

<https://doi.org/10.3176/hum.soc.sci.1971.2.01>

E. LEINEMANN

Akadeemik Richard Antonsi mälestuseks

K. MARXI VÄÄRTUSVÖRRAND JA ÜHISKONNA MAJANDUSLIK LIIKUMISSEADUS. I

«Kapitali» esimese köite eessõnas ütleb K. Marx, et tema teose lõppeesmärgiks on kaas-aegse ühiskonna majandusliku liikumisseaduse avastamine.¹ Tootmisprotsessi kvantitatiivsete ja kvalitatiivsete külgede analüüsimisel eristas K. Marx *väärtuskasvu* ja *tööprotsessi* mõiste, millest esimene on seotud eeskätt kapitalistliku tootmisviisiga, teine iseloomustab aga kõiki sotsiaal-majanduslikke formatsioone. Väärtuskasvu olemuse igakülgele ja sügavale teoreetilisele uurimisele ongi pühendatud K. Marxi majandusteadusliku loomingu põhiosa. Väärtuskasvu analüüsimisel jõudis K. Marx järeldusele, et mingis ajavahemikus toodetud väärtus X koosneb kolmest liidetavast, nimelt tarbitud püsivkapitali väärtusest c , muutuvkapitali väärtusest v ja lisaväärtusest m :

$$c + v + m = X \quad (1)$$

Lisaväärtuses avastaski K. Marx ühiskonna majandusliku liikumise allika. Käsitades tootmisprotsessi kui tööprotsessi ja väärtuskasvu protsessi ühtsust,² leidis ta, et neid protsesse ühendavaks teguriks on töövahendid, mis võtavad tootmisprotsessi elemendina tööprotsessist osa tervikuna, väärtuskasvu protsessist aga ainult jaokaupa.³ «On suur vahe masina kui väärtust moodustava elemendi ja masina kui produkte moodustava elemendi vahel,» kirjutab K. Marx. «See vahe on seda suurem, mida pikem on periood, mille vältel samu masinaid ikka uuesti kasutatakse samas tööprotsessis.»⁴ Nimetatud erinevus tähendab teiste sõnadega seda, et tootmiskulud moodustavad ainult osa avansseeritud kapitalist, kuigi lisaväärtuse tootmiseks on vajalik kogu avansseeritud kapital.⁵ Käesoleva töö eesmärgiks on käsitleda tootmisprotsessi kui tööprotsessi ja väärtuskasvu protsessi dialektilist ühtsust matemaatilisel. Selleks lähtume väärtusvõrrandist (1) ning täiendame seda tööprotsessile iseloomulike tingimustega, millele juhtis tähelepanu K. Marx ja mida väljendavad investeerimis-, asendamis- ja amortiseerimistegevuse hüpoteesid ning rahvatulu jaotuse postulaadid. Neid lisatingimusi võib pidada niivõrd üldisteks, et nad kehtivad peaaegu kõigis sotsiaal-majanduslikes formatsioonides. Akumulatsiooninormi ja arenemistempo sõltuvuse näol väärtusvõrrandist mainitud lisatingimustel tuletatud ühiskonna majanduslik liikumisseadus on seetõttu pigem üldine majandusseadus, mis jääb jõusse sotsiaal-majanduslikus formatsioonist sõltumata. Akumulatsiooninormi ja arenemistempo seose varal leitakse võrrandid, mis võimaldavad uurida optimaalse arenemistempo ja akumulatsiooninormi olenevust arenemise eesmärgist ja plaaniperioodi pikkusest. Selle majandusseaduse toime täie-

¹ K. Marx, Kapital, I. Tallinn, 1953, lk. 7.

² Sealsamas, lk. 166, 175.

³ Sealsamas, lk. 181.

⁴ Sealsamas, lk. 336.

⁵ K. Marx, Kapital, III. Tallinn, 1962, lk. 37.

lik arvestamine on mõeldav sotsialistlikus plaanimajanduses. Töös käsitletud majandusseadustest võib pidada spetsiifiliseks veel protsendinormi ja kasuainnormi vahekorda reguleerivat seaduspärasust, mis iseloomustab peamiselt arenenud krediidisüsteemiga kapitalistlikku tootmisviisi.

Majandusteaduslike järelduste tegemiseks ei olnud K. Marxil võimalust kasutada matemaatika moodsaid meetodeid, mida tol ajal ei olnud veel olemas või mida tundsid ainult vähesed tippmatemaatikud. Seetõttu ei saanud ta jõuda ühiskonna majandusliku liikumiseaduse matemaatilise formuleerimiseni. Seda suuremat imetlust äratavad meis silmapaistva teadlase uurimistöö sügavad tulemused, mille õigsust hilisem matemaatiline analüüs võib ainult kinnitada.

1. Väärtusvõrrand ja majanduse makrodünaamiline tasakaalumudel

Ühiskonna majandusliku liikumiseaduse matemaatiliseks tuletamiseks käsitame väärtusvõrrandit (1) kui dünaamilist võrrandit, milles c , v ja m on ajas muutuvad suurused, ning rakendame viimaste vahekorra uurimisel matemaatilist analüüsi. Väärtusvõrrandi matemaatiline töötlemine aitab paremini avada K. Marxi väärtusteooria sügavat sisu ning suurendab selle viljastavat mõju majandusteaduse arenemisele.

1. Mudeli süntees. Tugineme K. Marxi väärtusvõrrandile ning postuleerime muutujate c , v ja m järgmised seosed.

1. Kulutatud püsivkapitali väärtus c jaguneb käibevahendite väärtuse aX ja põhivahendite amortisatsiooni F_1+ summaks:

$$c = aX + F_1+ \quad (2)$$

kus a on kulutatud käibevahendite (tooraine, energia, pooltoodete jne.) otsekulunorm.

«Et muutuvkapital funktsioneeriks,» kirjutab K. Marx, «selleks peab avansseerima püsivkapitali teatavais proportsioonides, mis vastavad tööprotsessi kindlale tehnilisele iseloomule.»⁶ Püsivkapitali avansseerimine toimub akumulatsiooni ja investeerimistegevuse vahendusel, mida väljendavad järgmised kolm lisaväärtuse jaotuse postulaati.

