätkub marsruutide koostamine. Ülejäänud sõitudest moodustame marsruutahela (tabel 19), mis annab melle kombineeritud pendelmarsruudi, millel hakkavad tööle 13 autot läbisõidu kasuteguriga 0,45. Võrreldes tavalise pendelmarsruudiga annab see suurema läbisõidu kasuteguri. On lihtne välja arvutada, et ülejäänud veose vedamisel tavalistel pendelmarsruutidel tuleb autode läbisõidu kasuteguriks kõigest 0,42.

Praktiliste ülesannete lahendamisel on Leningradi Töös-  
 tuslike Vedude Valitsuses ja Leningradi Ehituslike Vedude Va-  
 litsuses kombineeritud pendelmarsruutide rakendamise tõttu  
 autode igapäevane tühisõit vähenenud umbes 700...1000 km võr-  
 ra päevas.

Sellega lõpetame marsruutide koostamise ja võtame käsile  
 järgmise planeerimisetapi.

Tabel 16

Ringmarsruudi moodustamine kombineeritud

maatriksis

(marsruut 2)

Tühje autosid omavad punktid	Tühjade autode lähetuspunktid				
	automajandid		kaubasaatepunktid		
	$G_1$	$G_2$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$G_1$	M	M	2	5	8
$G_2$	M	M	5	10	14
$M_1$	11	12	3	18	22
$M_2$	19	20	12	15	29
$M_3$	26	17	11	11	25
$M_4$	5	8	16	2	15
	18		38	32	38

Saadud lahenduse dešifreerimine ja vajalike

dokumentide väljatöötamine

Kolmandal etapil dešifreeritakse marsruudid vastavalt konkreetsetele kaubasaatmise aadressidele ning arvestatakse kõik vajalikud näidud. Seda tehakse järgmiselt.

Oletame, et on vaja dešifreerida marsruut:  $G_1 - A_3 - M_4 - A_3 - M_3 - A_2 - M_1 - A_1 - M_4 - G_1$ . Esimese koormaga sõidu ( $A_3$ -st  $M_4$ -ni) dešifreerimiseks valitakse kartoteegist need täidetud kaardid, millele on kantud veod esimesse sihtpunkti vaadeldaval marsruudil. Meie näites oleks need 4. mikrorajooni kaardid ( $M_4$ ). Seejärel võetakse väljavalitud kaartidest see, millele on kantud antud marsruudi esimese kaubasaatepunkti veosed, s.t. punkt  $A_3$ . Sellest kaardist kirjutatakse marsruudilehele veotellimuse nr., kaubasaaja (tellijä), kaubaliik, kaubasaate- ja -sihtpunktide aadressid.

Tabel 17

Marsruudiahela (marsruut 3) moodustamise näide

Tühje autosid omavad punktid	Tühjade autode lähetuspunktid				
	automajandid		kaubasaatepunktid		
	$G_1$	$G_2$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$G_1$	M	M	2	5	8
$G_2$	M	M	5	10	14
$M_1$	11	12	12	18	22
$M_2$	19	20	12	15	29
$M_3$	26	17	11	11	25
$M_4$	5	8	16	2	15
	18		12	32	36

Seejärel tuleb leida teise koormaga sõidu kaart (punkt  $A_3 - M_3$ ). Antud puhul võetakse 3. mikrorajooni ( $M_3$ ) kaarti-dest see, millele on kantud punkt  $AA_3$  veosed, ning temast kantakse marsruudilehele samad andmed.

Samal moel dešifreeritakse ka ülejäänud koormaga sõidud. Samaaegselt sellega kantakse marsruudilehele vastavad kaugused.

Marsruut on dešifreeritud, kui on kindlaks tehtud te- mal veetav kaubakogus tonnides, läbisõit koormata ja koor- maga ning läbisõidu kasutegur. Marsruudileht (joon.5) antak- se teekonnalehe väljakirjutamiseks, marsruudil veetav kauba- kogus aga lahutatakse kaardilolevast.

Antud järjekorras dešifreeritakse kõik marsruudid. Töö lõpetamisel kustutatakse kaardile kirjutatud andmed ja kaar- did pannakse uuesti alfabeedi järjekorras kartoteeki.

## Marsruudiahela moodustamise näide

(marsruut 4)

Tühje autosid omavad punktid	Tühjade autode lähetuspunktid				
	automajandid		kaubaseatepunktid		
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
G <sub>1</sub>	M	M	2	18   5	8
G <sub>2</sub>	M	M	5	10	14
M <sub>1</sub>	11	12	5   3	18	22
M <sub>2</sub>	19	20	12	15 18   18	29
M <sub>3</sub>	26	17	11	11 13   13	25
M <sub>4</sub>	5	8	16	18   2	15
	18		5	31	

Üldise meetodika juurutamise tulemusedLeningradi autovalitsustes

Vahetuse ja ööpäevaste vedude optimaalse planeerimise meetodikat kasutatakse Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuses alates 1962.aasta veebruarist ja Tööstuslike Vedude Valitsuses alates 1963.aastast.

Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuses algab vahetu-  
se ja õppäevase optimaalse plaani koostamine 48 tundi enne  
vedude päeva algust ning see koostatakse araldi autode töö  
esimese ja teise vahetuse jaoks. Matemaatiliseks lahenda-  
miseks antakse iga päev üle kõik tellimused puiste- ja kuh-  
jamisi veetavate materjalide tsentraliseeritud veoks üld-  
mahuga umbes 35 tuh.tonni.

Kallurite optimaalse tööplaani kõik arvutused kuni  
marsruudilehtede väljakirjutamiseni teeb seitsmetunnise va-  
hetuse jooksul neli dispetšerit - programmeerijat, kelle  
tööaeg jaotub järgmiselt:

Operatsioon	Autode vahetuse tööplaa- ni koostamiseks kuluv aeg (inimtundides)	
	Esimese vahe- tuse jaoks	Teise vahe- tuse jaoks
Lähteinformatsiooni ette- valmistamine	3,5...4	2...2,5
Matemaatiline lahendamine:		
maatriksi lahendamine	1,5...2	1...1,5
marsruutide koostamine	3,5...4	1,5...2
Lahenduste dišifreerimine ja marsruudilehtede välja- töötamine	9...9,5	3,5...4

## Kombineeritud pendelmarsruudi koostamise

n ä i d e

(marsruut nr.5)

Tühje autosid omavad punktid	Tühjade autode lähetuspunktid				
	automajandid		kaubasaatepunktid		
	$G_1$	$G_2$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$G_1$	M	M	2	5   13	8
$G_2$	M	M	5	 10	14
$M_1$	11	12	3	 18	22
$M_2$	19	20	12	 15   13 13	29
$M_3$	26	17	11	 11   13 13	25
$M_4$	5   13	8   -----	16   -----	 2   13 26	15

Matemaatika abil koostatud optimaalsetel  
 marsruutidel töötavate Leningradi Ehitusli-  
 ke Vedude Valitsuse kallurite töö näidud

Aastad	Vedude maht tuh.t.		Keskmi- ne lä- bisõidu kasuta- mise tegur ring- mars- ruudil	Tühisõi- tude vä- henemine tuh.km.	Sääst tuh. rbl.
	kokku	sealhulgas ringmars- ruutidel			
1962	6756	1262	0,590	1126	152
1963	7599,5	2003	0,579	1472,5	198,3
1964	10460	3267,4	0,591	2340,7	315,4
1965	14101,5	4822,5	0,595	3975,3	534,1

Leningradi Ehitus-  
like Vedude Valitsus  
Zagorodnoi pr. 15

Teostatatakse automajan-  
di nr.9 poolt (nimetus)  
Kuupäev: 17. juuni 1965.  
Garaaži nr. 162

MARSRUUDILEHT nr. 32

teekonnalehe nr. 37011 juurde

Auto mark: Škoda RTS-111

Kandajõud: a) ilma haagiseta - 7 t.

b) haagisega -

Garaažist väljasõidu aeg: 7.30		Objektile saabumise aeg: 7.45					Garaaži saabumise aeg: 16.00			
Tel- li- mus- te nr.	In- deks	Kauba saaja	Kust	Kuhu	Kauba liik	Kauba kogus ton- nides	Läbisõit koor- maga	Sõit- ilma koor- mata	Sõit- tude arv	Tonn- kilo- meet- rid
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			Auto- majand nr. 9	Sõela- majand "Nava- lotš- naja" 1	-	-	-	4	1	
11		Leni- ni. nim. tehas	"Nava- lotš- naja 1"	Kali- nini t.3	süsi	21	10		3	210
								9	3	
23		EV-12	Turuh- tani saared	Samoi- lovi t.7	liiv	21	15		3	315
								2	2	
			Samoi- lovi t.7	Auto- majand nr.9				4	1	
			Sõidud teha vaheldumisi			42	75	39		525
Täidetud teekonnalehe näidis.						$\beta = 0,65$				

Joon. 5. Täidetud teekonnalehe näidis

On iseloomulik, et matemaatilistele arvutustele kulutatud aeg moodustab ainult  $1/3 \dots 1/4$  vedude planeerimisele kulutatud üldisest ajast.

1962. ja 1963.aastal tehti kõik optimaalsete marsruutide koostamisega seotud arvutused käsitsi. Alates 1964.aastast arvutatakse kallurite tühisõidu maatriksid NSVL TA Majandustemaatika Keskinstituudi Leningradi filiaali Arvutuskeskuse raalil EGCM - 2, mille tulemusena selleks tööks kuluv aeg lüheneb 2 tunnilt kuni 4,5 minutini (kuid plaani koostamiseks kuluv üldaeeg jäi endiseks, sest masinale algandmete ettevalmistamise aeg pikenes mõnevõrra).

Peab eriti rõhutama, et kasutades alguses käsitsi lineaarse programmeerimise meetodeid, mis on mõeldud ilma raalita arvutusteks, on hiljem tunduvalt kergem üle minna raalarvutamisele. Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuses toimus üleminek ühe nädala jooksul.

Peale selle on käsitsi arvutamise selgekssaamisel suur metoodiline tähtsus, sest käsitsi arvutamisel kujutavad töötajad endale selgesti ette optimaalse lahenduse saamise kogu protsessi ja niiviisi on neil võimalus süveneda uute meetodite olemusse, võrrelda neid detailiselt vanade subjektiivsete meetoditega ning hinnata teadlikult ja õigesti nende eeliseid oma isiklike kogemuste põhjal. Selle tulemusena laieneb dispetšeri silmaring, ning tõuseb tema kvalifikatsioon ja ta hakkab teadlikult, loominguliselt lähenema plaaniliste majanduslike ülesannete lahendamisele ning muutub tihti peale lineaarse programmeerimise entusiastiks.

Kui aga dispetšer alustab otse sellest, et suundub arvutusmasina juurde, siis, saanud lahenduse, ei kujuta ta üldse ette selle saamise protsessi - meetodi olemus jääb tema eest varjatuks. Juba esimesed raskused ajavad ta ummikusse ja ta püüab kogu jõuga tagasi pöörduda vanade töömeetodite juurde.

Lineaarse programmeerimise kasutamise mastaapa iseloomustavad Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuses tabeli 20 andmed. On iseloomulik, et kuni 1962.aastani, mil vedude marsrutiseerimine toimus subjektiivsete meetoditega, ei ületanud ringmarsruutidel veetavate veoste maht 3 tuh.tonni kuus. 1964.aastal veeti ringmarsruutidel 65 korda rohkem veoseid. Midagi sellist pole andnud mitte ükski teadaolev subjektiivne vedude marsrutiseerimise meetod peaaegu kolmekümneaastase kasutamise jooksul autotranspordis.

Uute meetodite tõhususe väljaselgitamiseks tehti autovalitsuses kahe kuu jooksul kõrvuti optimaalsete plaanidega ka vedude plaanide valikulisi kontrollarvutusi subjektiivsete meetoditega; kontrollarvutuste päevad määrati kindlaks mehaanilise valiku teel 30-% kontrolli alusel.

Kontrollarvutused näitasid, et vedude optimaalne plaan tagab läbisõidu kasutamise teguri tõusu 10,6 % võrra, töötootlikkuse tõusu kandevõime ühe tonni kohta 14,1 % võrra arvestatuna tonnides ja 14,6 % võrra tonnkilomeetrites arvestatuna vedudega seotud kõigi autode kohta (tabel 21).

Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuse aruande and-  
 meil vähenes autode tühisõit 1964. aastal vedude marsruti-  
 seerimise tagajärjel 2,3 milj. km võrra. Samade masinatega  
 veeti täiendavalt 716 tuh.tonni veoseid. Vedude planeerimine

Tabel 21

Subjektiiivsete ja matemaatiliste  
 meetoditega tehtud vahetuste ja ööpäevaste  
 veoplaanide võrdlevate arvutuste tulemused

Kuu- päev	Läbisõidu kasu- tamise tegur	Teguri suurene- mine op- timaalse plaani järgi xx)	Vahetuse toot- likkus kande- jõu ühe tonni kohta x)		Tootlikkuse kasv optimaal- se plaani järgi xx)	
			tonne	tonnki- lomeet- reid	tonne	tonnki- lomeet- reid
1	2	3	4	5	6	7
1/III	$\frac{0,468}{0,519}$	$\frac{0,051}{10,9}$	$\frac{7}{8,1}$	$\frac{76,1}{88,2}$	$\frac{1,1}{15,7}$	$\frac{12,1}{15,8}$
4/III	$\frac{0,471}{0,525}$	$\frac{0,054}{11,4}$	$\frac{7}{8,1}$	$\frac{76,5}{89,2}$	$\frac{1,1}{15,7}$	$\frac{12,7}{16,6}$
7/III	$\frac{0,470}{0,524}$	$\frac{0,054}{11,5}$	$\frac{7,1}{8,2}$	$\frac{76,3}{89,5}$	$\frac{1,1}{15,5}$	$\frac{12,2}{15,8}$
10/3	$\frac{0,468}{0,519}$	$\frac{0,051}{10,9}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{76}{87,1}$	$\frac{1}{14,3}$	$\frac{11,1}{14,6}$
13/3	$\frac{0,478}{0,520}$	$\frac{0,042}{8,8}$	$\frac{7,1}{8,1}$	$\frac{78,4}{89,4}$	$\frac{1}{14,1}$	$\frac{11}{14}$

x) Lugeja - subjektiiivsete meetoditega koostatud  
 plaani andmed, nimetaja - optimaalse plaani andmed.

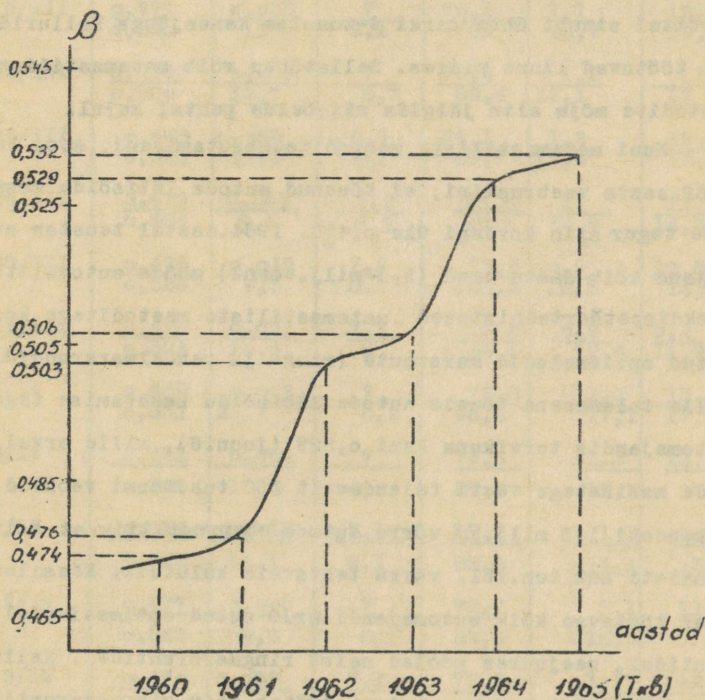
xx) Lugeja - absoluutne suurenemine, nimetaja - suhte-  
 line (protsentides).

1	2	3	4	5	6	7
16/III	$\frac{0,471}{0,523}$	$\frac{0,052}{11}$	$\frac{7}{8,1}$	$\frac{76,5}{89}$	$\frac{1,1}{15,7}$	$\frac{12,5}{16,5}$
19/III	$\frac{0,470}{0,530}$	$\frac{0,060}{12,7}$	$\frac{7}{8,2}$	$\frac{76,4}{89,4}$	$\frac{1,2}{17,1}$	$\frac{13}{17}$
22/III	$\frac{0,468}{0,521}$	$\frac{0,053}{11,3}$	$\frac{6,9}{8,1}$	$\frac{76,1}{89,7}$	$\frac{1,2}{17,4}$	$\frac{13,6}{17,8}$
25/III	$\frac{0,479}{0,524}$	$\frac{0,045}{9,4}$	$\frac{7,2}{8,2}$	$\frac{78,8}{90,5}$	$\frac{1}{13,9}$	$\frac{11,7}{14,8}$
28/III	$\frac{0,475}{0,520}$	$\frac{0,045}{9,5}$	$\frac{7,2}{8,1}$	$\frac{77,6}{88,4}$	$\frac{0,9}{12,5}$	$\frac{10,8}{14,8}$
31/III	$\frac{0,470}{0,521}$	$\frac{0,051}{10,8}$	$\frac{7,1}{8}$	$\frac{77,2}{86,4}$	$\frac{0,9}{12,6}$	$\frac{9,2}{11,9}$
3/IV	$\frac{0,469}{0,531}$	$\frac{0,062}{13,2}$	$\frac{7}{8,2}$	$\frac{76,8}{90,6}$	$\frac{1,2}{17,1}$	$\frac{13,8}{17,9}$
6/IV	$\frac{0,471}{0,525}$	$\frac{0,054}{11,4}$	$\frac{7}{8,2}$	$\frac{76,6}{89,7}$	$\frac{1,2}{17,1}$	$\frac{13,1}{17,1}$
9/IV	$\frac{0,474}{0,522}$	$\frac{0,048}{10,1}$	$\frac{7,1}{8,1}$	$\frac{77,9}{88,6}$	$\frac{1}{14,1}$	$\frac{10,7}{13,7}$
12/IV	$\frac{0,477}{0,523}$	$\frac{0,046}{9,6}$	$\frac{7}{8,1}$	$\frac{78,2}{89,9}$	$\frac{1,1}{15,7}$	$\frac{11,7}{15}$
15/IV	$\frac{0,470}{0,529}$	$\frac{0,059}{12,6}$	$\frac{7,1}{8,2}$	$\frac{77,2}{89,2}$	$\frac{1,1}{15,5}$	$\frac{12}{15,5}$
18/IV	$\frac{0,473}{0,527}$	$\frac{0,054}{11,4}$	$\frac{7,1}{8,1}$	$\frac{77}{88,2}$	$\frac{1}{14,1}$	$\frac{11,2}{14,5}$
21/IV	$\frac{0,469}{0,519}$	$\frac{0,050}{10,6}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{76,1}{87,1}$	$\frac{1}{14,3}$	$\frac{11}{14,4}$
24/IV	$\frac{0,478}{0,521}$	$\frac{0,043}{9}$	$\frac{7,1}{8,1}$	$\frac{78,4}{89,4}$	$\frac{1}{14,1}$	$\frac{11}{14}$
27/IV	$\frac{0,470}{0,523}$	$\frac{0,053}{11,2}$	$\frac{7}{8,1}$	$\frac{76,4}{89,5}$	$\frac{1,1}{15,7}$	$\frac{13,1}{15,8}$
Ühe päe- va	$\frac{0,472}{0,522}$	$\frac{0,050}{10,6}$	$\frac{7,1}{8,1}$	$\frac{77,8}{89,2}$	$\frac{1}{14,1}$	$\frac{11,4}{14,6}$
keskm.						

matemaatiliste meetoditega soodustas automajandite töö kvaliteedi parendamist. Selles osas on eriti iseloomulik automajand nr.9. Alates 1962.aasta juulist on sellel suurel ettevõttel ainult ühte marki 9-tonnise kandejõuga kallurid, mis töötavad linna piires. Selletõttu võib matemaatiliste meetodite mõju siin jälgida nii-öelda puhtal kujul.

Kuni matemaatiliste meetodite kasutamiseni, s.o. kuni 1962.aasta veebruarini, ei tõusnud autode läbisõidu kasutamise tegur siin kordagi üle 0,476. 1964.aastal teostas automajand kõik aasta veod (5,1 milj.tonni) mööda autovalitsuse keskdirigiteenistuses matemaatiliste meetoditega koostatud optimaalseid marsruute (ring- ja pendelmarsruudid). Selle tulemusena tõusis autode läbisõidu kasutamise tegur automajandis tervikuna kuni 0,529 (joon.6), mille arvel samade masinatega veeti täiendavalt 500 tuh.tonni veoseid, vähendati 1,5 milj.km võrra autode ebaproduktiivset sõitu, alandati 202 tuh.rbl. võrra tehtavaid kulutusi. Käesoleval ajal töötavad kõik automajandi nr.9 autod optimaalsetel marsruutidel, seejuures pooled neist ringmarsruutidel. Kalluriteks ZIL-585 ümberarvestatuna töötab siin ringmarsruutidel iga päev ligikaudu 400 autot. Selle tulemusena oli faktiline autode läbisõidu kasutamise tegur 1965.a. automajandis tervikuna 0,543.

Pilt on analoogiline automajandis nr.13, kus praegu on samuti ainult suure kandejõuga (8-, 10- ja 12-t) kallurid. Autode läbisõidu kasutamise tegur kasvas siin 0,479-lt 1961.aastal (matemaatiliste meetodite kasutamiseni) kuni 0,513-ni 1964.aastal ja 0,515-ni 1965.aastal (tabel 22).



Joon. 6. Läbisõidu kasutamise teguri kasvudünaamika  
Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuse  
automajandis nr.9.

Optimaalsetel marsruutidel töötavate  
Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuse auto-  
majandi nr.9 autode töö näidud

Näidud	A a s t a d				
	1960	1961	1962	1963	1964 <sup>x)</sup>
Optimaalsetel marsruutidel töötavate autode arv	-	-	79	131	254
Veetud veoseid tuh. tonnides	-	-	1341,7	2691,4	5114,5
Autode läbisõidu kasutamise tegur	0,471	0,479	0,493	0,510	0,513

x) Majandi autopark koosneb ainult kelluritest.

Peale Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuse alustati 1963.aastal matemaatiliste meetodite juurutamist ka Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsuses. Vahetuste ja ööpäevaste vedude planeerimise korraldamine lineaarse programmeerimise meetodil kujutas endast Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsuses märksa raskemat ülesannet kui Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuses: selle autovalitsuse töötingimuste spetsiifilised omadused kutsusid esile rea uusi raskusi nii organisatsioonilistes küsimustes kui ka meetodi kasutamises.

Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsus teenindab linna rohkearvulisi tööstusettevõtteid, mis saavad ja saadavad kaupu. Seetõttu kasvas veoseid väljastavate objektide arv, aga järelikult ka maatriksi tulpade arv tunduvalt. Ühtlasi on

aga suuremale osale ettevõtetest iseloomulikud väikese mahuga veosed. Piisab, kui ütelda, et pooltesse, mikrorajoonide kaupa suurendatud punktidesse veetakse iga päev ainult 4...5 tonni kaupa. Väikese mahuga veod, mis tehakse peamiselt auto ühe-kahe sõiduga, tegid võimalikuks selliste marsruutringide koostamise maatriksite abil, mis näevad ette kahte-kolme ja isegi enam sissesõitu igasse lähte- ja sihtpunkti.

Erinevalt Leningradi Ehituslike Vedude Valitsusest toimus vedude planeerimine Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsuses kuni matemaatiliste meetodite kasutamiseni tsentraliseerimatult: iga automajand planeeris iga päev iseseisvalt oma autode tööd talle kinnistatud kindlas ettevõtete ringis, mis asus tema vahetus läheduses. Pideva klientuuri kinnistamine automajandile ning tsentraliseerimatu planeerimine viisid selleni, et vedude marsrutiseerimine puudus praktiliselt isegi härmiselt selges olukorras. Nii olid näiteks linna erinevates rajoonides asetsuvad metallitoodete ja terasevaltsimise tehased kinnistatud kahele erinevale automajandile. Seepärast vedas üks automajand metalli terasevaltsimise tehasest metallitoodete tehasesse, teine vedas aga peenraua vastupidises suunas. Tulemusena pöördusid mõlema automajandi autod oma koormamispunktidesse tagasi tühjalt.

