



# Kulutuste efektiivsuse arvutamise energeetika- tööstuses

**JA** aparaadí  
ehituses

V. TALTS, L. SÄRAPIK

Tallinn 1970

338:6T

A-34068 II

T106

TALLINNA POLÜTEHNILINE INSTITUUT

Tootmise ökonomika ja organiseerimise kateeder

V.Talts, L.Sarapik

KULUTUSTE EFEKTIIVSUSE ARVUTAMISEST  
ENERGEETIKATÖÖSTUSES JA APARAADIEHITUSES

Tallinn  
1970

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Кафедра экономики и организации производства

В. Талте, Л. Сарапик

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЛОЖЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ  
И ПРИБОРОСТРОЕНИИ

На эстонском языке

~~N. V. Gogoli nim.  
Tartu Linna  
Keskrõmatukogu  
Iny. nr. 230089~~ 3

2

Tartu Ülikooli  
Raamatukogu

177888

Vastutav toimetaja R. Kala

---

Trükkida antud 20. X 1970. Paber 60x84/16.  
Trükipg. 3,25. Tingpg. 3,02. Tiraaž 500. MB-05999.  
TPI rotaprint, Tallinn, Koskla 2/9. Tell.513

Hind 9 kop.

N. V. Gogol' nim.  
Tööstus- ja  
Keskraamatukogu

## S i s u k o r d

Sissejuhatus . . . . .	4
I. Kapitaalmahutuste majandusliku efektiivsuse arvutamise üldised põhimõtted. . . . .	5
1. Üldine efektiivsus. . . . .	5
2. Suhteline efektiivsus . . . . .	7
3. Ajategur majandusliku efektiivsuse arvutustes . . . . .	11
II. Kapitaalmahutuste majandusliku efektiivsuse arvutamise erisused energeetikatööstuses . . . . .	14
1. Kapitaalmahutuste (ühekordsete kulutuste) arvutamine. . . . .	14
2. Omahinna arvutamine . . . . .	16
3. Taandatud kulude arvutamine . . . . .	19
4. Termofitseerimise majandusliku efektiivsuse hindamine . . . . .	23
III. Tehniliste uuenduste majandusliku efektiivsuse arvutamisest . . . . .	26
IV. Töökindluse arvessevõtmine uuenduste majandusliku efektiivsuse hindamisel aparadiehituses . . . . .	31
V. Automatiseerimisvahendite majandusliku efektiivsuse hindamise põhimõtted. . . . .	45
Kasutatud kirjandus. . . . .	51

## Sissejuhatus

Tehniliste erialade üliõpilaste ökonomikakursuses on keskne koht tehniliste uuenduste majandusliku efektiivsuse hindamise oskusel, mis rajaneb kapitaalvahetuste üldise ja suhtelise majandusliku efektiivsuse teoorial. Erinevates tööstusharudes on selle küsimuse käsitus tunduvalt spetsiifiline. Energeetika, eriti selle põhiharuharu - elektrienergeetika peamine erinevus teistest tööstusharudest seisneb vahetus seoses tootmise ja tarbimise vahel. Elektrienergia genereerimine ja tarbimine on praktiliselt üheaegne protsess. Tarbimise režiim mõjutab oluliselt energiasüsteemi majanduslikke näitajaid. Komplitseeritud on aja arvessevõtmine elektri jaama ja võrkude järkjärgulisel väljaehitamisel.

Mahutuste efektiivsuse hindamise meetodika spetsiifika aparaaditööstuses avaldub eriti töökindluse arvessevõtmises. Eraldi vaadeldakse veel automatiseerimisvahendite majandusliku efektiivsuse arvutamise põhimõtteid.

Käesolev ülevaade kapitaalvahetuste ja tehniliste uuenduste majandusliku efektiivsuse arvutusmeetodikast põhineb vastaval tüüpmeetodikal ja on mõeldud kasutamiseks õppevahendina Tallinna Polütehnilise Instituudi energeetika, automaatika ja elektrotehnika erialade üliõpilastele vastava peatüki läbitöötamisel ökonomikas ning diplomiprojekti majandusliku osa koostamisel.

Dotsent V. Taltsi kirjutatud on I, II ja III peatükk ning dotsent L. Sarapiku poolt III, IV ja V peatükk.

I. KAPITAALMAHUTUSTE MAJANDUSLIKU EFEKTIIVSUSE  
ARVUTAMISE ÜLDISED PÕHIMÕTTED

1. Üldine efektiivsus

Sotsialistlikus ühiskonnas on kapitaalmahutuste efektiivsuse kõige üldisemaks kriteeriumiks ühiskondliku tööviljakuse kasv. Seda kajastab kapitaalmahutuste üldine ja suhteline majanduslik efektiivsus, mille arvutamiseks kõrvutatakse kulutused saadava efektiga.

Üldist majanduslikku efektiivsust rahvamajanduse ulatuses ja tööstusharuti väljendab puhastoodangu või kasumi juurdekasv kapitaalmahutuste ühe rubla kohta (suurused  $d$  ja  $r_h$ ):

$$d = \frac{D}{K}, \quad (1)$$

kus  $d$  - puhastoodangu juurdekasv kapitaalmahutuste ühe rubla kohta;

$D$  - puhastoodangu juurdekasv rbl. aastas;

$K$  - kapitaalmahutused rbl. aastas.

$$r_h = \frac{R_h}{K_h}, \quad (2)$$

kus  $r_h$  - kasumi juurdekasv kapitaalmahutuste ühe rubla kohta;

$R_h$  - kasumi juurdekasv tööstusharus rbl. aastas;

$K_h$  - kapitaalmahutused tööstusharus rbl. aastas.

Kapitaalmahutuste üldist efektiivsust arvutatakse ka tööstusettevõtete tasemel ja tehniliste uuenduste kohta:

$$r_e = \frac{R_e}{K_e} = \frac{H-S}{K_e}, \quad (3)$$

- kus  $r_e$  - brutokasumi juurdekasv tööstusettevõttes kapitaalmahutuste ühe rubla kohta;
- $R_e$  - brutokasumi juurdekasv tööstusettevõttes rbl. aastas;
- $K_e$  - kapitaalmahutused, mis põhjustasid brutokasumi suurenemise rbl.;
- $H$  - realiseeritud kaubatoodangu juurdekasv hulgihindades rbl. aastas;
- $S$  - realiseeritud kaubatoodang omahinnas rbl. aastas.

Valemite (1), (2) ja (3) kasutamine kapitaalmahutuste üldise efektiivsuse iseloomustamiseks eeldab kasumi ja puhastoodangu suurenemise analüüsi, et elimineerida muude faktorite (toodangu nomenklatuur, töömahukus jne.) mõju kasumi ja puhastoodangu tasemele.

Planeeritud kahjumiga tööstusettevõtetes ja arvestushindade kasutamisel asendab kasumi juurdekasvu omahinna alandamisest saadav sääst.

Üldise efektiivsuse normatiivi seni ei ole kehtestatud. Kapitaalmahutuste planeerimisel võrreldakse kapitaalmahutuste üldist efektiivsust eelmise perioodi tegelikuga ja vastava tööstusharu paremate ettevõtete näitajatega.

Kapitaalmahutused tegutsevatesse ettevõtetesse peavad tagama minimaalselt sellise täiendava kasumi aastas, mis võimaldaks fondimaksu ja teiste kohustuslike maksete tasumise ning materiaalse stimuleerimise fondide moodustamise. Seega

$$R_e \geq f \cdot K_e, \quad (4)$$

kus  $f$  - koefitsient, mis võtab arvesse fondimaksu ja teisi kohustuslikke makseid ning eraldisi materiaalse stimuleerimise fondide moodustamiseks.

Vastav majanduslik efekt tehnilise uuenduse rakendamisest moodustaks

$$\Delta Z_e^{\ddot{u}} = R_e - f \cdot K_e, \quad (5)$$

kus  $\Delta Z_e^{\ddot{u}}$  - üldine majanduslik efekt rbl. aastas tehnilise uuenduse rakendamisest.

Arvutuste läbiviimisel on kohustuslikuks nõudeks rahvamajanduse üldiste huvide jälgimine. Kapitaalmahutused peavad olema efektiivsed mitte ainult konkreetse objekti või tootmisharu seisukohalt, vaid kogu rahvamajanduse ulatuses. Seetõttu võetakse vajaduse korral kapitaalmahutuste hulka ka mahutused piirnevatesse harudesse.

Perspektiivsete mahutuste efektiivsuse hindamiseks tuleb silmas pidada majanduse dünaamilisust, sealhulgas näiteks tootmis- ja tarbimisrajoonide, hindade ja majandusliku efektiivsuse koefitsientide muutumist.

## 2. Suhteline efektiivsus

Kapitaalmahutuste suhteline efektiivsus arvutatakse samaotstarbeliste tehniliste lahenduste ja projektide erivariantide majandusliku efektiivsuse võrdlemiseks.

Uute lahenduste majanduslikku otstarbekust väljendavad rahalised näitajad (toodangu omahind, kapitaalmahutuste erikulu) ja tehnilised näitajad (energeetiline kasutegur, metallikulu, ehitusmaterjalide erikulu jne.). Kui projekteritava objekti ühes variandis on kõik need näitajad paremad kui teises variandis, siis ei ole raskusi majanduslikult kõige efektiivsema variandi leidmiseks. Kuid sageli kaasneb kõrgema kapitaalmahutuste erikuluga madalam toodangu omahind. Millist varianti siis eelistada, kui majanduslikud või ka tehnilised näitajad muutuvad erisuunaliselt?

Omahind ei saa olla majandusliku efektiivsuse ainsaks kriteeriumiks. Omahind hõlmab ainult osa ühiskondlikest tootmiskuludest. Omahind võib olla projektlahenduse ökonoomsuse

kriteeriumiks ainult siis, kui uusi kapitaal mahutusi ei vajata.

Kapitaal mahutuste erikulu, kapitaal mahutused võimsuse või toodangu ühikule, ei sobi kapitaal mahutuste efektiivsuse põhikriteeriumiks, sest suurem kapitaal mahutuste erikulu võimaldab alandada tooteühiku omahinda ja ei ole selge, kumb näitaja on kaaluvam.

Mitmesugused naturaalnäitajad ei ole üksteisega summeeritavad ega võimalda anda võrreldavatele variantidele üldhinnangut ühiskondliku tööviljakuse kasvu seisukohalt.

Kehtiva tüüpmeetodika [1] kohaselt kasutatakse tehniliste lahenduste erivariantide võrdlemisel nn. taandatud kulusid, mis arvutatakse kas valemi (6) või (7) järgi:

$$S + E_n K = Z = \text{minim.}, \quad (6)$$

$$S \frac{1}{E_n} + K = Z' = \text{minim.}, \quad (7)$$

kus  $S$  - toodangu omahind või ka seadme eksploatatsiooni-kulud aastas rbl;

$E_n$  - kapitaal mahutuste suhtelise efektiivsuse normatiivne koefitsient;

$K$  - kapitaal mahutuste summa rbl.

Taandatud kulud arvutatakse kas üldsummas või tooteühiku kohta. Suurus  $E_n$  (kapitaal mahutuste minimaalne efektiivsus), mida täpsustatakse harumetodikates, on tüüpmeetodika kohaselt 0,12. Tasuvusaega suhtelise efektiivsuse näitajana ei kasutata.

Rahvamajanduslik efekt väiksema taandatud kuludega variandi rakendamisest kujutab endast taandatud kulude vahet võrreldavates variantides:

$$\begin{aligned} \Delta Z_r &= Z_I - Z_{II} = (S_I + E_n K_I) - (S_{II} + E_n K_{II}) = \\ &= \Delta S - E_n \Delta K, \end{aligned} \quad (8)$$

kus  $\Delta S$  - omahinna (resp. eksploatatsioonikulude) alanemine  
aastas rbl.;

$\Delta K$  - kapitaalvahutuste vahe variantides rbl.