2. Lisaväärtus m jaguneb tarbitava lisaväärtuse \bar{m} ja akumuleeritava lisaväärtuse S summaks:

$$m = \bar{m} + S \quad (3)$$

3. Amortisatsiooni F_1+ ja lisaväärtuse akumuleeritava osa S summa moodustab investeeritava väärtuse $I-$:

$$I- = F_1+ + S \quad (4)$$

4. Kogutarbimine Y jaguneb tööjõu väärtuse ekvivalendi v ja lisaväärtuse tarbitava osa \bar{m} summaks:

$$Y = \bar{m} + v \quad (5)$$

Asendanud võrrandis (1) c ja m väärtuse võrdustest (2) ja (3), leiame:

$$aX + F_1+ + v + \bar{m} + S = X$$

millest võrdusi (4) ja (5) arvestades tuleneb võrrand

$$aX + I- + Y = X \quad (6)$$

Võrrandi (6) edasisei teisendamisel peame silmas K. Marxi eeldust, mille järgi põhivahendid võtavad tööprotsessist osa tervikuna. Sel juhul pole raske järeldada, et tootmise laiendamine teatud proportsioonis nõuab põhivahendite varu vastavat täiendamist samas proportsioonis, mille peab tagama investeeritav väärtus ja investeerimistegevus.

⁶ K. Marx, Kapital, I, lk. 189.

Investeeritava väärtuse ja ajaühikus toodetud väärtuse ehk tootmiskiiruse vahel peab eksisteerima järelikult funktsionaalne sõltuvus, mis määrab investeeritava väärtuse suuruse olenevalt ajaühikus toodetud väärtusest. Selle sõltuvuse leidmise teeb keerukamaks asjaolu, et osa uutest põhivahenditest läheb väljalangevate põhivahendite asendamiseks, mis sõltub omakorda minevikus toodetud põhivahendite hulgast ja mille suuruse määrab asendamistegevus. Investeeritava väärtuse ja ajaühikus toodetud väärtuse sõltuvuse leidmiseks on otstarbekohane mõista majandustegevust järgmises rangelt kvantitatiivses tähenduses: tootmisüksuse majandustegevus on operaator, mis tootmisüksuse sisendvooga seab vastavusse väljundvoo. Investeerimistegevus määrab näiteks investeerimissektori sisend- ja väljundvoo vastavuse. Tugineme öeldule ja defineerime järgmised seosed.

5. Investeeritava väärtuse suuruse määravad investeerimistegevus \mathfrak{I} ja ajaühikus toodetud uute põhivahendite väärtus I^+ :

$$I^- = \mathfrak{I}I^+ \quad (7)$$

6. Põhivahendite varu \bar{K} kasv on ajaühikus toodetud uute põhivahendite hulga I^+ ja asendamisele kuuluvate põhivahendite hulga F_2^+ vahe:

$$I^+ - F_2^+ = D\bar{K} \quad (8)$$

kus D on aja järgi diferentseerimise operaator.

7. Asendamistegevus \mathfrak{R} määrab asendatavate põhivahendite hulga sõltuvuse ajaühikus toodetud põhivahendite hulgast:

$$F_2^+ = \mathfrak{R}I^+ \quad (9)$$

8. Ajaühikus toodetud väärtuse *fondimahukusnorm* on κ :

$$\bar{K} = \kappa X \quad (10)$$

Võrdustest (8) ja (9) leiame, et

$$I^+ = (1 - \mathfrak{R})^{-1} D\bar{K}$$

millest (7) ja (10) järgi

$$I^- = \mathfrak{I}(1 - \mathfrak{R})^{-1} D\kappa X \quad (11)$$

Võrduste (6) ja (11) järgi on nüüd kerge näha, et K. Marxi väärtusvõrrand (1) taandub tootmise makrodünaamiliseks tasakaalumudeliks kujul ⁷

$$aX + \mathfrak{I}(1 - \mathfrak{R})^{-1} D\kappa X + Y = X \quad (12)$$

Tootmise makrodünaamiline tasakaalumudel pole seega midagi muud kui K. Marxi väärtusvõrrandi teisend, mis vastavate pöördeisenduste rakendamisel taandub uuesti väärtusvõrrandiks (1). Tootmise makrodünaamilisest tasakaalumudelist saadud järeldusi võib seetõttu käsitada kui K. Marxi väärtusvõrrandist tulenevaid järeldusi. Nagu K. Marxi väärtusvõrrand, nii on ka tootmise makrodünaamiline tasakaalumudel majandusteoorias ja planeerimise praktikas viljakalt rakendatav. Üheks huvitavamaks tootmise makrodünaamilisest tasakaalumudelist tulenevaks järelduseks on akumulatsiooninormi ja majanduse arenemise tempo sõltuvus, mida võib pidada K. Marxi poolt uuritud ühiskonna majandusliku liikumisseaduse matemaatiliseks erikujuks.

2. Akumulatsiooninorm, amortisatsiooninorm ja põhivahendite keskmine eksploatatsiooni-ae. Olenevalt tarbimisest Y määrab mudel (12) mitmesuguseid ühiskonna majandusliku arenemise trajektoore. Kaugeltki iga arenemiskõver ei tarvitse vastata ühiskonna vajadustele ega viia majanduse arenemist soovitud eesmärgile. Majanduse arenemise juhtimiseks mõõda soovitud trajektoori toome mudelisse (12) akumulatsiooninormi näol juhtimisparameetri ehk majanduspoliitika realiseerimisvahendi. Postuleerime järgmised sõltuvused.

⁷ Tootmise makrodünaamilise tasakaalumudeli (12) ülalesitatud konstrueerimisviis on üks lihtsamaid, kuid mitte ainuke võimalik. Mudeli (12) konstrueerimisel võib ka lähendada nn. tootmise tasakaaluvõrrandist, nagu see on esitatud töös: Э. Лейнеманн, Анализ некоторых количественных соотношений расширенного воспроизводства. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук Таллин, 1968.

9. Akumuleeritav lisaväärtus S on rahvatuluga $S+Y$ võrdeline:

$$S = \sigma(S+Y) \quad (13)$$

milles võrdetegurit σ nimetatakse *akumulatsiooninormiks*.

