

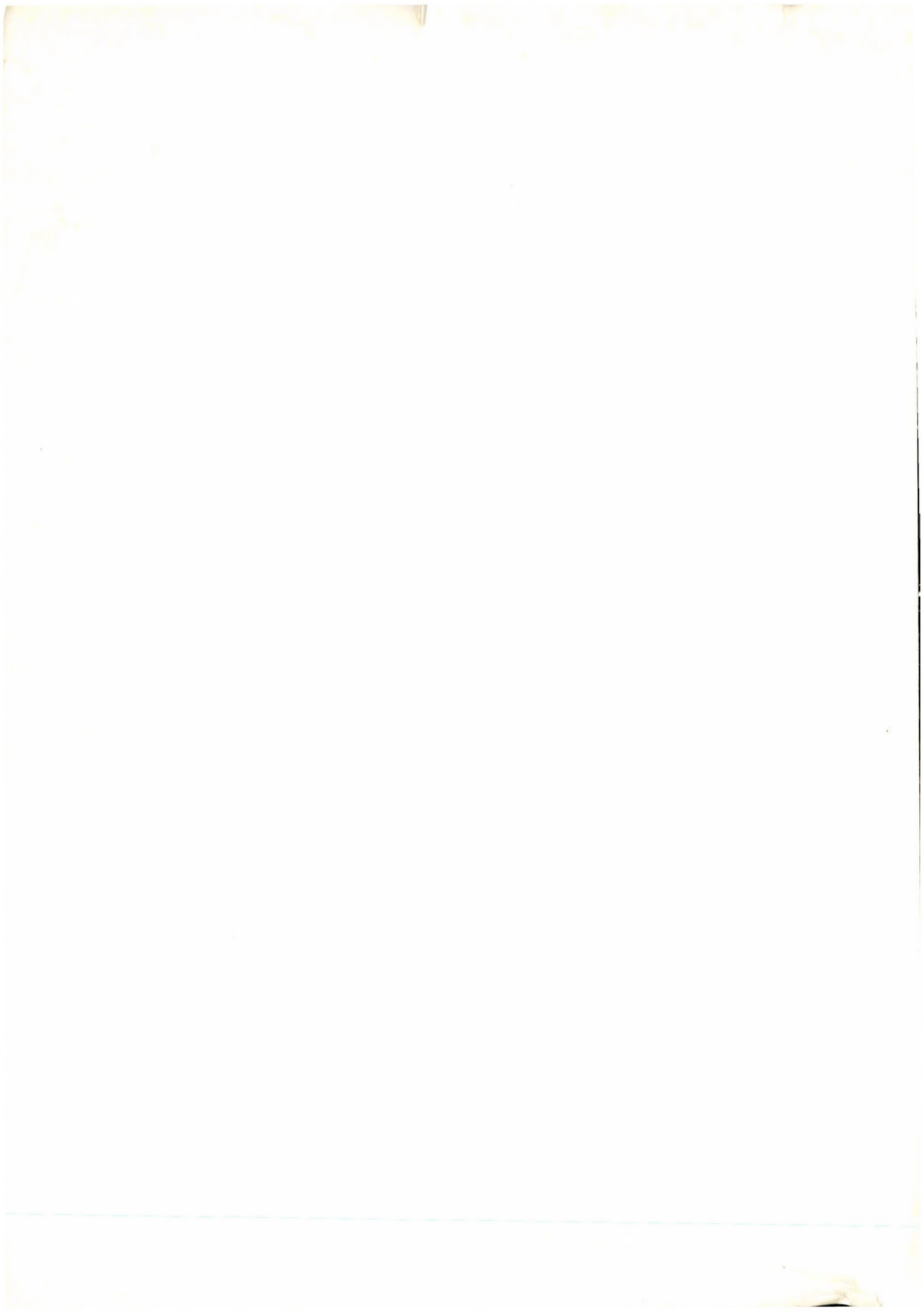
1974 OKT 10

# tanulmányok

27/1974

MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet Budapest





MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
SZÁMITÁSTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

ANALITIKUS OPTIMALIZÁLÁS

IRTA

SOMLÓ JÁNOS

Tanulmányok 27/1974.

A kiadásért felelős:

Dr. Vámos Tibor

az

MTA Számítástechnikai és Automatizálási  
Kutató Intézet  
igazgatója

Jelen tanulmány a  
4.7.2 "Rendszerelméleti kutató-  
tások" c. intézeti alapkutató-  
si téma keretében készült.

---

Beérkezett: 1974. VII. 8.

Készült: az Országos Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ  
Házi sokszorosítójában. F.V.: Janoch Gyula

## TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
1. Bevezetés .....	5
2. Feltétel rendszer, célfüggvények .....	6
3. Analitikus optimalizálás .....	8
4. Számítógépes nomogram felépítés .....	18
5. Nomogram kiegészítés .....	19
6. Az az eset amikor a minimális sebesség az optimális .....	21
7. Optimális éltartam, optimális önköltség .....	24
Összefoglalás .....	35





## 1. BEVEZETÉS

A szerszámgépes megmunkálás során különböző optimalizálási problémák merülnek fel. Ezek például:

- a./ a műveleti sorrend optimalizálása
- b./ a fogásosztás optimalizálása
- c./ az egyes műveletelekben alkalmazott technológiai adatok /például: előtolás, forgácsolási sebesség/ optimalizálása.

Ez az utóbbi -alaprobléma, amelynek megoldása kihat valamennyi többi magasabb hierarchikus szintű probléma megoldására. - A szokásos terminológia szerint a műveletelek optimális technológiai adatainak meghatározása önálló alrendszer képez. - Ennek megoldására javasoljuk az u.n. analitikus optimalizálás módszerét, amely lehetővé teszi, hogy adott gépi adottságok, körülmények /befogás, hűtés stb./ szerszám és anyag esetében, a fogásmélység függvényében, igen koncentrált formában, nomogramon adjuk meg az optimális technológiai adatokat.

Az analitikus optimalizálás módszere számítógépes optimalizálási módszer kidolgozása [1] során született. A számítógépes módszerek szerepe rendkívül nagy. Szerepük nemcsak a problémák megoldására, hanem az ezzel kapcsolatos, sokszor rendkívül munkaigényes adminisztrációra is vonatkozik. Lehetővé teszi az alrendszer beépítését a magasabb hierarchikus szintű probléma megoldásába is /például optimális fogásosztás megoldása/.

Mégis, véleményünk szerint, olyan nomografikus módszer, mint az analitikus optimalizálás meghatározott szerephez juthat. Így például a számítógépes módszerektől eltérően, áttekintést nyújt, minőségi következtetésekre ad lehetőséget. Valamint, mivel a nomogramok felépítése rendkívül egyszerű, jól alkalmazható NC gépek kézi programozásakor és a hagyományos technológia adatainak meghatározásakor.

A módszertesztergálás típusu megmunkálás példáján szemléltetjük.

## 2. FELTÉTEL RENDSZER, CÉLFÜGGVÉNYEK

Nagyoló esztergálás feltételrendszerének egy lehetséges alakja a következő [2].

$$e^{x_p} \leq \frac{F_{kr}}{C_p f^y p} \quad /1/$$

$$e^{x_p v} \leq \frac{4500 P_{mech}}{C_p f^y p} \quad /2/$$

$$e \leq C_1 \quad /3/$$

$$e \geq C_2 \quad /4/$$

$$e \leq \frac{f^y}{\lambda_{min}} \quad /5/$$

$$e \geq \frac{f^y}{\lambda_{max}} \quad /6/$$

$$v \leq C_3 \quad /7/$$

$$v \geq C_4 \quad /8/$$

$$f \leq f_b \quad /9/$$

ahol

$e$  - előtolás [mm/ford]

$v$  - sebesség [m/perc]

$f$  - forgásmélység [mm]

$F_{kr}$  - erő [kp] - /a legkisebb a gép, a szerszám a stabilitás, stb. által megengedett értékek közül./

$P_{mech}$  - a gép mechanikai teljesítménye [LE]

$C_1, C_2, C_3, C_4, f_b$  - a legkisebb, illetve a legnagyobb a különböző korlátozások által megszabott értékek közül /pl.  $C_1$  a gépi maximum, a megmunkálási mód, az érdességi korlát által meghatározott felső előtolás korlátok közül a legkisebb,  $f_b$  az összes fogásmélység korlát kö-



zül a legkisebb stb./

$C_p, x_p, y_p, y, \lambda_{\min}, \lambda_{\max}$ , - adott gépre, körülményekre, szerszámra, anyagra vonatkozó együtthatók.

Az optimalizálás kritériumai lehetnek a következők:

Minimális költség

$$K_1 = \frac{C_M}{en} \left( 1 + \frac{C_T}{T} \right) \quad /10/$$

ahol

$T$  - a szerszám éltartam,

$C_M$  - a gép percköltsége

$C_T$  - egy éltartam percértéke

$$C_T = t_{cs} + \frac{C_{sz}}{C_M}$$

$t_{cs}$  - szerszám csereidő [perc]

$C_{sz}$  - egy éltartamra eső szerszámköltség

Minimális megmunkálási idő

$$K_2 = \frac{C_M}{en} \left( 1 + \frac{C'_T}{T} \right) \quad /11/$$

ahol

$$C'_T = t_{cs}$$

Feltételezzük, hogy a szerszám éltartalma az u.n. Taylor összefüggés szerint határozható meg:

$$T^m = \frac{C_v}{v^a e^b f^c y_v} \quad /12/$$

vagy más alakban

$$T = \frac{C_E}{v^a e^b f^c} \quad /13/$$

$$1/C_E = C_v^m, \quad a = \frac{1}{m}, \quad b = \frac{x_v}{m}, \quad c = \frac{y_v}{m}$$

A továbbiakban mivel a /10/ és /11/ kritériumok azonos módon kezelhetők csak az első esetet tárgyaljuk.

### 3. ANALITIKUS OPTIMALIZÁLÁS

Vizsgáljuk azt a kérdést, hogy ha a /7/ és /8/ korlátozásokat nem vesszük tekintetbe hogyan határozhatók meg a technológiai adatok.

Az [1] munkában bizonyítottuk, hogy ebben az esetben az optimális pont feltétlenül az /1/ vagy /3/ vagy /5/ korlátozások egy határpontján van /tehát

$$e = \left( \frac{F_{kr}}{C_p f^{y_p}} \right)^{\frac{1}{x_p}}$$

vagy  $e = C_1$ , vagy  $e = \frac{f^{y_p}}{\lambda_{\min}}$  /.

Mivel a fogásmélységgel az egyes korlátok az 1. ábrán látható módon változtatják helyzetüket, nyilvánvaló, hogy kis fogásmélységnél az /5/, nagy fogásmélységeknél az /1/ határ, míg közben esetleg a /3/ határ szabja meg az optimális eltolást.

Az

$$f_1 = (C_1 \lambda_{\min})^{\frac{1}{y}} \quad /14/$$

$$f_2 = \left( \frac{F_{kr} \lambda_{\min}^{x_p}}{C_p} \right)^{\frac{1}{y x_p + y_p}} \quad /15/$$

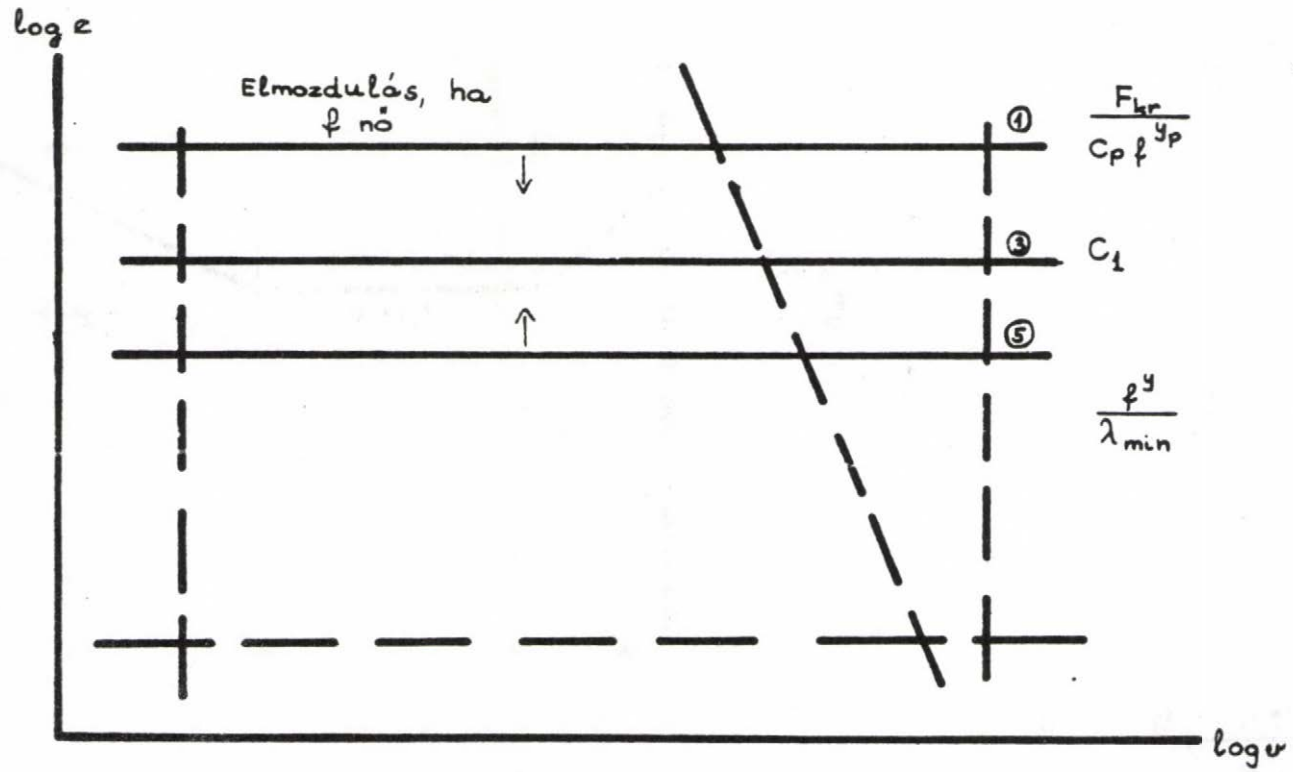
$$f_3 = \frac{F_{kr}}{C_p C_1^{x_p}} \quad /16/$$

értékek alkotják az egyes határpontokat.

