

Láncrendszerű kelmék szemhossz-számító képleteinek összehasonlítása és alkalmazása*

LÁZÁR KÁROLY
Habselyem Kötöttárugyár

A kötött kelmékre vonatkozó kutatások eredményeiből már régóta ismert tény, hogy az egy szembe bedolgozott fonalhossz (röviden: *szemhossz*) alapvető befolyást gyakorol a legtöbb kelmetulajdonságra. Ez a felismerés vezette a kutatókat különböző szemmodellek megalkotására, amelyekkel a szemhossz kiszámítható és ezzel a kelmetulajdonságok több-kevesebb pontossággal megjósolhatók. Amennyiben egy-egy ilyen számítási módszer kellően pontos, alkalmas lehet előre meghatározott tulajdonságokkal rendelkező kelme megtervezésére is.

E számítási módszerek közös jellemvonása, hogy a szemmodellek különféle elhanyagolásokat tartalmaznak, ill. különféle külső vagy belső (anyagától függő) körülményeket tételeznek fel. Ez okozza azt, hogy a szemhossz-számító képletek eltérnek egymástól és alkalmazásuk — még összehasonlítható kiinduló feltételek mellett is — többé-kevésbé eltérő eredményeket ad.

A következőkben a láncrendszerű kelmék egy speciális, de nagyon gyakori változatánál tesszük vizsgálat tárgyává a legismertebb szemhossz-számító képleteket. Célunk az, hogy megállapítsuk: melyik az a képlet, amely a legmegbízhatóbban közelíti meg a valóságos szemhosszat, és amely így alkalmas lehet arra, hogy felhasználásával a szemhossz — és általa a kelme szemhossztól függő tulajdonságai — előre tervezhetőek legyenek.

A vizsgálat tárgyává tett kelmeszerkezet a *charmeuse*, mégpedig az egyszerűség kedvéért ennek is az az — egyébként igen gyakori — esete, amikor a kelme mindkét fonalrendszere azonos fajtájú és finomságú fonalakkól áll. Kétségtelen, hogy e feltételek erőteljes korlátozást jelentenek, mégis

lehetővé teszik érdekes és a gyakorlat számára hasznos következtetések levonását.

A charmeuse kötésű kelmét egy- és kétugrásos féltrikó fektetések kombinációja alkotja (1. ábra), a szemek pedig zárt szemek. E kiinduló feltételekre a szakirodalomban legtöbbször idézett alábbi szemhossz-számító képletek érvényesek:

Dalidovics I. képlete [1]:

$$l = \frac{\pi}{4} P \left(\frac{1}{2} + n \right) + \frac{3\pi}{4} S + \frac{3\pi}{2} d \quad (D)$$

Dalidovics II. képlete [1]:

$$l = \frac{\pi}{4} P(1+n) + 3S + \frac{2\pi+x}{4} d \quad (DD)$$

Alison képlete [2]:

$$l = \sqrt{S^2 + n^2 P^2} + 2S + \left(0,248 + \frac{4d}{S} \right) d \quad (A)$$

Grosberg I. képlete [3]:

$$l = 1,29 \sqrt{S^2 + n^2 P^2} + 2,55 S + 2,6 d \quad (G)$$

Grosberg II. képlete [3]:

$$l = 1,29 \sqrt{S^2 + n^2 P^2} + 2,55 S + 7,2 d \quad (GG)$$

Vékássy képlete [4]:

$$l = \frac{3\pi}{4} P + \frac{3\pi}{4} d + \frac{\pi}{3} d \text{ ill.}$$

$$l = \frac{3\pi}{2} S + \frac{\pi}{3} d \quad (V)$$

Fletcher és Roberts I. képlete [5]:

$$l_1 + l_2 = 4 S + 3,5 P + 11,5 d \quad (F)$$

Fletcher és Roberts II. képlete [5]:

$$l_1 + l_2 = 4 S + 3,5 P + 13,52 d \quad (FF)$$

Kopias képlete [6]:

$$l = k \sqrt{4 S^2 + n^2 P^2} \quad (K)$$

* A Magyar Textiltechnika 1984. évi cikkpályázatán díjat nyert cikk

Kelmejellemzők												
A kelme jele	A fonal nyersanyaga és sűrűsége (g/cm ²)	Gépfínomság (E)	Fonalfínomság (dtex)	A gyártásnál beállított szemhossz (mm)		Szemsűrűség (cm ⁻¹)		Szempálcasűrűség (cm ⁻¹)		Területi sűrűség (g/m ²)		
				l_{b_1}	l_{b_2}	nyersen	kikészítve	nyersen	kikészítve	nyersen	kikészítve	
1.	Poliamid, 1,14	28	22	2,38	3,16	22	22	11,9	16	33	36	
2.	Poliamid, 1,14	28	22	2,03	3,05	30	25	12,7	19	40	47	
3.	Poliészter, 1,38	32	22	2,03	2,71	27	29	13,4	16	41	52	
4.	Poliamid, 1,14	32	33	2,15	2,88	26	20	13,6	24	57	77	
5.	Poliamid, 1,14	32	33	2,08	2,79	28	29	13,5	16	62	79	
6.	Poliamid, 1,14	28	44	2,53	3,38	20	21	11,5	15	62	72	
7.	Poliamid, 1,14	28	44	2,46	3,27	22	21	11,7	15	66	75	
8.	Poliészter, 1,38	32	44	2,50	3,33	20	27	13	16	69	110	
9.	Triacetát, 1,3	28	67	?	?	?	16,6	?	17,3	?	127	

E képletekben egységesen

l — a szemhossz,

l_1 — az L1 létra fonalából készült szem hossza,

l_2 — az L2 létra fonalából készült szem hossza,

S — a szemsormagasság,

P — a szempálcaszélesség,

n — a létra által végzett tű előtti elmozdulás (fektetés) tűszámában kifejezett mérete,

d — a fonalátmérő,

x — állandó, amely a szemek kapcsolódás-módjától függ:

$x = 0$, ha a szemláb két azonos oldalit szemszárát köt össze (két jobb oldalit vagy két bal oldalit, 2a ábra),

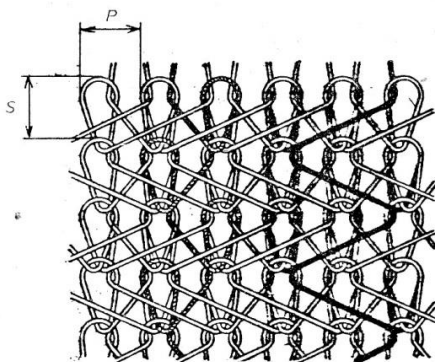
$x = +2d$, ha a szemláb egymástól távolabb eső szemszárakat köt össze (a bal oldali szem bal szárát a jobb oldali szem jobb szárával, 2b ábra),

$x = -2d$, ha a szemláb egymáshoz közelebbi szemszárakat köt össze (a bal oldali szem jobb szárát a jobb oldali szem bal szárával, 2c ábra),

charmuse kötésnél mindkét létra fonala esetére

$x = 0$ érvényes,

k — állandó, aminek értékét a szakirodalom [6] 1,6...2,6 között adja meg.