10. Põhivahendite amortisatsioon F_{1+} on põhivahendite varuga \bar{K} võrdeline:

$$F_{1+} = \delta \bar{K} \quad (14)$$

milles võrdeteguriks δ on *amortisatsiooninorm*.

Amortisatsiooninormi suuruse määramisel lähtume järgmisest hüpoteesist.

11. Põhivahendite amortisatsiooni F_{1+} diskonteeritud väärtuste integraali ja põhivahendite jääkväärtuse \bar{R} diskonteeritud väärtuse summa võrdub põhivahendite varuga \bar{K} :

$$\int_0^T F_{1+} e^{-\rho\tau} d\tau + \bar{R} e^{-\rho T} = \bar{K} \quad (15)$$

milles T on *põhivahendite eksploatatsiooniaeg* ja $100Q$ — *diskontoprotsendi määr*.

Kui amortisatsioon on ühtlaselt jaotatud ja põhivahendite jääkväärtust ei arvestata ($\bar{R}=0$), siis on võrrandi (15) vasaku poole integreerimisel kerge veenduda, et põhivahendite amortisatsiooni määrab valem (14), milles amortisatsiooninorm

$$\delta = Q / (1 - e^{-\rho T}) \quad (16)$$

Kui diskonteerimist ei arvestata ($Q \rightarrow 0$), siis avaldub (16) kujul

$$\delta = 1/T \quad (17)$$

Kui põhivahendite kulumist ei arvestata ($T \rightarrow \infty$), siis

$$\delta = Q \quad (18)$$

Amortisatsiooninormi valemite (16) ja (17) rakendamisel majandusalases tegelikkuses tuleb silmas pidada, et T tähistab põhivahendite keskmist eksploatatsiooniaega. Kui põhivahendite (hoonete, põhi- ja abiseadmete) täpne diskreetne jaotus eksploatatsiooniaja järgi on määratud, lähtume keskmise eksploatatsiooniaja arutamisel järgmisest hüpoteesist.

11A. Põhivahenditel on diskreetselt jaotatud eksploatatsiooniaeg $\hat{T} - \xi$, $\xi = 0, 1, \dots, \hat{T} - 1$, millele vastab põhivahendite varu jaotus osadeks $\lambda_\xi \bar{K}$, $\sum_{\xi=0}^{\hat{T}-1} \lambda_\xi = 1$. Osaamortisatsiooni $F_{1+}(\xi)$ diskonteeritud väärtuse integraali ja vastava jääkväärtuse \bar{R}_ξ diskonteeritud väärtuse summa võrdub põhivahendite varu osaga $\lambda_\xi \bar{K}$:

$$\int_0^{\hat{T}-\xi} F_{1+}(\xi) e^{-\rho\tau} d\tau + \bar{R}_\xi e^{-\rho(\hat{T}-\xi)} = \lambda_\xi \bar{K} \quad (19)$$

Põhivahendite amortisatsioon on osaamortisatsioonide summa:

$$F_{1+} = \sum_{\xi=0}^{\hat{T}-1} F_{1+}(\xi) \quad (20)$$

Kui osaamortisatsioon on ühtlaselt jaotatud ja põhivahendite jääkväärtust ei arvestata (iga ξ puhul $\bar{R}_\xi = 0$), siis on võrduste (19) ja (20) järgi kerge näidata, et amortisatsioonisumma suurus avaldub jällegi valemiga (14), milles amortisatsiooninorm

$$\delta = Q \sum_{\xi=0}^{\hat{T}-1} \frac{\lambda_\xi}{1 - e^{-\rho(\hat{T}-\xi)}} \quad (21)$$

Kui diskonteerimist ei arvestata ($q \rightarrow 0$), siis lihtsustub (21), avaldades kujul

$$\delta = \sum_{\xi=0}^{\hat{T}-1} \frac{\lambda_{\xi}}{\hat{T}-\xi} \quad (22)$$

Kui põhivahendite jääkväärtust ja diskonteerimist ei arvestata, siis on (17) järgi põhivahendite keskmiseks kulunormiks keskmise eksploatatsiooniaja pöördväärtus $1/T$. Seame tingimuseks, et keskmine kulumine kataks põhivahendite tegeliku kulumise, s. t. et

$$\frac{1}{T} = \sum_{\xi=0}^{\hat{T}-1} \frac{\lambda_{\xi}}{\hat{T}-\xi} \quad (23)$$

Võrdusest (23) nähtub, et põhivahendite keskmine eksploatatsiooniaeg võrdub amortisatsiooninormi pöördväärtusega. Kuna eksploatatsiooniaega väljendatakse tavaliselt täisaastates, siis lepime kokku, et nimetame põhivahendite keskmiseks eksploatatsiooniajaks amortisatsiooninormi pöördväärtuse täisosa:⁸

$$T = E(1/\delta) = E \left(1 / \sum_{\xi=0}^{\hat{T}-1} \frac{\lambda_{\xi}}{\hat{T}-\xi} \right) \quad (24)$$

Kui näiteks 50% põhivahenditest on eksploatatsiooniajaga 10 aastat ja ülejäänud 50% eksploatatsiooniajaga 20 aastat, siis on valemi (24) põhjal kerge näha, et põhivahendite keskmine eksploatatsiooniaeg $T = E \left[1 / \left(\frac{0,5}{20} + \frac{0,5}{10} \right) \right] = E \left(13 \frac{1}{3} \right) = 13$ aastat.

Hüpoteesi (11_A) järgi on põhivahenditel diskreetselt jaotatud eksploatatsiooniaeg, mis on omakorda määratav enamasti ainult teatava tõenäosusega. Kui põhivahendite mingi liigi eksploatatsiooniaeg on juhuslik suurus, siis lähtume selle liigi keskmise eksploatatsiooniaja arutamisel statistilistest vaatlustest suure hulga sama tüüpi seadmete kohta ja eeldame jaotuse pidevust, mida arvestab järgmine hüpotees.