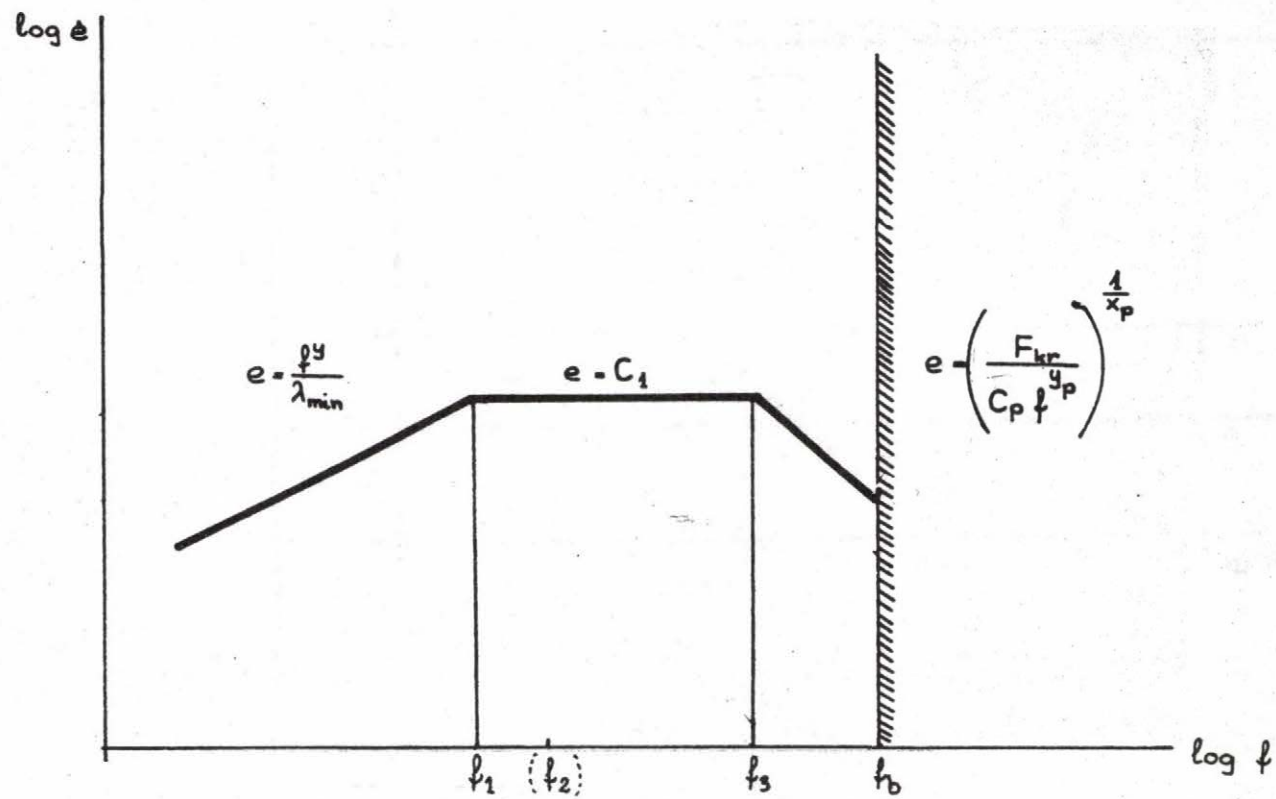
Az

$$f_{v1} = \left( \frac{F_{kr}}{C_p C_2} \right)^{\frac{1}{y_p}}$$

fogásmélységnél az erőkorlát eléri a  $C_2$  alsó eltolás korlátot. Így az  $f_{v1}$  értéket szintén tekintetbe kell venni a fogásmélység  $f_b$  felső korlátja értékének meghatározásakor.



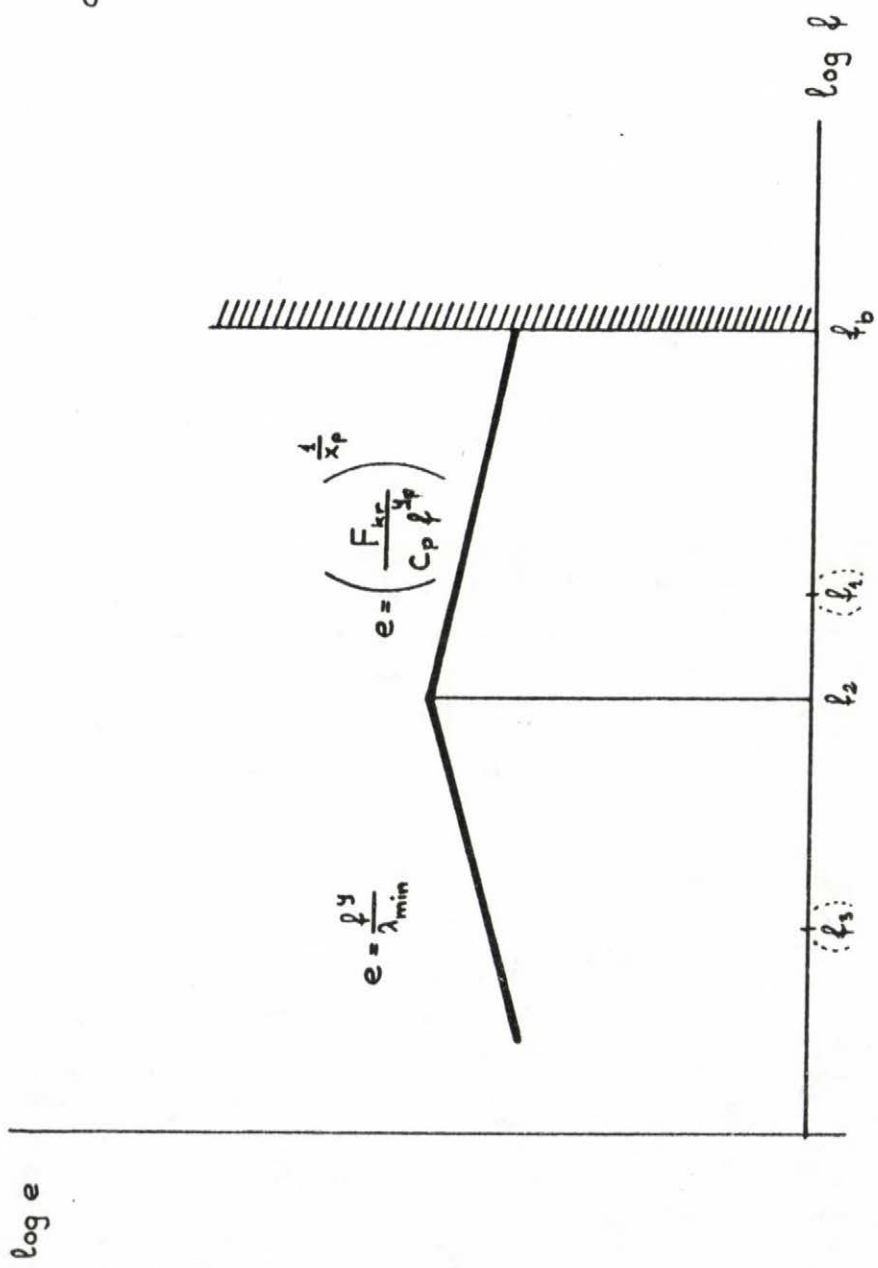
1. Ábra



2a. Ábra

- a.)  $f_1$   $\xrightarrow{\downarrow f \text{ növekszik}}$  ①  
 ②, ⑤
- b.)  $f_2$   $\xrightarrow{\downarrow f \text{ növekszik}}$  ①, ⑤  
 ②
- c.)  $f_3$   $\xrightarrow{\downarrow f \text{ növekszik}}$  ⑤  
 ④, ②

- a.)  $\downarrow f$  növekszik  $\begin{matrix} \text{---} 4 \text{---} 3 \\ \text{---} 5 \end{matrix}$
- b.)  $\begin{matrix} \text{---} 3 \\ \text{---} 4 \\ \text{---} 5 \end{matrix}$
- c.)  $\begin{matrix} \text{---} 3 \text{---} 5 \\ \text{---} 4 \end{matrix}$



2b. Ábra

Hasonló módon tekintetbe vehető, hogy a forgácsolás megengedhető tartománya eltűnik, amikor az /1/ korlát eléri a /6/ korlátot, vagy amikor a /3/ korlátot értéket eléri a /6/ korlát.

Ekkor rendre

$$f_{v2} = \left( \frac{F_{kr} \lambda_{max} x_p}{C_p} \right)^{\frac{1}{y_p + y \cdot x_p}}$$

és

$$f_{v3} = (C_1 \lambda_{max})^{\frac{1}{y}}$$

A tekintetbe vehető maximális fogásmélység eszerint

$$f_{max} = \min (f_b, f_{v1}, f_{v2}, f_{v3}) \quad /17/$$

Alsó fogásmélység korlát is kijelölhető. Ameddig  $C_2 > \frac{f^y}{\lambda_{min}}$  ;

szintén nem létezik megengedett tartomány. Így a minimális fogásmélység

$$f_{min} = (C_2 \lambda_{min})$$

Ha  $f_1 \leq f_3$  akkor a 2a., ha  $f_1 > f_3$ , akkor a 2b., ábrán látható módon alakulnak az optimális előtölások.

Mivel ezek közül az első /2a. ábra/ az általánosabb, a következőkben ezt vizsgáljuk.

Az [1], illetve [3] munkában bizonyítjuk, hogy ebben az esetben /amikor nem vesszük tekintetbe a /7/ és /8/ korlátozásokat/ az optimális sebességet csak a /2/ teljesítménykorlát, vagy az állandó előtölásra vonatkozó optimális éltartam

$$T_{oE} = \frac{1-m}{m} \quad C_T = (a-1) C_T \quad /18/$$

határozhatja meg.

A /12/ összefüggés szerint

$$v_{oE} = \frac{C_V}{e x_v f y_v T_{oE}^m} \quad /19/$$

/2/ szerint

$$v_p = \frac{C_{Pkr}}{e_p \cdot f_p} \quad /20/$$

ahol

$$C_{Pkr} = \frac{4500 P_{mech}}{C_p}$$

A  $v_{oE}$  és  $v_p$  jelöléseket az optimális éltartam, illetve a teljesítmény korlátok által megszabott sebességeket jelöltük. Adott fogásmélységnél ezek közül az az optimális sebesség, amelyik kisebb.

Vizsgáljuk azt az esetet, amikor a fogásmélység kisebb, mint  $f_1$ .