Tol ajal kehtinud ööpäevase planeerimise süsteem takistas vedude marsrutiseerimist, seepärast sai matemaatiliste meetodite juurutamisel selles autovalitsuses peamiseks organisatsiooniliseks probleemiks planeerimise tsentraliseerimine

koos klientuuri kinnistamise likvideerimisega. Arvestades asjaolu, et autovalitsuse töötajatel puudusid autode töö tsentraliseeritud planeerimise kogemused, autojuhtidel aga ringmarsruutidel töötamise kogemused, otsustati uutele planeerimise ja juhtimise vormidele üle minna järk-järgult, mitme etapi kaupa.

Algul võeti automajandite ülesannetest ära kõikide pik- kade metsamaterjalide vedude planeerimine ja anti üle kesk- dispetšerteenistusele matemaatiliseks lahendamiseks. Nende veoste maht moodustas 1300 m<sup>3</sup> ööpäevas ja selleks oli tar- vis eriliselt seadmeostatud metsaveokeid.

Metsamaterjalide veo optimaalne planeerimine toimub ül- dise meetodika järgi. Kõik plaanide koostamisega seotud tööd kuni teakonnalehtede väljakirjutamiseni teeb üks dispetšer seitsmetunnise tööpäeva jooksul. Metsaveokite töö 1963.aas- tal optimaalsetel marsruutidel iseloomustub selliste näitu- dega:

	Üldse	sellest ringmars- ruutidel
Veetud veoseid tuh.tonni- des	277,2	151,3
Autode läbisõit tuh.km,	453,6	286,6
sealhulgas		
koormaga	239,9	152,4
Autode läbisõidu kasutami- se tegur	0,523	0,560

Selle autogrupi läbisõidu teguri tõstmise arvel saavutati tühisõitude vähenemine 67,9 tuh.km ehk 31 % võrra.

Matemaatiliste meetodite edukas kasutamine metsaveokite töö planeerimisel võimaldas asuda kõikide platvormautode töö optimaalsele planeerimisele.

Autovalitsuse spetsialistide arvestuste alusel võis ja oli otstarbekas anda tsentraliseeritud planeerimisele veosed üldmahuga 3,1 milj.tonni. Selle ülesande lahendamiseks moodustati keskdispetserteenistuses kolmest inimesest koosnev eriline grupp. Esialgu anti sellele grupile iga päev planeerida veosed mahuga 1...1,5 tuh.tonni arvestusega, et ülejäänud vedude planeerimist alustatakse vastavalt ettevõtete ettevalmistamisele, kogemuste omandamisele, dispetserite omavahelise side parendamisele jne. Alates 1965.aastast planeeritakse matemaatiliselt ka pikamõõtmelise metalli vedu haagistega autodel. Selle veo maht on üle 1 tuh.tonni päevas.

Tellimused vedude kohta saabuavad autovalitsusse telefoni teel 36 tundi enne vedude päeva algust. Vedude planeerimine toimub eraldi kolme autogrupi jaoks; platvormautod, metsaveoautod ja metalliveoautod. Keskdispetserteenistuses lahendatakse käsitsi kolm maatriksit (mõõtmetega 28 x 70 platvormautode ja 9 x 30 metsa- ning metalliveoautode kohta). Tingituna veoseid saatvate organisatsioonide rohkusest on platvormautode töö marsrutiseerimiseks laialdasemad võimalused. Tabelis 23 on näitena toodud ühe päeva ringmarsruudid. Üldiseks veoks määratud 1230 tonnist on ringmars-

ruutidele planeeritud 561 tonni läbisõidu kasutamise keskmise teguriga 0,70.

Lineaarse programmeerimise juurutamine võimaldas Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsusel vähendada 1964.aastal tühisõite enam kui 1 milj. km võrra.

Kõigis lineaarse programmeerimise meetodite praktilisele kasutamisele pühendatud töödes märgitakse selle meetodi suurt tähtsust. Kuid paljud autorid rõhutavad seejuures põhjendamatult ainult niinimetatud otsesest tõhusust - materiaalsete kulutuste vähenemist - ja ei vaatle kaudset kasu. Lineaarse programmeerimise kasutamise kogemused Leningradis näitavad, et uute meetodite majanduslik tõhusus avaldub kahes suunas: vedude juhtimise parendamises ja vedude kulutuste alanemises.

Tabel 23

Lineaarse programmeerimise meetodiga koostatud ühe päeva ringmarsruudid Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsuse platsvormautodele

Marsruudi nr.	Transpordivahendid	Veetud veoseid tonnides	Läbisõit km		Läbisõidu kasutamise tegur
			koormaga	ilma koormata	
1	2	3	4	5	6
1.	ZIL-150	7	76	3	0,95
2.	Zil-150 haagisega	14	67	7	0,90
3.	- " -	28	36	5	0,88
4.	- " -	16	50	5	0,91

1	2	3	4	5	6
5.	ZIL-150 haagisege	16	50	5	0,91
6.	- " -	16	50	5	0,91
7.	- " -	14	69	9	0,88
8.	- " -	12	59	9	0,67
9.	- " -	14	68	12	0,85
10.	- " -	14	68	13	0,85
11.	- " -	14	66	14	0,82
12.	Uraal-355	7	66	19	0,78
13.	ZIL-150	10	36	12	0,75
14.	- " -	10	30	10	0,75
15.	ZIL-150 haagisege	14	100	37	0,73
16.	- " -	14	34	9	0,79
17.	ZIL-150	12	43	19	0,71
18.	- " -	12	40	17	0,70
19.	- " -	12	40	20	0,66
20.	- " -	12	34	18	0,65
21.	- " -	12	35	20	0,64
22.	- " -	12	36	18	0,66
23.	- " -	10	39	21	0,65
24.	ZIL- 5	9	39	21	0,65
25.	ZIL-150 haagis.	18	39	21	0,65
26.	- " -	14	34	19	0,64
27.	ZIL-150	12	35	20	0,64
28.	- " -	12	33	22	0,60
29.	- " -	12	33	23	0,60
30.	- " -	12	35	25	0,58

1	2	3	4	5	6
31.	ZIL-150 haagisega	12	44	35	0,55
32.	ZIL-150	14	25	21	0,54
33.	ZIL-150 haagisega	20	30	23	0,56
34.	- " -	11	33	25	0,57
35.	- " -	20	33	26	0,57
36.	- " -	21	27	20	0,57
37.	ZIL-150	12	27	19	0,57
38.	- " -	12	33	28	0,54
39.	- " -	12	28	24	0,54
40.	- " -	12	30	28	0,52
41.	- " -	12	34	31	0,52
42.	- " -	12	29	26	0,52
		561	1813	763	0,70

Vedude juhtimise parendamine on lineaarse programmeerimise juurutamise tulemus ja edaspidine lahutamatu kaaslane. See saavutatakse mitmel viisil:

1. Vedude korraldamise süsteemi parendamisega: juba matemaatiliste meetodite rakendamise ettevalmistaval perioodil saavad autovalitsused sellist informatsiooni, mis võimaldab veel enne lineaarse programmeerimise kasutamist välja selgitada ja kõrvaldada paljud puudused vedude korraldamisel, vajaliku informatsiooni saamise viisides, personali töö

organiseerimise meetodites jne. Sel perioodil näiteks koostatakse ja rakendatakse praktikasse linna tänavate teatmik, vahemaade tabel ja abitabelid igasuguste arvestuste tegemiseks, mis iseenesest juba tõstavad dispetšeri töö kvaliteeti.

Neis autovalitsustes, kus vedude planeerimine ja juhtimine on tsentraliseerimata, moodustatakse tsentraliseeritud ekspluatatsiooniteenistus. Seejuures tehakse ära suur ettevalmistav töö kaubavedude analüüsimisel, lähte- ja sihtpunktide kontrollimisel ja tundmaõppimisel, töö klientidega, automajandite töötajate ja autojuhtidega. See kõik aitab kaasa vedude korraldamise parendamisele, kuigi ta pole vahetult seotud lineaarse programmeerimise kasutamisega.

2. Optimaalsete lahenduste saamisega: suure arvu lähte- ja sihtpunktide puhul on linnasiseste vedude marsrutiseerimine küllaltki raske eriti enamasti intuitsioonil põhinevate subjektiivsete planeerimismeetodite kasutamisel. See tekitab töötajates ja juhatajates ebakindluse vastuvõetavate otsuste õigsuse suhtes ja sunnib administratsiooni usaldama marsrutiseerimise kõige enam kogunud ja kvalifitseeritud töötajatele, mis sugugi ei soodusta marsrutiseerimise mastaapide laiendamist.

Lineaarne programmeerimine loob kindluse optimaalsete lahenduste saavutamisel (parimast programmist kõrvalekaldumise juhtudel on võimalik hinnata kõrvalekalde suurust). See

kaaseegse teadusliku meetodika ja arvutustehnika kasutamisega esilekutsutud kindlus annab suure vabaduse otsuste vastuvõtmises, võimaldab planeerimise usaldada madalama ametikohaga töötajatele ja vabastada seega kõrgema kvalifikatsiooniga personal teiste tööde tegemiseks.

3. Töötajate kvalifikatsiooni parendamisega: kogemused näitavad, et matemaatiliste meetodite kasutamisega kaasneb tehnikaala töötajate kvalifikatsiooni parendamine. Lineaarne programmeerimine võimaldab intuitsiooni asendada täpse teadusega, mis loob võimaluse olemasoleva majandusliku informatsiooni parimaks ärakasutamiseks, põhjalikumaks süvenemiseks töö korralduse ja planeerimise küsimustesse, mis varem oli seavutatav ainult peale paljusid aastaid kestnud praktikat.

Nagu teada, on praegu iga töötaja vajaliku asjatundlikkuse arendamiseks sunnitud paljude kasutatavate meetodite subjektiivsuse tõttu tuginema peamiselt isiklikele kogemustele ja selleks et saada kvalifitseeritud dispetseriks, läheb harilikult tarvis mitu aastat. Rangelt formaalsete meetodite kasutamine vedude ülesande lahendamisel lihtsustab spetsialistide väljaõpet ning võimaldab lühendada spetsialisti väljaõppe ja kogemuste omandamise aega.

Juhtimise taseme tõusmises väljenduvat lineaarse programmeerimise majanduslikku tõhusust on raske hinnata rahas. Sellegi poolest ei ole mingit alust lugeda seda vähem tähtsaks kui kulutuste otsest vähendamist. Juhtimise taseme tõusmisel on mitte ainult majanduslik, vaid ka suur poliitiline tähtsus.

Mõningaid praktilisi soovitusi  
planeerimise matemaatiliste meetodite juu-  
rutamiseks

Matemaatiliste meetodite edukaks juurutamiseks auto-  
transpordis tuleb kõigepealt ületada olemasolevad subjek-  
tiivse iseloomuga tõkked, ja nimelt - töötajate skeptiline  
suhtumine nendesse meetoditesse ning teaduse "pelgamine".  
Suurem osa autovalitsuste juhatajatest teab juba kirjanduse  
või teiste automajandite kogemustega isikliku tutvumise kau-  
du uute meetodite juurutamise erakordselt headest tulemus-  
test NSVL reas linnades. Sellele vaatamata on mõningad neist  
kindlalt veendunud, et nende autovalitsuse töötingimused eri-  
nevad keerukuse poolest järsult mistahes teistest ning see  
takistab nende arvates matemaatiliste meetodite kasutamist.

Kogemused näitavad, et mida keerulisem on vedude olukord,  
mida suuremad ja raskemad on planeerimise ülesanded, seda tun-  
duvamat efekti annavad matemaatilised meetodid.

Planeerimise matemaatiliste meetodite kasutamine ei nõua  
kõrgema matemaatika tundmist: piisab ainult elementaarse ma-  
temaatika tundmisest.

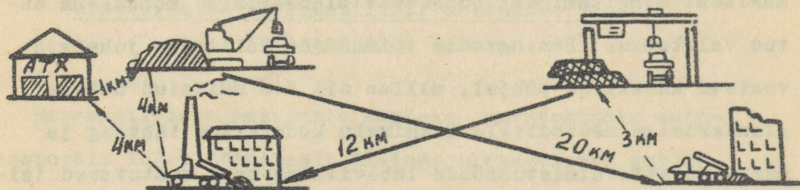
Uued meetodid on niivõrd lihtsad, et iga dispetšer võib  
need omandada nelja-viienädalase praktika jooksul. Autorid  
teavad oma kogemuste najal, et uued meetodid ei tee dispet-  
šerite tööd keerulisemaks, vaid vastupidi, kergendavad seda.  
Selles veenduvad kiiresti kõik dispetšerid, kes kasutavad  
neid meetodeid oma töös.