Kui võrreldavatest variantidest üks annab nii omahinna alanemise kui ka kapitaalvahutuste vähenemise, summeerub säästuga omahinna alandamisest veel kokkuhoid kapitaalvahutustes. Siis

$$\Delta Z'_R = \Delta S + E_n \Delta K. \quad (8a)$$

Arvutustulemuste väikese erinevuse korral (energeetikas näiteks  $\pm 5\%$ ) loetakse need variandid võrdseteks.

Taandatud kulude valemi kaks komponenti - omahind ja kapitaalvahutused - on funktsionaalses sõltuvuses. Täiendavate kapitaalvahutustega võib üldiselt alati saavutada omahinna alanemise.

Optimaalne variant ei pruugi olla minimaalse omahinnaga (iga-aastaste kulutustega). Omahinna alandamine võib nõuda niivõrd suuri kapitaalvahutusi, et viimaste efektiivsus kujuneb madalamaks normatiivsest.

Kui taandatud kulude omahinna komponent  $S$  ja kapitaalvahutuste komponent  $K$  on funktsioonid pidevalt muutuvast parameetrist  $x$ , siis kujuneb taandatud kulude valem (6) järgmiseks:

$$Z = S(x) + E_n K(x). \quad (8b)$$

Parameetri  $x$  optimaalse väärtuse korral on  $Z$  minimaalne. Täiendavate kapitaalvahutuste maksimaalset majanduslikult otstarbekohast suurust on võimalik leida seosest

$$\frac{\Delta S}{E_n} = \Delta K,$$

sest sel juhul on täiendavate kapitaalvahutuste komponent  $E_n \Delta K$  võrdne aastase säästuga omahinna alanemisest  $\Delta S$ . Suuremad kapitaalvahutused õigustaksid end ainult suurema säästu korral.

Sageli on otstarbekohane arvutada taandatud kulud tooteühiku kohta. Sellisel puhul tuleb summaarsed taandatud kulud jagada toodangule naturaäljenduses.

Variantide suhtelist majanduslikku efektiivsust on siis võimalik arvutada, kui variandid on võrreldavad kõikide tunnuste poolest (toodangu maht, kvaliteet, nomenklatuur, töökindlus jne.) peale tunnuse, mille efektiivsust määratakse (kapitaalmahutused).

Variandid peavad olema vastastikku asendatavad toodangu või tehnilise otstarbe poolest. Erinevate toodete (näit. ekskavaatorite ja elektrimootorite) ning erineva otstarbega tehniliste lahenduste majanduslikku otstarbekust on võimalik hinnata nende üldise efektiivsuse kaudu.

Tähtis ei ole mitte võrreldavate objektide konstruktsiooni sarnasus, vaid nende töö kasuliku tulemuse samasus.

Arvutustes lähtutakse ühesugustest hindadest ja samasugustest arvutusmeetoditest komponentide K ja S arvutamisel.

Tehniliste uuenduste projekteerimisel võetakse võrdlubaasiks parim juurutatud või projekteeritud lahendus. Tehnilise uuenduse rakendamisel konkreetsetes tingimustes võrreldakse uuendust asendatava tehnika näitajatega vastavas ettevõttes.

Variantide võrreldavateks muutmise korda käsitletakse üksikasjalikumalt haruinstruktsioonides.

Rekonstruktsiooni majanduslik efektiivsus määratakse pärast rekonstruktsiooni saavutatavate näitajate võrdluse teel senistega ja uute ettevõtete vastavate näitajatega. Sealjuures võetakse arvesse toodangu ja kasumi vähenemist rekonstruktsiooniperioodil ja näitajate paranemist töötamisel seniste seadmetega, vana tehnoloogia kohaselt.

Kui tehnilise uuenduse ja rekonstruktsiooni finantseerimise allikaks on tootmise arendamise fond või pangalaen ja uuendus rakendatakse tegutsevas ettevõttes, siis määratakse kapitaalmahutuste majanduslik efekt kasumi juurdekasvu ja kapitaalmahutuste kõrvutamise kaudu vastavalt üldise efektiivsuse arvutusvalemile (5).

Arvesse võetakse ka tehniliste uuenduste tulemusel tekkinud kulutuste muutumine teistes ettevõtetes.

### 3. Ajategur majandusliku efektiivsuse arvutustes

Erinevate variantide efektiivsuse selgitamisel tuleb hinnata kulutuste eriaegsust ja efekti saabumise eriaegsust.

Nimelt ei ole rahvamajanduse seisukohalt ükskõik, kui kaua kestavad teatud objekti ehitus-montaažtööd ja kuidas jaotuvad kapitaalvahetused ehitusaastate vahel. Mida kauem viibib ehituse või seadme eksploatatsiooni andmine, mida suuremad on kapitaalvahetused juba esimestel ehitusaastatel, seda suurem on lõpetamata ehitus-montaažtööde maksumus. Objektide valmistamisel osade kaupa võib erinevaks kujuneda veel toodangu omahind ja maht ehitusperioodi jooksul. Selline olukord esineb eriti elektrijaamade järkjärgulisel käikuandmisel ja seepärast vaadeldakse vastavat arvutusmeetodikat lähemalt energiatööstuse erisusi käsitlevas peatükis.

Kulutuste ajalist nihet võib arvesse võtta kulutuste ajaldamisega kas lähtemomendile või viimasele ehitusaastale. Kui objekt ei saavuta projekteeritud (normaalseid) näitajaid kohe pärast käikuandmist, võidakse kulutused ajaldada aastale, millal objekt (ettevõtte, tsehh, agregaat) hakkab tööle normaalse võimsusega ja toodangu omahind (resp. eksploatatsioonikulud) kujuneb normaalseks (vt. lk. 19).

Järgmiste aastate kulud taandatakse lähtemomendile koefitsiendiga

$$K_u^a = (1 + E_n^a)^{-\tau}, \quad (9)$$

kus  $E_n^a$  - efektiivsuse normatiivne koefitsient (0,08);

$\tau$  - ehitusperiood aastates.

Objekti käikuandmise momendiks taandatakse ehitusperioodi kulud koefitsiendiga  $k'_u$  :

$$k'_u = (1 + E_n^a)^T \quad (10)$$

Vastavalt uuele tüüpmeetodikale on normatiivne koefitsient 0,08, mida kasutatakse kulutuste taandamisel ühele ajamomendile, ühtne kõigile tööstusharudele ning erinev kapitaalmahutuste normatiivse efektiivsuse koefitsiendist tööstusharus.

Kulutuste eriaegsuse korral kujuneks valem (6) järgmiseks:

$$Z'_u = \sum_{t=1}^T (E_n K_t) (1 + E_n^a)^{-t} + S (1 + E_n^a)^{-T} \quad (11)$$

kus  $Z'_u$  - lähtemomendile ajaldatud taandatud kulud rbl. aastas;

$K_t$  - kapitaalmahutused t-ndal aastal rbl.

Kulutuste eriaegsuse puhul on õige alati ümber arvutada mõlemad taandatud kulude komponendid ( $K$  ja  $S$ ), sest vastasel korral võib võrdlemine teise variandiga anda moonutatud tulemuse.

Näide. Olgu taandatud kulud esimeses variandis

$$(S_I = 20; K_I = 300) \quad 20 + 0,12 \cdot 300 = 56$$

ja teises variandis

$$(S_{II} = 8; K_{II} = 400) \quad 8 + 0,12 \cdot 400 = 56.$$

Variandid on seega võrdse efektiivsusega. Olgu ka kulutuste lähtemomendile ümberarvutamise koefitsient  $k''_u$  mõlemas variandis võrdne, näiteks 0,8. Ainult kapitaalmahutuste ajaldamisel lähtemomendile kujuneb taandatud kulude suuruseks

$$\begin{aligned} \text{esimeses variandis} & \quad 20 + 0,12 \cdot 300 \cdot 0,8 = 48,8, \\ \text{teises variandis} & \quad 8 + 0,12 \cdot 400 \cdot 0,8 = 41,6. \end{aligned}$$

Tekib näivus, nagu oleks teine variant efektiivsem. Tulemus on moonutatud seetõttu, et kapitaalmahutuste komponendi ( $E_n K$ ) osatähtsus taandatud kuludes on teises variandis suurem ja vastav korrutustehe koefitsiendiga 0,8 avaldab loomulikult suuremat mõju.

Kasutades valemit (11), saame mõlemal korral võrdse tulemuse, mis on õige:

$$\begin{aligned} 0,12 \cdot 300 \cdot 0,8 + 20 \cdot 0,8 &= 0,12 \cdot 400 \cdot 0,8 + 8 \cdot 0,8 = \\ &= (0,12 \cdot 300 + 20) 0,8 = (0,12 \cdot 400 + 8) 0,8 = 44,8. \end{aligned}$$

Kulutuste taandamisel lähtemomendile tuleb täiendavalt arvesse võtta veel kasumi suurust objekti varasemast käikandmisest. Vastasel korral ei anna erineva ehituskestusega variantide võrdlus õiget tulemust, sest pikema ehituskestusega variandis on  $k_{\bar{u}}$  väiksem ja järelikult ka taandatud kulud väiksemad.

## II. KAPITAALMAHUTUSTE MAJANDUSLIKU EFEKTIIVSUSE ARVUTAMISE ERIKESKSED ENERGEETIKATÖÖSTUSES

### 1. Kapitaalmahutuste (ühikordsete kulutuste)

#### arvutamine

Kapitaalmahutuste arvutamine on energeetikas (eriti elektrienergia, samuti ka nafta ja gaasi tootmise puhul) komplitseeritum kui teistes tööstusharudes.

Elektrivarustussüsteem kujutab endast "ahelat", kuhu kuuluvad kütuste tootmine, transport, elektrienergia genereerimine elektrijaamas ja ülekandmine tarbijani. Elektritarvituse kasv võib tingida uusi kapitaalmahutusi elektrivarustussüsteemi kõikides lülides. Eesti NSV tingimustes tähendab see uute põlevkivikarjääride rajamist, raudteeharude ehitamist, elektrijaamade ja -ülekandeliinide võimsuse tõstmist või uute ehitamist. Loodusliku gaasi tarbimise laiendamine tingib loodusliku gaasi tootmise laiendamise, uusi mahutusi gaasivõrkude rajamiseks. Energiavarustussüsteemi eri variantide efektiivsuse hindamisel on üheks lähtealuseks erikapitaalmahutuste suurus võimsusühiku kohta kogu energeetilise "ahela" ulatuses. Ühendatud energiasüsteemide puhul ja võimaluse tõttu elektrienergiat üle kanda suurtesse kaugustesse ei too elektritarvituse kasv ühes rajoonis alati kaasa vajadust elektrijaama ehitamiseks just selles piirkonnas, vaid seal, kus see osutub majanduslikult otstarbekaks, lähtudes ühendatud energiasüsteemi majanduslikest näitajatest.

Erikapitaalmahutused kütuse tootmiseks võtavad arvesse peale otsese kulutuste kaevanduste, karjääride, puurtornide rajamiseks ka kulutused geoloogilisteks uurimistöökdeks.

Kapitaalmahutused soojuselektrijaamadele sõltuvad kasutatava kütuse liigist (gaasi ja õlikütuse puhul vähenevad katlamaja ehituskulud 20-30%), põhiagregaatide ühikvõimsu-

sest, ühetüübiliste agregaatide arvust, auru algparameetritest jt. tingimustest.

Üldjuhul arvutatakse kondensatsioonielektriijaamade (KEJ) ehituskulud (koos piirnevate mahutustega) järgmiselt:

$$K_{KEJ} = K_e + K_{kü} + K_{tr} + K_v - K_{tag}, \quad (12)$$

kus  $K_{KEJ}$  - summaarsed kapitaalmahutused KEJ-i rajamiseks tuh. rbl.;

$K_e$  - kapitaalmahutused elektriijaama tööstuslikele ehitistele ja seadmetele tuh.rbl.;

$K_{kü}$  - kapitaalmahutused kütusebaasile tuh.rbl.;

$K_{tr}$  - kapitaalmahutused kütuse transpordiks tuh.rbl.;

$K_v$  - kapitaalmahutused elektriliinidele ja alajaamadele tuh.rbl.;

$K_{tag}$  - rajatised, hooned, seadmed (sideliinid, teed, elamud jne.), mis kuuluvad pärast ehitustööde lõppu üleandmisele teistele organisatsioonidele (tuh. rbl.).