Ekkor

$$e = \frac{f^y}{\lambda_{min}}$$

/19/, illetve /20/ szerint

$$v_{oE} = \frac{C_v \lambda_{min}^{x_v}}{T_{oE}^m f^{y_v + y \cdot x_v}} \quad /21/$$

$$v_p = \frac{C_{Pkr} \lambda_{min}^{y_p}}{f^{y_p + y x_p}} \quad /22/$$

Amikor  $v_{oE} = v_p$ , a fogásmélység

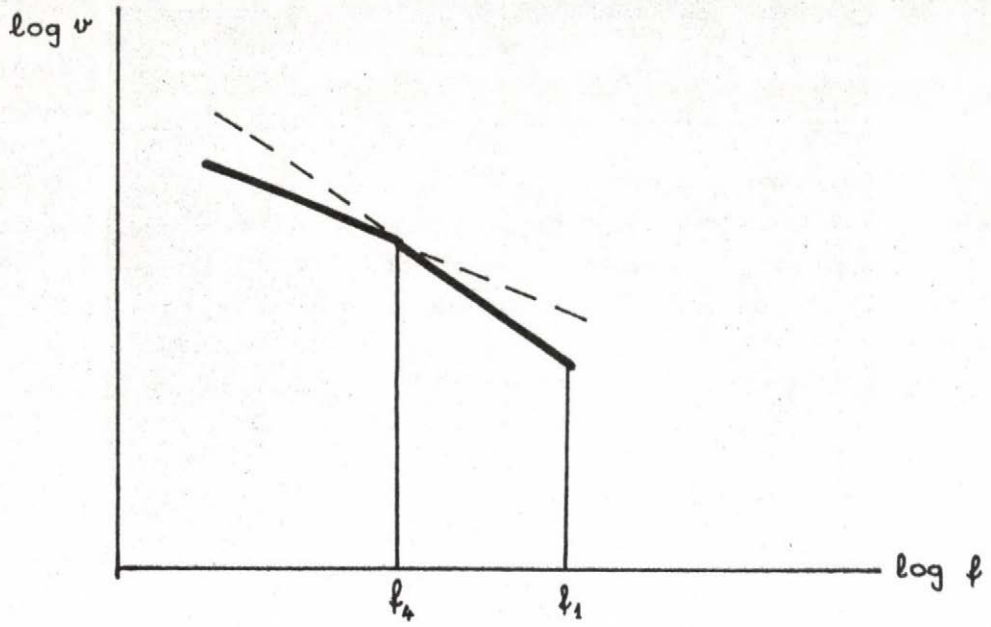
$$f_4 = \left( \frac{C_v \lambda_{min}^{x_v - x_p}}{T_{oE}^m C_{Pkr}} \right)^{\frac{1}{y_v + y \cdot x_v - y_p - y \cdot x_p}} \quad /23/$$

Mivel  $v_{oE}$  és  $v_p$  a fogásmélység változásával monoton változik,  $f_4$  értékig az egyik, ettől kezdve a másik optimális sebesség. /Mint említettük ez mindig a kisebb a kettő közül./

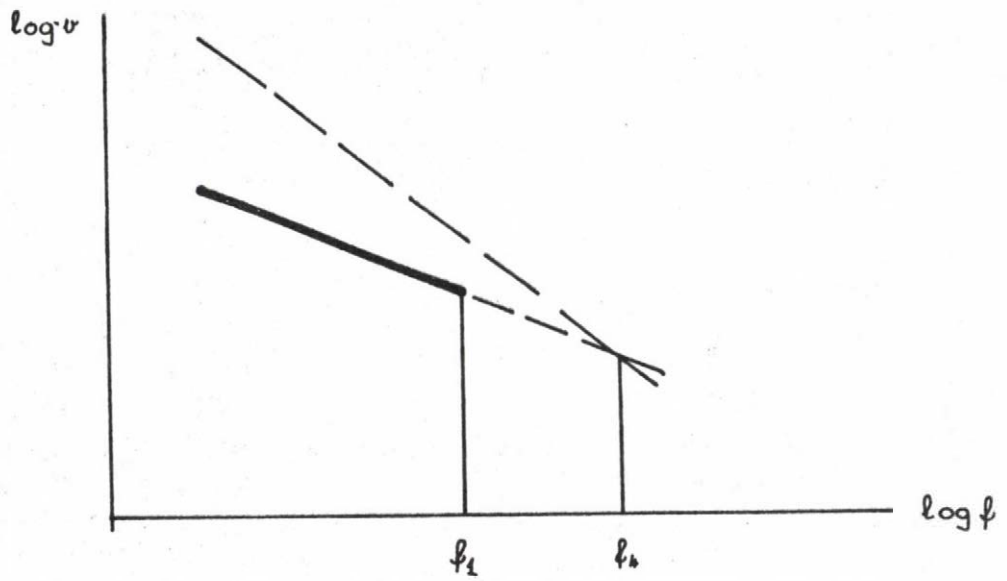
Ha  $f_4 > f_1$  akkor ezen a szakaszon mindig az a kifejezés határozza meg az optimális sebességet, amelynek  $f_1$ -nél a behelyettesítési értéke kisebb. Ez a 3a., illetve 3b., ábrák szemléltetik.

$f_1$  és  $f_3$  fogásmélység értékek között

$$v_{oE}^{1,3} = \frac{C_v}{c_1^{x_v} f^{y_v} T_{oE}^m} \quad /24/$$



3a. Ábra



3b. Ábra



$$v_p^{1,3} = \frac{C_{pkr}}{C_l \frac{x_p}{f} y_p} \quad /25/$$

Amikor

$$v_{oE}^{(1,3)} = v_p^{(1,3)}$$

$$f_5 = \left( \frac{C_v}{C_l \frac{x_v - x_p}{C_{pkr} T_{oE}^m}} \right) \frac{1}{y_v - y_p} \quad /26/$$

Ekkor a helyzet pontosan ugyanaz, mint az előző esetben. Ha  $f_1 < f_5 < f_3$  akkor  $f_5$  értékig az egyik, ettől a másik határozza meg az optimális sebességet. Ha  $f_5$  nincs az adott tartományban, mindig az egyik kifejezés adja ezt. Amikor a fogásmélység nagyobb, mint  $f_3$

$$v_{oE}^{(<3)} = \frac{C_v C_p \frac{x_v}{x_p}}{f \frac{y \cdot \frac{x_v}{x_p}}{y_p} T_{oE}^m F_{kr}} = \frac{C_{oE3}}{f \frac{y \cdot \frac{x_v}{x_p}}{y_p}} \quad /27/$$

ahol

$$C_{oE3} = \frac{C_v C_p \frac{x_v}{x_p}}{T_{oE}^m F_{kr} \frac{x_v}{x_p}}$$

$$v_p^{(<3)} = \frac{4500 P_{mech}}{F_{kr}} \quad /28/$$

/28/ szerint látható, hogy mint ezt az [1] munkában bizonyítottuk,  $v_p^{(<3)}$  nem függ a fogásmélységtől.

Amikor

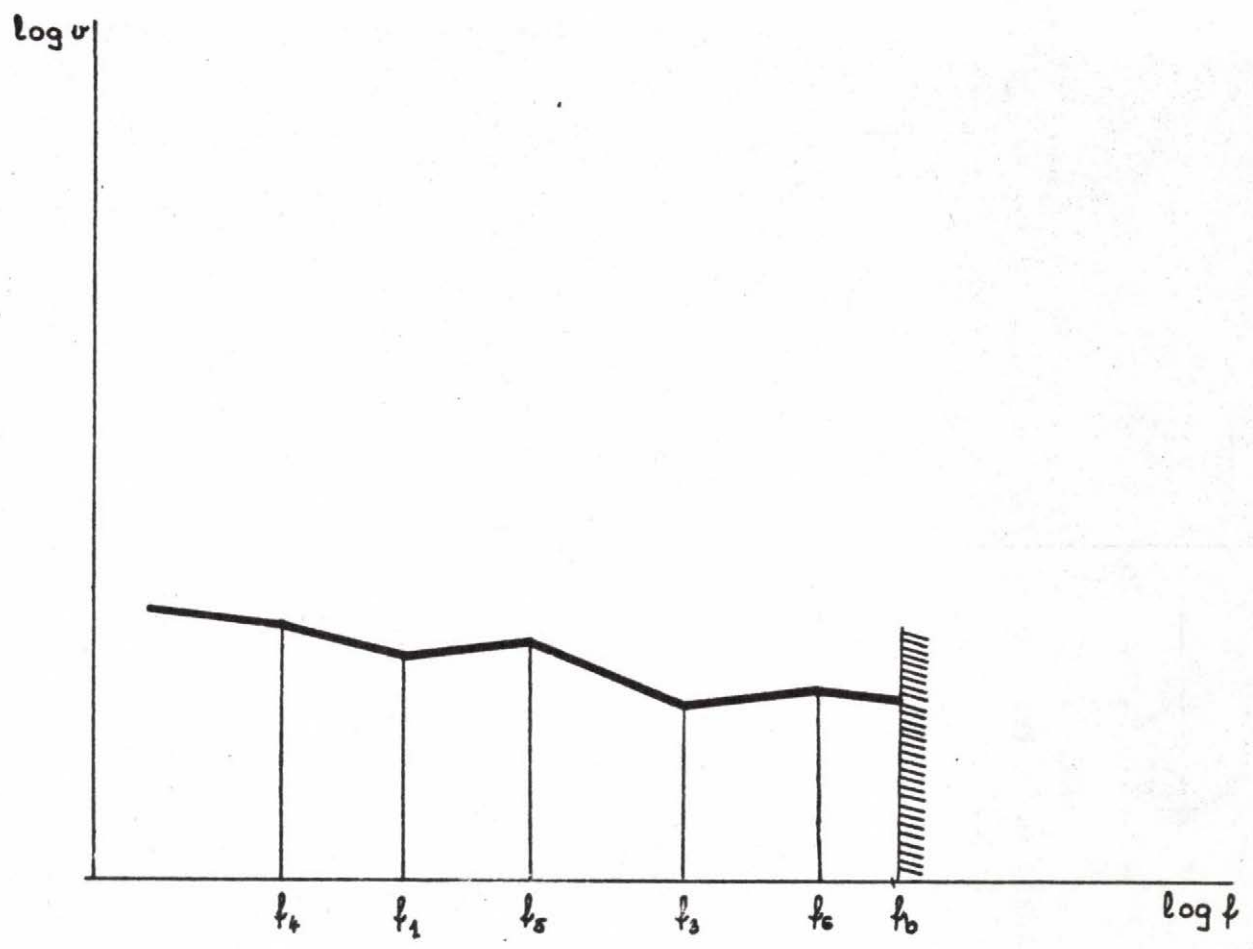
$$v_{oE}^{(<3)} = v_p^{(<3)}$$

akkor

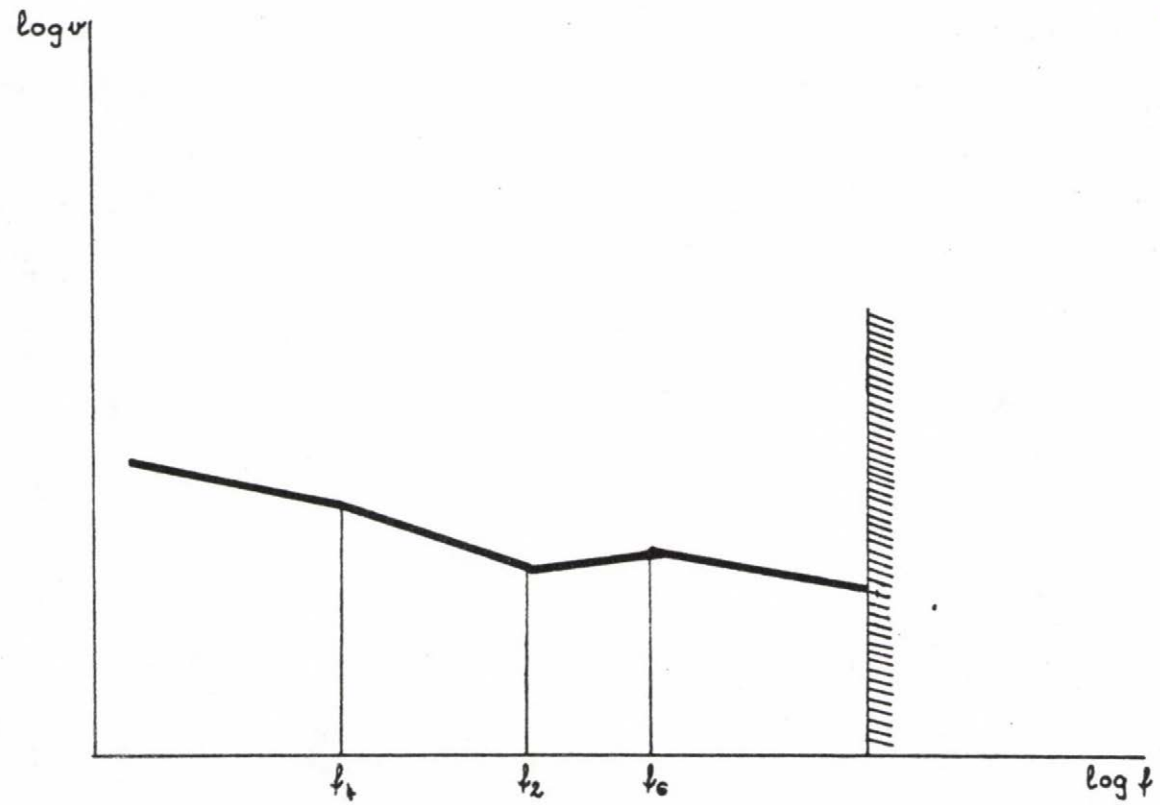
$$f_6 = \left( \frac{C_{oE3} F_{kr}}{4500 P_{mech}} \right) \frac{1}{y_v - \frac{x_v}{x_p} y_p} \quad /29/$$

Ebben az esetben  $f_6$  szerepe ugyanaz mint korábban  $f_4$ -é, illetve  $f_5$ -é.

A 4. ábra azt az esetet szemlélteti, amikor  $f_4 < f_1$  ;



4. Ábra



5. Ábra

$f_1 < f_5 < f_3$  ;  $f_3 < f_6$  , tehát az optimális sebesség-grafikon 6 szakaszból áll. Ez természetesen a gyakorlatban rendkívül ritka.