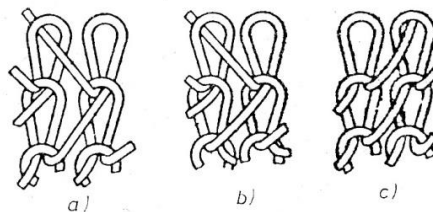


1. ábra

A felsorolt képletek némelyike bizonyos korlátozó feltételeken alapul, amiket azonban a továbbiakban tudatosan figyelmen kívül hagyunk. Nem tartottuk ugyanis kizártnak azt, hogy a tényleges kelméknél ezek a korlátozó feltételek csak elhanyagolhatóan kis eltéréseket okoznak,

ugyanakkor a számítási képletek minél szélesebb körét akartuk megvizsgálni.

Dalidovics I. képlete eredetileg az egylétrás féltrikó fektetésre vonatkozik, mégis kiterjesztettük azt a charmeuse kötés mindkét fonalrendszerére. A kétlétrás, trikó jellegű kötésekre (amelyek közé a charmeuse is tartozik) Dalidovics II. képletét állította fel. Mindkét képlet kizárólag geometriai alapokon épül fel. Ugyancsak pusztán egyszerű geometriai összefüggések segítségével állította fel Alison is egyenletét.



2. ábra

Grosberg képletei a kelme teljesen relaxált állapotára vonatkoznak és figyelmen kívül hagyják a szemek dőlését és a fonalak között fellépő súrlódást. Összefüggéseit olyan szemmodell alapján írta fel, amely a szemmé hajlított fonalat mint rugalmas rudat tételezi fel, és amelyre az Euler-féle, rugalmas hajlításra vonatkozó egyenletek érvényesek. I. képletét eredetileg a kétlétrás kötés hátsó, II. képletét pedig annak mellső létrájával fektetett fonalára vonatkozólag adta meg.

Vékássy eredetileg relaxált állapotú, egyugrásos féltrikó kötésre dolgozta ki — geometriai összefüggések figyelembe vételével — képletét, feltételezve, hogy P és S között meghatározott összefüggés van ($S = P/2 + d/2$). A közölt képlet a szem síkvetületének a hosszát adja. Kétugrásos fektetésre önkényesen úgy vettük figyelembe ezt a képletet, hogy P értékét egyszerűen megkétszereztük.

Fletcher és Roberts képleteiket empirikus alapokon vezették le. I. képletüket acetát, II. képletüket viszkóz fonal használatára mondják érvényesnek, amit azonban további vizsgálatainknál figyelmen kívül hagyunk. Képleteik a két létra fonalainak összegzett értékeit ($l_1 + l_2$) adják és charmeuse kötésre vonatkoznak.

Kopias szintén geometriai alapokból kiindulva írta fel képletét, de az abban szereplő k konstans értékét kísérleti úton határozta meg.

Az angol és az amerikai szakirodalom a szemhossz-számító képleteket olyan állandókkal közli, amelyek angol mértékegység (hüvelyk) használatát tételezik fel. Cikkünkben ezeket olyan átalakított formában vettük át, hogy az SI megfelelő mértékegységével (milliméter) dolgozhassunk.

A fonalátmérő befolyása

A szemhossz-számító képletek — Kopias képletének kivételével — mind tartalmazzák a fonalátmérőt. Ennek számítás útján való meghatározása az ismert

$$d = 0,02 \sqrt{\frac{Tt}{\pi \gamma}}$$

egyenlettel történhet, ahol

d — a fonalátmérő milliméterben,

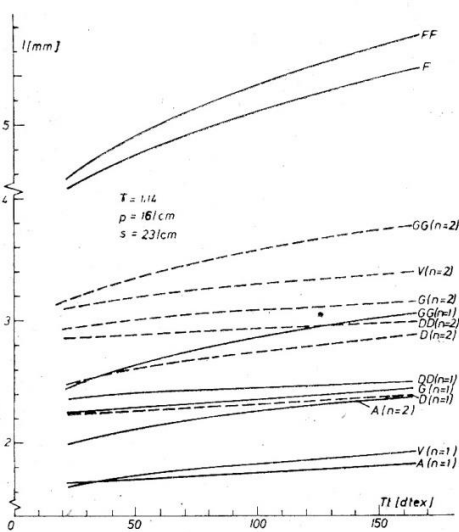
Tt — a fonal finomsága (lineáris sűrűsége) decitexben,

γ — a fonal sűrűsége (g/cm^3).

Ez a számítás a fonalat mint kör keresztmetzetű rudat tételezi fel és így eredménye nyilvánvalóan csak erősen közelítő lehet. Annál is inkább így van ez, mert a fonal sűrűségét sem ismerjük általában, legfeljebb nyersanyagának sűrűségéből tudunk, arra következtetni. (Főleg a terjedelmesített szintetikus fonalaknál okozhat ez igen nagy különbséget, de lazább szerkezetű font fonalaknál sem elhanyagolható az eltérés.)

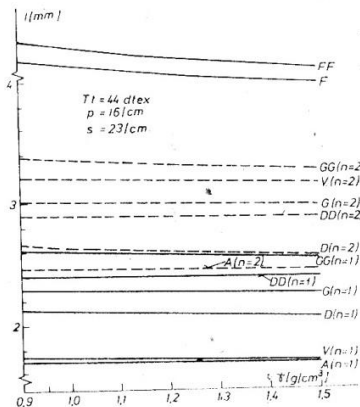
Érdeemes tehát mindennek előtt azt vizsgálni, hogy milyen befolyással van egyáltalán a fonalátmérő a számított szemhosszra a különféle képletek esetében, mennyire lényeges a fonalátmérő pontos meghatározása.

A fonalátmérő értékét γ és Tt változók befolyásolják, így ezek függvényében kell a vizsgálatot elvégezni. Ha γ értékét változatlanoknak tekintjük és pl. $\gamma = 1,14$ -et veszünk fel (poliamid filament sűrűsége), továbbá egy meghatározott kelmeszerkezetet veszünk szemügyre, amelyet az $s = 23/\text{cm}$



3. ábra

szemsorsűrűség és a $p = 16/\text{cm}$ szempálcasűrűség jellemez, akkor a 3. ábra szerinti változást regisztrálhatjuk. Ha viszont $Tt = 44$ dtex-et tekintjük változatlanoknak és γ függvényében vizsgáljuk a szemhossz változását az előbbivel megegyező szemsor- és szempálcasűrűség mellett, akkor a 4. ábra szerinti képet kapjuk.