Juurutamist tuleb alata matemaatiliste meetodite formaalsest kinnitamisest ööpäevase planeerimise moodusena antud valitsuses. Leningradis toimus see valitsuse juhataja vastava käskkirja põhjal, milles oli ära näidatud uutele planeerimise meetoditele ülemineku konkreetne tähtaeg ja määratud ettevalmistustööde läbiviimise eest vastutavad isikud.

Matemaatiliste meetodite eduka kasutamise vältimatuks tingimuseks on see, et töötajad ja juhatajad mõistaksid nende olemust. Seoses sellega tuleb harilikult välja töötada autovalitsuse töötajate õpetamise programm. Leningradi autovalitsustes oli see töö korraldatud järgmiselt. Autovalitsuse juhataja käskkirja alusel tegid kõik automajandite eksploatatsiooni- ja planeerimisala töötajad läbi kahekümne-tunnise programmiga õppused. Õppused toimusid nii teoreetiliselt kui ka praktiliselt. Nad võimaldasid praktiliste töötajate laiale ringkonnale anda vajaliku miinimumi teadmisi lineaarsest programmeerimisest ning selgitada nende seast välja andekamad ja uue töömooduse jaoks sobivamad.

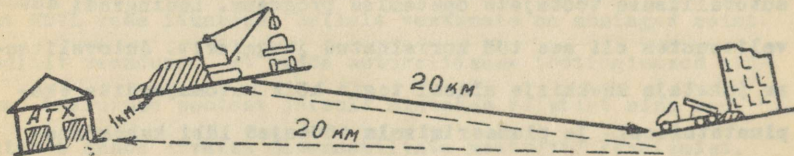
Matemaatiliste meetodite edukaks rakendamiseks tootmises on vajalik neid vahetult kasutavate töötajate aktiivne osavõtt. Seepärast omistati dispetšerite-programmeerijate valikule erilist tähelepanu. Enamikul juhtudel valiti sellised inimesed nende seast, kes ilmutasid õppustel erilist huvi ja annet uute meetodite osas ja soovisid saada dispetšeriks-programmeerijaks.

Autojuht Ivanovi töö ringmarsruudil 10.mail 1965.a  
autol "TATRA RTS-111".



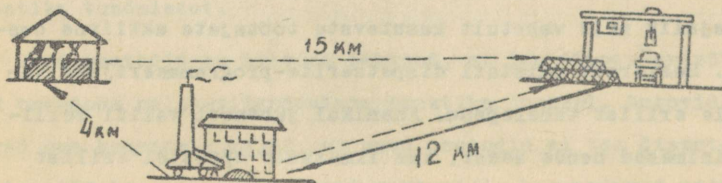
Tööloleku aeg - 7 tundi Üldine läbisõit -157 km Autojuhi  
Veetud kaup -72 tonni Läbisõit koormaga-128 km töötasu  
Tehtud töö -1152 t/km Läbisõidu kasut.teg.-0,81 9 rbl.  
50 kop.

Autojuht Leptevi töö pendelmarsruudil 10.mail 1965.a.  
autol "TATRA RTS -111".



Tööloleku aeg - 7 tundi Üldine läbisõit - 161 km Autojuhi  
Veetud kaup -36 tonni Läbisõit koormaga- 80 km töötasu  
Tehtud töö -720 t/km Läbisõidu kasut.teg.-0,49 5 rbl.  
89 kop.

Autojuht Kravtsevi töö pendelmarsruudil 10.mail 1965.a.  
autol "TATRA RTS - 111".



Tööloleku aeg - 7 tundi Üldine läbisõit - 151 km Autojuhi  
Veetud kaup -54 tonni Läbisõit koormaga -72 km töötasu  
Tehtud töö - 648 t/km Läbisõidu kasut.teg.-0,47 5 rbl.  
47 kop.

Joonis 7. Plakati näidis, millel võrreldakse ring- ja pendel-  
marsruutidel töötavate konkreetsete autode töö tulemusi

Selliseid töötajaid eelistatakse isegi siis, kui neil on autotranspordis töötamisel väheseid kogemusi, nende isikute suhtes, kel on küll enam kogemusi, kuid keda uued meetodid ei huvita. Niisugune praktika õigustas ennast täielikult. Sel moel valitud dispetšerite grupp asus detailsemalt õppima arvutamistehnikat. Paralleelselt sellega tegi grupp kõik vajalikud ettevalmistööd.

Sellela samaaegselt tegi autovalitsus suure töö automajandite kollektiividega, eelkõige autojuhtidega, aga ka klientuuriga.

Autojuht on planeeritud täitmises keskne kuju, temast sõltub suurel määral koostatud marsruutide edukas rakendamine, seepärast tuleb autojuhtide õpetamisele pöörata erilist tähelepanu. Neile tuleb vastaval koosolekul selgitada auto- de uue liikluse korraldamise süsteemi tähtsust, töestada konkreetsete näidete varal, et töötamine ringmarsruutidel suurendab transpordivahendite tootlikkust ja autojuhi päevapalke. Koosolekuks on soovitatav ette valmistada plakateid, mis kujutavad võrdlevalt testud automajandi konkreetsete autojuhtide ühe päeva töötulemusi töötamisel samadel objektidel ring- ja pendelmarsruutidel (joon.7).

Juhtidele tuleb üksikasjaliselt selgitada ringmarsruutidel töötamise korda ning nende tagavust juhul, kui teki- vad mingid raskused või ettenägematused.

Kõigil objektidel ja automajandites tuleb üles panna plaketid, mis kutsuksid juhte töötama ringmarsruutidel (joon. 8).

Algstaadiumis on ringmarsruutidele soovitatav saata kogunud juhte ja ainult nende isiklikul soovil. Seejuures ei maksa sattuda segadusse, kui selliseid soovijaid alguses on vähe; ühe-kahe kuu möödudes pole neist enam puudus, sest juhid veenduvad isiklike kogemuste varal oma palga tõusmises.

Sama tähtis on ka juhtide töö igapäevase range kontrolli korraldamine automajandite ja autovalitsuse eksploatatsioonitöötajate poolt.

Leningradi Ehituslike Vedude Valitsuses võeti näiteks teekonnalehed vastu ainult koos juhi kirjaliku seletusega, kui ta matemaatiliste meetodite abil koostatud marsruutidel töötades ei täitnud marsruudi plaani.

Kõik ringmarsruutide eelmise päeva teekonnalehed tagastati autovalitsuse keskdispetšeriteenistusse koos direktori asetäitja (eksploatatsiooni alal) kirjaliku seletusega üksikute marsruutide mittetäitmise põhjuste ja tarvitusele võetud abinõude kohta. Nagu kogemused näitasid, on selline range kontroll matemaatiliste meetodite juurutamise esimestel kuudel tingimata tarvilik nii vajalike abinõude rakedamiseks kui ka abi osutamiseks autojuhtidele ja teistele automajandi töötajatele.

PUNASE JOONEGA TEEKONNALEHES MÄRGITUD

ÜLESANNE  
TULEB TINGIMATA TÄITA

Ülesandes ei tohi teha muudatusi

PUNASE JOONEGA TEEKONNALEHES MÄRGITUD ÜLESANDE  
TÄPNE TÄITMINE

p a r e n d a b

autojuhi töö tootlikkust ja kindlustab talle  
kõrgema töötasu

Joonis 8. Näitliku agitatsiooni näidised -  
- plakatite tekstid

Kliente tuleb juhendada selleks, et saavutada nende poolt järgmiste kohustuslike nõuete täitmist:

- vedude tellimus peab keskdispetšerteenistusse saabuma kehtestatud (kooskõlastatud) tähtaegadel;

- tellimuses peavad olema märgitud kõikide vedude konkreetsed aadressid koos kauba mahuga; tellimustes autodele, mille tööd arvestatakse tonnides ja tonnkilomeetrites, ei ole lubatud teha üldise iseloomuga märkmeid nagu "töö objektidel";

- autode kliendi poolt omavoliline ümbersuunamine tööpäeva jooksul ühe kauba veolt teise kauba veole, isegi kui viimane on tellimuses ära näidatud, on kategooriliselt keelatud;

- klient rakendagu tõhusaid abinõusid laadimistöode pearendamiseks, et lühendada autode seisuaega.

Leningradis juhendati kliente ühistel nõupidamistel-seminaridel, mis kutsuti kokku autotranspordi organisatsioonide initsiatiivil.

Optimaalsete marsruutide süstemaatilise läbimise otsustavaks tingimuseks on kontroll transpordiprotsessi kõigis lülides. See saavutatakse ring- ja pendelmarsruutidel töötavate autode töö eraldi arvestamisega. Ilma sellise arvestusega ei ole kontroll konkreetne, see aga mõjub negatiivselt ülesande täitmise tulemustele.

Leningradi autovalitsustes on see töö organiseeritud järgmiselt. Kõigi matemaatiliste meetoditega planeeritavate vedude kohta kirjutatakse välja teekonnaleht punase diagonaalse joonega esiküljel. Kui mingil marsruudil on läbisõidu kasutamise tegur suurem kui 0,5, siis on teekonnalehel peale punase joone veel "R" tähte kujutav eraldusmärk, mis tähistab ratsionaalset marsruuti.

Erinevate marsruutide teekonnalehtede erinev välimus kindlustab transpordiprotsessi kõigis staadiumides töötajate pideva tähelepanu kõige tootlikumate ringmarsruutide vastu. Autode kogunemisel laadimispunktides annab "R" tähega teekonnalehe esitamine näiteks õiguse laadimiseks väljaspool järjekorda; kliendile on selline teekonnaleht kategooriliseks hoistuseks, et ta ei suunaks antud autosid teistele töödele, ning nõudeks kindlustada selle auto võimalikult kiirem tühjendamine; teekonnalehe tagasisaabumisel dispetšerile on punane triip ja täht "R" tunnuseks, et dispetšer peab ülesande täitmist tingimata kontrollima, et täitmata jätmise puhul nõuda autojuhilt seletust; punane triip ja täht "R" hõlbustavad teekonnalehtede sorteerimist ja nende eraldi arvestamist.

Teekonnalehtede analüüs toimub Leningradi Autotranspordi Peavalitsuse Masinavutusjaamas (MAJ) eraldi iga grupi järgi (harilikud, triibuga, triibu ja tähega "R") ja majandite kaupa. Tulemuseks on see, et autovalitsusel on alati olemas andmed iga automajandi töö kohta matemaatilistel

meetoditel koostatud marsruutidel. Esimestel kuudel saabusid need andmed autovalitsusse iga päev, seejärel igal dekaadil ning pärast protsessi täielikku normaliseerimist - üks kord kuus.

Automajandi töö hindamisel ja töötajatele preemia maksimisel arvestatakse kõrvuti teiste andmetega tingimata ka neid.

Iga kuu töötulemusi kajastavate MAJ tabulogrammide alusel koostab autovalitsuse keskdispetšerteenistus<sup>v</sup> juhtkonnale esitamiseks järgmise vormiga aruande:

1. Matemaatilisele planeerimisele võetud veosed tuh.tonnides
2. Matemaatiliste meetoditega koostatud plaanide alusel veetud kaup tuh.tonnides:  
üldse . . . . . ,  
sealhulgas ringmarsruutidel . . . . .
3. Läbisõidu kasutamise tegur ringmarsruutidel . . . . .
4. Tühisõidud vähenenud tuh.km . . . . .
5. Tootlikkuse tõus ringmarsruutidel 1 tonni kandejõu kohta %des . . . . .
6. Täiendavalt veetud kaup tuh.tonnides. . . . .
7. Säästud tuh.rbl. . . . .

Optimaalsete marsruutide järgi töötamise analüüsi tulemusi valgustatakse perioodiliselt autovalitsuse juhataja käskkirjades.

Peale faktiliste andmete läbitöötamist peetakse autovalitsuse keskdispetšerteenistuses ka planeeritud ringmarsruutide arvestust. Iga tööpäeva lõpus kantakse automajandite kaupa vastavasse päevikusse andmed koostatud ringmarsruutide, nendel töötavate autode, summaarse, koormaga ja tühjalt läbisõidu, läbisõidu kasutamise teguri ja vedamisele kuuluva kauba koguse kohta. Need andmed võimaldavad keskdispetšerteenistusel kontrollida ülesannete täitmist automajandite poolt.

Matemaatiliste meetodite eduka juurutamise suureks stiimuliks on materiaalne hüvitus. Leningradi autovalitsustes saavad dispetšerid-programmeerijad näiteks vahemdispetšerite palga. Parimaid neist on korduvalt premeeritud mitte ainult autovalitsus vaid ka Leningradi Autotranspordi Feavalitsus. Nende tööst annab süstemaatiliselt teateid kohalik ajakirjandus. Korduvalt on premeeritud ka matemaatiliste meetodite juurutamisele aktiivselt kaasaaidanud automajandite töötajaid. Nii näiteks sai 1963.aastal suur grupp ringmarsruutidel regulaarselt töötavaid ja oma ülesandeid täitvaid autojuhte küllaltki suure preemia - loo rbl. iga üks.