Termofikatsioonielektriijaamade (TEJ) puhul lisanduvad summaarsetele kapitaalmahutustele veel kulutused soojustrasside ehitamiseks:

$$K_{TEJ} = K_e + K_{kü} + K_{tr} + K_v + K_{sv} - K_{tag}, \quad (13)$$

kus  $K_{sv}$  - kulutused soojustrasside ehitamiseks tuh.rbl.

Hüdroelektriijaamade (HEJ) kapitaalmahutuste arvutamise üldskeem on järgmine:

$$K_{HEJ} = K_e + K_v - K_{tag} + K_{komp}, \quad (14)$$

kus  $K_{komp}$  - kompensatsioon põllumajanduslike maade üleujutamise eest tuh.rbl.

Elektrifitseerimiseks vajalike kapitaalmahutuste suurus energiasüsteemis sõltub veel tarbimisseadme töörežiimist. Kui uus tarbija vajab elektrienergiat väljaspool energiasüsteemi maksimaalkoormuse perioodi, siis ei ole vaja kapitaalmahutu-

si elektrijaamade ja magistraalelektriliinide võimsuse tõstmiseks. Selline tarbija võimaldab ühtlustada energiasüsteemi põhifondide kasutamist. Kapitaalmahutuste vajaduse määrab energiasüsteemi kui "ahela" vastava lüli maksimaalkoormusele lisanduv koormus, samuti ka kapitaalmahutused kütusebaasile, mis sõltuvad elektritarvituse suuruselt, ja tarbivseadmete soetamiskulud.

Kapitaalmahutuste (ühekordsete kulutuste) hulka võidakse seadmete moderniseerimise või rekonstrueerimise puhul võtta veel summad, mis arvatakse kapitaalremondi või jooksva remondi kulude hulka.

## 2. Omahinna arvutamine

Variantide suhtelise majandusliku efektiivsuse arvutamisel on teiseks komponendiks iga-aastased kulutused, mis kajastuvad omahinnas või seadme eksploatatsioonikuludes.

Erinevalt kapitaalmahutustest - ühekordsetest kulutustest teatud objekti ehitamiseks, laiendamiseks või rekonstrueerimiseks - väljendab toodangu omahind kulusid tarbitud tootmisvahendite asendamiseks ja palkadeks, hõlmates kõik kulud, mis on otseselt või kaudselt seotud toodangu valmistamise ja realiseerimisega. Majandusliku efektiivsuse arvutustes kasutatakse toodangu täielikku aastakeskmist omahinda. Kui uute objektide käikuandmisel toodangu täielik omahind esialgu ei iseloomusta õigesti normaalset kulutuste taset, lähtutakse keskmisest omahinnast, mis kujuneb normaalse eksploatatsiooni korral.

Elektrienergia täielikus omahinnas sisalduvad elektrienergia genereerimise, ülekande ja realiseerimiskulud. Et elektrienergia täielik omahind kalkuleeritakse tarbijale väljastatud kilovatt-tunni kohta, siis peegelduvad selles näitajas ka elektrienergia ülekandekad ja omatarvitus elektrijaamades. Elektrienergia aastakeskmise omahind

\* Detailsemalt käsitletakse seda küsimust J. Toomaspoja loengukonspektis "Energia omahind ja tariifid". TPI rota-print, Tallinn, 1966.



elektrienergiat süsteemi maksimaalkoormuse ajal ( $N_m$  süst =  $= 0$ ,  $h'_{\text{süst}} = \infty$ ,  $s_e = s_m$ ), võrdub elektrienergia täielik omahind sellise tarbija suhtes muutuvate kuludega elektrienergia tootmisel.

Kütuste suhtelise majandusliku efektiivsuse selgitamiseks arvutatav kütuste taandatud kulude omahinna komponent hõlmab iga-aastasi kulutusi kütuste tootmisel, transpordil ja ka tarbivseadme eksploatatsioonil.

Erinevate kütuste efektiivsuse võrdlemisel soojusenergia tootmisel katlamajas summeeritakse iga-aastased kulutused järgmiselt:

$$S_{\text{kü}} = (S_{\text{to}} + S_{\text{tr}}) \frac{1}{\eta} + S_{\text{tarb}}, \quad (16)$$

- kus  $S_{\text{kü}}$  - kütuse omahind 1 Gcal kohta tarbivseadmes rbl.;
- $S_{\text{to}}$  - kütuste tootmiskulud rbl./Gcal;
- $S_{\text{tr}}$  - kütuse transpordikulud rbl./Gcal;
- $S_{\text{tarb}}$  - tarbivseadme aastased eksploatatsioonikulud rbl./Gcal;
- $\eta$  - tarbivseadme kasutegur.

Mõnede kütuseliikide puhul (gaas, masuut) sõltuvad iga-aastased kulud, samuti nagu elektrienergia tootmisel, tarbimisrežiimist.

Gaasi ja masuudi toodang on praktiliselt ühesuurune kogu aasta vältel, tarbimine aga ebaühtlane. Seetõttu osutub vajalikuks gaasi- ja naftahoidlate rajamine ning eriliste tarbijate-regulaatorite loomine, mis suveperioodil kasutaksid gaasi või masuuti, talveperioodil aga teisi kütuseid. Rajatakse ka kompressorjaamu gaasijuhtmete tootlikkuse tõstmiseks tippkoormuse ajal. Kõik see on seotud täiendavate kulutustega. Gaasi tarbimise suurenemine suveperioodil võimaldab gaasi tootmist ühtlustada, alandada gaasi täielikku omahinda.

Majandusliku efektiivsuse arvutustes võetakse gaasi tarbimise režiimi arvesse koefitsiendi  $k'$  abil:

$$k' = \frac{7500}{h_{\text{seade}}}, \quad (17)$$

kus  $h_{\text{seade}}$  - tundide arv, mis iseloomustab torujuhtme maksimumvõimsuse koormamist tarbivseadme poolt aastas.

Selle koefitsiendiga korrigeeritakse püsivkulusid gaasi ja masuudi omahinnas.

### 3. Taandatud kulude arvutamine

Taandatud kulude põhivalem (6) on analoogiline kõigis tööstusharudes. Energeetikatööstuses on suurema tähtsusega aja arvessevõtmine, sest energiasüsteemide väljaehitamine toimub järkjärguliselt, vastavalt koormuse kasvule. Elektri- jaamu antakse käiku blokkide kaupa. Vastava projekti erivariantide võrdlus peab arvestama kapitaalmahutuste ja eksploatatsioonikulude võimalikku eriaegsust.

Vastavalt meetodikale [2] soovitatatakse neid faktoreid arvesse võtta valemi (18) kaudu

$$Z = E_n \sum_{t=1}^{\tau} (K_t + S_t) (1 + E_n^a)^{t_0 - t} + S_m (1 + E_n^a)^{t_0 - \tau}, \quad (18)$$

kus - ehitusperiood aastates;

$t_0$  - aasta, miliele ajaldatakse kulutused;

$K_t$  ja  $S_t$  - kapitaalmahutused ja iga-aastased kulutused  $t$ -ndal aastal rbl.;

$S_m$  - iga-aastased kulutused normaalsete eksploatatsioonitingimustega aastas rbl.

Taandatud kulud tooteühikule leitakse valemi (18) kohaselt arvutatud suuruse  $Z$  jagamisel toodanguga, kusjuures võetakse arvesse toodangumahu erinevust ehitusperioodil. Too-

dangumaht elektriijaama normaalse eksploatatsiooni korral on võrreldavates variantides muidugi ühesuurune.

Arvutuskäik on järgmine:

$$Z' = \frac{Z}{E_n \sum_{t=1}^{\tau} P_t (1+E_n^a)^{t_0-t} + P_m (1+E_n^a)^{t_0-\tau}}, \quad (19)$$

kus  $Z'$  - taandatud kulud tooteühikule;

$P_t$  - toodang  $t$ -ndal aastal rbl.;

$P_m$  - toodang normaalsete eksploatatsioonitingimustega aastal rbl.

Loomulikult sooritatakse selliseid keerulisi arvutusi ainult siis, kui variandid suuresti erinevad mahutuste eriaegsuse poolest.

Vastavalt tüüpmetoodikale [1] tulevad kinnitamisele uued tööstusharumetoodikad, kus võidakse muudatusi teha kehtivas arvutusmetoodikas ka aja arvessevõtmise osas.

Nii näiteks on senini fikseerimata, kuidas võtta arvesse kasumi saabumise eriaegsust, mis aga tüüpmetoodika kohaselt on vajalik, kui kulutused ajaldada nende tegemise lähememendile.

Meie arvates on võimalik seda teha järgmiselt:

$$Z'' = E_n \sum_{t=1}^{\tau'} (K_t - R_t) (1+E_n^a)^{-t} + S_m (1+E_n^a)^{-\tau'}, \quad (20)$$

kus  $R_t$  - kasum  $t$ -ndal aastal;

$\tau'$  - viimase ehitusaasta järjekorranumber kõige pikema ehitusperioodiga variandis.

Valemiga (20) vähendatakse kapitaalmahutuste summat kasumi võrra, mis saadakse juba ehitusperioodil. Veelgi täpsemate arvutuste juures tuleks suurust  $R_t$  korrigeerida koeffitsiendiga  $k_d$ , mis võtab arvesse, et mitte kogu kasum ei lähe kapitaalmahutusteks. Variantide suhtelist efektiivsust aga selline lihtsus ei moonuta.

Eriti suur majanduslik efekt saavutatakse objekti varasemast käikuandmisest. Nii näiteks ulatub aastakasum 1600 MW võimsusega soojuselektrijaama toodangu realiseerimisest vähemalt 80 miljoni rublani. Ehitusaja lühendamine ühe aasta võrra võimaldaks täiendavat kasumit eeltoodud summa ulatuses. Et ühesuguse võimsusega elektrijaama ehitatakse normide kohaselt niisama kaua ka projekti erinevate variantide järgi, siis üldjuhul ehitusaja üldkestuse lühenemist ei esine. Küll aga võib täiendavat kasumit saada ehitusperioodi vältel energiablokkide eriaegse käikulaskmise arvel.

Kütuste taandatud kulude arvutamisel (valem 21) võetakse arvesse ka mahutusi piirnevatesse harudesse (transport, tarbimine).

$$Z^{\text{kütus}} = (S_{\text{to}} + S_{\text{tr}}) \frac{1}{2} + S_{\text{tarb}} + E_n (K_{\text{to}} + K_{\text{tr}}) \frac{1}{2} + E_n K_{\text{tarb}}, (21)$$

kus  $Z^{\text{kütus}}$  - vastava kütuseliigi taandatud kulud rbl./ttk ;

$\frac{1}{2}$  - tarbivseadme kasutegur;

$S_{\text{to}}$  - kütuse tootmise omahind rbl./ttk ;

$S_{\text{tr}}$  - kütuse transpordikulud rbl./ttk ;

$S_{\text{tarb}}$  - tarbivseadme eksploatatsioonikulud rbl./ttk ;

$K_{\text{to}}, K_{\text{tr}}, K_{\text{tarb}}$  - vastavad erikapitaalmahutused rbl./ttk.

**N ä i d e.** Tuleb valida, kas ehitatav rajoonikatlamaja projekteerida looduslikule gaasile või naftamasuudile. Selleks arvutame taandatud kulud mõlemas variandis (vt. tabel 1).

Tabelist nähtub, et 1 ttk kasuliku soojuse taandatud kulud on loodusliku gaasi kasutamisel madalamad kui naftamasuudi puhul.