Amikor  $f_3 < f_1$ , akkor az  $f_5$  pont meghatározása felesleges és az optimális sebesség-grafikon legfeljebb 4 szakaszból áll. /ld. 5. ábra/

#### 4. SZÁMITÓGÉPES NOMOGRAM FELÉPÍTÉS

Az [1] munka módszert javasol technológiai adatok optimalizálására. A [3] munka részletesen ismerteti a kidolgozott számítógépes programokat. Ezek a számítógép programok igen egyszerű lehetőséget teremtenek az optimális előtolás, illetve sebesség értékeket bemutató nomogramok felépítésére..

A nomogram felépítés algoritmus a következő:

1., A feltétel rendszert úgy módosítjuk, hogy  $C_4=0$  és  $C_3$  valamilyen tet-szés szerint felvett nagy érték. Valamint, ha  $f_v < f_b$ , akkor  $f_b$  helyett behelyettesítjük az  $f_v$  értéket.

2., Meghatározzuk az  $f_1$  és  $f_3$  értékeket.

Ha  $f_1 \leq f_3$  az a., esettel, ha

$f_1 > f_3$  a b., esettel van dolgunk.

a., eset

a1., meghatározzuk az  $f_4$ ,  $f_5$  és  $f_6$  értékeket.

a2., megvizsgáljuk, hogy a következő feltételek teljesülnek-e

$$f_1 < f_b$$

$$f_3 < f_b$$

$$f_4 < f_b$$

$$f_5 < f_b$$

$$f_4 < f_1$$

$$f_1 < f_5 < f_3$$

$$f_3 < f_6 < f_b$$

a3., azokat a fogásmélységeket, amelyekre a feltételek teljesülnek ki-egészítjük az  $f_b$  értékkel és felvesszünk még egy fogásmélységet, amely kisebb, mint a fenti értékek legkisebbike /például ennek a fele/.

a4., Meghatározzuk ezeknél a fogásmélység értékeknél az optimális technológiai adatokat. Az optimális előtolás és sebesség nomogramokat, logaritmikus léptékű koordináta rendszerben, ezeknek a pontoknak az ábrázolásával és egyenesekkel való összekötésével kapjuk.

b., eset

b1., meghatározzuk az  $f_2, f_4, f_6$  értékeket.

b2., megvizsgáljuk, hogy a következő feltételek teljesülnek-e.

$$f_2 < f_b$$

$$f_4 < f_b$$

$$f_4 < f_2$$

$$f_2 < f_6 < f_b$$

b3., mint a 3.,

b4., mint a 4.

Természetesen, ha a számítógépen megfelelő rajzadási lehetőségek vannak rögtön megrajzolt nomogramot kaphatunk eredményül.

### 5. NOMOGRAM KIEGÉSZÍTÉS

Vizsgáljuk most, hogyan vehetők tekintetbe a /7/ és /8/ korlátozások.

Rendkívül egyszerűen.

$$A \quad v \leq C_3 \quad /7/$$

$$\text{és} \quad v \geq C_4 \quad /8/$$

korlátozásokat rendszerint a szerszám gép maximális, minimális, illetve stabilis működést biztosító fordulatszámok határozzák meg. Tehát

$$C_3 = \frac{\pi d}{1000} n_{\max},$$

$$C_4 = \frac{\pi d}{1000} n_{\min},$$

ahol  $d$ -a megmunkált átmérő [mm].

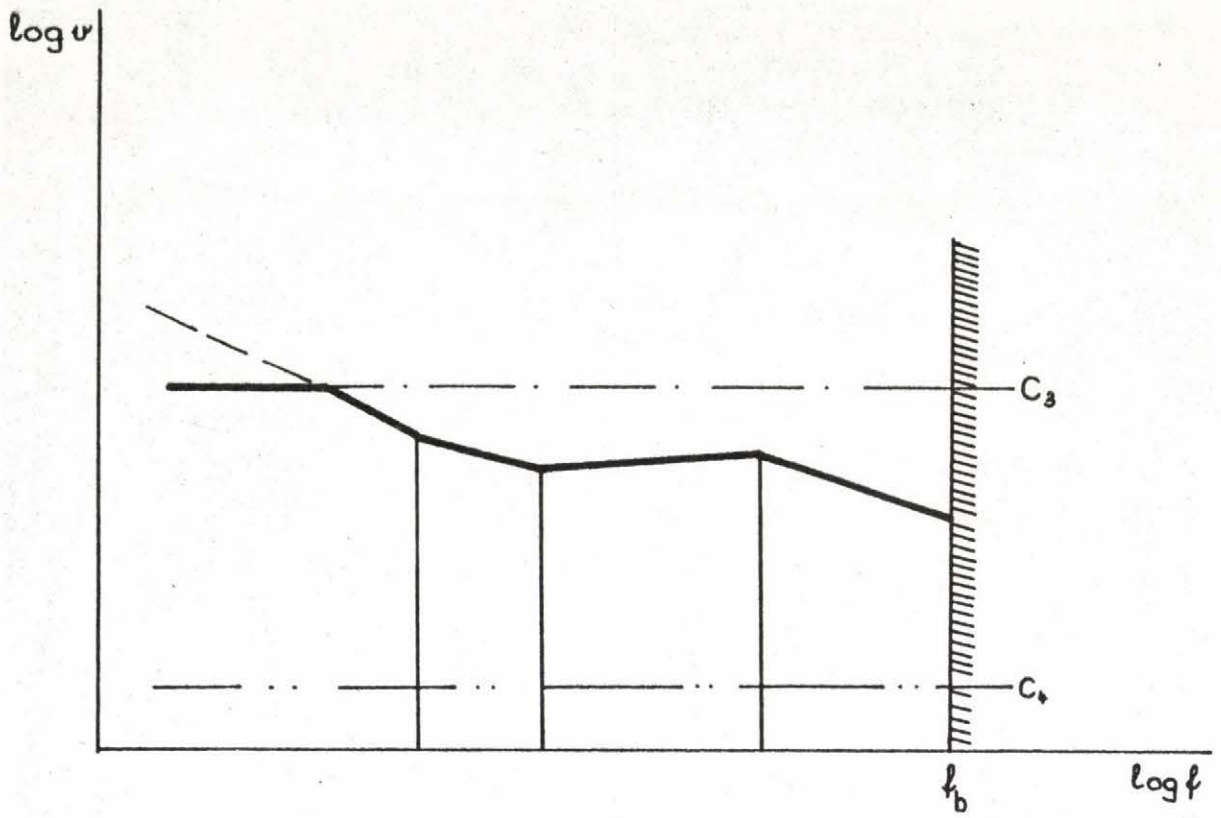
Valamely adott  $d$  átmérőnél a /7/ és /8/ összefüggések egy sávot határoznak meg, amelyen belül a sebesség változhat. Ha a sebesség ezen kívül kerülne a határsebesség az optimális. - Ezt a 6a., ábra, illetve több átmérőre a 6b., ábra szemlélteti.

Az egyes átmérőkre a határok bejelölése rendkívül egyszerű. Vegyünk fel valamely "alap" átmérőt, legyen például  $d_a = 100$  mm.

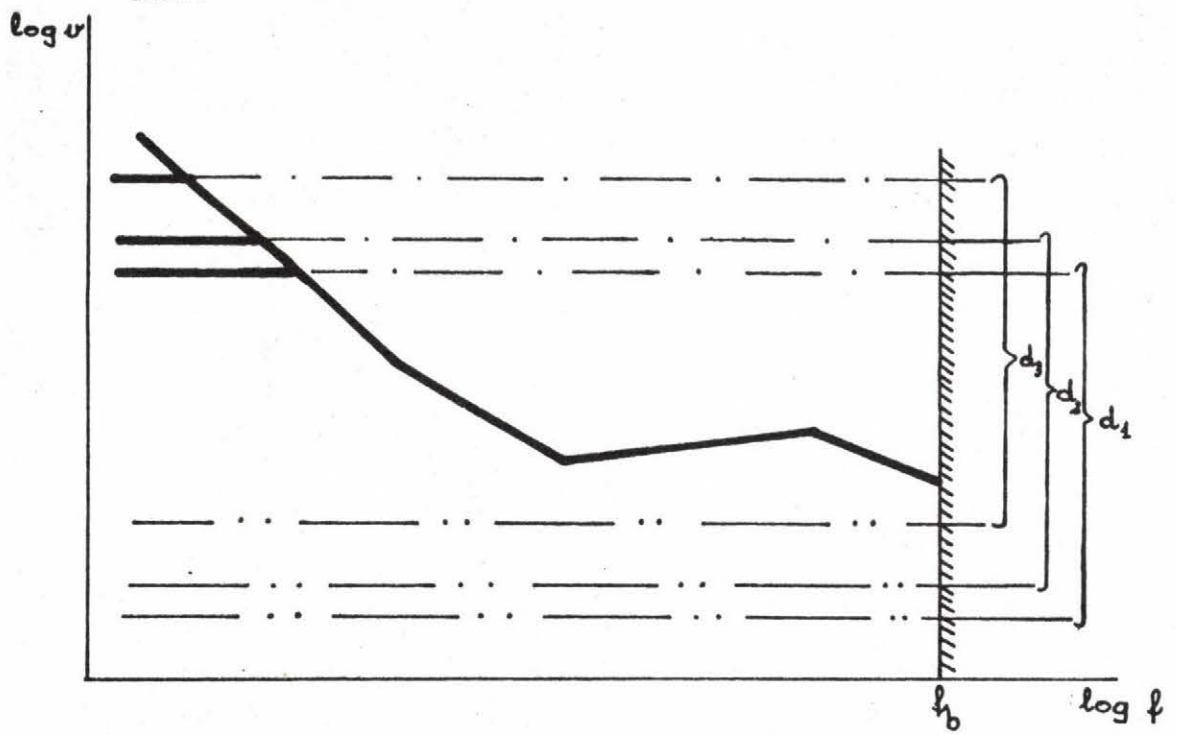
$$\text{Ekkor } \log C_{3a} = \log \frac{\pi}{10} n_{\max}, \quad \log C_{4a} = \log \frac{\pi}{10} n_{\min}.$$

Ha most valamilyen más  $d = K d_a$  átmérőre / $K$  arányossági tényező/ akarjuk megkapni a tartomány határokat

$$\log C_3 = \log C_{3a} + \log K; \quad \log C_4 = \log C_{4a} + \log K.$$



6a. Ábra



6b. Ábra

## 6. AZ AZ ESET AMIKOR A MINIMÁLIS SEBESSÉG AZ OPTIMÁLIS

Az [1] munkában bizonyítottuk, hogy az optimális technológia lehet olyan is, hogy ekkor

$$v = C_4 = v_{\min}$$

Igaz, hogy ez a gyakorlatban csak ritkán, igen nagy átmérőn, vagy rendkívül értékes szerszámmal való forgácsoláskor fordul elő. Azonban a teljesség kedvéért ezt a lehetőséget is figyelembe kell venni.

A  $v = v_{\min}$  sebességgel való forgácsoláskor az optimális éltartam [1,3] :

$$T_{ov} = \frac{x_v - m}{m} C_T \quad /30/$$

/amennyiben  $x_v \leq m$  ez az eset további vizsgálatokat nem igényel./

A /12/ összefüggés szerint ekkor

$$T_{ov}^m = \frac{C_v}{C_4 e^{x_v} f^{y_v}} \quad /31/$$

Az előtolás és a fogásmélység közötti kapcsolat ekkor jellemezhető a következő összefüggéssel

$$\log e = \frac{y_v}{x_v} \log f + \frac{1}{x_v} \log \frac{C_v}{C_4 T_{ov}^m} \quad /32/$$