#### Laiali- ja kokkuveomarsruutide väljatöötamine

1964.aastal tegi Autotranspordi Teadusliku Uurimise Instituudi Leningradi filiaal Leningradi tarbijatele piima, piimasaaduste ja tehnilise hapniku sisseveo faktiliste

andmete alusel laialiveomarsruutide eksperimentaalseid arvutusi. Arvutused tehti olemasolevate matemaatiliste meetodite abil ilma raali kasutamiseta. Samaaegselt tehti meetodi loogiline analüüs, mille järeldused korrutati arvutuste tulemustega.

See töö pakkus huvi ekspluatatsioonitöötajatele, sest see võimaldas teha teatud praktilisi järeldusi. Jättes puudutamata laialiveomarsruutide koostamise matemaatiliste meetodite olemuse (nendega võib tutvuda juba trükist ilmunud artiklite alusel),<sup>x)</sup> valgustama lühidalt laialiveomarsruutidega töötamise kogemusi Leningradis.

#### Vecautodele avatud tänavate võrk

Laialiveomarsruutide koostamiseks osutus linna mikro-rajoonideks jagamine kõlbmatuks. Tekkis vajadus välja töötada või valida uus meetod, mis võimaldaks omada juba varem kindlaksmääratud vahekeugusi linna erinevate punktide vahel ja vastaks laialiveomarsruutide kohta esitatavatele nõuetele. Selliseks vastuvõetavaks meetodiks osutus vecautode liikluseks avatud linnatänavate võrgule kantavate tugipunktide süsteem.

<sup>x)</sup> L.G.Zajentšik, R.A.Poljak, M.M.Primak, "Väiksepartiiiliste kaupade laialiveo planeerimise matemaatilised meetodid". Ajakiri "Avtomobilnõi transport" nr.3 1964.

V.N.Baulin, A.L.Tsehhanovitš, "Hapnikuveo planeerimine matemaatiliste meetodite ja raali abil". Ajakiri "Avtomobilnõi transport" nr.6, 1964.

See Moskva Autotranspordi Peavalitsuse Programmeerimise Laboratooriumis juba varem kasutusel olnud meetod pandigi aluseks Leningradi konkreetse materjali põhjal väljatöötatavate laialiveomarsruutide eksperimentaalsel arvutamisel.

Leningradis töötati välja kaks tugipunktidega võrkude gruppi. Esimene neist, mida nimetati baasvõrguks, kajastas linna kõiki veoautode liikluseks avatud tänavaid. Tugipunktide arv ja nende vaheline side määrati linna planeerimisest johtunud vajaduste põhjal. Baasvõrgud on aluseks mistahes teiste, vedude kaugust määravate dokumentide väljatöötamisel. Et Leningradis on tänavaid, millel võivad liikuda ainult piiratud kandejõuga veoautod, töötati baasvõrgud välja eraldi väikese kandejõuga autode ja keskmise ning suure kandejõuga autode osas.

Veoautode liikluse baasvõrkude väljatöötamise aluseks võeti järgmised lähteandmed:

- linna olemasolev planeering ja piirid;
- uusehituste rajoonide arengu lähim perspektiiv ja sellega kaasnev linnapiiride muutus;
- võrkude väljatöötamise perioodika olemasoleva liiklussignalisatsiooni olukord;
- liiklussignalisatsiooni olukorra muutumise lähim perspektiiv.

Lähteandmete kindlaksmääramiseks loodi sidemed Riikliku Autoinspeksiooniga, Leningradi Täitevkomitee Arhitektuuri ja Planeerimise Valitsuse linnatranspordi arengu koordineerimise osakonnaga ning Teede ja Sildade Valitsusega ja rajoonide arhitektidega. Selline lähenemine veoautode liikluse baasvõrkude koostamisele lubab loota, et need võrgud suudavad tõesti funktsioneerida baasvõrkudena küllaltki kaua ilma oluliste korrigeerimisteta.

Baasvõrkude väljatöötamise tehnika oli järgmine:

- 1) vastavalt uusehituste rajoonide arengu lähimale perspektiivile määrati kindlaks võrgu välised piirid;
- 2) kindlaksmääratud piirides fikseeriti linna plaanil tugipunktid; nende paiknemist määrasid teede sõlmed, peamiste kaubaseatepunktide paiknevus, tööstus- ja kaubandusettevõtete kontsentratsioon ja elamuehituse mikrorajoonid;
- 3) määrati tugipunktide sidemed naabritega seoses liikluse signalisatsiooniga olukorraga ja selle arengu lähima perspektiiviga ning sidemete pikkused.

Konkreetsete veoülesannete lahendamisel on tarvis veoautode liiklusvõrku lihtsustada, s.t. tugipunktide arvu ja vastavalt ka nendevahelisi sidemeid vähendada. See on tingitud kas realtehnikast (kui seda kasutatakse arvutamisel) või püüdlusest vähendada töö mahtu käsitsi arvutamisel. Neil juhtudel töötatakse välja veoautode liikumise nn. töövõrgud.

Leningradis töötati välja töövõrk väikese kandevõuga auto-  
de jaoks (seda lahendatakse raalil "Uraal-2"). Võrgu koosta-  
misel jäeti välja ühte sisendsidet omavad tugipunktid.

Veodlesande lahendamisel kinnistatakse kõik kaupu tar-  
bivad ja saatvad punktid lähimatele töögraafiku tugipunkti-  
dele, mille järel töötatakse matemaatiliste meetoditega väl-  
ja laialiveo marsruudid.

### Marsruutide väljatöötamine

Kaupade laialiveomarsruutide väljatöötamise olemasolev  
matemaatiline meetod koosneb üldkujul kolmest etapist:

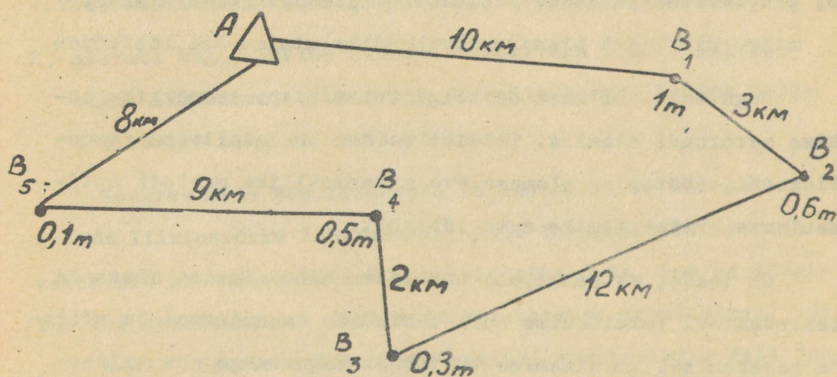
- 1) lähimate sidevõrkude määramisest;
- 2) võrgu lähimate punktide grupeerimisest marsruutidesse;
- 3) grupeeritud punktide läbimise sellise järjekorra määra-  
mine, mis tagab transpordivahendile minimaalse läbisõidu.

Nagu näha, on meetodi kõigi kolme etapi eesmärgiks lü-  
hima marsruudi saamine. Teisiti öeldes on laialiveomarsruu-  
tide väljatöötamise olemasoleva matemaatilise meetodi opti-  
maalsuse kriteeriumiks auto läbisõit.

On teada, et hankijale tarbijate kinnistamise ülesande  
lahendamisel (minimaalse null-läbisõidu tagamisega) ja sõitu-  
de seostamisel (minimaalse tühisõidu tagamisega) on kritee-  
riumiks samuti auto läbisõit (koormaga, null- ja tühisõit).  
On ilmne, et nendes ülesannetes on optimaalsuse kriteeriumi-  
deks auto läbisõit, kuigi teatud klauslitega, sest antud ve-  
dude hulga juures saab transporditöö tehtud seda väiksemate

kulutustega, mida lühem on koormaga sõit ja mittetootlikud sõidud. Optimaalsete laialiveomarsruutide väljatöötamisel tekitab aga sellise kriteeriumi valiku õigsus kahtlust. Asi seisneb selles, et nagu juba märgitud, võimaldab kaupade laialiveomarsruutide koostamise meetodika määrata punktide läbimise sellise järjekorra, mis kindlustab autole minimaalse läbisõidu. Marsruuti pikkuse seisukohalt on täiesti ükskõik, kuidas punktid läbida - kas päri- või vastupäeva.

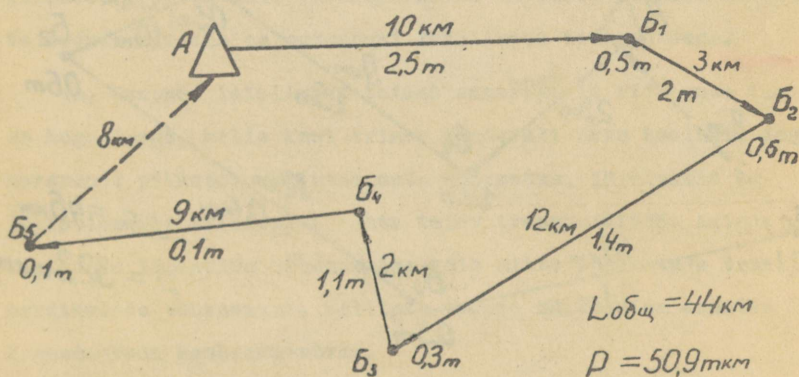
Auto töö näitude ja selle töö teostamiseks minevate materiaalsete kulutuste seisukohalt ei ole aga kaugeltki ükskõik, kumba piidi sõita. Oletame, et auto GAZ-51 jaoks on olemas viie kohaletoimetamise punktiga laialiveomarsruut (vahekaugused ja sisseveetavate kaupade maht on näidatud joonisel 9).



Joon.9. Laialiveomarsruudi näidis

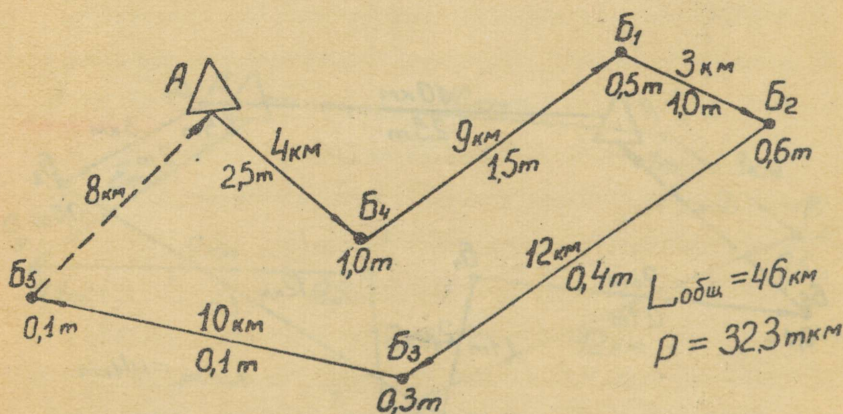
Mahalaadimispunktide läbimisel päri- või vastupäeva sõidab auto 44 km. Samal ajal on transporditöö, järelkult ka kulutused vedude osas erinevad. Nii on näiteks esimesel juhul transporditöö võrdne:  $(2,5 \times 10) + (1,5 \times 3) + (0,9 \times 12) + (0,6 \times 2) + (0,1 \times 9) = 42,4$  t/km, teisel juhul aga  $(2,5 \times 8) + (2,4 \times 9) + (1,9 \times 2) + (1,6 \times 12) + (1,0 \times 3) = 67,6$  t/km. Järelikult on majanduslikust seisukohast esimene variant kahtlemata parem kui teine.

Vaatame veel ühte näidet. Joonisel 10 on näidatud sama laialiveomarsruut, ainult punktidesse sisseveetava kauba maht on mõnevõrra muutunud. Marsruudi pikkus on endiselt 44 km, st. optimaalne, kuid transporditöö, nagu seda on lihtne välja arvutada, võrdub 50,9 tonnkilomeetriga.