Taandatud kulud gaasi- ja õlikütusega  
rajoonikatlamajas (võimsusega 20 Gcal/h)

Jrk. nr.	Etapid ja näitajad	Kapitaalmahutused rbl./ttk		Omahinnad rbl./ttk	
		Looduslik gaas	Naftamasuut	Looduslik gaas	Naftamasuut
1.	Kütuste tootmine	21	43	1,4	1,8
2.	Kütuste transport	76	29	4,2	6,2
3.	Kokku	97	72	5,6	8,0
4.	Kokku ühe ttk kasuliku sooja kohta, kui				
	$\int$ gaas = 0,80 ja				
	$\int$ õli = 0,75	121	96	7,0	10,7
5.	Katlamaja koos soojusvõrguga	44	48	35	39
6.	Kokku (4+5)	165	144	42	49,7
7.	Taandatud kulud, kui $E_n = 0,15$ rbl./ttk				
	a) looduslik gaas			$0,15 \cdot 165 + 42 = 66,8$	
	b) naftamasuut			$0,15 \cdot 144 + 49,7 = 71,3$	

Elektrienergia taandatud kulude arvutamine energiasüsteemis (valem 22), arvesse võttes tarbimisrežiimi, on vajalik erinevate tarbijate majandusliku efektiivsuse hindamiseks energiasüsteemi seisukohalt, tariifide majandusliku põhjendatuse hindamiseks ja energiakadude rahaliseks väljendamiseks.

$$Z^{el} = \alpha_{om} \cdot \alpha_{kaod} \left[ \frac{\alpha_{res} (E_n^{K_{elj} + s_p})}{h_{seade/k_m}} + s_m \right] + \frac{E_n^{K_{elv} + s_v}}{h_{seade}}, \quad (22)$$

kus  $Z^{el}$  - elektrienergia taandatud kulud kop./kWh;

$\alpha_{om}$  - koefitsient, mis võtab arvesse omatarvet;

$\alpha_{kaod}$  - koefitsient, mis võtab arvesse elektrienergia ülekandekadusid;

- $\alpha_{res}$  - koefitsient, mis arvestab võimsuste reservi;  
 $K_{elj}$  - elektriyaamade põhifondide maksumus kop./kW;  
 $K_{elv}$  - elektriülekanedeliinide maksumus kop./kW;  
 $s_p$  - elektriyaamade püsivkulud ühe kW nimivõimsuse kohta kop.;  
 $s_v$  - elektriülekanedeliinide eksploatatsioonikulud kop./kW;  
 $s_m$  - elektriyaamade muutuvkulud kop./kWh;  
 $h_{seade}$  - tarbivseadme maksimaalvõimsuse kasutustundide arv;  
 $k_m$  - koefitsient, mis näitab tarbivseadme koormuse ühtimist süsteemi maksimaalkoormusega.

Elektrienergia taandatud kulude valemist selgub elektrienergia tarbimisrežiimi mõju energiasüsteemi ökonoomikale. Mida vähem kasutatakse elektrienergiat maksimaalkoormuse perioodil, mida ühtlasemalt on tarbimine ajaliselt jaotatud, seda väiksemad on püsivkulud ( $s_p$ ,  $s_v$ ), kapitaalmahutuste komponent ( $E_n K_{elj}$ ;  $E_n K_{ev}$ ) ja elektrienergia keskmised taandatud kulud.

Täpsemate arvutuste puhul tuleb ka seda asjaolu arvestada, et energiasüsteemide koormusgraafiku tippude ja baasi katmiseks kasutatakse eritüübilisi energeetilisi seadmeid, mistõttu kulutused võivad olla erinevad. Elektrienergia keskmiste taandatud kulude kõrval arvutatakse veel taandatud kulud tippkoormust katvate seadmete majanduslike näitajate alusel.

#### 4. Termofitseerimise majandusliku efektiivsuse hindamine

Tööstuse ja elamu-kommunaalmajanduse soojusenergia vajadust võib rahuldada kahesuguselt: termofikatsioonielektriyaama (TEJ) või kondensatsioonielektriyaama (KEJ) ja rajoonikatlamaja ehitamise kaudu. Elektrienergia ja soojusenergia tootmise ühendamine TEJ-is võimaldab tõsta elektriyaama kasu-

tegurit ja annab kütuse kokkuhoidu. TEJ töö ökonoomsus sõltub soojusenergia tarbimise suurusest ja selle ajalisest jaotusest aasta lõikes. Ebaühtlase soojuskoormuse puhul langeb TEJ-i kasutegur ja otstarbekohasemaks võib kujuneda vajaliku elektrienergia tootmine suure võimsusega KEJ-is ja soojusenergiaga varustamine rajoonikatlamajadest.

Lõpliku otsuse peab andma majandusliku efektiivsuse võrdlus.

Tingkütuse kokkuhoidu  $\Delta B$  termofikatsioonielektriijaamas võrreldes elektrienergia ja soojusenergia eraldi tootmisega KEJ-is ja rajoonikatlamajas, võib väljendada valemiga

$$\Delta B = W_t(b_{KEJ}^t - b_{TEJ}^t) - W_k(b_{TEJ}^k - b_{KEJ}^k) + \left(\frac{1}{\zeta_{rk}} - \frac{1}{\zeta_k}\right) \frac{Q_v}{7000}, \quad (23)$$

kus  $\Delta B$  - kütuse kokkuhoid kg ühe tonni tingkütuse kohta aastas;

$W_t$  - elektrienergia toodang, kui TEJ töötab termofikatsioonirežiimil;

$W_k$  - elektrienergia toodang, kui TEJ töötab kondensatsioonirežiimil;

$b_{TEJ}^t$  - tingkütuse erikulu TEJ-i töötamisel termofikatsioonirežiimil kg/kWh;

$Q_v$  - soojusenergia kogus Gcal;

$b_{TEJ}^k$  - tingkütuse erikulu TEJ-i töötamisel kondensatsioonirežiimil kg/kWh;

$\zeta_{rk}$  - rajoonikatlamaja kasutegur;

$\zeta_k$  - termofikatsioonielektriijaama katlamaja kasutegur.

Kütuse kokkuhoiu arvutamisel valemi (23) kohaselt eeldatakse, et elektrienergia toodang mõlemas variandis on võrdne, seega

$$W_{KEJ} = (W_k + W_t)_{TEJ}.$$

Termofitseerimise majandusliku efektiivsuse määramiseks on vaja samuti arvesse võtta kulutusi piirnevatesse tööstus-  
harudesse.

Kapitaalmahutuste üldsumma elektri- ja soojusenergia  
kombineeritud tootmise puhul TEJ-is on järgmine:

$$K_{\text{komb}} = K_{\text{kü}} + K_{\text{TEJ}} + K_{\text{sv}} + K_{\text{v}}. \quad (24)$$

Kui elektrienergiat toodetakse KEJ-is ja soojusenergiat  
rajoonikatlamaajas, siis

$$K_{\text{erald}} = K_{\text{KEJ}} + K_{\text{rk}} + K_{\text{sv}} + K_{\text{kü}} + K_{\text{v}}. \quad (25)$$

Iga-aastaste kulutuste (omahindade) summa arvutatakse  
etappide kaupa analoogiliselt eeltoodud valemitele (24) ja  
(25). Kui mõned komponendid (näiteks kütuste tootmine ja trans-  
port) on võrreldavates variantides ühesuurused, siis võib  
need välja jätta.

KEJ-i näitajad valitakse energiasüsteemi koormuse kasvu  
katteks projekteeritavate elektrijaamade tehnilis-ökonomi-  
liste näitajate alusel.

Kapitaalmahutused ja omahinnad summeeritakse võrreldava-  
tes variantides vastavalt taandatud kulude valemitele (6)  
või (11).

### III. TEHNILISTE UUENDUSTE MAJANDUSLIKU EFEKTIIVSUSE ARVUTAMISEST

Tehniliste uuenduste majandusliku efektiivsuse arvutamise meetodika baseerub eespool käsitletud kapitaalmahutuste majandusliku efektiivsuse määramise põhimõtetel.

Tehniliste uuenduste efektiivsust hinnatakse ühiskondliku tööviljakuse kasvu seisukohalt. Siingi lähtutakse kapitaalmahutustest ja toodangu omahinnast või eksploatatsioonikuludest.

Kapitaalmahutused uue tehnika juurutamiseks koosnevad järgmistest komponentidest:

- 1) uute seadmete hind hinnakirja järgi koos nende kohaletoimetamise ja monteerimise kuludega;
- 2) hoonete, vundamentide jt. ehitustööde, samuti ka hoonete ning seadmete rekonstrueerimise ja moderniseerimise maksumus;
- 3) kulutused projekteerimisele;
- 4) mittekasutatavate seadmete amortiseerumata osa (miinus nende seadmete likvideerimisel saadav summa).

Kapitaalmahutuste kohta koostatakse vastav eelarve, mis on aluseks majandusliku efektiivsuse arvutustele.

Tehnilisteks uuendusteks vajalike täiendavate käibevahendite summa liidetakse kapitaalmahutuste vajadusele. Kui aga uus tehnika võimaldab kokku hoida käibevahendeid, vähendatakse kapitaalmahutusi selle summa võrra.

Iga-aastaste kulude arvutamine toimub üldjoontes järgmiselt.

Kulukirje "Materjalid" all näidatakse kõigi materjalide maksumus, mida aparadi või automaatseadme valmistamiseks baasettevõttes kasutatakse. Materjalide maksumuse arvutamiseks koostatakse tabel 2.

T a b e l 2

Materjalide maksumus

Jrk. nr.	Materjali nimetus	Materjali mark	Ühik	Materjali kulu-norm	Ühiku hind rbl.	Maksumus rbl.	Hinnakirja nr.
1	2	3	4	5	6	7	8

Materjalide maksumuse üldsummale lisanduvad transpordi- ja varumiskulud. Maha arvatakse realiseeritavate jäätmete maksumus.

Materjalikulu arvutamiseks koostatakse enne spetsifikatsioon kõigi originaaldetailide kohta. Spetsifikatsioonis näidatakse materjalikulu toorikule (materjali puhaskaal + jäätmed). Puhaskaalu arvutamise aluseks on detaili joonis.

Teistest ettevõtetest ostetavate detailide ja pooltoodete maksumuse arvutamiseks kasutatakse järgnevat tabelit.

T a b e l 3

Ostetavate detailide ja pooltoodete maksumus

Jrk. nr.	Detailide ja pooltoodete nimetus	Tehniline tähistus	Kogus	Ühiku hind rbl.	Maksumus rbl.	Hinnakirja nr. ja väljaandmise aasta
1	2	3	4	5	6	7

Siingi lisanduvad veel transpordi- ja varumiskulud.

Kui konstruktsiooni on võetud detaile ja pooltooteid, millel ei ole veel kinnitatud hinnakirju, siis määratakse ligikaudne hind analoogiliste detailide ja pooltoodete alusel.

Tootmistööliste põhipalk kalkuleeritakse järgmiste lähteandmete alusel:

- 1) objekti valmistamiseks vajalikke operatsioone sooritavate tööliste eriala ja kvalifikatsioon;
- 2) vastavate tööliste tariifijärgne tunnitasu;
- 3) ajanormid operatsioonide, detailide või objekti kui terviku kohta.

Tootmistööliste põhipalka võib arvutada kolmel meetodil: operatsioonide kaupa, detailide kaupa, tööde liikide (lukksepatööd, tööpingitööd, mähkimistööd jne.) kaupa.

Töömahu kindlaksmääramiseks lähtutakse baasettevõtte töötingimustest ja mehhaniseerimise tasemest.

Koos töö mahu hindamisega toimub ka töö tarifitseerimine, s.o. töö keerukuse kindlaksmääramine. Kui ühe tööliigi piires tuleb teha mitme eri keerukusjärguga töid, arvutatakse vastava tööliigi kohta keskmine tariifijärk.