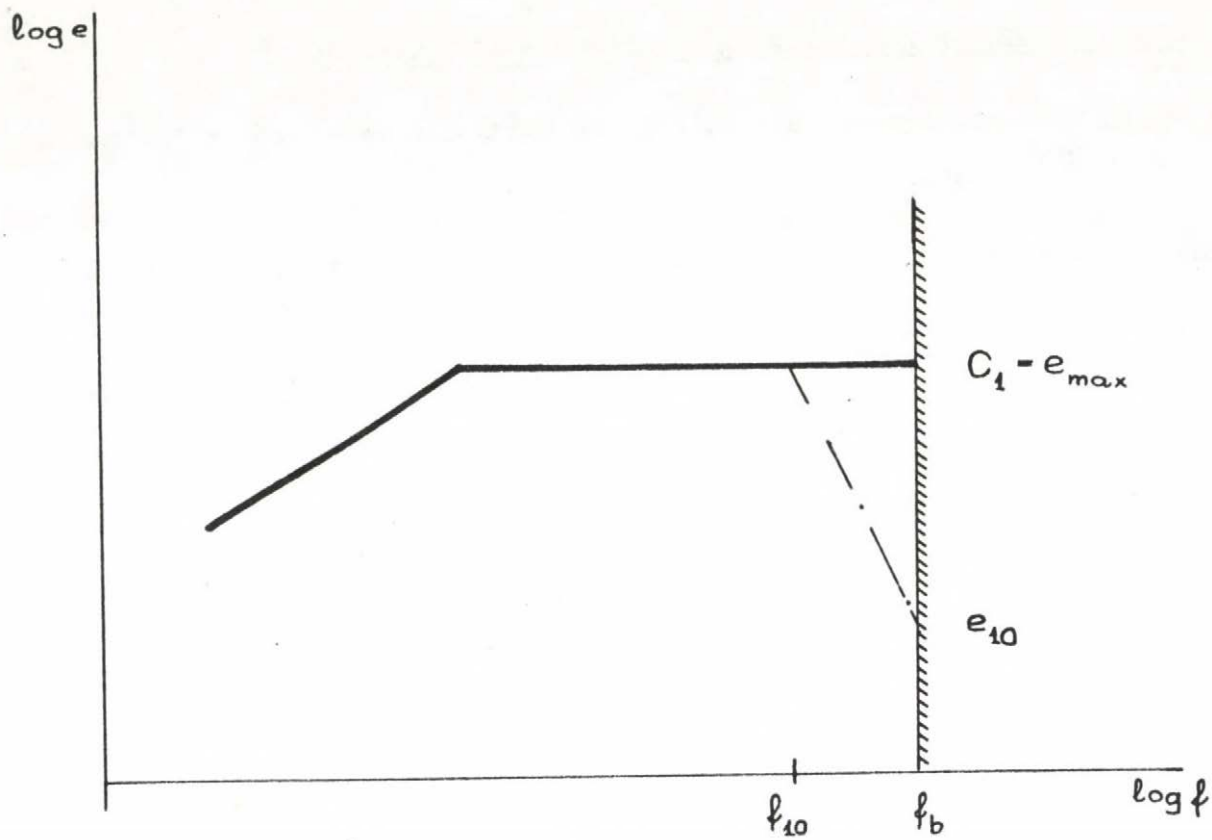
A /32/ összefüggésnek megfelelő egyenes berajzolható az optimális előtolás nomogramba. [Ez történhet két jellegzetes pont meghatározásával, például

$$\begin{aligned} \log e_{10} &= -\frac{y_v}{x_v} \log f_b + \frac{1}{x_v} \log \frac{C_v}{C_4 T_{ov}^m}, \\ \log f_{10} &= \frac{1}{y_v} \left( \log \frac{C_v}{C_4 T_{ov}^m} - x_v \log C_1 \right) \end{aligned}$$

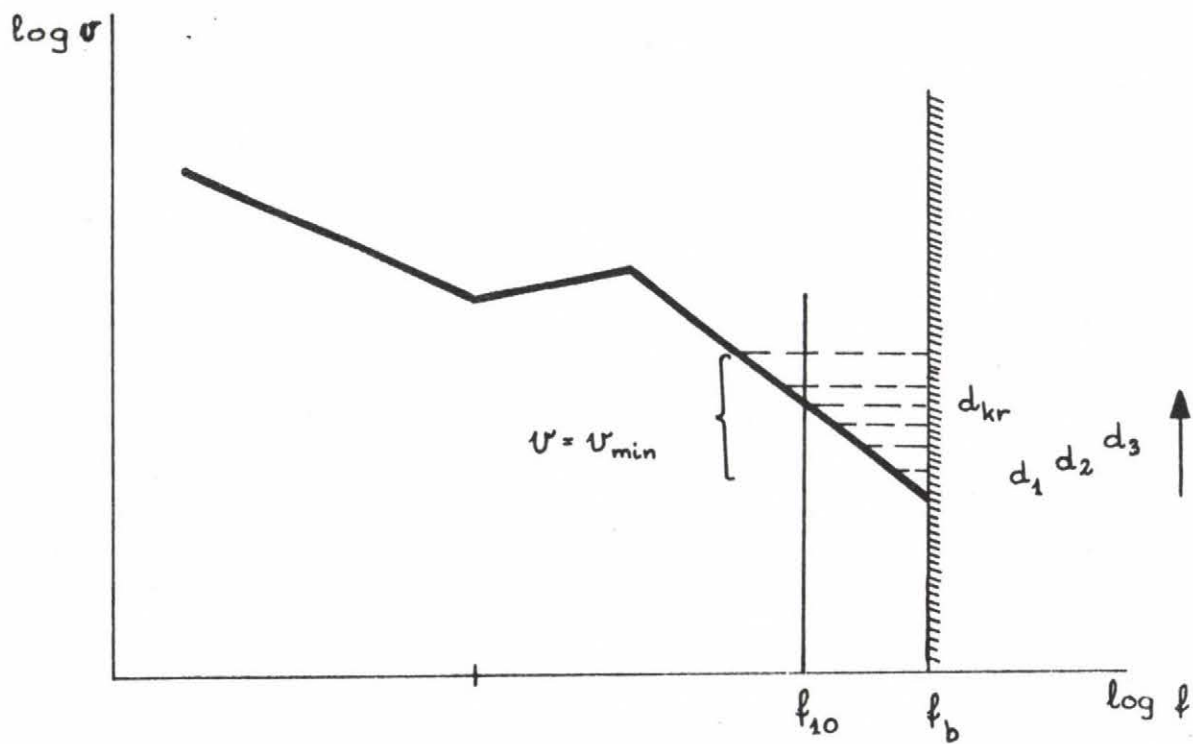
Vizsgáljuk a 7. ábrát.

A 7a., ábrán feltüntettük az optimális előtolások alakulását akkor is, amikor az optimális sebesség  $v = v_{\min}$ . A 7b., ábra az optimális sebességeket ábrázolja. Az átmérő növekedésével a  $v_{\min}$  korlátozást ábrázoló egyenes egyre feljebb kerül.

Amikor az optimális sebesség  $v_{\min}$  akkor az "eredeti" optimális előtolás nomogram helyett az  $[f_{10} - e_{10}]$  egyenes által "levágott" nomogram az érvényes. Példát erre a 8. ábra mutat. - Érdekes megfigyelni, hogy ekkor az is lehetséges, hogy az optimális előtolás nem folyamatosan változik /8b., ábra/.

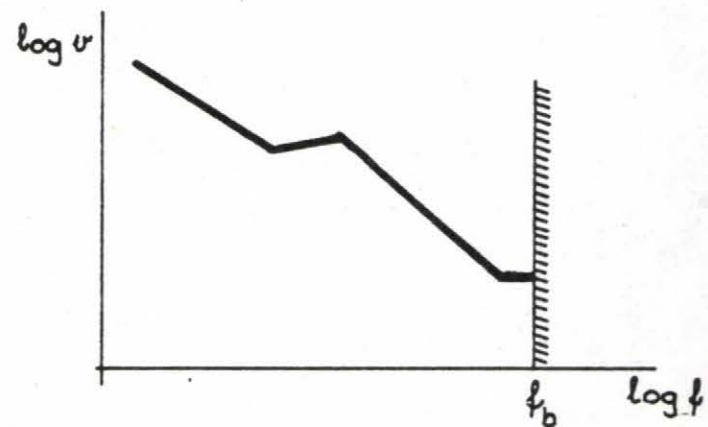
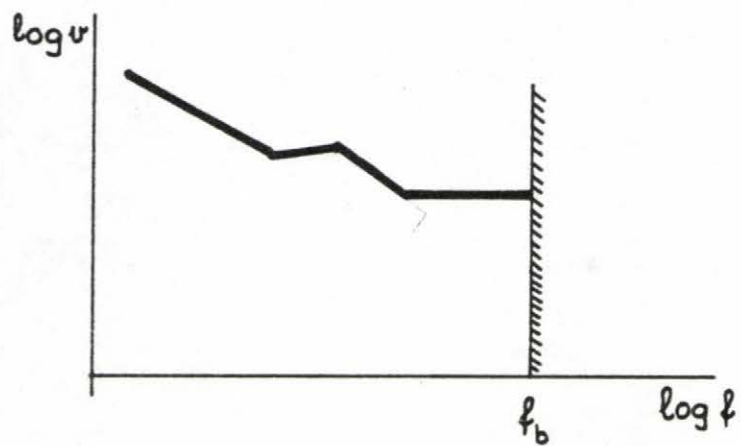
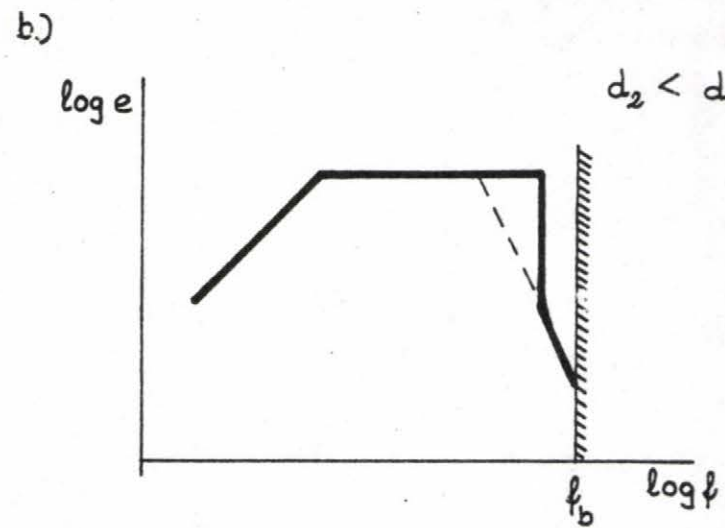
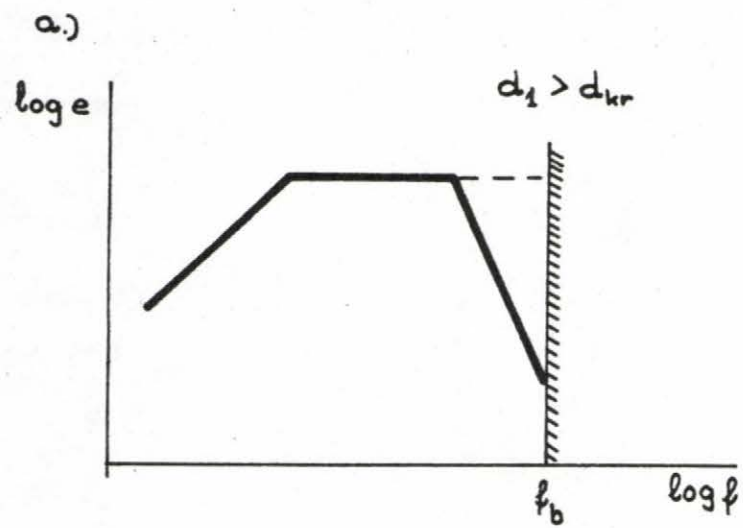


7a. Ábra



7b. Ábra





8. Ábra

## 7. OPTIMÁLIS ÉLTARTAM, OPTIMÁLIS ÖNKÖLTSÉG

Optimális éltartam, illetve optimális önköltség nomogramok hasonló egyszerűséggel határozhatók meg. Az optimalizáló programok [3] kiszámítják, kiírják az optimális éltartamot, valamint az optimális technológiai adatokhoz tartozó  $ev$ ,  $evT$  szorzatokat is.

A korábban vázolt módszer szerint a töréspontoknak megfelelő fogásmélységek-nél ábrázolva a  $\log T$ , illetve  $\log \frac{C_m}{ev} \log \frac{C_M C_T}{e v T}$  mennyiségeket megkapjuk az az optimális éltartam nomogramot, illetve 2 grafikont, amelyek ordinátáit összeegyeztve bármely fogásmélységnél megkapjuk a  $\frac{1000}{\pi d}$  K mennyiséget, amelyből a költség könnyen értékelhető.

## 8. PÉLDA

Vizsgáljunk egy konkrét példát. Legyen ez C60-as anyag, GTI 158000 kódszámu [2]szerszámmal való külső nagyoló megmunkálás ERI-250 pályavezérlésű NC esztergán. A feltétel rendszer ekkor a következő:

$$e^{0,75} \leq \frac{4,5113}{f}$$

$$e^{0,75} v \leq \frac{107,7\pi}{f}$$

$$e \leq 0,35$$

$$e \geq 0,01$$

$$e \leq 0,287 \cdot f^{0,6}$$

$$e \geq 0,096 \cdot f^{0,6}$$

$$v \leq \frac{\pi d}{1000} 500$$

$$v \geq \frac{\pi d}{1000} 63$$

$$f \leq 5,0 = f_b$$

A célfüggvény minimális önköltségre

$$K = \frac{2}{e\pi} \left( 1 + \frac{6,5}{T} \right)$$

Az éltartam összefüggése

$$T^{0,2} = \frac{445,60}{v \cdot e^{0,35} f^{0,18}}$$

A közölt képletek alapján a következő értékeket számítottuk ki:

$$\begin{aligned} f_1 &= 1,393 ; & f_2 &= 5,370 ; & f_3 &= 9,9 \\ f_4 &= 2,032 ; & f_5 &= 2,723 ; & f_6 &= 1,11 \end{aligned}$$

Az optimalizálást a közölt algoritmus szerint a következő pontokban kell elvégezni:

$$\begin{aligned} f_{-1} &= 0,5 \text{ /az } f_1 = 1,393 \text{ értéknél kisebb tetszőszerinti érték/} \\ f_1 &= 1,393 ; & f_5 &= 2,723 ; & f_b &= 5 \end{aligned}$$

Az optimalizálás CDC 3300 számítógépen kapott eredményeit a táblázatban közöljük.