4. ábra

A 3. ábrából látható, hogy a Tt fonalfinomság változása csekély mértékben befolyásolja a szemhosszt. A változás Dalidovics, Alison és Vékassy képletei szerint csaknem teljesen lineáris, a Grosberg-képletek (főleg a Grosberg-féle II. képlet) és a Fletcher-Roberts-féle képletek szerint enyhén parabolikus. Az egyugrásos fektetések valamivel érzékenyebbek a fonalfinomság változására, meredekebbek, mint a kétugrásos fektetésre vonatkozó görbék. A vizsgált fonalfinomság-határokon belül a képletek „fonalfinomság-érzékenysége” 5...15%-os, tehát *nem hanyagolható el*.

A fonal sűrűségének hatását a gyakorlat számára fontos $\gamma = 0,9 \dots 1,5$ tartományra a 4. ábra mutatja. Az egyugrásos fektetés kissé kevésbé érzékeny a fonal sűrűségének változására, mint a kétugrásos. A különböző képletek alig mutatnak lényeges eltérést ilyen értelemben vett „érzékenységük” tekintetében, a vizsgált tartományban alig van közöttük különbség ebből a szempontból. A változás az 5%-ot egy esetben sem haladja meg, így a fonal sűrűségének befolyását gyakorlatilag elhanyagolhatónak mondhatjuk. Ez nagy könnyebbséget jelent a továbbiakban, mert, mint említettük, ennek az értéknek a pontos meghatározása nem egyszerű feladat.

A fenti összehasonlítást a Kopias-féle képletnél nem végeztük el, mert abban a fonalátmérő nem szerepel. A fonalátmérő befolyását ez a képlet a k konstans megfelelő választásával érzékelheti.

A szemsűrűség befolyása

A szemhossz-számító képletek mindegyike tartalmazza a szemsor- és szempálcátávolságot (S ill. P), amelyek az s szemsor- ill. p szempálcasűrűségből közvetlenül számíthatók. A továbbiakban az üzemi gyakorlatban elterjedtebb (mert könnyeb-

Nyers kelmék számított szemhossza

A kelméjele	A gyártáskor beállított szemhossz (mm)		Bedolgozási arány b	Az egyes képletekkel számított szemhosszak (mm)																	
	lb_1	lb_2		T		D		DD		A		G		GG		V		F		FF	
				l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2
1.	2,38	3,16	1,33	2,46	3,27	2,30	2,96	2,76	3,42	1,90	2,68	2,52	3,53	2,75	3,76	2,15	4,13	2,28	3,05	2,33	3,10
2.	2,03	3,05	1,50	1,91	2,86	1,95	2,57	2,32	2,93	1,56	2,32	2,08	3,06	2,31	3,28	2,02	3,88	2,00	2,66	2,04	2,72
3.	2,03	2,71	1,33	2,21	2,94	1,96	2,55	2,35	2,94	1,61	2,31	2,14	3,05	2,34	3,25	1,91	3,67	1,98	2,64	2,02	2,69
4.	2,15	2,88	1,35	2,09	2,80	2,06	2,64	2,40	2,92	1,65	2,34	2,21	3,10	2,49	3,38	1,94	3,67	2,06	2,75	2,11	2,82
5.	2,08	2,79	1,34	2,12	2,85	2,00	2,58	2,33	2,91	1,59	2,30	2,13	3,03	2,41	3,31	1,95	3,70	2,02	2,70	2,08	2,77
6.	2,53	3,38	1,34	2,63	3,50	2,53	3,22	2,98	3,66	2,06	2,87	2,75	3,79	3,07	4,11	2,29	4,34	2,51	3,34	2,57	3,42
7.	2,46	3,27	1,33	2,50	3,33	2,41	3,08	2,82	3,49	1,94	2,74	2,59	3,62	2,91	3,95	2,25	4,27	2,41	3,21	2,41	3,22
8.	2,50	3,33	1,67	2,59	3,45	2,42	3,02	2,82	3,42	1,97	2,67	2,64	3,54	2,96	3,87	2,03	3,84	2,36	3,14	2,42	3,22
9.	?	?	?	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

ben mérhető), bár kétségtelenül kevésbé pontos, centiméterenkénti sűrűségi adatokkal dolgozunk a szabványban előírt 100 milliméterenkénti sűrűségi adatok helyett. Így tehát a

$$\text{szemsormagasság: } S = 10/s \quad [\text{mm}]$$

$$\text{szempálcaszélesség: } P = 10/p \quad [\text{mm}]$$

Ha egy meghatározott ($Tt = 44$ dtex) finomságú és anyagsűrűségű ($\gamma = 1,14$) fonal esetében vizsgáljuk a szemsor- és szempálcasűrűség befolyását a szemhosszra, az 5. ill. 6. ábrán bemutatott összefüggést láthatjuk. A Kopias-féle képlet esetében $k = 1,9$ értéket vettük figyelembe. Az ábrák jól érzékeltetik, hogy ezeknek a paramétereknek a szemhosszra igen nagy és a fonalátmérőhöz képest sokkal inkább meghatározók. A képletek tehát mind jól tükrözik azt a gyakorlatból jól ismert tényt, hogy a szemhosszat — adott gépfinomság, azaz adott szempálcasűrűség esetén — mindenképp előtti a szemsűrűség dönti el.

Az 5. . . 6. ábrából az is jól látható, hogy a görbék hiperbolikus jellegéből adódóan a kisebb szemsűrűségek (vagyis nagyobb szemek) tartományában a szemsűrűség befolyása a szemhosszra jóval nagyobb, mint sűrűbb kelméknél.

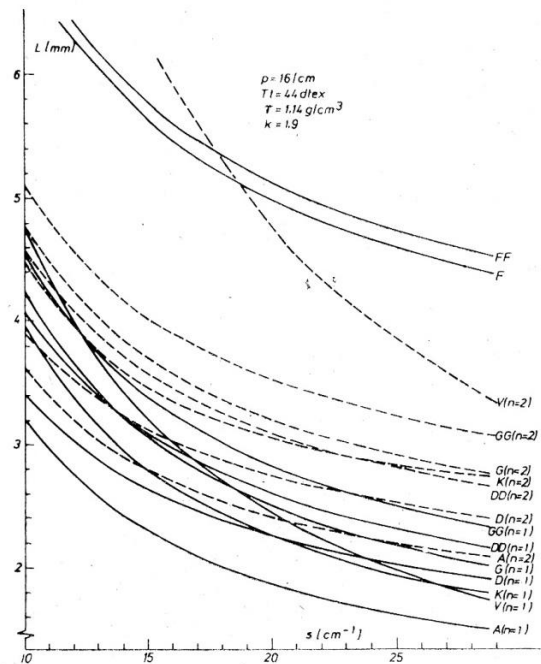
A számított és mért szemhosszak összehasonlítása

A szemhossz-számító képletek helyességét, ill. pontosságát valóságos kelmék adataival való egybevetéssel ellenőriztük. Az összehasonlításban bevont kelmék jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze. Ezek a kelmék mind lánchurkológepen készülték, sima (nem terjedelmesített) mesterséges selymekből, és azokat úgy választottuk ki — egyébként szokványos beállítású kelmék közül —, hogy lehetőleg mind nyers, mind kikészített állapotukban ismeretesek legyenek az összetartozó kelmejellemzők.