Tootmistööliste põhipalgale liidetakse progressiivse tükipalgasüsteemi järgi makstavad lisatasud ja premiaaltasud.

Montaažikulusid kalkuleeritakse vastavate hinnakirjade alusel.

Põhipalgale arvatakse juurde lisatasud (puhketasud, lisatasud ühiskondlike ja riiklike kohustuste täitmisel olnud aja eest jne.).

Eraldised sotsiaalkindlustuseks planeeritakse protsendi alusel tootmistööliste põhipalga ja lisatasude summast (aparaadiehituses 7,7%, energeetikatööstuses 6,6%).

Seadmete korrashoiu, jooksva remondi ja amortisatsioonikulud hinnatakse kehtivate normatiivide alusel.

Vajaduse korral võetakse arvesse ka muutused tsehhi- kuludes, tehase üldkuludes ja tootmisvälistes kuludes.

Kui projekteeritakse uut aparati, mida hakatakse valmistama seeriatena, kalkuleeritakse aparadi täielik

omahind. Plaanilise kasumi määrd toodangu hulgihinna kalkuleerimisel on tavaliselt 10% täielikust omahinnast.

Projekteerimisel on mõnikord vaja ligikaudselt hinnata projekteeritava objekti omahinda. Selleks kasutatakse arvutusmeetodit, kus detailsete arvutustega määratakse kindlaks ainult üks - põhiline kulukomponent, mille alusel tuletatakse objekti orienteeruv omahind. Põhiline kulukomponent, millest sõltub aparraadi omahinna tase, on materjalide ja ostatevate pooltoodete maksumus.

Kui ei projekteerita uut seadet, vaid kaalutakse tehnilise uuenduse mõju eksploatatsioonikulude tasemele, siis hinnatakse järgmiste komponentide suurust enne ja pärast uuenduse rakendamist:

- 1) aparraati või automaatseadet teenindava personali põhipalk;
- 2) lisatasud;
- 3) eraldised sotsiaalkindlustuseks;
- 4) elektrienergia kulud;
- 5) amortisatsioonieraldised;
- 6) korrashoiu ja jooksva remondi kulud.

Eksploatatsioonikulude võrdlemiseks on vaja arvutada ainult need kulukomponendid, mis võrreldavate variantide puhul on eri väärtusega.

Tehnilise uuenduse majandusliku efektiivsuse arvutamiseks kasutatakse valemeid (8) ja (8a), kus kajastuvad kulutused, mis on vajalikud uuenduse rakendamiseks, ja saadav sääst.

Kui tehnilise uuenduse konstrueerimine ja rakendamine on seotud suuremate ajakulutustega, on efekti arvutamisel vaja arvesse võtta ka ajategurit. Mida hiljem majanduslik efekt saavutatakse, seda väiksem on rahvamajanduse seisukohalt tema väärtus. Variantide võrdlemisel arvutatakse erinevate ajavahemike järel saavutatav majanduslik efekt ümber ühele ajamomendile, mahutamise algmomendile.

Lihtsamatel juhtudel kasutatakse valemit

$$\Delta Z_{\bar{u}} = \Delta Z_t (1 + E_n^a)^{-t}, \quad (26)$$

kus  $\Delta Z_{\ddot{u}}$  - vahendite mahutamise algmomendile ümberarvutatud majanduslik efekt rbl.;

$\Delta Z_t$  - t-ndal aastal saavutatav majanduslik efekt rbl.

Lõppjärelduste tegemiseks koondatakse kõige tähtsamad näitajad kokkuvõtlikku tabelisse.

#### IV. TÖÖKINDLUSE ARVESSEVÕTMINE UUENDUSTE MAJANDUSLIKU EFEKTIIVSUSE HINDAMISEL APARAADIEHTUSES

Kõrge töökindluse tagamine on tänapäeval uute seadmete ja apraatide konstrueerimisel muutunud üheks põhiprobleemiks. Tehnilised projektid sisaldavad arvutusi, kus on kindlaks määratud seadme keskmine tõrketu tööaeg, tõrkeintensiivsus, tõrketu töö tõenäosus ja teised töökindluse näitajad. Nõrgalt, või halvemal juhul üldse mitte, on aga töökindluse näitajad seostatud projektide majanduslike näitajatega. Majanduslikust seisukohast on töökindluse probleemil aga oluline tähtsus. Seoses töökindluse tõusuga muutuvad majanduslikud näitajad kahes erinevas suunas: töökindlama seadme valmistamine suurendab tavaliselt projekteeritava objekti maksumust (ühekordseid kulusid), võimaldades aga hiljem säästa kulutusi eksploatatsioonis.

Uue seadme projekti erinevate variantide võrdlemisel on oluline kindlaks määrata rahvamajanduse seisukohalt optimaalne töökindlus. Majanduslikes arvutustes kasutatakse optimaalse töökindluse kriteeriumina projekti variantide taandatud kulude näitajat. Optimaalseks loetakse selle variandi töökindlust, mille puhul projekteeritava objekti taandatud kulud aastas on minimaalsed. Taandatud kulud töökindluse majandusliku kriteeriumina ei tule arvesse niisuguste tehniliste probleemide lahendamisel, kus töökindluse suurendamisel on otsustav tähtsus, näiteks inimeste elu ohustavate avariide vältimisel.

Vaatleme võimalusi töökindluse näitajate seostamiseks projekti majanduslike näitajatega.

Töökindlusõpetus põhineb tõenäosusteoorial ja matemaatilisel statistikal. Töökindluse arvutuste põhjal tehtud järeldused ei kehti konkreetse objekti kohta, vaid iseloomus-

tavad objektide kogumit (seeriat) keskmiselt. Seda tuleb silmas pidada ka töökindluse näitajate alusel arvutatud majanduslike näitajate puhul.

Laiemas käsitluses iseloomustavad seadme töökindlust töö tõrketus, remonditavus ja tööiga (kestus).

Tõrketu töö tehnilisteks näitajateks on keskmine tõrketu tööaeg  $t_k$  ja tõrkeintensiivsus  $\lambda$ . Seadme normaalse töö perioodil, kui tõrkeintensiivsus on konstantne suurus, on nende näitajate vahel pöördvõrdeline sõltuvus:

$$t_k = \frac{1}{\lambda} . \quad (27)$$

Kui näiteks ränidiodi keskmine tõrketu tööaeg on 5 000 000 tundi, siis tema tõrkeintensiivsus on  $0,2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{h}$ . Süsteemi tõrkeintensiivsus võrdub tema elementide tõrkeintensiivsuste summaga.

Lisaks nendele näitajatele iseloomustab töökindluse vaadeldavat aspekti tõrketu töö tõenäosus  $p(t)$ , mis normaalse töö perioodil on arvutatav eksponentjaotuse alusel:

$$p(t) = e^{-\lambda t}, \quad (28)$$

kus  $t$  on seadme töötamise ajavahemik kuni ajamomendini  $t$ .

Lisaks töö tõrketusele iseloomustab seadme või aparadi töökindlust tema remonditavus. Remonditavuseks nimetatakse süsteemi või elemendi omadust, mis seisneb kohandatuses tõrgete avastamiseks ja kõrvaldamiseks, aga samuti nende ennetamiseks. Kui on tegu ühekordselt kasutatava (mittetaastatava) elemendiga, siis mõistetakse remonditavuse all elemendi kohandatust kontrolliks ja hõlpsaks vahetamiseks.

Praktikas kasutatakse järgmisi näitajaid, mis iseloomustavad nii seadme töö tõrketust kui ka remonditavust.

Valmidustegur

$$k_v = \frac{t_k}{t_k + t_r}, \quad (29)$$

kus  $t_k$  on seadme keskmine tõrketu tööaeg ja  $t_r$  - remondi keskmine kestus.

Seejuures on eeldatud, et profülaktilisi töid aparaadi või süsteemi juures tehakse väljaspool kasutamiseks vajalikku aega. Neil ajamomentidel, kui seadet on vaja kasutada, on ta kas töövõimeline või teda remonditakse. Järelikult võib valmidustegurit vaadelda kui tõenäosust, et aparaat või süsteem on vabalt võetud ajamomendil töövõimeline, valmis oma funktsioone täitma. Vastupidise situatsiooni tõenäosust iseloomustab seisakutegur:

$$k_s = \frac{t_r}{t_k + t_r} \quad (30)$$

Vastandsündmuste tõenäosuste summa  $k_v + k_s = 1$ .

Valmidustegurit võib avaldada ka detailide tõrkeintensiivsuste ja tõrgete kõrvaldamiseks kuluva keskmise aja kaudu:

$$k_v = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \lambda_i t_{ri}} \quad (31)$$

kus  $n$  - detailide arv aparaadis;

$\lambda_i$  -  $i$ -nda detaili tõrkeintensiivsus;

$t_{ri}$  - keskmine ajakulu  $i$ -nda detaili tõrke kõrvaldamiseks.

Toote töökindluse kolmandaks komponendiks loetakse tema tööiga (kestust). Kui kahe võrreldava aparadi töö tõrketuse ja remonditavuse parameetrid on võrdsed, tuleb töökindlamaks lugeda pikema tööeaga toodet. Seejuures tuleb tööea määramisel arvesse võtta nii füüsilist kui ka moraalset kulumist. Raadioelektronikadetailide tööiga on paljudel juhtudel määratud nende tehnilise ressursiga, s.o. ajavahemikuga detaili kasutuselevõtmisest kuni normaalse tööperioodi lõppemiseni.

Võttes optimaalse töökindluse majanduslikuks kriteeriumiks taandatud kulude näitaja ( $Z = S + E_n K = \min$ ), analüüsime kõigepealt, millist mõju avaldab töökindluse muutumine aparadi ekspluatatsioonikuludele  $S$ .

Tähistades  $t$ -ga seadme töötundide arvu aastas ja jagades selle keskmise tõrketu tööajaga  $t_k$  või korrutades tõrkeintensiivsusega  $\lambda$ , saame tõrgete keskmise arvu aastas  $m$ .

$$m = \frac{t}{t_k} = \lambda t. \quad (32)$$

Mida pikem on seadme keskmine tõrketu tööaeg (väiksem tõrkeintensiivsus), seda vähem esineb vaadeldaval perioodil tõrkeid. Tõrkeintensiivsuse vähenemine avaldab seadme eksploatatsioonikuludele järgmist mõju:

- 1) vähenevad tõrgete kõrvaldamisega seotud jooksva remondi kulud;
- 2) väheneb seadme seisuaeg ja sellest tingitud lisakulud;
- 3) suureneb seadme tööaeg ja tootlikkus, millega kaasneb tinglikult püsivate kulude sääst.

Peatume nende kulude arvutamise meetodikal.

Ühe tõrke kõrvaldamise kulud koosnevad vahetatavate detailide maksumusest, tõrget otsiva ja kõrvaldava töötaja töötasust, eraldistest sotsiaalkindlustuseks ja kaudsetest kuludest:

$$r = d_v + t_a b_h + l + e + k_a, \quad (33)$$

- kus  $r$  - ühe tõrke kõrvaldamise keskmised kulud;
- $d_v$  - vahetatavate detailide maksumus;
- $t_a$  - keskmine ajakulu tundides ühe tõrke avastamiseks ja kõrvaldamiseks;
- $b_h$  - seadet remontiva töötaja keskmine tunnitasu;
- $l$  - lisatasud;
- $e$  - eraldised sotsiaalkindlustuseks;
- $k_a$  - kaudsed kulud.