A táblázat eredményei alapján kaptuk meg a 9. ábrán megadott e-f, a 10. ábrán megadott v-f és a 11. a, b, c, ábrán megadott T, ev, evT görbék. A 11. a, b, c, görbék alapján könnyen felépíthető az optimális önköltségeket ábrázoló görbe.

Ezt a 12. ábra mutatja.

Itt

$$K' = \frac{2}{ev} + \frac{13}{evT}$$

A görbén feltüntetett értékekből 1 mm hosszú megmunkálási költségét  $\frac{\pi d}{1000}$  értékkel való szorzással kapjuk meg.

A 10. ábrán bemutatjuk  $v_{\max}$ ,  $v_{\min}$  korlátozások hatását is, amely függ a megmunkált átmérőtől. Mint látható a  $v_{\min}$  korlátozás ebben az esetben hatástalan. Mint a 2. ábrából látható a  $v_{\max}$  korlátozás valamivel 100 mm alatti átmérőktől már érezteti hatását. Ekkor természetesen a 11. és 12. ábrák érvényüket veszítik azokra a fogásmélység értékekre, amelyeknél a sebesség a felső korláton van.

Az egyes esetekre kidolgozott diagrammok, több szerszám és anyag esetében nomogrammká rajzolhatók egybe. Erre példát a 13. és 14. ábra mutat. Itt a  $N^{\circ}158000$ ; külső nagyoló,  $N^{\circ}165$  belső nagyoló,  $N^{\circ}165$  belső nagyoló,  $N^{\circ}205000$  és  $N^{\circ}201000$  oldalazó szerszámok és C60, illetve C45 anyagok szerepelnek. Mint látható az optimális előtolások alakulása mindegyik esetben azonos.

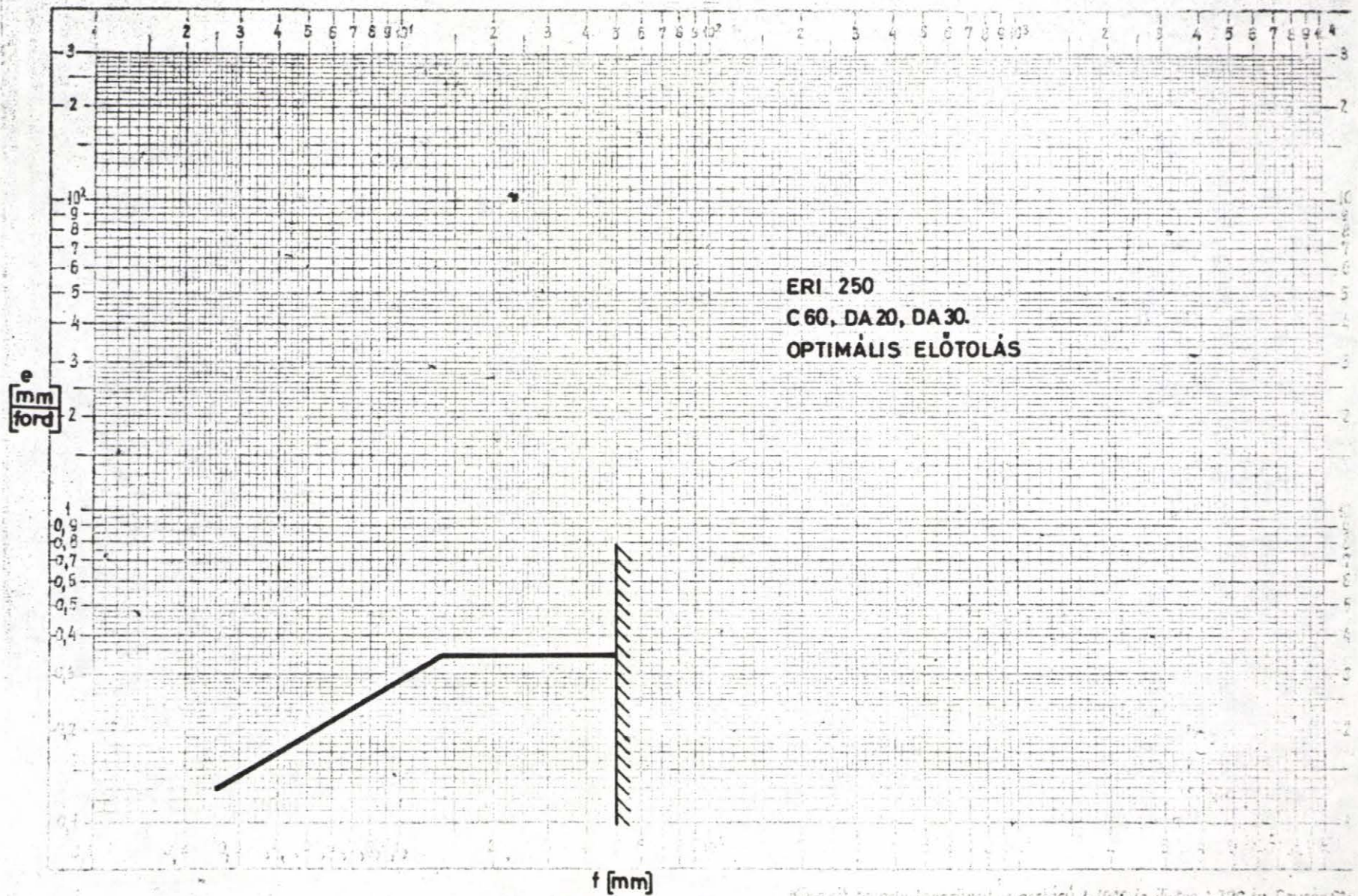
Nagyobb a változatosság az optimális sebességek esetében bár itt is megfigyelhetők azonosságok, illetve hasonlóságok.

A 14. ábra jobb oldalán a felső sebesség korlátozás hatása látható különböző  $n_{\max}$  értékekre / az átmérőktől függően /. Az adott körülményekre érvényes  $n_{\max}$  értéket, illetve a megengedhető  $f_{\max}$  fogásértéket /esetleg táblázat segítségével/ a technológus határozza meg.

A korábbihoz hasonló módon megadhatók az optimális éltartam, illetve az optimális költség nomogramok: is azonban ettől itt eltekintünk.

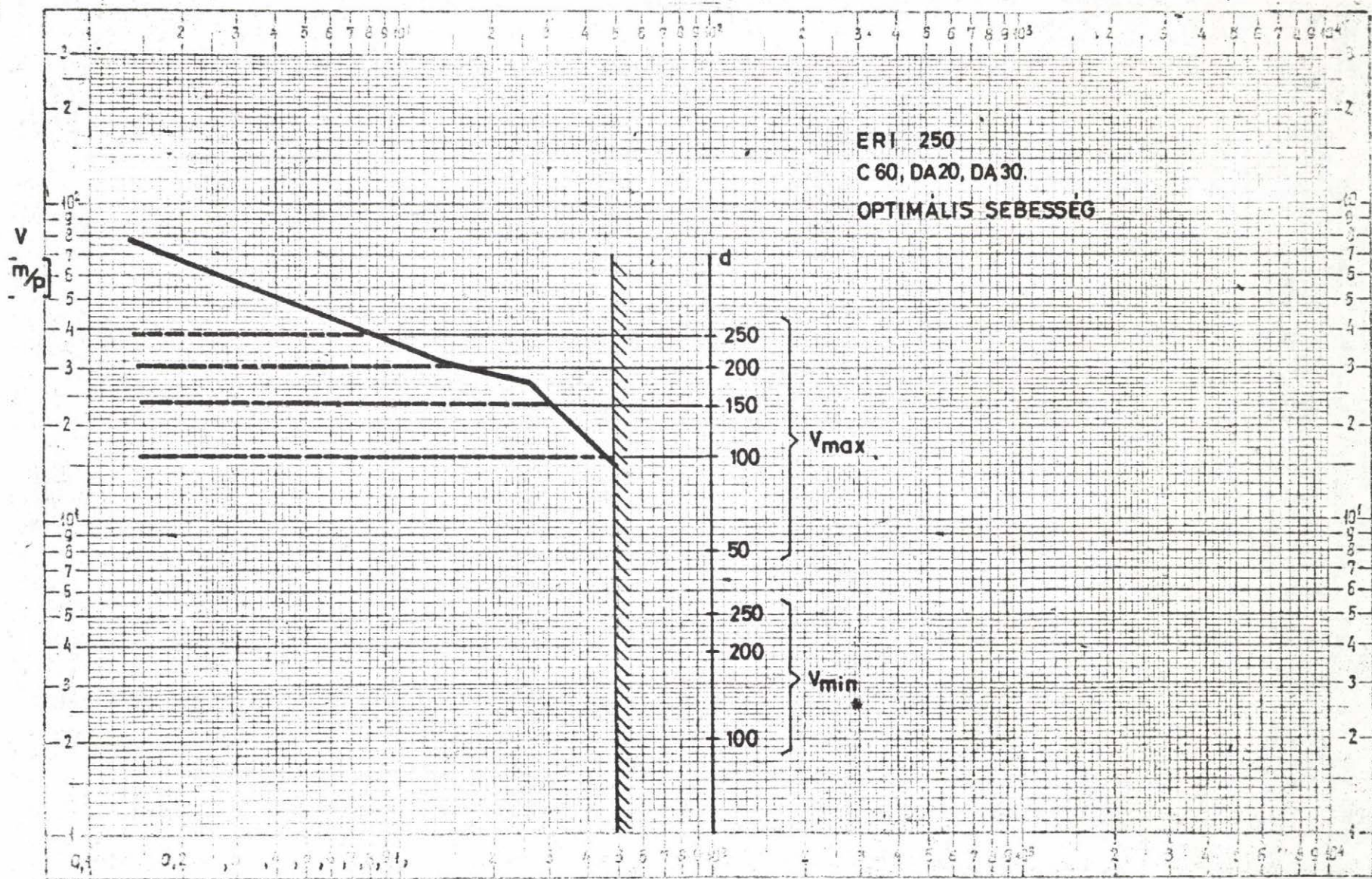
f [mm] fogásmélység	e [mm/ford.] előtolás	v [m/perc] forgási sebesség	T [perc] éltartam
0,5	0,1893	471,079	26,00
1,39	0,350	315,948	26,00
2,72	0,350	273,076	29,49
5,0	0,350	148,717	356,23

T á b l á z a t



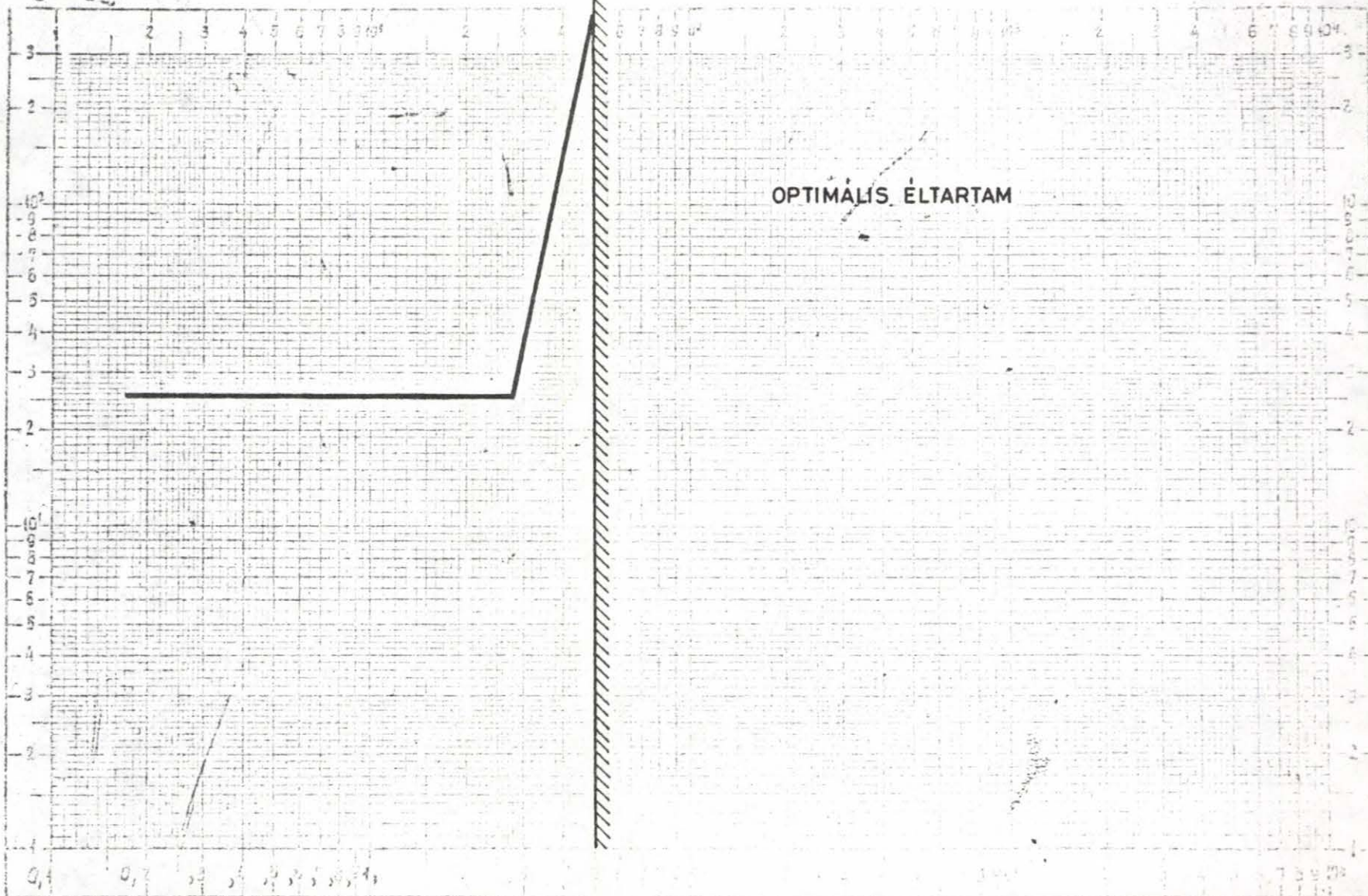
9. Ábra

Készült a Magyar Szovjet Barátság Társaságának megbízására a 1-1000-ig illetve a 1-300-ig. Számszó SZK