Az ismertetett képletekkel — az 1. táblázatban felsorolt kiinduló adatokkal — kiszámítottuk az l_1 és l_2 szemhosszakot, emellett megvizsgáltuk a gyártásban beállított szemhossz és a területi sűrűségből visszszámított szemhossz összhangját is. Ez utóbbihoz az

$$\left. \begin{aligned} l_1 + l_2 &= \frac{1000 M}{p s T t} \\ \frac{l_2}{l_1} &= b \end{aligned} \right\} \quad (T)$$

egyenletrendszerrel használtuk fel, ahol M a területi sűrűség, b a bedolgozási arányszám. A bedolgozási



5. ábra

arányt itt a gyártásban beállított szemhosszból (lb) számítottuk ki és feltételeztük, hogy az változatlanul fenáll, azaz

$$b = \frac{l_2}{l_1} = \frac{lb_2}{lb_1}$$

A Fletcher—Roberts-féle képletek esetében, amelyek csak $l_1 + l_2$ értékét adják meg, l_1 -et és l_2 -t az

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{4}{3} = 1,33$$

elméleti arány figyelembe vételével bontottuk fel, amely a charmeuse kelméknél általában teljesül (ezt a b értékek is mutatják).

A számítási eredményekből, amelyeket a nyers kelmékre nézve a 2., a kikészített kelmékre pedig a 3. táblázatban foglaltunk össze, meghatározhatók azoknak a regressziós egyeneseknek a paraméterei, amelyek a gyártáskor beállított szemhosszaknak az egyes képletekkel számított szemhosszaknak az összefüggését jó közelítéssel jellemzik. A korrelációs számítás e szemhosszak értékei között minden esetben igen jó korrelációt ad. A számítások ered-

Kikészített kelmék számított szemhossza

A kelme jele	A gyártáskor beállított szemhossz (mm)		Az egyes képletekkel számított szemhosszak (mm)																			
			T		D		DD		A		G		GG		V		F		FF			
			l_{b1}	l_{b2}	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2
1	2,38	3,16	2,00	2,65	2,04	2,53	2,42	2,91	1,72	2,27	2,29	3,00	2,51	3,23	1,64	3,11	1,96	2,62	2,00	2,67	2,00	2,67
2	2,03	3,05	1,80	2,70	1,80	2,21	2,11	2,52	1,50	1,96	2,00	2,60	2,23	2,83	1,41	2,65	1,72	2,29	1,16	2,35	1,16	2,35
3	2,03	2,71	2,18	2,91	1,76	2,25	2,09	2,58	1,44	2,02	1,92	2,67	2,13	2,88	1,63	3,10	1,75	2,34	1,79	2,39	1,79	2,39
4	2,15	2,88	2,08	2,88	-1,96	2,28	2,25	2,58	1,70	2,02	2,27	2,69	2,55	2,97	1,19	2,17	1,78	2,38	1,83	2,45	1,83	2,45
5	2,08	2,79	2,21	2,96	1,84	2,33	2,11	2,60	1,46	2,04	1,96	2,71	2,24	2,99	1,68	3,15	1,83	2,44	1,88	2,51	1,88	2,51
6	2,53	3,38	2,23	2,97	2,24	2,76	2,59	3,11	1,83	2,43	2,45	3,22	2,78	3,55	1,81	3,38	2,16	2,88	2,22	2,96	2,22	2,96
7	2,46	3,27	2,32	3,09	2,24	2,76	2,58	3,11	1,83	2,43	2,45	3,22	2,78	3,55	1,81	3,38	2,16	2,88	2,22	2,96	2,22	2,96
8	2,50	3,33	2,48	3,31	2,21	2,72	2,55	3,06	1,81	2,39	2,43	3,17	2,75	3,49	1,69	3,16	2,13	1,84	2,19	2,02	2,19	2,02
9	?	?	2,83	3,77	2,48	2,94	2,84	3,30	2,10	2,57	2,82	3,43	3,20	3,80	1,64	3,00	2,30	3,07	2,37	3,16	2,37	3,16

ményeit a 4. és 5. táblázat foglalja össze, a regressziós egyeneseket a 7. és 8. ábra mutatja. Az adatok elemzése során azt találtuk, hogy l_1 és l_2 értékei általában ugyanazon regressziós egyenes körül csoportosulnak, azaz az egy- és kétugrásos fektetések szemhossza ebből a szempontból együtt vizsgálható. Ez alól csak a Vékássy-féle képlettel számított szemhosszak jelentenek kivételt, aminek oka nyilvánvalóan abban keresendő, hogy Vékássy eredeti képlete az egyugrásos fektetésre vonatkozik, kétugrásos fektetésre csupán önkényes átalakítással alkalmaztuk, amely a képlet levezetésének alapjául szolgáló geometriai viszonyokkal nincs összhangban.

A regressziós egyenesek egyenleteiből következtethetünk arra, hogy melyik az a számítási képlet, amely a legjobban megközelíti az ideális

$l=l_b$ összefüggést, vagyis azt, amikor a számított szemhossz a beállított szemhosszal éppen megegyezik. Az a képlet felel meg ennek legjobban, amelynél az iránytangens értéke a legjobban megközelíti az 1-et, a számított szemhosszak átlaga (\bar{l}) pedig a beállított szemhosszak átlagát (\bar{l}_b). Látható, hogy e kettős feltételnek egyidejűleg a nyers kelmék esetében az FF jelű képlet, a kikészített kelmék esetében pedig a G jelű képlet felel meg. Ezeket tekinthetjük tehát a szemhossz becslésére a legalkalmasabbnak. E képletek is azonban — a szemhosszak tapasztalt szórása következtében — csak bizonyos fentartással alkalmazhatók. Az értékek szórásából számíthatóan 95% statisztikai biztonsággal a következő sávban helyezkednek el az eredmények:

nyers kelméknél (FF jelű képlet):

$$l = 0,94l_b + 0,11 \pm 0,153 \quad (1)$$

kikészített kelméknél (G jelű képlet):

$$l = 0,88l_b + 0,21 \pm 0,198 \quad (2)$$

Hasonlóképpen, a 99,9%-os statisztikai biztonsághoz tartozó sáv:

nyers kelméknél (FF jelű képlet):

$$l = 0,94l_b + 0,11 \pm 0,257 \quad (3)$$

kikészített kelméknél (G jelű képlet):

$$l = 0,88l_b + 0,21 \pm 0,332 \quad (4)$$

E megbízhatósági sávok értelmezését a 9. ábra szemlélteti.