11_B. Põhivahenditel on ajavahemikus $[t, t + \hat{T}]$ pidevalt jaotatud eksploatatsiooniaeg, millele vastab põhivahendite varu tihedus $\lambda_{\xi} \bar{K}$, $\int_0^{\hat{T}-\xi} \lambda_{\xi} d\xi = 1$. Amortisatsioonitiheduse $F_1^+(\xi)$ diskonteeritud väärtuse integraali ja vastava jääkväärtuse \bar{R}_{ξ} diskonteeritud väärtuse summa võrdub põhivahendite varu tihedusega $\lambda_{\xi} \bar{K}$:

$$\int_0^{\hat{T}-\xi} F_1^+(\xi) e^{-\rho \tau} d\tau + \bar{R}_{\xi} e^{-\rho(\hat{T}-\xi)} = \lambda_{\xi} \bar{K} \quad (25)$$

Põhivahendite amortisatsioon on võrdne amortisatsioonitiheduse integraaliga:

$$F_1^+ = \int_0^{\hat{T}} F_1^+(\xi) d\xi \quad (26)$$

Eeldame, et amortisatsioonitihedus jaotub ühtlaselt ja põhivahendite jääkväärtust ei arvestata (iga $\xi \in [0, \hat{T}]$ korral $\bar{R}_{\xi} = 0$). Võrdustest (25), (26) ja (14) võib sel juhul järeldada, et amortisatsiooninorm avaldub valemiga

$$\delta = \rho \int_0^{\hat{T}} \frac{\lambda_{\xi} d\xi}{1 - e^{-\rho(\hat{T}-\xi)}} \quad (27)$$

⁸ Arvu a täisosa märgitakse sümboliga $E(a)$.

Kui diskonteerimist ei arvestata ($q \rightarrow 0$), siis

$$\delta = \int_0^{\hat{T}} \frac{\lambda_{\xi} d\xi}{\hat{T} - \xi} \quad (28)$$

Põhivahendite keskmise ekspluatatsiooniaja määrab võrdusega (28) antud amortisatsiooninormi pöördväärtuse täisosa:

$$T = E(1/\delta) = E \left(1 / \int_0^{\hat{T}} \frac{\lambda_{\xi} d\xi}{\hat{T} - \xi} \right) \quad (29)$$

Arvutanud valemiga (29) ühte ja sama tüüpi seadmete keskmise ekspluatatsiooniaja, võime valem (24) järgi leida heterogeense põhivahendite varu keskmise ekspluatatsiooniaja.

Võrduste (13), (14) ja (10) järgi näeme, et (4) avaldub järgmiselt:

$$I^- = \delta \kappa X + \frac{\sigma Y}{1 - \sigma}$$

Kuna (6) järgi

$$I^- = X - aX - Y$$

siis on viimase kahe võrduse põhjal kerge veenduda, et

$$Y = (1 - \sigma)(1 - a - \delta \kappa) X \quad (30)$$

Asetanud Y väärtuse võrdusest (30) tootmise makrodünaamilisse tasakaalumudelisse (12), saame K. Marxi väärtusvõrrandi (1) järgmise erikuju

$$\mathfrak{S}(1 - \mathfrak{R})^{-1} D \kappa X = [\delta \kappa + \sigma(1 - a - \delta \kappa)] X \quad (31)$$

Kui investeerimis- ja asendamistegevuse konkreetne kuju on määratud, võime väärtusvõrrandi teisendi (31) järgi kergesti tuletada näiteks akumulatsiooninormi ja majanduse arenemise tempo sõltuvuse, mis kujutabki ühiskonna majanduslikku liikumisseadust. Peatume investeerimis- ja asendamistegevuse matemaatilisel konstrueerimisel.

3. Investeerimis- ja asendamistegevuse kui operaatorite matemaatiline konstrueerimine. Investeerimistegevuse kui operaatori matemaatiliseks konstrueerimiseks eeldame, et on määratud uute põhivahendite tootmiskulude pidev tõenäone jaotus eritihedusega $v_{\tau} \geq 0$, $\tau \in [0, \Theta]$. Lähtume järgmisest hüpoteesist.

12. Ajal $t + \Theta$ valminud ja kasutusele võetud uute põhivahendite $I^+(t + \Theta)$ tootmiskuludel on ajavahemikus $[t, t + \Theta]$ pidev jaotus tihedusega

$$I_{\tau}^-(t + \tau) = v_{\tau} I^+(t + \Theta) \quad (32)$$

$$\int_0^{\Theta} v_{\tau} d\tau = 1 \quad (33)$$

milles I_{τ}^- on kulude jaotuse osatihedus ja Θ — investeerimistegevuse viivitusaeg. Põhivahendite tootmiskulude kogutiheduseks ajal t on osatiheduse integraal:

$$I^-(t) = \int_0^{\Theta} I_{\tau}^-(t) d\tau \quad (34)$$

Märgime nihkeoperaatori, mille samm on τ , tähega \mathfrak{G}_{τ} ning kirjutame võrduse (32) operaatortähistuses:

$$\mathfrak{G}_{\tau} I_{\tau}^-(t) = v_{\tau} \mathfrak{G}_{\Theta} I^+(t)$$

millest

$$I_{\tau}^{-}(t) = v_{\tau} \mathcal{E} I^{+}(t)$$

Asetanud $I_{\tau}^{-}(t)$ leitud väärtuse võrdusse (34), saame, et

$$I^{-}(t) = \int_0^{\Theta} v_{\tau} \mathcal{E} I^{+}(t) d\tau \quad (34')$$

Operaatorite võrduse definitsiooni põhjal võib võrdustest (7) ja (34') järeldada, et antud eeldusel on investeerimistegevuseks integraaloperaator kujul

$$\mathfrak{I} = \int_0^{\Theta} d\tau v_{\tau} \mathcal{E} \quad (35)$$

Kui tootmiskulude tõenäosuse jaotuse eritihedus $v_{\tau} = \text{const}$, siis on (33) järgi $v_{\tau} = 1/\Theta$ ja investeerimistegevus (35) taandub keskväärtuse integraaloperaatoriks:

$$\mathfrak{I} = \frac{1}{\Theta} \int_0^{\Theta} d\tau \mathcal{E} \quad (36)$$

Kui põhivahendite tootmiskulude täpsema jaotuse kohta puudub informatsioon, võime mudelis (31) esialgsete arvutuste tegemiseks kasutada operaatorit (36) kui küllalt head tegelikkuse lähendit. Seejuures tuleks aga silmas pidada, et investeerimistegevusi (35) ja (36) rakendame ikkagi ainult sel juhul, kui kapitalimahutuste tegelik finantseerimine toimub tööpoolest pidevalt. Kui aga kapitalimahutuste subsideerimisel on mitmesse suhteliselt lühikesse ajavahemikku kontsentreeritud kulutuste põhiosa, millega võrreldes ülejäänud kulutused on tühised, siis on sageli otstarbekohane pidevast jaotusest loobuda, eeldades jaotuse diskreetsust, mida väljendab järgmine hüpotees.