Joonis 10. Optimaalne laialiveomarsruut

Joonisel 11 on antud samad kauba sisseveo tingimused, kuid punktide läbimise optimaalne järjekord on rikutud. Hankedu juurest ei sõida auto mitte punkti  $B_1$ , nagu seda peaks tegema optimaalse skeemi järgi, vaid punkti  $B_4$ , ja seejärel juba punkti  $B_1$  (eeldatakse, et sõiduvõimalused punktist A punkti  $B_4$ ,  $B_4$ -st kuni  $B_1$  ning edaspidi  $B_3$ -st kuni  $B_4$  on olemas). Sellise laialiveomarsruudi skeemi puhul pikeneb üldine läbisõit 2 km võrra ehk 4,5 % ja moodustab 46 km, samal ajal väheneb transporditöö 18,8 t/km ehk 36,5 % võrra ja moodustab ainult 32,3 t/km. Pole tarvis tõestada, et transporditöö vähenemine marsruudil 36,5 % võrra on majanduslikult otstarbekam kui auto läbisõidu vähenemine 4,5 % võrra.



Joon.11. Mitteoptimaalne laialiveomarsruut

Niisiis tõestavad mõlemad toodud näited piltlikult, et olemasolev laialiveomarsruutide koostamise meetod, milles optimaalsuse kriteeriumiks on võetud auto läbisõit, ei saa üldjuhul anda oodatud tulemusi. Kuid see ei tähenda, et antud meetod tuleks täielikult kõrvalde jätta.

### Marsruutide klassifikatsioon

Hinnates praktiliselt olemasolevaid laialiveomarsruute vedude iseloomu järgi võib eraldada nende küllaltki spetsiifilisi variante (joon.12).

1. Mahalaadimispunktides võetakse peale kaaluliselt mahalaaditavale võrdne (või paaegu võrdne) veos, või kauba laialivedu toimub samaaegselt taara kogumisega, mille kaal ei erine oluliselt taarastatud kauba kaalust. Sel juhul võib olulise eksimusega öelda, et kogu marsruudil läbisõidu ühe kilomeetri kohta tulev transporditöö on püsiv suurus. Selliste vedude näiteks on surugeasi laialivedu balloonidega.

2. Kaupade laialivedu toimub samaaegselt niisuguse taara kogumisega, mille kaal erineb tunduvalt neto kaalust. Kogu marsruudi pikkuses muutuvad auto koormatus, järelkult ka läbisõidu ühe kilomeetri kohta tulev transporditöö. Autode summaarse läbisõidu vähendamine võib mitte põhjustada transpordikulude vähenemist. Selliste vedude näiteks on enamiku kaupade vedu kaubandusvõrku.

Laiali- ja  
kokkuveomarsruudid

I grupp

Autode läbisõidu vähendamine annab säästu (transporditöö läbisõidu 1 km kohta on püsiv)

Mahalaadimis-  
punktides võetakse peale mahalaaditava ga kaaluliselt võrdne (või peaaegu võrdne) kogus kaupa

Ettenähtud aja jooksul peab auto teenindama maksimaalse arvu punkte; transporditööd ei arvestata

II grupp

Autode läbisõidu vähendamine ei garanteeri säästu (transporditöö läbisõidu 1 km kohta on püsiv)

Mahalaadimis-  
punktides võetakse peale mahalaaditavast kaaluliselt tunduvalt erinev kogus kaupa

Mahalaadimispunktides kaupa peale ei võeta

V e d u d e n ä i t e d

Surugaas  
balloonidega

Postisaadetised

Suurem osa kaubandusvõrku minevast kaubast

Kaupade vedu kaubandusvõrku spetsialiseeritud transpordivahenditega

Joonis 12. Laiali- ja kokkuveomarsruutide klassifikatsioon

3. Kaupade laialiveedu toimub ilma mingisuguste kaupade pealevõtmiseta mahalaadimispunktides, st. et tegemist on puhtal kujul laialiveo- (kokkuveo-) marsruutidega. Marsruutide kogu pikkuse jooksul läbisõidu ühe kilomeetri kohta tulev transporditöö muutub. Autode summaarse läbisõidu vähendamine võib mitte põhjustada transpordikulude vähenemist. Selliste vedude näiteks on väikesaaduste tsentraliseeritud laialiveedu raudtee kaubajaamadest.

4. Marsruuti koondatud punktide arv on piiratud mitte auto kandejõuga, vaid punktide läbisõitmiseks ja teenindamiseks kehtestatud ajaga. Mida rohkem punkte auto teenindab, seda parem (autode üldarv väheneb). Niisiis on summaarse läbisõidu vähendamine sel juhul tarvilik ja majanduslikult otstarbekas. Näiteks võib tuua auto töö posti kogumisel ja laialiveol.

Järelikult võib laialiveomarsruudid jagada neljaks iseloomulikuks variandiks, kusjuures kaks neist (1. ja 2.) nõuavad oma iseloomu tõttu autode läbisõidu vähendamist, ülejäänud kaks aga ei garanteeri läbisõidu vähendamisel majandusliku efekti saamist, sest minimaalse läbisõiduga võib kaasneda üleliigne transporditöö. Seda tõestavad eespool toodud näited.

Niisiis võib selliste laialiveo- (või kokkuveo-)marsruutide väljatöötamisel, mis sarnanevad esimesele või neljandale variandile (marsruutide esimene grupp), optimaalsuse kriteeriumiks võtta autode läbisõidu.

Teisele ja kolmandale variandile sarnaste marsruutide väljatöötamisel (marsruutide teine grupp) ei saa läbisõitu võtta optimaalsuse kriteeriumiks.

Nagu näitavad Leningradi autotranspordi töökogemused, võib mõlemad laialiveomarsruutide grupid jagada kahte alagruppi:

esimene alagrupp - piiratud arvuga (kaks-kolm) üksteise lähedal asuvaid sissesõidupunkte sisaldavad laialiveomarsruudid;

teine alagrupp - meelevaldse arvu üksteisest kaugel asuvaid sissesõidupunkte sisaldavad laialiveomarsruudid.

Esimene alagrupp koosneb tavaliselt kolmest iseloomulikust elemendist: sõitmine hankija juurest grupeeritud punktide juurde, punktide läbisõitmine ja tagasipöördumine hankija juurde. Sõit hankija juurest grupeeritud punktidesse ja tagasipöördumine toimub valdavas enamuses mööda üht ja sama marsruuti. Punktide läbisõitmise variandid on piiratud: kahe punkti puhul - üks variant (sõit päri- või vastupäeva annab ühesuguse läbisõidu); kolme punkti puhul arvestades läbisõidu võrdsust päri- ja vastupäeva sõitmisel - kolm varianti. Et punktid asuvad üksteise lähedal ja nende läbisõitmise variantide arv on piiratud, siis ei tule parima variandi subjektiivse määramisega olulist viga ja võimalik viga asub tavaliselt läbisõidetud kilomeetrite täisarvuni ümardamise piires. Järelikult ei ole punktide läbisõitmise järjekorra määramisel sellesse alagruppi kuuluvatel marsruutidel

praktilist vajadust matemaatiliste meetodite järele,

Üksteise lähedal asuvate (piiratud arvu puhul: kaks-  
-kolm) punktide grupeerimine marsruuti ei tekita raskusi ja  
nagu praktike näitas, tehakse see ilma lühimate sidevõrkude  
väljatöötamiseta.

Seejuures tuleb ainult kinni pidada järgmisest järje-  
korrast: grupeerimine peab algama perifeersetest punktidest  
ja lähenema pidevalt tsentrile (hankijale). Mis aga puutub  
autode hankija juurest punktidesse ja hankija juurde tagasi-  
pöördumise marsruutide määramise matemaatilisel meetodil,  
siis on sellel puhtteoreetiline iseloom. See on seletatav  
asjaoluga, et auto teekonda (marsruuti) hankija juurest tar-  
bijani linnatingimustes teekonnalehte kunagi ei märgita, see  
tähendab, et autojuhile antakse õigus sõita nii, kuidas ta  
peab vajalikuks. Järelikult jääb matemaatiline objektiivsus  
arvestustesse ja seda ei rakendata praktikasse.

Objektiivsus ise on kaheldav, sest arvestuste aluseks  
on võetud lühimad vahemaad veoautode liikluse võrgu punktide  
vahel, milles figureerivad loomulikult ainult kilomeetrid ja  
ei arvestata paljusid muid väga tähtsaid tegureid: teekatte  
seisukorda, tänavate sõidutee laiust, liikluse intensiivsust,  
piiravate märkide ja reguleeritavate ristteede olemasolu jms.  
Teiste sõnadega öeldult ei ole lühim vahemaa alati kõige ka-  
sulikum (see on üks põhjustest, miks suurte linnade ümber  
ehitatakse ringteid, linna sees aga ersldatakse liikluse

suunad ja ringid, mis (kuigi mitte alati lühimad) võimaldavad kiiresti sõita linna ühest osast teise).

Niisiis, esimesse gruppi kuuluvaid laialiveomarsruute võib praktikas edukalt koostada ilma matemaatiliste meetodite kasutamiseta, isegi kui marsruudi kvaliteedi kriteeriumiks võtta läbitud kilomeetrid.

Teise alagruppi kuuluvaid laialiveomarsruute (iseloomustuvad, nagu juba märgitud, meelevaldse arvu üksteisest kaugel asuvate punktidega) tuleb autode minimaalse läbisõidu saamise seisukohast koostada tingimata matemaatiliste meetodite abil. Tõepoolest, vastavalt dr. E.Santo (Ungari) arvutustele on viie punkti puhul olemas 12 varianti nende läbimiseks, kuue puhul - 60 ning kümne puhul - 181 400! Neil juhtudel ei ole võimalik erinevate variantide väärtusi hinnata juhitudes ainult "tervest" mõistusest. Üksteisest kaugel asuvate piiratud arvuga punktide puhul on linnatingimustes raske ilma objektiivsete meetoditeta määrata nende läbisõitmise vajalikku järjekorda. Vead võivad sel juhul ületada läbitud kilomeetrite täisarvuni ümardamise piire.

Laialiveomarsruutide matemaatilisel  
meetodil väljatöötamise praktilise otstarbe-  
kuse hinnang

Käesoleval ajal on matemaatiliste meetodite abil välja töötatud ning juurutatud järgmised laialiveomarsruudid: Kiiev - piima kohaletõimetamiseks,<sup>x)</sup> Moskvas - pelmeenide ja

<sup>x)</sup>G.P.Baidjukov. "Vedude planeerimise matemaatiliste meetodite rakendamise tulemused". Ajakiri "Avtomobilnõi transport" nr.2, 1964.

hapniku kohaletoimetamiseks. Sellega piirdubki matemaatiliste meetodite abiga väljatõstatud laialiveomarsruutide loetelu.

Mida siis on nende marsruutide juurutamine praktiliselt andnud.

Otsustades Kiievi Autotranspordi Valitsuse ülema G.P. Baidjukovi artikli järgi, moodustas Kiievis matemaatiliste meetodite juurutamisest tulenev aastane sääst kaubavedude operatiivsel planeerimisel 56 tuhat rbl., sellest 1200 rubla (u.2 %) andsid piima laialiveomarsruudid (arvutuslik efektiivsus). Moskva Autotranspordi Peavalitsuse poolt avaldatud andmetest <sup>x)</sup> nähtub, et vahendite kokkuhoid, mis saadi programmeerimise laboratooriumi poolt 1963.a. lahendatud ülesannete juurutamise tulemusena, moodustas aastas umbes 1300 tuhat rubla, sealhulgas laialiveomarsruutide juurutamise tulemusena (hapniku vedu) 6,7 tuhat rbl.<sup>xx)</sup> ehk umbes 0,5 % kokkuhoiu üldsummast. Huvitav on see asjaolu, et hapniku laialiveo ülesande lahendamisele eelnes hapniku tarbijate (kolmele varustatavale tehasele) optimaalse kinnistamise lahendamine. Selle lahenduse praktiline teostamine andis aastas 46 tuhat rubla kokkuhoiu ehk seitse korda rohkem, kui andsid laialiveomarsruudid. Ja veel üks arv. Moskvast on pelmeenide laialiveol rakendatud 40 väikese kandejõuga autot, mis moodustab

<sup>x)</sup> "Moskva Autotranspordi Valitsus" Kirjastus "Svjaz", M.1964.

<sup>xx)</sup> V.N.Baulin, A.A.Tsehhanovitš. "Hapnikuveo planeerimine matemaatiliste meetodite ja raalide abil". Ajakiri "Automobilnoi Transport", nr.6, 1964.

Moskva autotranspordi veovõimest mõni sajandik protsenti. Seega on ilmne, et matemaatiliste meetodite abil välja töötatud laialiveomarsruutide juurutamisest saadav sääst on pelmeenide vedamisel nii tühine, et selle võib üldse jätta arvestamata.