Ezekből az összefüggésekből tehát például 99,9%-os statisztikai biztonsággal megjósolhatjuk, hogy egy charmeuse kelmében, amelynek gyártásakor az egyik létránál $l_b = 3,00$ mm szemhosszat állítunk be, a gépről levett nyers, pihentetett kelmében

$$l = 0,94 \cdot 3 + 0,11 \pm 0,257 = 2,673 \dots 3,187 \approx \approx 2,7 \dots 3,2 \text{ mm},$$

a kikészített kelmében pedig

$$l = 0,88 \cdot 3 + 0,21 \pm 0,332 = 2,518 \dots 3,182 \approx \approx 2,5 \dots 3,2 \text{ mm}$$

szemhossz áll be. Az átlagos szemhosszak és azok 99,9%-os statisztikai biztonsághoz tartozó konfidenciahatárai tehát

$$\begin{aligned} \text{nyers kelménél:} & \quad l = 2,93 \text{ mm} \pm 8,8\%, \\ \text{kikészített kelménél:} & \quad l = 2,85 \text{ mm} \pm 11,6\%. \end{aligned}$$

A képletek tehát kb. 10%-os pontossággal közelítik meg a várható értéket. Azt, hogy a közelítés a nyers kelménél jobb, a kikészített kelménél rosszabb, természetesnek tartjuk. A kikészített kelme szemhosszát ugyanis a kikészítés körülményei, mindenek előtt a hőrozgításnál beállított hossz- és keresztirányú méretek alapvetően befolyásolják. Azonos beállítású nyers kelmékből különféle paraméterekkel jellemzett kikészített kelmék állíthatók elő. (Lásd pl. a 6. és 8. kelmék esetét, amelyek beállított szemhossza csaknem megegyezik, a nyers kelmék között is csak csekély különbség van, a kikészített kelmék adatai azonban jelentősen eltérnek egymástól, ahogy ezt az 1. táblázat jól mutatja.)

A T egyenletrendszerrel számított szemhosszak a beállított szemhossz és a pihentetett állapotú kelme szemhosszának viszonyát mutatják. A regressziós egyenletek szerint a nyers kelmék esetében az elméleti $l=l_b$ egyeneshez való illeszkedés igen jó és a korrelációs együttható is szoros összefüggést jelez a változók között. Ez

arra utal, hogy a beállított szemhossz és a pihentetett kelmében mért szemhossz között nincs lényeges differencia. Ha például az előbbi $l_b=3,0$ mm esetét vizsgáljuk, a T egyenletrendszer

$$l = 1,03 \cdot 3 - 0,02 = 3,07 \text{ mm}$$

szemhosszt ad, 99,9% statisztikai biztonsággal számítva $\pm 11,4\%$ -os konfidenciahatárokkal ($l=2,72 \dots 3,42$ mm). Az $l=3,07$ mm középérték jól beleillik az FF képlettel az előbbieken kiszámított tartományba. A kikészített kelme esetében a korreláció már kevésbé szoros és a regressziós egyenes is jobban eltávolodik az ideális $l=l_b$ egyenestől (5. táblázat), mert a kikészítési körülmények különböző mértékben torzítják el az eredeti szemméreteket.

A számított szemhosszak ellenőrzése a kelmék területi sűrűségével

A kelmék területi sűrűsége összetett mutató, amely alkalmas arra, hogy több paraméter együttes hatását kimutassa. Esetünkben a területi sűrűséget az

$$M = \frac{p \cdot s \cdot T(l_1 + l_2)}{1000} \quad (5)$$

képlet adja, minthogy eredeti kiindulópontunk szerint a kelmék minden fonala azonos finomságú.

A gyakorlatban igen fontos feladat, hogy a gyártandó kelme várható területi sűrűségét megbecsüljük, vagy hogy olyan beállítást alkalmazzunk, amely egy előre megadott területi sűrűségű kelmét eredményez. Kérdés tehát, hogy a szemhosszszámító képletek milyen pontossággal alkalmazhatók ilyen előzetes becslésre. Ennek ellenőrzésére a szemhosszszámító képletekkel meghatározott szemhosszakkal és a hozzájuk tartozó szemsűrűségi és fonalfinomsági adatokkal kiszámítottuk a területi sűrűséget és azt egybevetettük a ténylegesen mért területi sűrűséggel. Az eredményeket a nyers kelmékre a 6., a kikészített kelmékre a 7., táblázat tartalmazza.

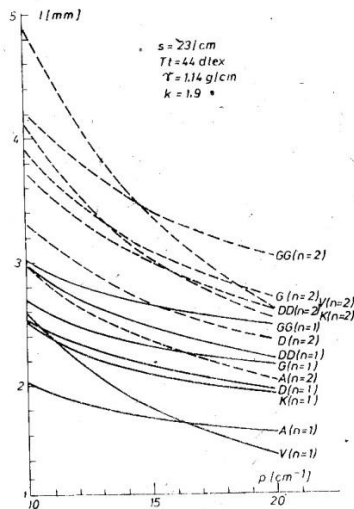
A 6. és 7. táblázat adataiból meghatározhatók a mért és számított eredményekre vonatkozó regressziós egyenesek paraméterei és a korrelációs együtthatók (8. és 9. táblázat). Az így kapott regressziós egyenesekből megállapítható, hogy nyers kelmék esetéből ismét az FF jelű képlet, kikészített kelmék esetében pedig a GG jelű képlet adja az ideálisához legközelebb eső eredményt, vagyis ezek használhatók fel legjobban a területi sűrűség becslésére.