Detailide maksumus määratakse hinnakirjade alusel. Orienteeruvaid andmeid tõrke kõrvaldamise keskmise ajakulu kohta on avaldatud kirjanduses (näiteks elektroonikaaparatuuri osas [14]). Remontija keskmine tunnitasu arvutatakse tariifimäära-

de või keskmise kuupalga alusel. Lisatasud (preemiad, puhkusetasud jne.) määratakse ettevõttes arvatatud protsendi alusel põhitöötasust. Eraldised sotsiaalkindlustuseks arvutatakse vastavas tööstusharus kehtiva protsendi alusel põhi- ja lisatasude summast. Tõrke kõrvaldamise kuludesse tuleb lülitada ka kaudsed kulud (seadmete tööga seotud kulud, tsehhi, töökoja või laboratooriumi üldkulud), mis vastava normatiivse materjali puudumise korral arvutatakse protsendi alusel põhitöötasust.

Tõrgete kõrvaldamisega seotud jooksva remondi kulud aastas  $R_j$  leitakse tõrgete keskmise arvu  $m$  ja ühe tõrke kõrvaldamise keskmiste kulude  $r$  korrutamise teel:

$$R_j = mr = \frac{tr}{t_k} = \lambda tr. \quad (34)$$

Seadme projekti kahe erineva töökindlusega variandi võrdlemisel arvutatakse tõrgete kõrvaldamisega seotud kulude sääst aastas  $\Delta R_j$ :

$$\Delta R_j = R_{j1} - R_{j2} = \lambda_1 tr_1 - \lambda_2 tr_2 = t(\lambda_1 r_1 - \lambda_2 r_2), \quad (35)$$

kus indeksiga 1 on tähistatud väiksema töökindlusega ja indeksiga 2 suurema töökindlusega variandi vastavad näitajad.

Kerkib küsimus, kas seadmete töökindluse majanduslikul hindamisel on vaja arvesse võtta ka tõrketu töö tõenäosust  $p(t)$ . Kui näiteks seade töötab ajavahemiku jooksul, mis võrdub selle seadme keskmise tõrketu tööajaga, siis tõenäosus, et tõrget ei teki, on

$$p(t_k) = e^{-\frac{tk}{t_k}} = e^{-1} = 0,3679.$$

Järelikult 37 protsendi toodete juures ajavahemikus  $t_k$  tõenäoliselt tõrget ei esine. Kas ei tule seega ülalesitatud meetodika kohaselt arvatatud tõrgete kõrvaldamise kulusid vähendada 37 protsendi ulatuses? Tegelikult selline lähenemine probleemile ei oleks õige. Tõrketu töö tõenäosuse  $p(t_k)$  vastandsündmuse tõenäosus  $q(t_k) = 1 - p(t_k) = 1 - 0,3679 = 0,6321$  ei kujuta mitte ühe tõrke esinemise tõenäosust

ajavahemikus  $t_k$ , vaid vähemalt ühe tõrke esinemise tõenäosust samas perioodis. Kasutades tõenäosuste korutamise reeglit, saab näidata, et ajavahemikus  $t_k$  võib esineda üks tõrge tõenäosusega 0,23, kaks tõrget tõenäosusega 0,15 jne. Kõigi võimalike tõrgete (nullist kuni  $n$  tõrkeni) esinemiste tõenäosuste summa võrdub muidugi ühega.

Detailide tõrkeintensiivsused on katseliselt määratud keskmised suurused. Nende alusel arvatud näitaja  $m$  iseloomustab samuti vaadeldavate objektide kasutamisel aasta jooksul keskmiselt tekkivate tõrgete arvu.

Lisaks tõrgete kõrvaldamise kuludele hõlmavad jooksva remondi kulud veel profülaktiliste tööde kulusid. Profülaktilised tööd võimaldavad suurendada seadme töökindlust, ennetada tõrkeid. Hinnates profülaktiliste tööde kulusid majanduslikust seisukohast, tuleb lähtuda järgmisest kaalutlusest: profülaktiliste tööde kulude kasv peab olema väiksem profülaktika tulemusena saavutatavast tõrgete kõrvaldamise kulude säästust.

Vaatleme järgnevalt tõrgete tagajärjel tekkivast seadme seisujast tingitud kulusid. Need kulud võivad olla küllaltki suured niisuguste automaatika- ja juhtimiseadmete puhul, mille tõrke tagajärjel jäävad seisma töömasinad ja katkevad tootmisprotsessid. Seisak põhjustab lisatasude maksmist tootmistöölistele, praagikuluseid, materjalide rikkumist, ja muid täiendavaid kulutusi. Tõrke tagajärjel tekkiv kahju võib olla kümneid ja sadu kordi suurem juhtimisaparatuuri maksumusest ja selle remondikuludest. Järelikult tuleb juhtimisaparatuuri töökindluse majanduslikul põhjendamisel üksikasjalikult arvesse võtta kõiki seisakuga kaasnevaid kulusid.

Mittekvaliteetse toodangu tekkimist võivad põhjustada juhtimisaparatuuris esinevad varjatud tõrked. Erinevalt ilmsetest tõrgetest ei avastata varjatud tõrkeid kohe nende tekkimisel. Seetõttu on varjatud tõrked ohtlikumad kui ilmsed tõrked. Varjatud tõrgete esinemissagedus võib olla isegi suurem ilmsete tõrgete esinemissagedusest. Varjatud tõrgete kiireks avastamiseks rakendatakse spetsiaalseid kont-

rollseadmeid ja kontrollitakse perioodiliselt süsteemi parameetreid. See suurendab aparatuuri maksumust ja põhjustab täiendavaid ekspluatatsioonikulusid.

Varjatud tõrgetest põhjustatud praagikulud arvutatakse järgmiselt:

$$S_p = \lambda_v t t_v q s_{ts} , \quad (36)$$

kus  $S_p$  - varjatud tõrgete tagajärjel tekkinud ebakvaliteetse toodangu maksumus aastas;

$\lambda_v$  - ebakvaliteetset toodangut põhjustavate varjatud tõrgete intensiivsus;

$t$  - töötundide arv aastas;

$t_v$  - keskmine ajakulu varjatud tõrke avastamiseks;

$q$  - juhtimisaparatuuri poolt teenindatava seadme tootlikkus tunnis;

$s_{ts}$  - toodanguühiku tsehhiomahind.

Keemia- ja toiduainetetööstuses võib tehnoloogiliste protsesside juhtimisaparatuuri tõrge põhjustada materjalide riknemist. Kahjud materjalide riknemise tagajärjel tekivad, kui tõrkest põhjustatud seisak ületab kriitilise kestuse  $t_{kr}$ . Kahju suurus määratakse kindlaks järgmise arvutusega:

$$S_m = \lambda t k_{kr} s_{kr} , \quad (37)$$

kus  $S_m$  - riknenud materjalide maksumus;

$\lambda$  - juhtimisaparatuuri tõrkeintensiivsus;

$t$  - töötundide arv aastas;

$k_{kr}$  - tõrgete osatähtsus, mille avastamiseks ja kõrvaldamiseks kuluv aeg ületab kriitilise kestuse;

$s_{kr}$  - keskmine kahju, mis tekib ühest kriitilist kestust ületavast tõrkest.

Real juhtudel toob tõrke tagajärjel rikitud tehnoloogilise režiimi taastamine kaasa täiendavaid kulusid. Sellised kulud tekivad näiteks vedelike ja gaaside torujuhtmete pumbajaamades automaatika tõrke tagajärjel.

$$S_t = \lambda t s_t , \quad (38)$$

- kus  $S_t$  - lisakulud tõrke tagajärjel rikutud tehnoloogilise režiimi taastamiseks;  
 $\lambda$  - juhtimisaparatuuri tõrkeintensiivsus;  
 $t$  - töötundide arv aastas;  
 $s_t$  - tehnoloogilise režiimi ühekordse taastamise keskmised kulud.

Mitmesugused muud juhtimisaparatuuri tõrgetest põhjustatud lisakulud (näiteks seisakutasud tootmistöölistele) on proportsionaalsed seisakutundide arvuga aastas:

$$S_e = \lambda t t_a s_e, \quad (39)$$

- kus  $S_e$  - seisakutundide arvuga proportsionaalsed lisakulud;  
 $\lambda$  - juhtimisaparatuuri tõrkeintensiivsus;  
 $t$  - töötundide arv aastas;  
 $t_a$  - ühe tõrke avastamise ja kõrvaldamise keskmine ajakulu;  
 $s_e$  - ühe seisakutunni keskmised kulud (seisakutasud, trahvid jne.).

Juhtimisaparatuuri seisakutest tingitud lisakulud kokku  $R_s$  koosnevad seega eespool käsitletud neljast komponendist:

$$R_s = S_p + S_m + S_t + S_e. \quad (40)$$

Seadme töökindlama variandi rakendamisel säästetakse seisuaaja vähenemise tagajärjel aastas kulusid  $\Delta R_s$  rubla ulatuses:

$$\Delta R_s = R_{s1} - R_{s2}. \quad (41)$$

Tõrgetest tingitud seisuaaja vähenemise tulemusena suureneb seadme tööaeg. Seega suureneb ka seadme abil aasta jooksul sooritatavate tööoperatsioonide või mõõtmis-reguleerimisoperatsioonide arv. Järelikult on töökindlama seadme tootlikkus suurem väiksema töökindlusega seadme tootlikkusest.

Sellekaasneb tinglikult püsivate kulude sääst. Tinglikult püsivateks loetakse seadme niisuguseid eksploatatsioonikulusid, mis toodangu mahu (seadme abil sooritatavate operatsioonide arvu) suurenedes jäävad samale tasemele.

Toodangu mahu suurenemisega kaasneb tinglikult püsivate kulude sääst aastas  $\Delta C$  arvutatakse järgmiselt:

$$\Delta C = C_a k_q, \quad (42)$$

kus  $C_a$  - tinglikult püsivate kulude summa aastas;

$k_q$  - toodangu mahu (sooritatavate operatsioonide arvu) kasvu koefitsient.

Toodangu mahu kasv  $\Delta Q$  on seisuaaja säästu  $\Delta \bar{t}$  ja ühe operatsiooni sooritamise aja  $t_{op}$  jagatis:

$$Q = \frac{\Delta \bar{t}}{t_{op}}. \quad (43)$$

Seisuaaja sääst arvutatakse erineva töökindlusega seadmete tõrgete keskmise arvu  $m$  ja ühe tõrke kõrvaldamise keskmise ajakulu  $t_a$  alusel:

$$\Delta \bar{t} = m_1 t_{a1} - m_2 t_{a2}. \quad (44)$$

Tähistades väiksema töökindlusega seadme abil aasta jooksul sooritatavate operatsioonide arvu  $Q_1$ -ga, väljendub toodangu mahu kasvu koefitsient järgmiselt:

$$k_q = \frac{\Delta Q}{Q_1} = \frac{\Delta \bar{t}}{t_{op} Q_1} \quad (45)$$

ja tinglikult püsivate kulude sääst aastas:

$$\Delta C = \frac{C_a \Delta \bar{t}}{t_{op} Q_1}. \quad (46)$$

Seadme tõrkeintensiivsuse vähenemisele võib kaasneda ka mõningate eksploatatsioonikulude kasv. Eeskätt avaldub see amortisatsioonieraldiste suurenemises. Töökindlama sead-

me valmistamisel kasutatakse hinnalisemaid detaile ja keerukamat tehnoloogiat. See suurendab seadme maksumust. Seadme muudab kallimaks ka reservsüsteemide ja -elementide rakendamine. Amortisatsioonieraldiste suurenemine aastas  $-\Delta A$  arvutatakse järgmiselt:

$$-\Delta A = \frac{a(M_1 - M_2)}{100}, \quad (47)$$

kus  $a$  - amortisatsiooninorm aastas protsentides;

$M_1$  ja  $M_2$  - vastavalt väiksema töökindlusega ja töökindlama seadme maksumus.

Kui seadme tõrkeintensiivsuse vähenemisele kaasneb ka seadme tööea pikenemine, peab see kajastuma amortisatsiooninormi vähenemises ( $a_2 < a_1$ ).

Töökindluse suurenemine võib põhjustada ka elektrienergia kulude muutumist, mis arvutatakse üldkasutatava meetodika kohaselt.