12A. Ajal $t+\Theta$ valminud ja kasutusele võetud uute põhivahendite $I^{+}(t+\Theta)$ tootmiskuludel on ajavahemikus $[t, t+\Theta]$ diskreetne jaotus

$$I_{\tau}^{-}(t+\tau) = v_{\tau} I^{+}(t+\Theta) \quad (37)$$

$$\sum_{\tau=0}^{\Theta-1} v_{\tau} = 1 \quad (38)$$

milles kordajad $v_{\tau} \geq 0$, $\tau=0, 1, \dots, \Theta-1$. Uute põhivahendite tootmiskuludeks ajal t on $0, 1, \dots, \Theta-1$ ajaühikut tagasi alustatud tootmise osakulude summa:

$$I^{-}(t) = \sum_{\tau=0}^{\Theta-1} I_{\tau}^{-}(t) \quad (39)$$

Läinud üle operaatoritähistusele, on võrduste (37) ja (39) põhjal kerge näidata, et

$$I^{-}(t) = \sum_{\tau=0}^{\Theta-1} v_{\tau} \mathcal{E} I^{+}(t) \quad (40)$$

Võrdustest (7) ja (40) nähtub, et antud juhul on investeerimistegevuseks muutuva summa nihkeoperaatorite lineaarne kombinatsioon:

$$\mathfrak{I} = \sum_{\tau=0}^{\Theta-1} v_{\tau} \mathcal{E} \quad (41)$$

Kui $v_0=1$ ja $v_1=v_2=\dots=v_{\Theta-1}=0$, siis lihtsustub operaator (41), avaldades kujul

$$\mathfrak{I} = \mathcal{E} \quad (42)$$

Investeerimistegevust (42) rakendame kapitalimahutuste niisuguse äärmiselt ebaühtlase finantseerimise korral, kus üheainukese suhteliselt lühikesse ajavahemiku vältel kulutatakse peaaegu kõik summad ning ülejäänud kulutused on sellega võrreldes tühised.

Peatume nüüd asendamistegevuse matemaatilisel konstrueerimisel. Asendamistegevuse kui operaatori konkreetse kuju määravad asendamistegevuse hüpoteesid, millest lihtsaim on järgmine.

13. Ajal $t-T$ valminud ja kasutusele võetud põhivahendid tuleb ajavahemiku T möödumisel uutega asendada:

$$F_2^+(t) = I^+(t-T) \quad (43)$$

milles T on põhivahendite eksploatatsiooniaeg.

Kirjutanud võrduse (43) operaatortähistuses —

$$F_2^+(t) = \mathfrak{E} I^+(t) \\ -T$$

pole võrduse (9) ja operaatorite võrduse definitsiooni põhjal raske näha, et antud eeldusel on asendamistegevuseks negatiivse sammuga nihkeoperaator:

$$\mathfrak{R} = \mathfrak{E} \\ -T \quad (44)$$

Hüpoteesi (13) järgi on põhivahendite keskmine eksploatatsiooniaeg konstantne. Kui me ei tea investeerimissektori väljundvoo (uute hoonete, põhi- ja abivahendite) täpset jaotust eksploatatsiooniaja järgi, vastab see hüpotees küllalt hästi tegelikkusele. Kui aga investeerimissektori väljundi täpne jaotus eksploatatsiooniaja järgi on määratud ja kui me soovime uurida kapitalimahutuse struktuuri mõju majanduse arenemisele, võib asendamistegevuse konstrueerimiseks püstitada täpsema hüpoteesi. Olgu antud parameetrist τ sõltuv kordaja μ_τ , $\tau=0, 1, \dots, \hat{T}-1$. Lähtume järgmisest hüpoteesist.

13A. Ajal $t-\hat{T}+\tau$ valminud ja kasutusele võetud uutest põhivahenditest tuleb ajal t teatav osa $\mu_\tau I^+(t-\hat{T}+\tau)$ asendada. Kogu asendamine ajal t on summa:

$$F_2^+(t) = \sum_{\tau=0}^{\hat{T}-1} \mu_\tau I^+(t-\hat{T}+\tau) \quad (45)$$

milles

$$\sum_{\tau=0}^{\hat{T}-1} \mu_\tau = 1 \quad (46)$$

Operaatorite võrduse definitsiooni põhjal on võrdustest (45) ja (9) kerge järeldada, et asendamistegevuseks on muutuva sammuga nihkeoperaatorite lineaarne kombinatsioon:

$$\mathfrak{R} = \sum_{\tau=0}^{\hat{T}-1} \mu_\tau \mathfrak{E} \\ -\hat{T}+\tau \quad (47)$$

Operaator (47) võimaldab uurida põhivahendite varu ja kapitalimahutuse struktuuri mõju majanduse arengule.

Hüpoteesi (13A) järgi on põhivahendite eri liikidel erinev eksploatatsiooniaeg, mis tegelikkuses aga on teataval määral juhusest olenev muutuv suurus. Eeldame, et statistiliste vaatluste põhjal on õnnestunud määrata uute põhivahendite tõenäose jaotuse eritihe-
 dus eksploatatsiooniaja järgi. Märgime viimase tähega μ_τ , $\tau \in [0, \hat{T}]$, ja lähtume asendamistegevuse konstrueerimisel järgmisest hüpoteesist.