Érdeemes még megfigyelni az 1. táblázat adataiból, hogy a nyers és kikészített állapotú kelmék tényleges, mért területi sűrűsége között a 10. ábrán látható összefüggés van. A kétféle területi sűrűség kapcsolatát az

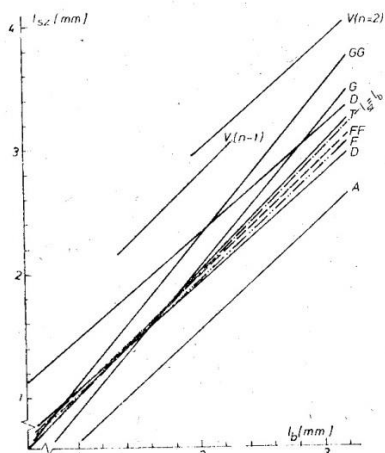
$$M_k = 1,552 M_{ny} - 14,943 \quad (6)$$

regressziós egyenessel jellemzhetjük, a korrelációs együttható $r=0,918$. Az összefüggés

99,9% statisztikai biztonsággal a $\pm 28,234 \text{ g/m}^2$
99,0% statisztikai biztonsággal a $\pm 22,207 \text{ g/m}^2$



6. ábra



7. ábra

A kelme jele	Mért területi sűrűség (g/m ²)	Az egyes képletekkel számított területi sűrűség (g/m ²)							
		D	DD	A	G	GG	V	F	FF
1.	33	30,24	35,61	26,39	34,87	37,49	36,17	30,70	31,27
2.	40	37,82	43,99	32,53	43,06	46,88	49,45	39,06	39,90
3.	41	35,93	42,14	31,19	41,24	44,55	44,41	36,72	37,44
4.	57	54,79	62,85	46,62	61,94	68,46	65,46	56,14	57,56
5.	62	57,16	65,39	48,50	64,40	71,39	70,48	58,88	60,40
6.	62	58,18	67,15	49,85	66,22	72,74	67,10	59,20	60,64
7.	66	62,15	71,40	52,97	70,37	77,68	73,84	63,60	65,21
8.	69	62,16	71,40	53,17	70,76	78,14	67,15	62,91	64,53
9.	?	...	...	...	...	...	...	...	...

Kikészített kelmék területi sűrűsége

7. táblázat

A kelme jele	Mért területi sűrűség (g/m ²)	Az egyes képletekkel számított területi sűrűség (g/m ²)							
		D	DD	A	G	GG	V	F	FF
1.	36	35,41	41,33	30,89	40,96	44,49	36,78	35,44	36,21
2.	47	41,85	48,31	36,17	48,11	52,88	42,43	41,94	42,98
3.	52	40,96	47,62	35,31	46,81	51,05	48,28	41,71	42,64
4.	77	67,11	76,46	58,78	78,55	87,41	53,22	65,85	67,80
5.	79	63,71	72,18	53,67	71,48	80,02	73,96	65,31	67,20
6.	72	69,29	78,93	59,00	78,67	87,61	71,93	68,92	71,89
7.	75	79,40	78,93	59,00	78,67	87,61	71,93	68,92	71,89
8.	110	81,91	92,70	69,02	91,98	103,12	92,19	83,69	86,13
9.	127	104,25	118,10	89,95	120,30	134,63	89,28	103,23	106,36

95,0% statisztikai biztonsággal a ±16,820 g/m² konfidenciahatárok mellett érvényesül.

A Kopias-féle k állandó

A Kopias-féle képletben szereplő k állandó értékét a kelmék összetartozó tényleges területi sűrűségéből, fonalfinomságából, szemsor- és szem-pálcasűrűségéből határoztuk meg a

$$k = \frac{1000 M}{p s Tt \left(\sqrt{\frac{400}{s^2} + \frac{100}{p^2}} + \sqrt{\frac{400}{s^2} + \frac{400}{p^2}} \right)}$$

összefüggésből, az 1. táblázat adatai szerint, külön a nyers és külön a kikészített kelmékre (10. táblázat). Az adatok kiértékelésére azt mutatja, hogy nyers kelmék esetében

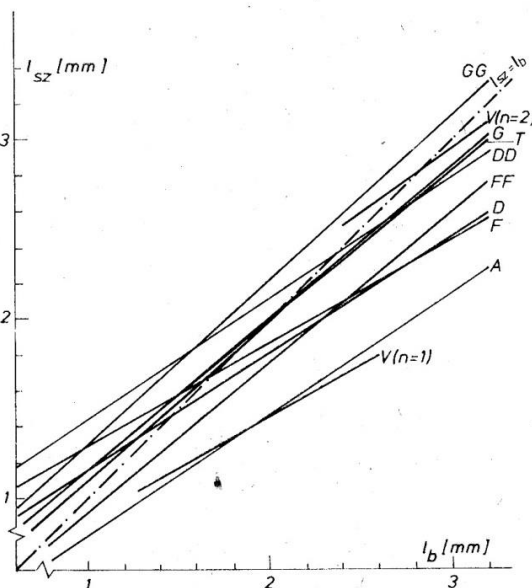
$$k = 1,78 \dots 1,91 (1,81 \pm 6,7\%),$$

kikészített kelmék esetében

$$k = 1,72 \dots 2,39 (2,05 \pm 16,2\%)$$

adódik 99,9% statisztikai biztonsággal. A szakirodalomban megadott 1,6...2,6 tartomány tehát lényegében igazolódik. Figyelemre méltó, hogy a nyers kelmékre vonatkozó konfidenciatartomány szűkebb, mint a kikészített kelméké, ami arra utal, hogy az utóbbi esetben lényegesen kisebb megbízhatósággal becsülhetjük a k értéket. A kétféle átlagos k érték matematikai statisztikai összehasonlítása azt mutatja, hogy az eltérésük legalább 99%-os valószínűséggel szignifikánsnak tekinthető, azaz a nyers kelmékre kapott k érték nem vihető át minden további nélkül a kikészített kelmére is. A kétféle k érték összefüggését 99,9% statisztikai biztonsággal mellett a

$$k_k = 2,147k_{ny} - 1,916 \pm 0,461,$$



8. ábra

95% statisztikai megbízhatósággal pedig a

$$k_k = 2,147k_{ny} - 1,916 \pm 0,274$$

egyenlet fejezi ki (11. ábra).

Alkalmazási példa

Legyen feladatunk M=70 g/m² területi sűrűségű, B=144 cm széles kikészített kelme előállítására Tt=33 dtex finomságú poliamid fonalból (γ=1,14 g/cm³), Ng=28 E finomságú lánchurkológépen, charmeuse kötésben. Kérdés, hogy milyen fő gépbeállítási adatokkal közelíthetjük meg legjobban ezt a célt.

A kikészített kelme pk szempálcasűrűsége a kelmeszélességből és a működő tűk számából állapítható meg. Ha a fenti adatokkal jellemzett kelmét — amint az szokásos — 84" széles gépen,

$z = 2300$ tűn állítják elő, akkor a kívánt B szélességű kelmében a szempálcasűrűség:

$$p_k = \frac{z}{B} = \frac{2300}{144} = 16,0/\text{cm}$$

Láttuk, hogy a kikészített kelme területi sűrűségét legmegbízhatóbban a GG jelű képlettel számított szemhosszakból becsülhetjük. Ez a képlet az M_{sz} számított és az M_m mért területi sűrűség között — a 9. táblázat szerint —

$$M_{sz} = 0,950M_m + 9,733 \quad (7)$$

összefüggést ad. Esetünkben, amikor $M_m = 70 \text{ g/m}^2$ (erre törekszünk),

$$M_{sz} = 76,2 \text{ g/m}^2$$

adódik. A szemhosszakat tehát ebből kiindulva kell meghatározni.