Põhilise osa täiendavatest kapitaal mahutustest moodustavad töökindlama seadme maksumuse suurenemine ( $M_2 - M_1$ ). Vastava variandi kapitaal mahutuste summasse võetakse sisse ka seadme juures säilitatavate varuosade komplekti maksumus.

Võib esineda olukordi, kus töökindlamate detailide kasutamine, aparaadi hea konstruktsioon ja täpne tehnoloogiline protsess ei suuda tagada vajalikku töökindlust. Sel juhul kasutatakse reserveerimist, s.o. funktsionaalselt mittevajalike reservsüsteemide või reservelementide sissetoomist aparaaduri. Reservsüsteemid või -elemendid asendavad tõrke korral põhisüsteeme või põhielemente. Reserveerimine võimaldab väiksema töökindlusega elementidest konstrueerida suurema töökindlusega süsteeme.

Koos töökindluse suurenemisega põhjustab reserveerimine aga ka mitmete majanduslike näitajate halvenemist. Reserveerimine suurendab aparaadi maksumust, seega põhjustab täiendavaid kapitaal mahutusi. Suurenevad ka mitmed eksploatatsioonikulud: amortisatsioonieraldised ja koormatud reservi puhul elektrienergia kulud. Tavaliselt kaasneb reserveerimisega ka remondikulude kasv.

Seepärast õigustab reserveerimine end majanduslikult ainult siis, kui tõrgetest tingitud seisakud toovad kaasa suuri kahjusid ja vajaliku töökindluse tagamine muude vahenditega ei ole võimalik.

Suurema töökindlusega seadme rakendamisest tulenev rahvamajanduslik efekt aastas võrdub võrreldavate variantide taandatud kulude vahega (vt.lk. 8). Võttes arvesse kõiki eespool käsitletud töökindluse tõusuga seotud tegureid, omandab rahvamajandusliku efekti valem järgmise kujul:

$$\Delta Z_R = \Delta R_J + \Delta R_S + \Delta C - \Delta A \pm \Delta S_m - E_n \Delta K, \quad (48)$$

kus  $\Delta S_m$  tähistab muude võimalike ekspluatatsioonikulude hälbeid.

Aparaatide kasutamise majandusliku efektiivsuse tõstmiseks on väga oluline omada objektiivseid andmeid nende tegeliku töökindluse kohta ekspluatatsioonis. Niisugused andmed on aluseks aparaatide konstruktsiooni täiustamisel, nende töö tehniliste ja majanduslike näitajate parandamisel. Statistiliste andmete kogumiseks elektronmõõteriistade töökindluse kohta kasutatakse nn. tõrkekaarte, millele märgitakse tõrke esinemise aeg, põhjused ja tõrke kõrvaldamiseks ette võetud abinõud. Aparaatide töökindluse majandusliku analüüsi lähteandmete kogumiseks on otstarbekohane täita tõrgete registreerimise kaart, mille vorm on esitatud tabelis 4.

Kaardi ülaosas märgitud üldandmed võetakse aparaadi pasist või tehnilistest tingimustest. Osa üldandmetest iseloomustavad kasutamiskohta ja -tingimusi. Iga tõrke kohta täidetakse tabelis üks rida.

Veerus 3 tuleb näidata tõrketu tööaeg tundides alates eelmisest tõrkest, mis on väga oluline tegeliku töökindluse arvutamisel. Raskusi võib tekkida tööaja kindlaksmääramisel episoodiliselt kasutatavate laboratoorsete seadmete puhul. Täpsemate andmete puudumisel võib siin kahe tõrke vahelise tööpäevade arvu korrutada aparaadi keskmise töötundide arvuga päevas.

Tõrgete registreerimise kaart

Ettevõtte või asutuse nimetus. . . . .  
 Aparaaadi nimetus ja tüüp. . . . . Tehas . . . . .  
 Väljalaske aeg . . . . . Kasutuselevõtmise aeg . . . . .  
 Kasutamistingimused. . . . .  
 Maksumus. . . . . Amortisatsiooninorm. . . . .  
 Töökindluse parameetrid . . . . .

Tõrke järjekorranumber	Tõrke avastamise kuupäev	Tõrketüübi tööaeg alates eelminest tõrkest H	Tõrge avastati: kontrollimisel või töötamise ajal	Tõrke tunnus	Tõrke põhjus	Tõrke liik	Tõrkunud detaili(de) nimetus ja tüüp	Tõrkunud detaili(de) maksumus rbl.	Mida tehti tõrke kõrvaldamiseks	Ajakulu tõrke avastamiseks	Ajakulu tõrke kõrvaldamiseks	Tõrget kõrvaldanud töötaja kvalifikatsioon ja tunnipalk b <sub>H</sub>	Tõrke kõrvaldamise kulud r	Kulud seoses juhitava või reguleeritava protsessi katkemisega rbl.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Veergu 5 märgitakse tunnus, mille järgi konstateeriti tõrke esinemist. Veerus 6 iseloomustatakse tõrke põhjust. Põhjusi võib klassifitseerida näiteks järgmiselt: ebakvaliteetne detail, halb elektriline skeem, halb mehhaaniline konstruktsioon, halb montaaž, ebaõige ümberkäimine ekspluatatsioonis.

Tõrgete liigitamisel (veerg 7) on aluseks parameetri muutumise iseloom tõrke tekkimise momendini (järsk tõrge või aeglane tõrge), aparaaadi edaspidise kasutamise võimalus pärast tõrke tekkimist (täistõrge või osatõrge), seos teiste tõrgetega (sõltumatu tõrge või sõltuv tõrge), tõrke väliste tunnuste olemasolu (ilmne tõrge või varjatud tõrge).

Tõrkunud detailide maksumus (veerg 9) leitakse hinnakirjade alusel, võttes arvesse transpordi-varumiskulusid.

Tõrke kõrvaldamise kulud (veerg 14) arvutatakse vastavalt lk. 34 esitatud meetodikale. Kui on tegu aparaadiga, mille tõrke tagajärjel jäid seisma töömasinad või katkesid tootmisprotsessid, siis kalkuleeritakse ka seisakust põhjustatud lisakulud (veerg 15). Vastav meetodika on esitatud lk. 38.

Küllaldaselt pika perioodi jooksul täidetud tõrgete registreerimise kaardi alusel toimub aparaadi töökindluse majanduslik analüüs.

Kõigepealt arvutatakse aparaadi tegelikud töökindluse parameetrid analüüsitaval ajavahemikul (valmidustegur, keskmine tõrketu tööaeg, tõrkeintensiivsus) ja võimaluse korral võrreldakse neid aparaadi tehnilises dokumentatsioonis esitatud andmetega.

Tabelist 4 saadavad andmed võimaldavad tõrkeid grupeerida mitmesuguste tunnuste alusel, arvutada keskmise ajaku- lu ja rahalise kulu vastava grupi tõrgete kõrvaldamiseks.

Allpool on näitena esitatud tõrgete põhjuste analüütiline tabel.

T a b e l 5

Tõrgete majanduslik analüüs põhjuste kaupa

Tõrke põhjus	Tõrgete arv		Ajakulu tõrke avastamiseks			Ajakulu kõrvaldamiseks			Tõrgetest põhjustatud kulud		
	arv	%	kokku	keskm.	%	kokku	keskm.	%	kokku	keskm.	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Analoogiliselt toimub majanduslik analüüs tõrgete tunnuste, tõrgete liikide ja tõrkunud detailide gruppide kaupa.

Analüüsi käigus koostatakse graafikuid, mis iseloomustavad näiteks seoseid tõrgete avastamiseks ja tõrgete kõrvaldamiseks kulutatud aja vahel, tõrgete kõrvaldamise aja ja rahaliste kulude vahel jne.

Eriti olulisi järeldusi võib teha analüüsi alusel, mis on hõlmanud tervet gruppi ühte tüüpi aparate.

Analüüsi põhjal kujunevad välja ettepanekud aparadi töökindluse suurendamiseks (detailide asendamine töökindlamatega, konstruktsiooni täiustamine, reserveerimine jne.). Ettepanekuid tuleb hinnata majanduslikult - arvutada täiendavad ühekordsed kulutused ettepaneku realiseerimiseks ja sellega saavutatav sääst eksploatatsioonis. Lõplik hinnang töökindluse suurendamise majanduslikule tulemusele antakse taandatud kulude alusel.

## V. AUTOMATISEERIMISVAHENDITE MAJANDUSLIKU EFEK- TIIVSUSE HINDAMISE PÕHIMÕTTED

Peatume alljärgnevalt mõningatel probleemidel, mis tekivad automaatseadiste ja automaatsüsteemide majandusliku efektiivsuse analüüsimisel.

Võrreldes traditsiooniliste majandusliku efektiivsuse arvutustega, tekivad automaatseadiste puhul mitmed iseärasused eksploatatsioonikulude suuruse kindlaksmääramisel. Tavaliselt arvutatakse seadme eksploatatsioonikulud mingi konkreetse aasta kohta, eeldades, et kogu tööea jooksul on need kulud igal aastal ühesugused. Automaatseadiste juures on oluliseks eksploatatsioonikulusid mõjutavaks teguriks aparatuuri töökindlus. Töökindluse muutudes muutuvad ka kulud. Kuna töökindluse arvutustes lähtutakse keskmistest statistilistest suurustest, siis ka automaatseadiste eksploatatsioonikulude puhul võime rääkida ainult aasta keskmistest kuludest. Keskmised eksploatatsioonikulud ei pruugi kokku langeda ühegi konkreetse aasta eksploatatsioonikuludega. Keskmised eksploatatsioonikulud aastas arvutatakse järgmiselt:

$$\bar{S} = \frac{M}{T} + \frac{R_k}{T} + \sum \frac{S_t}{T}, \quad (49)$$

kus  $\bar{S}$  - automaatseadise keskmised eksploatatsioonikulud aastas;

$M$  - aparatuuri maksumus koos montaažikuludega;

$T$  - automaatseadise tööiga;

$R_k$  - kapitaalremondi kulud kogu tööea jooksul;

$S_t$  - aparatuuri tehnilistest karakteristikutest sõltuvad eksploatatsioonikulud kogu tööea jooksul.

Automaatseadiste ja -süsteemide juures võime eristada kolme suurt eksploatatsioonikulude gruppi.

1. Aparatuuri enda eksploatatsioonikulud (amortisatsioonieraldised, jooksva teenindamise, väikeremondi ja energiakulud).

2. Aparatuuri tehnilistest parameetritest (töökindlus, täpsus) sõltuvad tehnoloogilise protsessi läbiviimise kulud (materjalide, pooltoodete ja palgakulud).

3. Automaatseadiste poolt juhitavate tehnoloogiliste seadmete ekspluatatsioonikulud.

Kui automaatseadiseid rakendatakse automaatsüsteemis, tuleb majanduslikku efektiivsust hinnata mitte ainult üksikseadiste, vaid ka süsteemi kui terviku seisukohalt. Majanduslikust seisukohast ei ole ühesuguse tähtsusega, kas näiteks süsteemi täpsus suureneb kõigi üksikseadiste vigade vähenemise tulemusena või ainult mõne seadise tehniliste karakteristikute paranemise tagajärjel. Mõlemal juhul võidakse küll saada ühesugune ekspluatatsioonikulude sääst aastas, kuid kapitaalmahutused selle säästu saavutamiseks on erinevad.

Automaatseadiste tüüpe on palju ja nende arv suureneb pidevalt. Kõigi aparaaditüüpide puhul ei ole võimalik kasutada ühesuguseid majandusliku efektiivsuse arvutamise meetodeid. Osutub otstarbekohaseks grupeerida kõik automatiseerimisvahendid nende ekspluatatsioonikulude alusel seitsmesse gruppi.

Esimene grupp. Siia kuuluvad seadised, mis ei nõua mingit järelevalvet, teenindamist ega remonti. Ekspluatatsioonikulud koosnevad ainult amortisatsioonieraldistest. Näitena võib nimetada hüdroelektrijaama tammi paigaldatud radioisotoopset vibroandurit.