Toodud arvud näitavad piltlikult laialiveomarsruutide vähest osa käesoleval ajal matemaatiliste meetodite abiga planeeritud vedude üldmahus. (Õeldu ei kehti automajandite suhtes, mis on spetsialiseerunud laialiveomarsruutidele. Sellistele automajanditele on laialiveomarsruutidel töötamise täiustamise küsimus eriti tähtis).

Huvi pakuvad ka mõningad Leningradi kohta käivad andmed, mis iseloomustavad laialiveomarsruutide erikaalu. Nii oli transpordisõlmale 1965.aastaks planeeritud kaupade sisse- ja väljaveo üldmaht 4214 tuhat tonni, sealhulgas sisse- ja väljavedu laiali- ja kokkuveomarsruutidel - 198 tuhat tonni. Järelikult moodustab vedude maht laiali- ja kokkuveomarsruutidel 4,7 % transpordisõlmega seotud vedude üldmahust ning mõni sajandik (kui mitte tuhandendik) protsenti linnasiseste vedude üldisest veokäibest, kusjuures 27 % laialiveomarsruutidest hõlmavad kaks, ning 73 % - kolm ja enam sissesõidupunkti.

Ilmselt võib kinnitada, et laiali- ja kokkuveomarsruudid on kaubanduslike veoste puhul kõige enam levinud. Et saada ettekujutust nende erikaalust ja iseloomust Leningradis,

viis Autotranspordi Teadusliku Uurimise Instituudi kohalik filiaal läbi Leningradi Kaubanduslike Vedude Valitsuse ühe päeva (7.apr.1964.a.) vedude kõigi teekonnalehtede analüüsi.

Nagu nähtub tabelist 24, on vedude erikaal laialiveomarsruutidel kaubanduslike veoste puhul üldmahus küllaltki suur - 54 % ning leiva- ja saiaveol ulatub 89 %-ni. Kuid need arvud ei iseloomusta küllaldaselt laialiveomarsruute. Et näha, mis peitub nende arvude taga, analüüsiti ühe automajandi leiveveoga tegelevate autode teekonnalehti. Analüüsimisel selgus: 72 %-l laialiveomarsruutidest on kaks sisseõidupunkti, 20 %-l viis, ülejäänutel - 3...4 punkti. Järelikult moodustavad 3 ja enama sisseõidupunktiga marsruudid kõigest 28 % laialiveomarsruutide üldarvust. Leningradi linna veosekäibe analüüsimisel tehti kindlaks, et kaubandusvõrgu sissevedude erikaal on ligikaudu 5 %. Et umbes pool kaubanduslike veoseid veetakse pendelmarsruutidel (vaata tabel 24), siis haaravad laialiveomarsruudid kõigest 2,5 % vedusid.

Toodud arvud kinnitavad veenvalt, et üldkasutatava autotranspordi vedudel on laiali- ja kokkuveomarsruutidel linnasiseses kaubeveo üldmahus tähtsusetu erikaal. On alust arvata, et kokku- ja laialiveomarsruutidel teostatavate vedude erikaal perspektiivis mitte ainult ei suurene, vaid nähtavasti mõningal määral isegi kahaneb.

Tabel 24

Laialiveomarsruutidel teostatavate kaubavedude erikaal Leningradi Kaubenduslike Vedude Valitsuse vedude üldmahus saaduna ühel tööpäeval

Kauba nimetus	Veetud kaupa t		
	%-des üldmahust	pendel-marsruutidel %-des	laialiveo-marsruutidel %-des
1	2	3	4
Leib ja sai	20,3	10,6	89,4
Piim ja piimatooted	14,1	39,1	60,9
Liha ja lihatooted	4,4	15,7	84,3
Bakaalkaubad	8,2	46,7	53,3
Joogid	9,8	69,1	30,9
Muud toidukaubad x)	26,9	48,7	51,3
Rõivad ja jalatsid	1,6	34,2	65,8
Kultuuri- ja elukondlikud kaubad	0,6	81	19
Majapidamiskaubad	2,4	74,7	25,3
Muud kaubastatavad materjalid	4	78,1	21,1
Mitmesugused leivatehastesse ja kombinatidesse toimetatavad materjalid (jahu, sool, suhkur jms.)	7,7	-	-
Kokku:	100	45,9	54,1

x) Siin moodustavad põhilise osa kaalust juur- ja puuvili, mis toimetatakse tavaliselt kohale suurte partiide kaupa.

Järelikult võib fikseerida kolme väidet:

1) laialiveomarsruudid eksisteerivad tegelikkuses ja jäävad kindlasti ka edaspidi, kuid nende erikaal linnasiseste kaubavedude üldmahus ei ole määrav;

2) laialiveomarsruutidel tarbijatele kättetoimetatavate veoste küllaltki ulatusliku nomenklatuuri puhul on marsruutide väljatöötamise matemaatiliste meetodite praktiline kasutamine tühine; x)

3) matemaatiliste meetodite kasutamisest laialiveomarsruutide väljatöötamisel ei tule loota suuri majanduslikke kasusid ja automajandite (trustide) autode töö kvalitatiivsed näidud tervikuna ei parane eriti tunduvalt, vähemalt lähemal ajal mitte.

#### Laialiveomarsruutide arvutamine Leningradis

Laialiveomarsruutide arvutamisele eelnes vaevanõudev ja töömehukas lähteandmete kogumine ja üldistamine. Selle töö käigus tehti kindlaks, et otstarbekas on esmajärjekorras välja töötada piima ja piimatoodete vedude marsruudid ning samuti hapnikuveo marsruudid tehasest "Kraanõi ävtogen" nr.2.

---

x) Mõningates töödes võib leida väite, et selle meetodika kasutamine võimaldas autode läbijooksu vähendada lo...15 ja isegi 25 % võrra. Iseenesest on need protsendid kõrged, kuid need ei ütle veel midagi. Tuleb vaadata, milliste veoste mahu kohta nad käivad (enamikul juhtudel kahjuks väga tühiste kohta)

Piima- ja piimatoodete vedude jaotus Leningradis  
tundide kaupa

Näidud	Kohaletoimetamise aeg						avanss õõ arvel 22..24
	00..7	7..10	10..12	12..14	14..16	16..18	
Teenindatava- te kauban- duspunk- tide arv %-des	25,5	23	19	18	9	3,5	2
Toodete veomaht %-des	44,5	18	12,5	11,5	7,5	2,5	4

Kaubapiima ja piimatoodete tootmine on Leningradis tehtud ülesandeks Leningradi piimakombinaati ühendatud ettevõtete grupile. Tootmisprogrammis on ette nähtud laialdane sortiment, seetõttu saavad piimatooted kaubandus- ja ühiskondliku toitlustamise võrku mitte ainult suurel hulgal, vaid ka laialdasel valikus.

Piima ja piimatoodete hangete eriliste tingimuste tõttu on ette nähtud taara tagastamine. Järelikult kujutab piimatoodete ja tagastatava taara vedu enesest ühtset transpordiprotsessi. Neid tooteid pendelmarsruutidel vedavatel autodel on olemas tagasisõidukoorem - tõsi küll, väikese kandejõu kasutamise teguriga. Kasutatav kaubanduspunktide varustamise süsteem on selline, et tehaste toodang antakse välja võimalikult mitmekesisena. Seetõttu laaditakse ühte autosse erineva

tooted. Selline kaubandusorganisatsioonidele kasulik süsteem suurendab ühel aadressil saadetavate partiide kaalu ning vähendab järelikult sissesõidupunktide arvu laialiveomarsruutidel.

Tehased korraldavad vastavalt sisseveo kooskõlastatud graafikutele piimatoodete tsentraliseeritud kohaletoimetamist Leningradi Kaubanduslike Vedude Valitsuse automajandite kaudu lepingute alusel antavate transpordivahenditega. Käesoleval ajal on linna ühe piimatehase poolt teenindatavate kaubandus- ja ühiskondliku toitlustamise ettevõtete jaoks kindlaks määratud järgmised piimatoodete kohaletoimetamise intervallid ja sisseveomahud, mis on iseloomulikud peaaegu kõigile kvartalitele (tabel 25). Tabelist nähtub, et Leningradile on iseloomulik piimatoodete sissevedu kaubanduspunktidesse öisel ajal (arvestades avansina 27,5 % kaubanduspunktidest, mis on põhiliselt kauplused, ja 48,5 % ööpäevase sisseveo mahust). Väga vastutusrikkaks perioodiks on hommikutunnid (7.00 ... 10.00), mil 23 % kaubanduspunktidest peavad täpselt kindlaksmääratud ajal saama 18 % ööpäevase sisseveo mahust. Järelikult hõlmab piimatoodete öine ja hommikune kohaletoimetamine umbes pool kaubanduspunktidest ja kaks kolmandikku ööpäevase sisseveo mahust.

Analüüsinud kaubanduspunktide ööpäevast vajadust piimatehase toodangu järgi, selgus, et see kõigub väheses ulatuses, välja arvatud trusti "Lenmoloko" kauplused (iseloomulikud näited on esitatud tabelis 26). See loob tingimused alaliste, selnevalt väljatöötatud marsruutide kasutamiseks (sõltuvalt aastae-  
gaadest need marsruudid muutuvad).

## Kaubanduspunktide ööpäevane piimatoodete

tarvidus olenevalt nädalapäevadest

Kuupäev ja päev	Ööpäevane tarvidus kg		
	gastro- noom nr.13	sõukla nr.23	"Lenmoloko" kauplus nr.11
20.jaanuar, esmaspäev	606	708	1570
22.jaanuar, kolmapäev	550	738	2234
24.jaanuar, reede	568	658	2170
25.jaanuar, laupäev	596	690	1730

Tabeli üsna tüüpilised andmed illustreerivad kaht järeldust (neid kinnitab kõigi kaubanduspunktide kohta tehtud sissevedude analüüs):

1) spetsialiseeritud kaubandusettevõtteks tarvitavad trusti "Lenmoloko" kauplused suure hulga toodangut, mille kohaletoomiseks kasutatakse kas pendelmarsruute või kahe sissesõidupunktiga laialiveomarsruute;

2) sisseveetava toodangu mahu poolest võimaldavad ülejäänud kaubanduspunktid teha vedusid laialiveomarsruutidel (põhiliselt 3...4 sissesõiduga).

Enne laialiveomarsruutide arvutamist olid kõik vaadeldavad kaubanduspunktid (vaadeldi ainult territoriaalselt piimatehasele lähedasi punkte) seotud transpordivõrgu tugipunktidega. Kui ühe tugipunkti lähedal oli kaks või enam

objekti, mille summaarne sissevedu mahub kasutatava auto GAZ-51 kandejõu piiridesse, siis eemaldati nad edasistest arvutustest.<sup>x)</sup>

Siit nähtub, et 23-st marsruudist 9-l ehk 40 %-l on kaks, ning 14-l (60 %) - kolm ja enam sissesõidupunkti, mis hõlmavad 48 kaubanduspunkti. Pidades meeles, et üldse oli vaatluse alla võetud 104 kaubanduspunkti, haarasid kolme ja enama arvu sissesõidupunktiga laialiveomarsruudid endasse ainult 46 % kaubanduspunkte ehk umbes pooled. Arvutused näitavad, et mitte ühtki marsruutidest, mis olid lahendamise esimesel etapil koostatud lähestikku asetsevate kaubanduspunktide grupeerimise (lähtudes nende sisseveovajadusest) ja nende läbisõitmise järjekorra subjektiivse kindlaksmääramise teel, ei õnnestunud oluliselt parendada "summade meetodi" kasutamisega. Teiste sõnadega, Moskva meetodi kolmas etapp osutus antud juhul liigseks. See seletub asjaoluga, et kaubanduspunktid asuvad üksteisest väikesel kaugusel (tabel 27) ning mõned neist asuvad ühe ja sama täneva paaris (või paaritute) numbritega poolal, nii et lähenemine võib toimuda ainult ühes suunas.

x) Kasutades seda meetodikat valiti 104 kaubandusettevõttest laialiveomarsruutide arvutamiseks välja 66, mis on kindlastatud transpordivõrgu 59 tugipunktile.

Laialiveomarsruutide arvutamine toimus Moskva meetodi järgi, kusjuures kolmandal etapil kasutati "summa meetodit" (inversioonide meetod osutus mahukamaks). Töötati välja 23 laialiveomarsruuti, millest 9 hõlmavad kahte sissesõidupunkti, 9 - kolme, 4 - nelja ja 1 - viit sissesõidupunkti.