A területi sűrűség (5) alapján így írható fel:

$$M_{sz} = (l_{k1} + l_{k2})s_k \frac{p_k Tt}{1000}$$

$$76,2 = (l_{k1} + l_{k2})s_k \frac{16 \cdot 33}{1000} \quad (8)$$

ahol a GG képlet felhasználásával

$$l_{k1} + l_{k2} = \sum_{n=1}^2 (1,29 \sqrt{S_k^2 + n^2 P_k^2} + 2,55 S_k + 7,2 d) =$$

$$= 1,29 \left(\sqrt{\frac{100}{s_k^2} + \frac{100}{p_k^2}} + \sqrt{\frac{100}{s_k^2} + \frac{400}{p_k^2}} \right) +$$

$$+ \frac{51}{s_k} + 14,4 d \quad (9)$$

8. táblázat

A nyers kelmék területi sűrűségére vonatkozó regressziós egyenesek egyenlete és a korrelációs szintje

Számítási képlet	A regressziós egyenes egyenlete és a 99,9%-os statisztikai biztonsághoz tartozó sáv	\bar{M}_m	\bar{M}_{sz}	Korrelációs együttható (r)
D	$M_{sz} = 0,940M_m - 0,741 \pm 4,247$	53,75	49,80	0,994
DD	$M_{sz} = 1,052M_m + 0,927 \pm 4,596$		57,49	0,995
A	$M_{sz} = 0,785M_m + 0,436 \pm 3,310$		42,65	0,995
G	$M_{sz} = 1,051M_m + 0,107 \pm 4,402$		56,61	0,995
GG	$M_{sz} = 1,193M_m - 0,942 \pm 5,142$		62,17	0,995
V	$M_{sz} = 0,976M_m + 6,812 \pm 11,742$		59,26	0,962
F	$M_{sz} = 0,955M_m - 0,444 \pm 4,948$		50,90	0,993
FF	$M_{sz} = 0,986M_m - 0,902 \pm 5,132$		52,21	0,992

9. táblázat

A kikészített kelmék területi sűrűségére vonatkozó regressziós egyenesek egyenlete és a korrelációs szintje

Számítási képlet	A regressziós egyenes és a 99,9%-os statisztikai biztonsághoz tartozó sáv	\bar{M}_m	\bar{M}_{sz}	Korrelációs együttható (r)
D	$M_{sz} = 0,732M_m + 9,950 \pm 22,066$	75,00	64,88	0,949
DD	$M_{sz} = 0,814M_m + 11,656 \pm 17,595$		72,73	0,973
A	$M_{sz} = 0,621M_m + 8,058 \pm 14,219$		54,64	0,969
G	$M_{sz} = 0,833M_m + 10,328 \pm 19,270$		72,84	0,969
GG	$M_{sz} = 0,950M_m + 9,733 \pm 21,556$		80,98	0,970
V	$M_{sz} = 0,636M_m + 16,710 \pm 23,905$		64,44	0,923
F	$M_{sz} = 0,731M_m + 9,292 \pm 14,394$		64,11	0,977
FF	$M_{sz} = 0,756M_m + 9,168 \pm 14,914$		65,90	0,977

Példánkban $p_k = 16/\text{cm}$ és $d = 0,02 \sqrt{Tt/\pi\gamma} =$

$$= 0,02 \sqrt{33/\pi \cdot 1,14} = 0,06 \text{ mm.}$$

A (8) egyenletet (9) behelyettesítése után s_k -ra kell megoldani, amit nomogram segítségével (12. ábra) végezhetünk el. A nomogramból kiolvasható, hogy $M_{sz} = 76,2 \text{ g/m}^2$ -hez $s_k = 27/\text{cm}$ tartozik. Ezzel most már a szemhosszak a GG képletből egyenként is kiszámíthatók:

$$l_{k1} = 1,29 \sqrt{\frac{100}{27^2} + \frac{100}{16^2}} + 2,55 \cdot \frac{10}{27} + 7,2 \cdot 0,06 =$$

$$= 2,31 \text{ mm,}$$

$$l_{k2} = 1,29 \sqrt{\frac{100}{27^2} + \frac{400}{16^2}} + 2,55 \cdot \frac{10}{27} + 7,2 \cdot 0,06 =$$

$$= 3,06 \text{ mm.}$$

A nyers és a kikészített kelmék területi sűrűsége között, mint láttuk, a (6) összefüggés áll fenn. $M_k = 70 \text{ g/m}^2$ -hez így

$$M_{ny} = \frac{M_k + 14,943}{1,552} = 54,73 \text{ g/m}$$

tartozik. Mivel a nyers kelme mért és számított területi sűrűsége között az FF képlet alapján kaptott

$$M_{sz} = 0,986 M_m - 0,902 \quad (10)$$

egyenlet érvényes, (v. ö. 8. táblázattal), a fenti adatokból

$$M_{sz,ny} = 0,986 \cdot 54,73 - 0,902 = 53,06 \text{ g/m}^2$$

adódik. Másfelől ismét felírható az

$$M_{sz,ny} = (l_1 + l_2)s \frac{p T t}{1000} \quad (11)$$

egyenlet, hol most $(l_1 + l_2)$ a nyers kelménél legjobb becslést adó FF képlet szerint számítható. Célunk most az, hogy megállapítsuk, milyen s_b szemsorsűrűséget kell beállítani a lánchurkológépen a kelme gyártásához. Ezt azzal a feltételezéssel állapíthatjuk meg, hogy a szemképzésnél — azaz a kívánt fonalhossz adagolásánál — a szempálcasűrűség (p_b) a gép túsűrűségével egyezik meg:

$$p_b = \frac{Ng}{2,54} = \frac{28}{2,54} = 11,0/\text{cm}$$

FF képlet szerint

$$\begin{aligned} l_{b1} + l_{b2} &= \frac{40}{s_b} + \frac{35}{p_b} + 13,52 d = \\ &= \frac{40}{s_b} + \frac{35}{11} + 13,52 \cdot 0,06 \end{aligned}$$

amivel a számított területi sűrűség (11) szerint

$$53,06 = \left(\frac{40}{s_b} + \frac{35}{11} + 0,811 \right) s_b \frac{11 \cdot 33}{1000}$$

Az egyenletet s_b -re megoldva $s_b = 26,5/\text{cm}$ adódik. A beállítandó szemhosszak tehát — ismét az FF képletből —:

$$\begin{aligned} l_{b1} + l_{b2} &= \frac{40}{26,5} + \frac{35}{11} + 0,811 \\ \frac{l_{b2}}{l_{b1}} &= \frac{4}{3} \end{aligned}$$