13B. Ajal $t-\hat{T}+\tau$ valminud ja kasutusele võetud uutest põhivahenditest tuleb ajal t teatav osa $\mu_\tau I^+(t-\hat{T}+\tau)$ asendada. Kogu asendamine ajal t on integraal:

$$F_2^+(t) = \int_0^{\hat{T}} \mu_\tau I^+(t-\hat{T}+\tau) d\tau \quad (48)$$

milles

$$\int_0^{\hat{T}} \mu_\tau d\tau = 1 \quad (49)$$

Operaatorite võrduse definitsiooni põhjal järeldame võrdustest (48) ja (9), et antud juhul on asendamistegevuseks integraaloperaator kujul

$$\mathfrak{R} = \int_0^{\hat{T}} d\tau \mu_{\tau} \frac{\mathcal{E}}{-\hat{T} + \tau} \quad (50)$$

4. Akumulatsiooninormi olemus majanduse parameetreist. Olgu investeerimis- ja asendamistegevus määratud võrdustega (36) ja (44). Pole raske kontrollida, et investeerimistegevuse ja tuletisoperaatori korrutiseks on sel juhul keskvärtuse diferentsoperaator:

$$\mathfrak{D} = \frac{1}{\Theta} \frac{\Delta}{\Theta}$$

Operaatorite $(1 - \mathfrak{R})^{-1}$ ja \mathfrak{D} homogeensuse ja kommutatiivsuse tõttu võime kirjutada mudeli (31) järgmiselt:

$$\frac{\varkappa}{\Theta} \frac{\Delta}{\Theta} (1 - \mathcal{E})^{-1} X = [\delta \varkappa + \sigma(1 - a - \delta \varkappa)] X \quad (51)$$

Akumulatsiooninormi ja arenemistempo sõltuvuse tuletamiseks eeldame, et majanduse arenemise trajektooriks on eksponentkõver

$$X = X_0 e^{\omega t} \quad (52)$$

milles X_0 on tootmise algkiirus ja ω — positiivne arenemistempo. Rakendanud funktsiooni

mile (52) operaatorit $\frac{\varkappa}{\Theta} \frac{\Delta}{\Theta} (1 - \mathcal{E})^{-1}$, näeme, et

$$\frac{\varkappa}{\Theta} \frac{\Delta}{\Theta} (1 - \mathcal{E})^{-1} X = \varkappa q(\omega) X$$

milles

$$q(\omega) = \frac{1}{\Theta} \frac{e^{\omega \Theta} - 1}{1 - e^{-\omega T}} \quad (53)$$

Väärtusvõrrandi erikuju (51) taandub seega võrrandiks

$$\varkappa q(\omega) X = [\delta \varkappa + \sigma(1 - a - \delta \varkappa)] X$$

Viimasest leiame ühiskonna majandusliku liikumisseaduse kujul

$$\sigma = \frac{\varkappa [q(\omega) - \delta]}{1 - a - \delta \varkappa} \quad (54)$$

milles $q(\omega)$ sõltuvus arenemistempost ja teistest majanduse parameetreist on määratud valemiga (53).

Majanduse analüüsis ja majanduspoliitika kavandamisel on liikumisseadusel (54) põhimõtteline tähtsus. Selle järgi võib uurida majanduse mitmesuguste parameetrite muutumise mõju akumulatsiooninormile. Teeme majanduse liikumisseadusest mõne lihtsama järelduse. Valemid (53) ja (54) seavad akumulatsiooninormi σ funktsionaalsesse sõltuvusse kuuest suurusest: majanduse arenemistempost ω , fondimahukusnormist \varkappa , investeerimistegevuse viivitusajast Θ , põhivahendite eksploatatsiooniajast T , amortisatsiooninormist δ ja käibevahendite otsekulunormist a . Analüüsime mõne nimetatud parameetri mõju akumulatsiooninormile, kusjuures eeldame, et kõik ülejäänud tegurid jäävad samal ajal konstantseks.

I. Valemist (53) ja (54) nähtub, et mida kõrgem on majanduse arenemise tempo, seda suurem peab ka olema akumulatsiooninorm. Akumulatsiooninormi suurendamise teel saavutatavat arenemistempo tõusu piirab aga tööjõu normaalseks taastootmiseks vajaliku tarbimisfondi suurus. Palkade sunniviisilise vähendamisega tööjõu väärtusest allapoole on võimalik akumulatsiooninormi tarbimisfondi arvel teatavas ulatuses suurendada,⁹ kuid sellele seab tõkke tööjõu väärtuse minimaalpiir. Tarbimisfondi vähendamisel tööjõu väär-

⁹ K. Marx, Kapital, I, lk. 521.

tuse minimaalpiirini suudaks tööjõud, nagu ütleb K. Marx, «... püsida ja avalduda ainult kidural kujul».¹⁰ Tarbimisfondi vähendamisele alla tööjõu väärtuse minimaalpiiri järgneks juba tööjõu taastootmise ahenemine. Nagu näitab valemite (53) ja (54) lähem uurimine, takistab majanduse kõrge arenemistempo saavutamist peamiselt suur fondimahukusnorm, mille vähendamise kõige kindlamaks abinõuks on tehnoloogia progress.¹¹

2. Fonditootlikkuse suurenemine, s. t. fondimahukusnormi vähenemine kutsub esile akumulatsiooninormi vähenemise. Tabelist 1 näeme, et fonditootlikkuse kasvuga kaasnev akumulatsiooninormi vähenemine ei ole esimesega proportsionaalne, vaid on isegi kiirem kui fonditootlikkuse kasv. Kui fonditootlikkus kasvab näiteks kahekordseks, langeb mingi arenemistempo säilitamiseks vajalik akumulatsiooninorm rohkem kui kahekordselt. Mida madalam on esialgne fonditootlikkus, seda suurem on akumulatsiooninormi vähenemine. Fonditootlikkuse suurendamine on seega ühiskonna kiire arendamise tõhusamaid vahendeid.