Rangelt võetuna on ka siin tegemist laialiveomarsruutidega, kuid kaubanduspunktide vahetu läheduse tõttu üksteisele võib sellist marsruuti vaadelda pendelmarsruudina, kus maha-laadimine toimub ühe lae territooriumi erinevatel platsidel

Kolme sissesõidupunktiga marsruudi puhul moodustab punktide läbisõidu teakonna pikkus keskmiselt ühe neljandi-ku marsruudi pikkusest ning nelja sissesõidupunktiga marsruudi puhul - ühe kolmandiku. Kui marsruutide väljatõtamise etapp (summade meetod) andiski mingi võidu kauguses, siis vaevalt ületaks ta vigade piire, mis esinevad marsruutide pikkuste ümardamisel **täiskilomeetriti**. Mainitud objektiivsete põhjuste tõttu ei viinud matemaatiline meetod seega autode läbisõidu praktilise vähenemiseni laialiveomarsruutidel. Punktide läbisõidu järjekorra määramise subjektiivne meetod osutus õigeks, kuid sõit marsruuti grupeeritud punktide juurde ning tagasipöördumine varustaja juurde jääb sõltumatult nende kindlaksmääramise meetodist autojuhi südametunnistuse hooliks.

Pööramata tähelepanu optimaalsuse kriteeriumi õigsusele sel konkreetsel juhul, ei õigustanud end Leningradi tarbijatele piimatoodete kohalstoimetamise laialiveomarsruutide väljatõtamise olemasolev matemaatiline meetod. Tehas "Krasnõi avtigen" nr.2 teenindab enam kui tuhandet alalist klienti, kes asuvad laiali mööda kogu linna. Klientidele toimetatakse hapnik kohale varem väljatõtatud marsruutide järgi kindlaksmääratud graafiku põhjal teatud nädalapäevadel. Laialiveomarsruutide väljatõtamiseks oli võetud neljapäev. Sel päeval varustatakse järgmist arvu punkte: meditsiinilise hapnikuga - 20, erilistes konteinerites veetava tehnilise hapnikuga - 83, ilma konteineriteta veetava tehnilise hapnikuga - 50; - kokku - 153 punkti.

Tabeli andmed võimaldavad näha, kui tühised on väljatõttatud marsruutidel üketeise naabruses asetsevate sissõidupunktide vahelised kaugused.

Tabel 27

Mahalaadimispunktide vahelised  
kaugused piima laialiveomarsruutidel

Marsruudi nr.	Kaugused km					Marsruudi üldpikkus km		
	Varustajast marsruudi esimese punktini	I-st II-ni	II-st III-ni	III-st IV-ni	IV-st V-ni	marsruudi viimast punkti varustajani	Tege-lik	Teekon-naleh-tedel arvesta-tav, koos ümarda-misega
1	1,12	0,31	1,27	0,6	1,15	2,08	6,53	7
2	0,5	0,18	0,1	0,3	-	1,08	2,16	2
3	0,3	0,5	0,36	0,9	-	2,06	4,12	4
4	4,14	0,3	0,2	0,53	-	5,17	10,34	10
5	5,47	0,3	0,87	0,81	-	6,91	14,36	14
6	0,8	0,77	0,23	-	-	1,79	3,59	4
7	2,01	0,5	0,33	-	-	1,42	4,26	4
8	1,41	0,52	0,56	-	-	1,92	4,41	4
9	1,21	0,95	1,2	-	-	3,36	6,72	7
10.	2,39	2,03	0,46	-	-	3,7	8,58	9
11	2,71	1,43	0,42	-	-	3,14	7,7	8
12	2,72	0,72	0,96	-	-	3,44	7,84	8
13	2,65	0,3	0,21	§	-	2,85	6,01	6
14	3,21	0,3	0,6	-	-	4,14	8,25	8
keskmise kaugus km	2,188	0,651	0,551	0,628	1,15	3,076	6,776	7

Laialiveomersruutide arvutamiseks võeti kolmas- konteineriteta veetava tehnilise hapniku grupp. Saadud tulemuste hindamiseks võeti Leningradi Tööstuslike Vedude Valitsuse poolt eelnevalt subjektiivsel meetodil välja töötatud sama päeva hapnikuveogrupi vedude marsruudid. Nende iseloomustus on toodud tabelis 28. Peamine järeldus, mis tuleb teha tabeli andmetest, on kaupade sisseveopunktide vaheliste suurte kauguste olemasolu marsruudil. On lihtne välja arvestada, et antud juhul on marsruudil kahe kõrvutiasetseva punkti vaheline keskmine kaugus 5,66 km, s.o. 9 korda suurem kui piima ja piimatoodete veoks väljatöötatud marsruutidel.

On ilmne, et punktide grupeerimine marsruutideks ilma lühima ühendusega väljatöötamiseta ja marsruudi punktide läbisõidu kindlaksmääramine ilma matemaatiliste meetoditeta ei garanteeri sellistes tingimustes parima variandi saamist.

Tabelis 29 on toodud andmed, mis iseloomustavad matemaatilise meetodi abiga samade tingimuste jaoks väljatöötatud marsruute. Võrreldes tabelite 28 ja 29 andmeid, saab teha järgmised järeldused:

1) matemaatilise meetodi kasutamine võimaldas marsruutide üldpikkust lühendada 62,5 km ehk 9,8 % võrra;

2) marsruutide üldpikkus lühenes marsruudi punktide vaheliste kauguste lühenemise arvel 47,1 km ehk 7,4 % võrra ning varustajate ja marsruudi lõpp-punktide vaheliste kauguste lühenemise arvel 15,4 km ehk 2,4 % võrra;

3) marsruudi punktide vaheliste kauguste lühenemine toimus punktide marsruudiks parema grupeerimise ja läbisõidu järjekorra objektiivse kindlaksmääramise arvel;

4) varustajate ja marsruutide lõpp-punktide vaheliste summaarsete üldkauguste vähenemine toimus lõpp-punktide muutmise arvel, valinud marsruudid lühima ühendusvõrgu alusel.

Tabel 28

Tehnilise hapniku subjektiivsel meetodil koostatud laialiveomarsruudid

Marsruudi nr.	Kaugused km.						marsruudi üldpikkus km
	varustajast marsruudi punkti	I-st II-ni	II-st III-ni	III-st IV-ni	IV-st V-ni	marsruudi viimasest punktist varustajani	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	15	-	-	-	-	15	30
2	11	-	-	-	-	11	22
3	8	-	-	-	-	8	16
4	8	-	-	-	-	8	16
5	3	-	-	-	-	3	6
6	12	-	-	-	-	12	24
7	16	-	-	-	-	16	32
8	13	-	-	-	-	13	26
9	24	19	3	8	4	6	64
10	8	13,2	1	3,2	3	13	41,4
11	13	8	5	-	-	9	35

1	2	3	4	5	6	7	8
12	3	12	7	-	-	8	30
13	12	3	3,5	-	-	9,9	28,4
14	12	2,1	4,2	-	-	11	29,2
15	14,2	2	5,4	-	-	12	33,6
16	8	6	1,9	-	-	3	18,9
17	6	5	-	-	-	8	19
18	19	8	-	-	-	13	40
19	12	8	-	-	-	14	34
20	10	3	-	-	-	9	22
21	3	8	-	-	-	6	17
22	4	5	-	-	-	8	17
23	17,5	1,6	-	-	-	18,7	37,8
Kokku	251,7	103,9	31	11,2	7	234,6	639,4
Keskmine kaugus km	10,9	6,9	3,9	5,6	3,5	10,2	27,8

Tabel 29

Tehnilise hapniku matemaatilisel  
meetodil koostatud leialiveomarsruudid

Mars- ruudi nr.	Kaugused km						Marsruu- di üld- pikkus km
	varus- tajest mars- ruudi I- punk- tini	marsruudi punktide vahed				mars- ruudi viima- sest punk- tist varus- tajeni	
		I-st II-ni	II-st III-ni	III-st IV-ni	IV-st V-ni		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	15	-	-	-	-	15	30

1	2	3	4	5	6	7	8
2	11	-	-	-	-	11	22
3	8	-	-	-	-	8	16
4	8	-	-	-	-	8	16
5	3	-	-	-	-	3	6
6	12	-	-	-	-	12	24
7	16	-	-	-	-	16	32
8	13	-	-	-	-	13	26
9	15	9	4	2,7	1,8	9	41,5
10	15,5	1	6	4	-	19	45,5
11	10	3	3	3	-	6	25
12	12	2,1	7,5	2	-	13,5	37,1
13	9	1	2	-	-	7,5	19,5
14	13	5,5	8,5	-	-	12	39
15 n	8	2	3	-	-	4	17
16	6	4	4	-	-	6	20
17	13	2	2,3	-	-	12	29,3
18	9,9	3	-	-	-	10	22,9
19	18	1,6	-	-	-	17,5	37,1
20	14	4	-	-	-	12	30
21	12	6	-	-	-	6	24
22	3	8	-	-	-	6	17
Kokku	244,4	52,2	40,3	11,7	1,8	126,5	576,8
Keskmine kaugus km	11,1	3,7	4,5	2,9	1,8	10,3	26,2

Järelikult andis laialiveomarsruutide väljetöötamise matemaatiline meetod tehnilise hapniku vedude veatlemisel positiivseid tulemusi ja viis marsruutide üldpikkuse vähenemiseni. Peab rõhutama, et antud konkreetsel juhul ning antud transpordivahendite korral annab marsruutide üldpikkuse lühendamine kahtlematult säästu, sest kogu marsruudi ulatuses jääb autode koormus peaaegu muutumatuks. Lühivii-  
dud arvutused kinnitasid järeldusi, mis olid tehtud laialiveomarsruutide iseloomu ja nende väljetöötamise olemasoleva matemaatilise meetodi analüüsimisel ja hindamisel.

#### K o k k u v ö t t e k s

Matemaatilised meetodid on autotranspordi töö parendamise tähtsaks vahendiks. Praktiliste ülesannete lahendamisel talletatud lineaarse programmeerimise kasutamise kogemused tõendavad veenvalt nende meetodite suurt efektiivsust. Uute matemaatiliste meetodite juurutamist kõigi autovalitsuste töö praktikasse tuleb seetõttu pidada autotranspordi eluliseks vajaduseks.

Juba käesoleval ajal on rea NSV Liidu linnade autotranspordis kasutamist leidnud matemaatika ja raaltehnika. Selleks, et matemaatilised meetodid ja raalid saaksid autotranspordi kogu plaanipärase töö aluseks, tuleb veel palju teha. Autorid avaldavad lootust, et see brošüür osutab autotranspordi töötajatele selle ülesande kiiremal lahendamisel praktilist abi.

## S i s u k o r d

Sissejuhatus . . . . .	3
Tarbijate kinnistamine hankijaile . . . . .	8
Klientide kinnistamine automajandile . . . . .	14
Vedude marsrutiseerimine . . . . .	29
Autode töö optimaalse planeerimise üldmetoodika (tehnoloogia) matemaatilistel meetoditel . . . . .	32
Lähteinformatsiooni ettevalmistamine . . . . .	34
Matemaatiline lahendamine . . . . .	43
Saadud lahenduse dešifreerimine ja vajalike do- kumentide väljatöötamine . . . . .	52
Üldise metoodika juurutamise tulemused Leningra- di autovalitsustes . . . . .	54
Mõningaid praktilisi soovitusi planeerimise ma- temaatiliste meetodite juurutamiseks . . . . .	74
Laiali- ja kokkuveomarsruutide väljatöötamine . . . . .	83
Veosutodele avatud tänavate võrk . . . . .	84
Marsruutide väljatöötamine . . . . .	87
Marsruutide klassifikatsioon . . . . .	91
Laialiveomarsruutide matemaatilisel meetodil väl- jatöötamise praktilise otstarbekuse hinnang . . . . .	96
Laialiveomarsruutide arvutamine Leningradis . . . . .	101
Kokkuvõtteks . . . . .	112



МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
В ПЛАНИРОВАНИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

---

На эстонском языке

ЭСТОНСКАЯ ССР

Министерство автомобильного транспорта и шоссейных  
дорог

Toimetaja P. Silla

---

Trükkimisele antud 21.I.1969.a. MB-01431.  
Paber 60x84,1/16. Trükipoognaid 7,25.  
Tellimine nr. 14. Tiraaž 150. Trükitud  
Teedeehituse Kesklaboratooriumi rotaprintil

Hind 30 kop.





Hind 30 kop.

A  
A-29666

TÜ RAAMATUKOGU  
  
1 0300 00399937 4