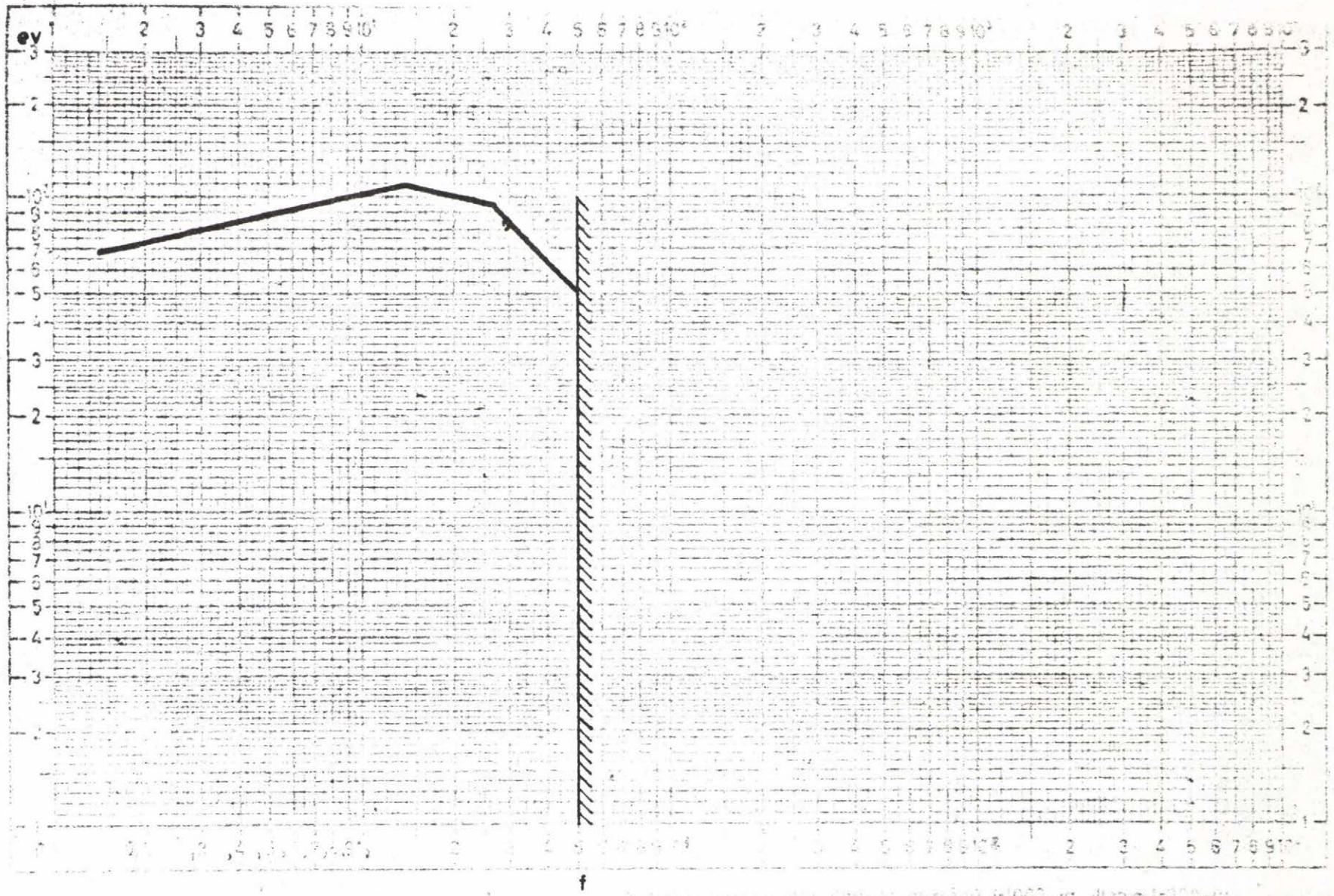
$f$  [mm] 10. Ábra Mindkét tengely logaritmusos osztású 1-1000-ig, illetve 1-300-ig. Egységén  $525^{\circ}\text{m}$

T [perc]



f [mm]

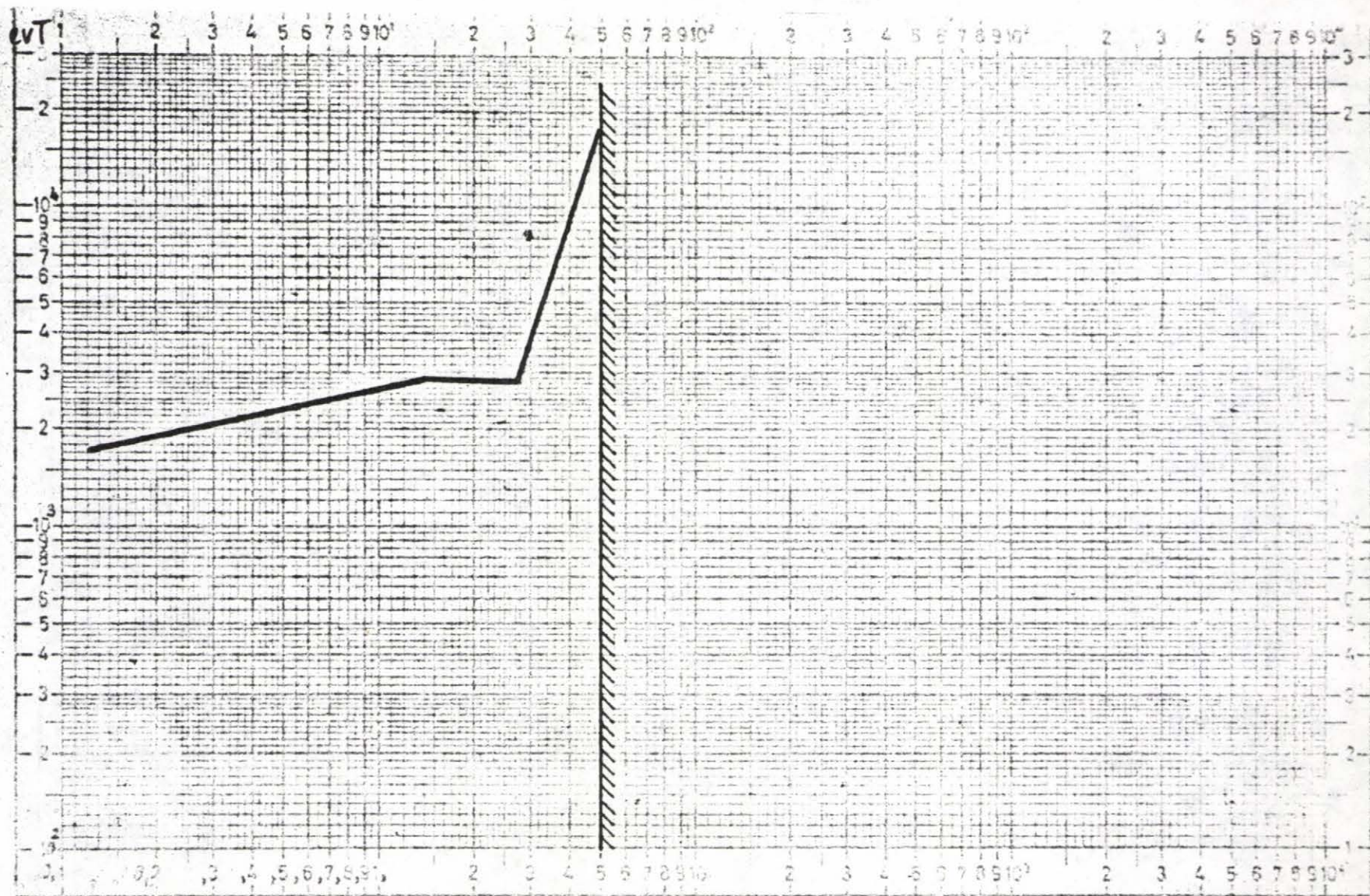
11a. Ábra



11b. Ábra

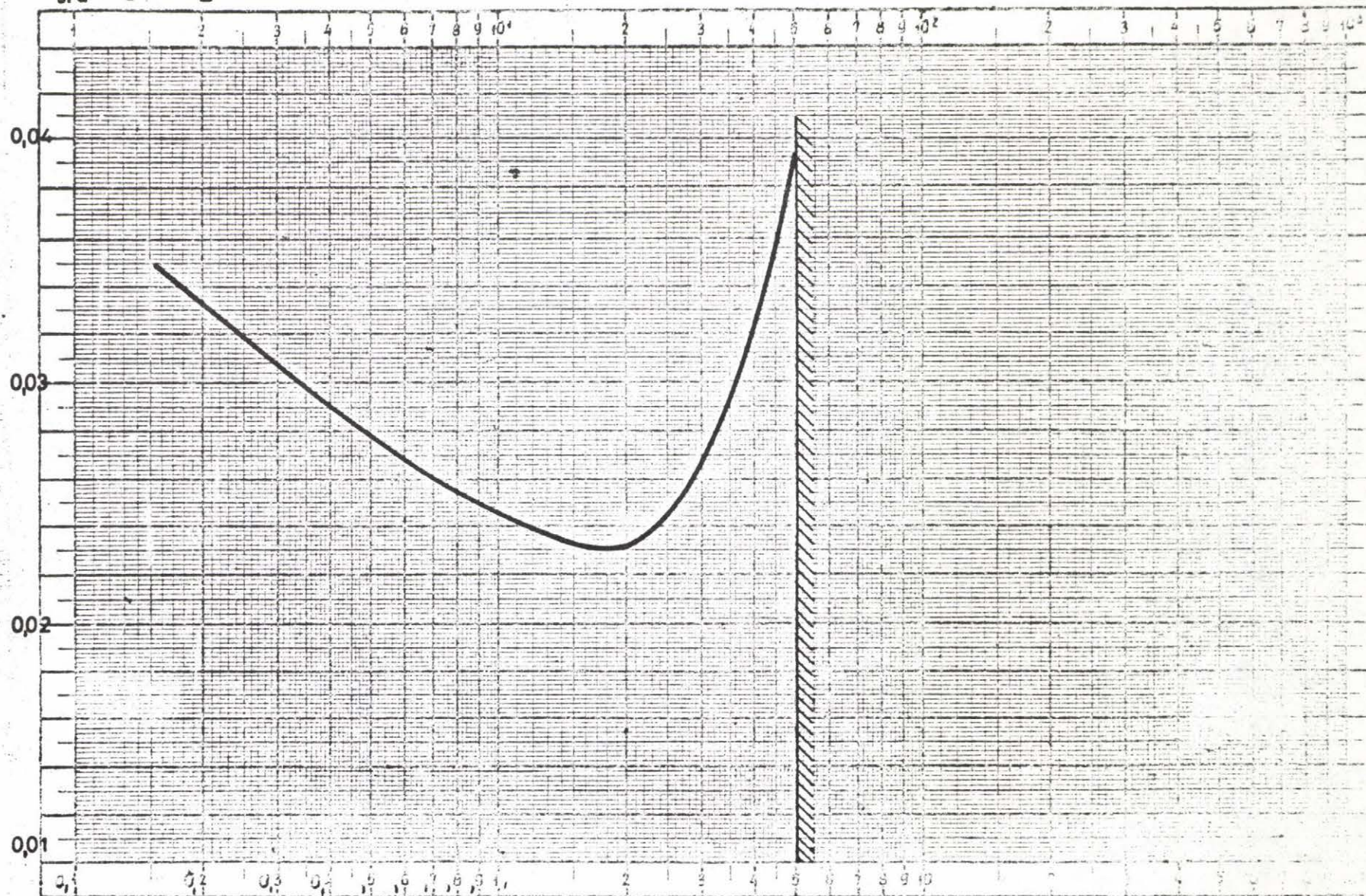
Ábrák az egyenlő távolságú mérésről  $\nu=1000$ -ig,  $\lambda=1000$ -ig.  
Egy-egy 62,5 mm.