Tabel 1

Akumulatsiooninormi olenevus toodangu fondimahukusest

(a=0,6; $\Theta=5$ aastat; T=20 aastat; q=0)

$\omega \backslash \%$	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,03	0,029	0,062	0,100	0,145	0,198	0,261
0,04	0,041	0,087	0,140	0,203	0,277	0,365
0,05	0,053	0,114	0,184	0,266	0,363	0,478
0,06	0,067	0,143	0,231	0,334	0,456	0,602
0,07	0,082	0,175	0,283	0,408	0,557	0,735
0,08	0,099	0,209	0,338	0,488	0,666	0,879

Fonditootlikkuse suurenemine on omakorda mitmest tegurist, millest olulisemad on tehnoloogia edenemine, töö parem organiseerimine ja põhivahendite odavnemine. Tehnoloogia pideva arenemise tagamine nõuab tänapäeval üha suuremaid investeeringuid teaduse arendamiseks. Teadus aga saab oma sotsiaalseid funktsioone laitmatult täita ainult sel juhul, kui tal on kaasaegse haridussüsteemi näol normaalne kasvubaas, s. t. kui on eelnevalt loodud küllalt avarad tingimused ühiskonna peamise tootliku jõu — mõtleva isikuse arenemiseks. Kui fonditootlikkuse suurenemise aluseks on tehnoloogia progress ja tootmise parem organiseerimine, võib sellega kaasneda majanduse teiste parameetrite muutumine, mis seda protsessi veelgi süvendab. Tuleks arvestada järgmist kahte asjaolu:

a) tehnoloogia edenemisega võib kaasneda investeerimistegevuse viivitusaja lühenemine, mis aitab omakorda kaasa akumulatsiooninormi langusele;

b) tootmise spetsialiseerimise ja kooperaerimisega kaasnevat käibevahendite otsekulunormi kasvu tasakaalustab tavaliselt kapitali käibelementide odavnemine ja käibeperioodi lühenemine, mille koostoimel võib akumulatsiooninorm väheneda.

Uurime kõigepealt akumulatsiooninormi sõltuvust investeerimistegevuse viivitusajast. Lähteandmed ja arvutustulemused esitame tabelis 2.

Investeerimistegevuse viivitusaja pikenedes suureneb arenemistempo säilitamiseks vajalik akumulatsiooninorm. Mida kõrgem on säilitatav arenemistempo ja pikem investeerimistegevuse viivitusajast, seda suurem on viivitusaja aastasele pikenedele vastav akumulatsiooninormi suurenemine. Pikema viivitusaja puhul nõuab arenemise kiirendamine ühiskonnalt tunduvalt suuremat kokkuhoidu kui lühema viivitusaja korral. Investeerimistegevuse viivitusaja lühenedes vabanenud vahendid võimaldavad akumulatsiooninormi tõstmata arenemist kiirendada. Kui töö parema organiseerimise tulemusena õnnestuks vähen-

¹⁰ Sealsamas, lk. 155.¹¹ Tehnoloogia progressi all mõistetakse käesolevas uurimuses üha täiuslikumate masinate tootmist ja paremat rakendamist.

Tabel 2

Akumulatsiooninormi olenevus investeerimistegevuse viivitusajast

 $(a=0,6; \kappa=1$ aasta; $T=20$ aastat; $q=0)$

$\omega \backslash \Theta$	3	4	5	6	7	8
0,03	0,056	0,059	0,062	0,065	0,069	0,072
0,04	0,078	0,082	0,087	0,092	0,097	0,102
0,05	0,101	0,107	0,114	0,121	0,128	0,135
0,06	0,126	0,134	0,143	0,152	0,162	0,172
0,07	0,153	0,164	0,175	0,187	0,200	0,213
0,08	0,181	0,195	0,209	0,225	0,241	0,258

andada investeerimistegevuse viivitsaega näiteks kaheksalt aastalt neljale, võimaldaks selle arvel saadud kokkuhoid tõsta arenemistempot viiel protsendilt kuuele.

Käibeperioodi lühenemise mõju hindamiseks tuleb valemilt (54) mõnevõrra teisendada. Defineerime järgmised mõisted. Mingis ajavahemikus kulutatud käibevahendite väärtus aX on käibevahendite käibekiirus. Käibevahendite käibeperioodi $\bar{\Theta}$ ja käibekiiruse korrutis $\bar{\Theta}aX$ väljendab käibevahendite hulka. Olgu töö parema organiseerimise tulemuseks käibeperioodi lühenemine, mille märgime korrutisega $\iota\bar{\Theta}$, $\iota \in [0, 1]$. Käibeperioodi uus pikkus ja käibevahendite vajalik hulk on nüüd vastavalt $(1-\iota)\bar{\Theta}$ ja $(1-\iota)\bar{\Theta}aX$. Kuna käibeperioodi lühenemise tõttu vabanenud käibevahendid $\iota\bar{\Theta}aX$ moodustavad täiendava rahvatulu, võib jao-
tusseose (13) kirjutada kujul

$$S = \sigma(S + Y + \iota\bar{\Theta}aX) \quad (13')$$

Võrduse (13') järgi on kerge näidata, et (30) avaldub järgmiselt:

$$Y = [(1-\sigma)(1-a-\delta\kappa) - \sigma\iota\bar{\Theta}a]X \quad (30')$$

Arvutanud avaldise $(1-a)X - Y$ ja asetanud mudelisse (12), leiame võrduste (36), (44) ja (52) järgi arenemistempo ja akumulatsiooninormi sõltuvuse (54) järgmise erivariandi:

$$\sigma = \frac{\kappa[q(\omega) - \delta]}{1 - (1-\iota\bar{\Theta})a - \delta\kappa} \quad (54')$$

Uurime valemi (54') järgi käibeperioodi lühenemise mõju akumulatsiooninormile. Läh-
teandmed ja arvutustulemused esitame tabelis 3.

Tabel 3

Käibeperioodi lühenemise mõju akumulatsiooninormile *

 $(a=0,6; \kappa=1$ aasta; $\Theta=5$ aastat; $T=20$ aastat; $q=0)$

$\omega \backslash \iota\bar{\Theta}$	0	5	10	15	20	25	30
0,03	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,054
0,04	0,087	0,085	0,083	0,081	0,079	0,078	0,076
0,05	0,114	0,111	0,109	0,107	0,104	0,102	0,100
0,06	0,143	0,140	0,137	0,134	0,131	0,128	0,126
0,07	0,175	0,171	0,167	0,164	0,160	0,157	0,154
0,08	0,209	0,204	0,200	0,195	0,191	0,187	0,183

* Tabelis on käibeperioodi lühenemine $\iota\bar{\Theta}$ antud päevades. Valemi (54') rakendamiseks tuleb enne $\iota\bar{\Theta}$ väärtus väljendada aastates, milleks jagame vastava päevade arvu 365-ga.