Teine grupp. Selle grupi seadised vajavad perioodilist ülevaatust ja kontrollimist. Seega amortisatsioonieraldistele lisanduvad perioodilise ülevaatuse ja kontrollimise kulud. Siia kuuluvad näiteks fotoeksponeetrid.

Kolmas grupp. Lisaks perioodilisele kontrollile vajavad kolmanda grupi seadised ka teatud ajavahemiku järel kapitaalremonti. Näitena nimetame tehnilisi manomeetreid.

Neljas grupp. Siia kuuluvad seadised, mis tarbivad funktsioneerimiseks elektrienergiat. Seega lisanduvad eespool nimetatud kuludele elektrienergiakulud. Tüüpilisteks aparaatideks on siin elektriliste parameetrite mõõteseadmed.

Viies grupp. Selle grupi aparate ja seadiseid iseloomustab abimaterjalide ja perioodilise väikeremondi vajadus. Siia kuuluvad kõik arvestuse ja kontrolli näitavad ja reguleerivad seadised. Abimaterjalideks on näiteks diagrammilint ja tint. Eksploatatsioonikulude hulka tuleb võtta ka diagrammilindi vahetamise ja töötlemise kulud.

Kõik esimesse viide gruppi kuuluvad kontrolli ja juhtimise aparaadid ning seadised avaldavad kaudset mõju tehnoloogilise protsessi kulgemisele. Järgmisesse kahte gruppi kuuluvad automatiseerimisvahendid, mille mõju tehnoloogilisele protsessile on otsene.

Kuues grupp. Siia kuuluvad regulaatorid ja juhtimisaparaadid, mille tehnilistest parameetritest olenevad tehnoloogilise protsessi sooritamise kulud (materjalide, pooltoodete ja palgakulud).

Seitsmes grupp. Lisaks tehnoloogilise protsessi sooritamise otsestele kuludele mõjutavad seitsmendasse gruppi kuuluvad automatiseerimisvahendid ka tehnoloogiliste seadmete tööga seotud kulusid (remondi- ja korrashoiukulud, energiakulud jne.).

Aparaatide ja seadiste kahe viimase grupi eksploatatsioonikulud sõltuvad otsustavalt vastavate seadmete töökindlusest. Nende kulude arvutamise meetodikal peatutakse lk. 37-38.

NSVL rahvamajanduses on väljatöötamisel tööstuslike aparate ja automatiseerimisvahendite riiklik süsteem. Süsteemi üldised tehnilised tingimused on avaldatud NSVL Ministrite Nõukogu Standardite, Mõõtude ja Mõõteriistade Komitee poolt kinnitatud standardis (ГОСТ 12997 - 67). Süsteem on rajatud otstarbekohaselt piiratud arvu baaskonstruksioonide, parameetrite ja signaalide kasutamisele. Tööstuslike aparate ja automatiseerimisvahendite riikliku süsteemi rakendamine peab kajastuma ka majandusliku efektiivsuse arvutustes.

Aparaatide tüüpide otstarbekohane piiramine vähendab eeskätt tootmise ettevalmistamise kulusid. Väheneb ajakulu projekteerimisel, kuna kasutatakse unifitseeritud juhtimis-

kilpe, montaažiskeeme jne. Sellest tulenev palgakulude sääst arvutatakse järgmiselt:

$$\Delta b_{pr} = \left( \sum_1^n \sum_1^m t_i q_i - \sum_1^n \sum_1^m t'_i q'_i \right) \bar{b}_{hi} (1+l), \quad (50)$$

kus  $\Delta b_{pr}$  - unifitseerimisest tulenev palgakulude sääst projekteerimistöödel;

$t_i$  - ajakulu  $i$ -nda töö täitmiseks  $j$ -ndat tüüpi aparaa- di projekteerimisel;

$q_i$  -  $i$ -nda töö kogus (arv)  $j$ -ndat tüüpi aparaa- di projekteerimisel;

$n$  - aparaaдитүүпиде арв;

$m$  - projekteerimistööde nimetuste arv;

$\bar{b}_{hi}$  - keskmine tunnitasu  $i$ -nda töö täitmisel;

$l$  - lisatasude koefitsient.

Ülakoma märgib vastavat näitajat pärast unifitseerimist.

Võrdlemisele kuuluvad näiteks järgmised tööd: objekti automatiseerimise printsiipaalskeemide väljatöötamine, kil- pide ja juhtimispuultide üldvaadete väljatöötamine, seadiste kinnitamiseks vajalike avade märkimine, aparatuuri kinnitus- meetodite ja -vahendite projekteerimine.

Unifitseeritud aparaatide kasutamine võimaldab säästa kapitaalvahutusi seadmete soetamisel ja paigaldamisel. Kuna väheneb erisuguste aparaaдитүүпиде арв, siis vähenevad ka kulutused reservseadmete soetamiseks. Koos sellega väheneb reservseadmete säilitamiseks vajalik pind. Unifitseeritud aparatuuri montaaž ja seadistamine võimaldab säästa nende operatsioonidega tegelevate tööliste palgakulusid. Montaaži saab sooritada väiksema hulga erisuguste tööabinõudega.

Reservseadiste vajaduse vähenemisest saadav sääst on võrdne nende seadiste maksumuse vahega:

$$\Delta K_r = \sum_1^n v_j h_j - \sum_1^n v'_j h'_j, \quad (51)$$

- kus  $\Delta K_R$  - reservseadiste soetamisel saadav sääst;  
 $v_j$  - j-ndat tüüpi reservseadiste arv automatiseeritava objektil;  
 $h_j$  - j-ndat tüüpi seadise hulgihind;  
 $n$  - aparaaditüüpide arv.

Unifitseerimine hõlmab ka informatsiooni ülekandmisel ja vahetamisel kasutatavaid signaale. Ilma signaale unifitseerimata on informatsiooni ülekandmisel ja vahetamisel vaja spetsiaalseid muundureid. Signaalide unifitseerimisel taotlusi muundureid vaja ei ole või vajatakse neid tunduvalt väiksemas koguses. Siit tulenev kapitaalmahutuste sääst leitakse analoogiliselt eelmisele arvutusele.

Suuregabariidiliste reservseadiste arvu vähenemisel tuleb kapitaalvahutuste säästuna arvesse võtta ka vabaneva pinna maksumust.

$$\Delta K_S = \left( \sum_1^n v_j s_j - \sum_1^n v'_j s'_j \right) h_s, \quad (52)$$

- kus  $\Delta K_S$  - reservseadiste alt vabaneva pinna maksumus;  
 $v_j$  - j-ndat tüüpi reservseadiste arv automatiseeritava objektil;  
 $s_j$  - ühe j-ndat tüüpi seadise säilitamiseks vajalik pind;  
 $h_s$  - ühe pinnaühiku maksumus;  
 $n$  - aparaaditüüpide arv.

Kapitaalvahutuste hulka kuulub ka automaatseadiste montaaži maksumus. Arvesse tulevad järgmised tööd: kilpide ja pultide konstrueerimine, kilpide ja pultide vundamentide rajamine, avade lõikamine ja puurimine kilpidesse, aparatuuri montaaž, kontrolloperatsioonide sooritamine jne.

Unifitseerimine põhjustab kilpide gabariitide vähenemist ja materjalide säästu:

$$\Delta K_m = \sum_1^k (S_{kj} h_m - h_v) n_k - \sum_1^k (S_{kj} h_m - h'_v) n'_k, (52)$$

kus  $\Delta K_m$  - materjali sääst seoses kilpide gabariitide vähenemisega rbl.;

$S_{kj}$  - j-ndat tüüpi kilbi pindala ruutmeetrites;

$h_m$  - materjali ühe ruutmeetri hind;

$h_v$  - materjali jaätmete maksumus;

$n_k$  - j-ndat tüüpi kilpide arv;

$k$  - kilbitüüpide arv.

Unifitseeritud aparaatidest automaatseadiste monteerimisel säästetavad palgakulud leitakse analoogiliselt valemis (50) esitatud projekteerimistöode palgakulude säästu arvutusele.

Kõigi eespool käsitletud kulude sääst kokku moodustab automaatseadiste unifitseerimisest tuleneva kapitaalvahutuste (ühekorsete kulude) üldise säästu.

Tootuslike aparaatide ja automatiseerimisvahendite riikliku süsteemi rakendamine võimaldab säästa ka eksploatatsioonikulusid. Reservseadiste ja muundurite maksumuse vähenemise tulemusena vähenevad ka neilt arvestatavad amortisatsioonieraldised. Unifitseerimine suurendab aparatuuri remonditavust - lüheneb tõrgete avastamise ja kõrvaldamise ajakulu.

Kõigi nende eksploatatsioonikulude arvutamise meetodikat on käsitletud seoses töökindluse majanduslike aspektidega lk. 34.

Koondnäitajaks unifitseerimise majanduslikul hindamisel on taandatud kulude näitaja.

Tuleb silmas pida, et unifitseerimine ei saa olla omaette eesmärgiks. On esinenud olukordi, kus nn. "üleunifitseerimine" on põhjustanud ebaökonomsete konstruktsioonide loomist. Seega tuleb unifitseerimist alati seostada majanduslike näitajatega.

## Kasutatud kirjandus

1. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. "Экономическая газета", 1969, № 39.
2. Методика технико-экономических расчетов в энергетике. Утверждена постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике от 12/XI 1966 г., № 331, Москва, 1966.
3. Брудник С.С. Техничко-экономическая оценка надежности средств автоматизики. "Стандарты и качество", 1967, № 12.
4. Горлин А.М. Планирование целесообразных параметров надежности и ремонтпригодности аппаратуры автоматических систем. "Приборы и системы управления". 1969, № 6.
5. Консон А.С. Методы определения экономической эффективности повышения надежности и долговечности приборов и аппаратов. Ленингр. дом научно-технической пропаганды, Ленинград, 1966.
6. Плотник Я. Техничко-экономическая эффективность измерительных и регулирующих устройств. Изд. "Техника", Киев, 1965.
7. Радченко Я.В. К вопросу о методике определения экономической эффективности долговечности. "Стандарты и качество". 1968, № 9.
8. Савицкий В.Б., Славин М.Б. Сравнительная оценка экономической эффективности различных средств автоматизации в производственных условиях, "Приборы и системы управления". 1969, № 1.
9. Яковлев А.И. Методы расчета экономической эффективности унификации автоматических устройств и их сигналов. "Приборы и системы управления". 1969, № 3.

10. Яковлев А.И. Основные принципы расчета технико-экономической эффективности автоматических устройств. "Приборы и системы управления". 1967, № II.

11. Шустер А.И. Фактор времени в оценке экономической эффективности капитальных вложений. Изд. "Наука", Москва, 1969.

12. Захарин А.Г., Браилов В.П., Денисов В.И. О некоторых методических вопросах оптимизации системы топливо- и энергоснабжения. В сб. "Технико-экономические вопросы развития энергетических систем и построения топливо-энергетических балансов". Изд. "Наука", Москва, 1969.

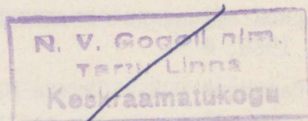
13. АН СССР, Институт экономики. Вопросы измерения эффективности капитальных вложений. Изд. "Наука", Москва, 1968.

14. Koort, A. Elektroonikaaparatuuri tõõkindlus. Kirjastus "Valgus", Tallinn, 1967.

15. Sarapik, L. Tõõkindluse ökonoomika probleeme. "Tehnika ja Tootmine", 1968, nr. 9.

16. Talts, V. Tehnilis-majanduslike arvutuste meetodika energeetikas. Tallinn, 1967.

17. Talts, V. Kapitaalvahutuste majandusliku efektiivsuse arvutamise uus tüüpmeetodika. "Tehnika ja Tootmine", 1970, nr. 2.



Hind 9 kop.

A  
31068

144888

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00504168 8