↑  
 11c. Ábra  
 Egység 62.5mm

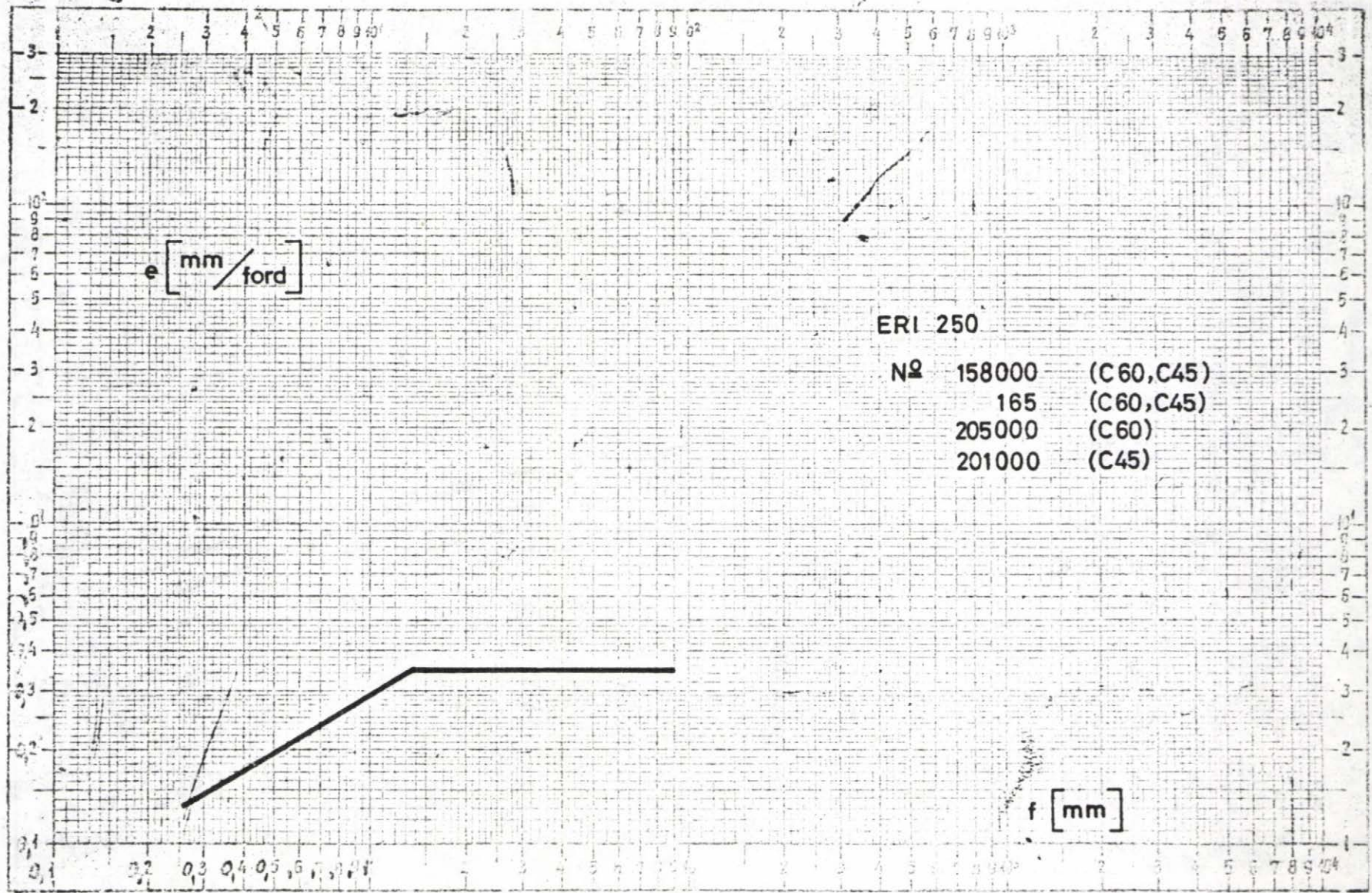
$$K' = \frac{1000}{\pi d} K \left[ \frac{\text{Ft}}{\text{mm}^2} \right]$$



12. Ábra

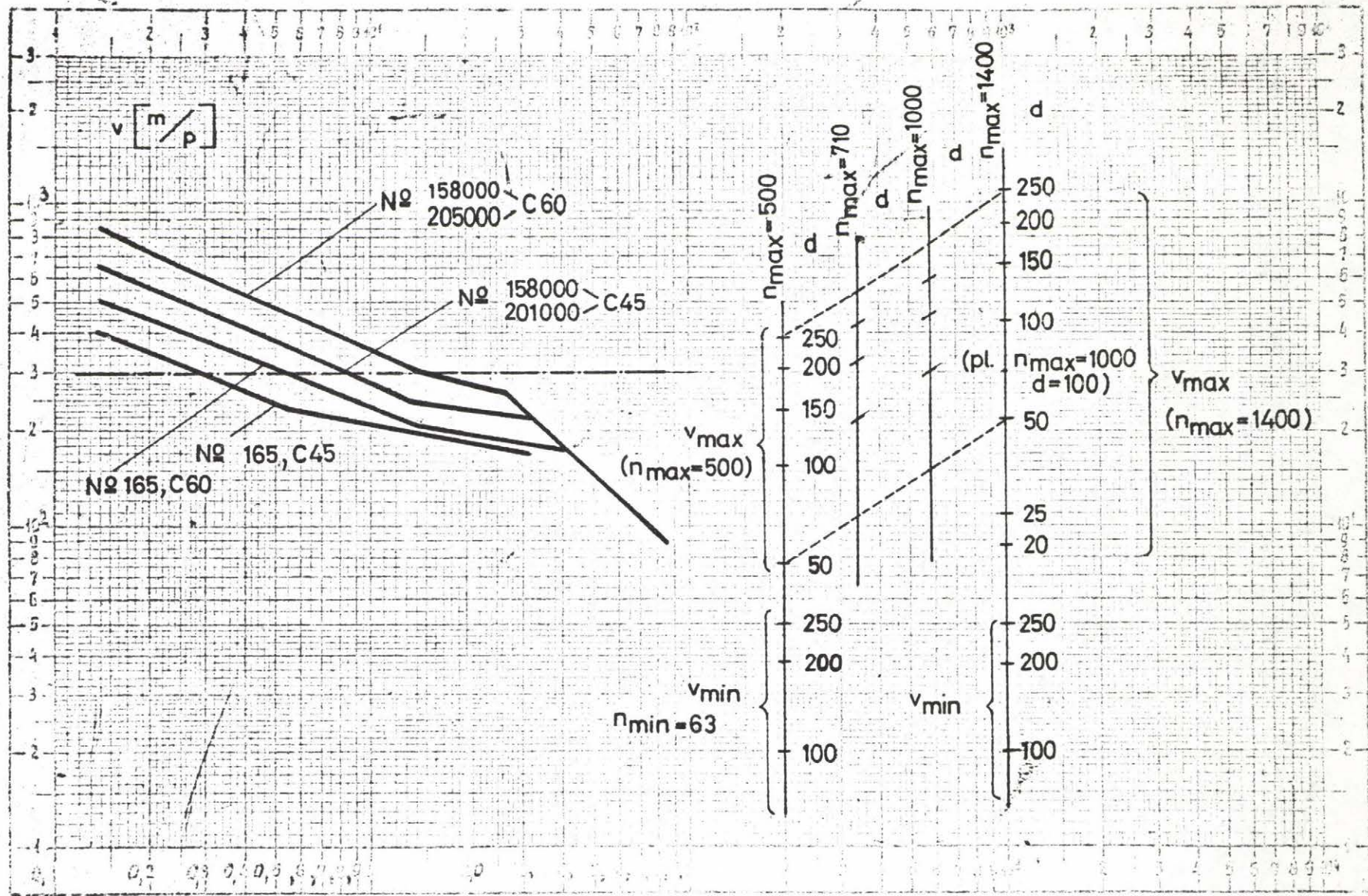
Az egyik tengelyen logaritmusos osztás 1-1000-ig. Egyező számú osztások vannak a másik tengelyen is.

f [mm]



13. Ábra

Nemzetközi szabványosított 0-1000 ig. illetve +300-ig. Egység 5/5<sup>mm</sup>



14. Ábra  $f$  [mm] ...

## ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatban olyan módszert javasolunk, amely lehetővé teszi az optimális forgácsolási adatok nomogramjainak megszerkesztését. Amennyiben adott gépre, szerszámra, munkadarab anyagra és körülményekre rendelkezésre állnak a lehető legkorlátozó feltétel rendszerek /teljesítmény, erő, stb./ korlátozások, az éltartam összefüggések és az optimalizálás célfüggvénye, a nomogramok számítógépes megszerkesztése néhány másodperc gépi időt igényel. Így lehetőség nyílik ilyen nomogramok tömeges elkészítésére.

A számítógépes módszerek mellett ez komoly lehetőséget nyújt a megalapozott technológiai adatok széleskörű alkalmazására.

## IRODALOM

- [1] Girnt M.-Gyürki J.-Laufer J.-Somló J.: Optimalizáló adaptív szerszámirányítási rendszerek.  
MTA SztAKI Közlemények. 1973/5.
- [2] Horváth M.-Berta M.-Kranczler M.-Mátyási Gy.: Feltételrendszerek és célfüggvények optimalizáló adaptív rendszer kísérleti modelljéhez.  
GTI anyag, 1973. Belső témaszám: R-00-642-77.
- [3] Somló J.-Girnt M.-Gyürki J.-Laufer J.: Szerszámgépek optimalizáló adaptív irányítása.  
Munkaanyag. MTA SztAKI, 1973. dec.

A TANULMÁNYOK sorozatban eddig megjelentek:

- 1/1973 Pásztor Katalin: Módszerek Boole-függvények minimális vagy nem redundáns,  $\{\wedge, \vee, \neg\}$  vagy  $\{\text{NOR}\}$  vagy  $\{\text{NAND}\}$  bázisbeli, zárójeles vagy zárójel nélküli formuláinak előállítására
- 2/1973 Вашкеви Иштван: Расчленение многосвязных промышленных процессов с помощью вычислительной машины
- 3/1973 Ádám György: A számítógépipar helyzete 1972 második felében
- 4/1973 Bányász Csilla: Identification in the Presence of Drift
- 5/1973\* Gyürki J.-Laufer J.-Girnt M.-Somló J.: Optimalizáló adaptív szer-  
számgepirányítási rendszerek
- 6/1973 Szelke Erzsébet-Tóth Károly: Felhasználói Kézikönyv /USER MANUAL/  
a Folytonos Rendszerek Szimulációjára készült ANDSIM program-  
nyelvhez
- 7/1973 Legendi Tamás: A CHANGE nyelv/multiprocesszor
- 8/1973 Klafszy Emil: Geometriai programozás és néhány alkalmazása
- 9/1973 R.Narasimhan: Picture Processing Using Pax
- 10/1973 Dibuz Ágoston-Gáspár János-Várszegi Sándor: MANU-WRAP hátlaphuza-  
lozó. MSI-TESTER integrált áramköröket mérő, TESTOMAT-C logikai  
hálózatokat vizsgáló berendezések ismertetése
- 11/1973 Matolcsi Tamás: Az optimum-számítás egy új módszeréről
- 12/1973 Makroprocesszorok, programozási nyelvek. Cikkgyűjtemény az NJSZT  
és SZTAKI közös kiadásában. Szerkesztette: Legendi Tamás
- 13/1973 Jedlovsky Pál: Új módszer bonyolult rektifikáló oszlopok vegyész-  
mérnöki számítására
- 14/1973 Bakó András: MTA Kutatóintézeteinek bérszámfejtése számítógéppel
- 15/1973 Ádám György: Kelet-nyugati kapcsolatok a számítógépiparban
- 16/1973 Fidrich Ilona-Uzsoky Miklós: LIDI-72 Listakezelő rendszer a DI-  
gitális Osztályon, 1972. évi változat
- 17/1974 Gyürki József: Adaptív termelésprogramozó rendszer /APS/ termelő  
műhelyek irányítására
- 18/1974 Pikler Gyula: MINI-Számítógépes interaktív alakatrészprogramíró  
rendszer NC szerszámgépek automatikus programozásához
- 19/1974 Gertler, J.-Sedlak, J.: Software for process control

A \* -gal jelölt kivételével a sorozat kötetei megrendelhetők az Intézet könyv-  
táránál /Budapest, I. Uri u. 49./.

- 20/1974 Vámos, T.-Vassy, Z.: Industrial Pattern Recognition Experiment -  
A Syntax Aided Approach
- 21/1974 A KGST I.-15-1.: Diszkrét rendszerek automatikus tervezése c.  
témában 1973. februárban rendezett szeminárium előadásai
- 22/1974 Arató, M.-Benczúr, A.-Krámli, A.-Pergel, J.: Stochastic Processes,  
Part I.
- 23/1974 Benkó Sándor-Renner Gábor: Erősen telített mágneses körök szá-  
mitógépes tervezési módszere
- 24/1974 Kovács György-Franta Lászlóné: Programcsomag elektronikus beren-  
dezések hátlaphuzalozásának tervezésére
- 25/1974 Járdán R. Kálmán: Háromfázisú tirisztoros invertek állandósult  
tranzienst jelenségei és belső impedanciája
- 26/1974 Gergely József: Numerikus módszerek sparse mátrixokra