Tabelist 3 nähtub, et käibeperioodi lühenemine vähendab mingi arenemistempo säilitamiseks vajalikku akumulatsiooninormi seda enam, mida kõrgem on säilitatav arenemistempo. Tabelite 2 ja 3 võrdlemisel täheldame, et majanduse parameetrite antud väärtustel vähendab investeerimistegevuse viivitusaja lühenemine ühe aasta võrra arenemistempo säilitamiseks vajalikku akumulatsiooninormi umbes sama palju kui käibeperioodi lühenemine 15 päeva võrra. Edasises käsitelus eeldame, et tootmise koostöö ja spetsialiseerimisega kaasnevat käibe vahendite otsekulunormi suurenemist tasakaalustab käibeperioodi lühenemine, nii et

$$(1 - \nu_t \bar{\Theta}) a_t = \text{const} \quad (55)$$

Kuna plaaniperioodi alguses ($t=0$) on käibeperioodi lühenemine null, siis $\nu_0=0$ ja (55) lihtsustub: $a_0 = \text{const}$. Märkinud käibe vahendite otsekulunormi algväärtuse a_0 tähega a , avaldub (55) kujul

$$(1 - \nu_t \bar{\Theta}) a_t = a \quad (55')$$

Seos (55') võimaldab pikema plaaniperioodi vältel elimineerida käibe vahendite otsekulunormi muutumise mõju akumulatsiooninormile.

3. Põhivahendite eksploatatsiooniaja pikenedes väheneb väljalangevate põhivahendite asendamiseks kasutatud uute põhivahendite osa, ja koos sellega ka akumulatsiooninorm. Tabelist 4 on näha, et akumulatsiooninormi eriti tunduva languse kutsuvad esile just põhivahendite eksploatatsiooniaja pikenedes 10-ilt aastalt 15 aastani. Akumulatsiooninormi langus on seda suurem, mida kõrgem on majanduse arenemise tempo.

Tabel 4

Akumulatsiooninormi olenevus põhivahendite eksploatatsiooniajast

 $(\alpha=0,6; \kappa=1 \text{ aasta}; \Theta=5 \text{ aastat}; q=0)$

$T \backslash \omega$	10	15	20	25	30	35	40
0,03	0,083	0,068	0,062	0,059	0,058	0,057	0,057
0,04	0,114	0,094	0,087	0,084	0,082	0,081	0,081
0,05	0,148	0,123	0,114	0,110	0,109	0,108	0,109
0,06	0,184	0,154	0,143	0,139	0,138	0,138	0,139
0,07	0,222	0,187	0,175	0,171	0,170	0,170	0,171
0,08	0,262	0,222	0,209	0,205	0,204	0,205	0,207

Tuleb aga rõhutada, et akumulatsiooninormi langusele töötavad vastu mitmed tegurid, millest mainime järgmisi:

a) eksploatatsiooniaja pikenedes käib kaasas põhivahendite füüsilise kulumise vähenemine ja amortisatsiooninormi langus, mis p i d u r d a b akumulatsiooninormi vähenemist;

b) akumulatsiooninormi langust pidurdab ka amortisatsiooninormi vähenemine seoses põhivahendite väärtuse kaoga moraalsel kulumisel, mis on seda tõenäolisem, mida pikem on eksploatatsiooniaeg;¹²

c) kui põhivahendite eksploatatsiooniaja lühenemise aluseks on tehnoloogia progress, siis kaasneb sellega tavaliselt fonditootlikkuse suurenemine, investeerimistegevuse viivitusaja lühenemine, amortisatsiooninormi suurenemine ja käibe vahendite käibeperioodi lühenemine, mille koostööl võib akumulatsiooninorm kasvamise asemel hoopis kahaneda.

Tabelist 4 näeme, et eksploatatsiooniaja pikenedes tingitud akumulatsiooninormi vähenemine muutub 20...25 aasta piires tühiseks. Eksploatatsiooniaja pikenedes üle 30...35 aasta aga hakkab akumulatsiooninorm vähehaaval jälle suurenema. Järelikult pidurdab aegunud seadmete kasutamine majanduse arenemist isegi sel juhul, kui me tehnoloogia progressi ja seadmete moraalsel kulumist ei arvesta.

¹² K. M a r x, Kapital, I, lk. 351; K. M a r x, Kapital, II, Tallinn, 1958, lk. 141.

Käsitleme näite varal moraalse kulumise mõju amortisatsiooninormile. Seade, mille ekspluatatsiooniaeg on 20 aastat, maksu soetamisel 200 000 rubla. Diskonteerimise ja jääkväärtuse ignoreerimisel on niisuguse seadme amortisatsiooninorm $\delta=0,05$ ja aastane amortisatsioonieraldis 10 000 rubla. Langegu pärast 15-aastast kasutamist seda tüüpi uue seadme hind 150 000 rublani, mistõttu seadme aastane amortisatsioonisumma väheneb järgmistel aastatel 7500 rublani. Ekspluatatsiooniaja jooksul saab niisiis seadme esialgsest maksumusest toodangusse üle kanda ainult 187 500 rubla. Arvutades amortisatsiooninormi, saame

$$\delta = \frac{7500}{187\,500} = 0,04$$

Moraalse kulumise tagajärjel on amortisatsiooninorm seega langenud 0,05-lt 0,04-le. Selle seadmete moraalse kulumise mõju tasakaalustamiseks suurendatakse valemis (16) tavaliselt diskontoprotsendi määra, mille tagajärjel suureneb amortisatsiooninorm.

Valemite (53) ja (54) rakendamisel tuleb järelikult arvestada, et majanduse mingi parameetri muutumisega võib kaasneda teiste parameetrite suurenemine või vähenemine, mis selle muutumise mõju kas vähendab või süvendab.

(Järgneb)