Az egyenletrendszer megoldásával

$$\begin{aligned} l_{b1} &= 2,37 \text{ mm és} \\ l_{b2} &= 3,16 \text{ mm} \end{aligned}$$

adódik. Mivel a lánchurkológépek beállítását gyakran az 1 rackra (480 szemsor) vonatkozó fonalbedolgozáshoz adják meg, a beállítandó bedolgozási értékek az

$$\begin{aligned} L_1 \text{ létránál: } 480 l_{b1} &= 1138 \text{ mm/rack,} \\ L_2 \text{ létránál: } 480 l_{b2} &= 1517 \text{ mm/rack.} \end{aligned}$$

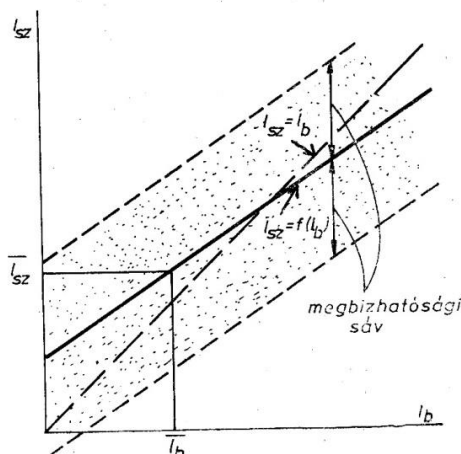
Ez a példa valóságos üzemi beállításon alapul. A tényleges gyártási tapasztalat azt mutatja, hogy a lánchurkológépet $s_b = 27/\text{cm}$ szemsorsűrűségekre kellett beállítani ahhoz, hogy a tömeggyártásban — pihentetett állapotban — átlagosan $M_{ny} = 69 \text{ g/m}^2$ területi sűrűségű, $s_{ny} = 24/\text{cm}$ szemsor- és $p_{ny} = 16/\text{cm}$ szempálcasűrűségű, $B_{ny} = 152 \text{ cm}$ szélességű nyers kelmét kapjunk, amiből a nagyüzemi kikészítésben átlagosan $M_k = 70 \text{ g/m}^2$ területi sűrűségű, $B_k = 144 \text{ cm}$ szélességű, $s_k = 24/\text{cm}$ szemsor- és $p_k = 16/\text{cm}$ szempálcasűrűséggel rendelkező kész kelmét kapunk.

Az általunk számított adatok mind statisztikailag meghatározott értékek, amelyek meghatározott konfidenciaintervallummal rendelkeznek. Az $M_{sz} = f(M_m)$ függvény [(7) képlet] például — mint

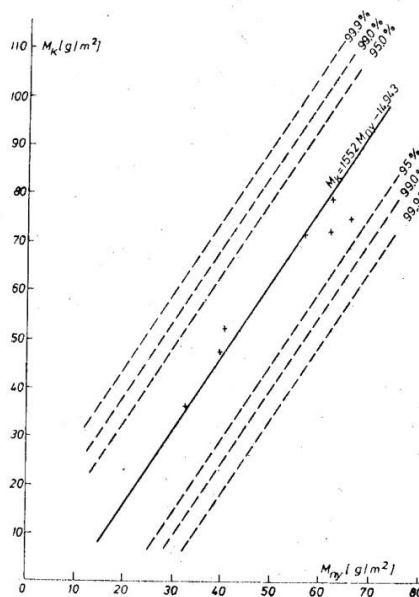
10. táblázat

A nyers és kikészített kelmékből számított k értékek

A kelme jele	k_{ny}	k_k
1.	1,82	1,76
2.	1,74	1,97
3.	1,90	2,16
4.	1,79	2,04
5.	1,86	2,19
6.	1,84	1,85
7.	1,83	1,93
8.	1,95	2,39
9.	...	2,20
Átlag	1,841	2,054

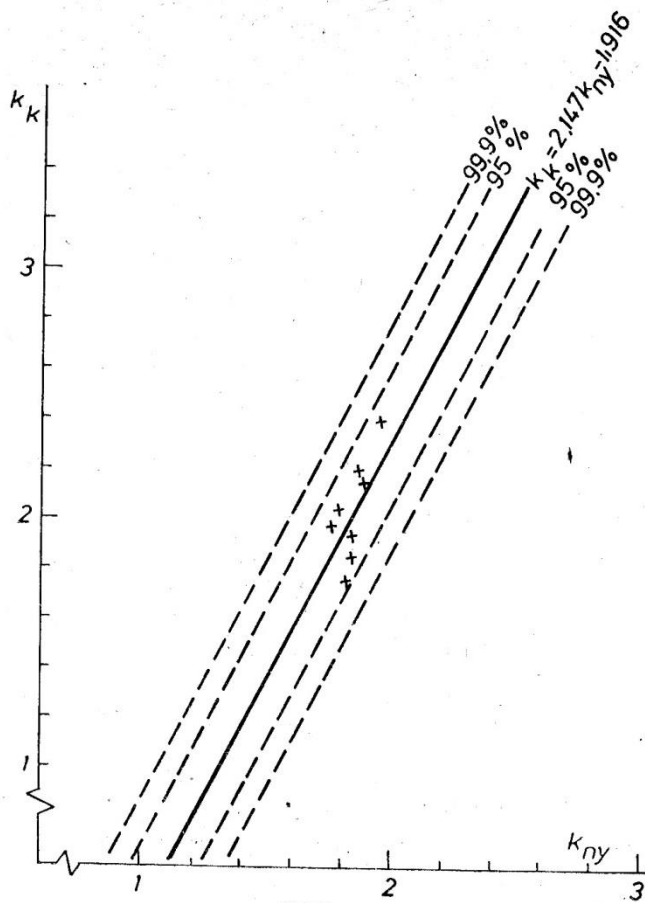


9. ábra



10. ábra

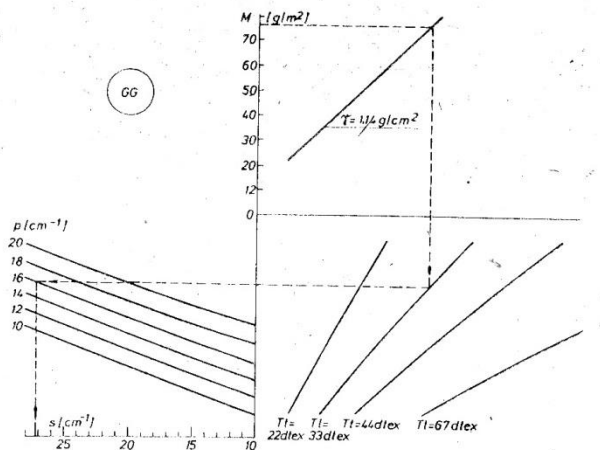
ez a 9. táblázatban is látható — $\pm 21,556$ konfidenciahatárokkal rendelkezik, így a segítségével kiszámított M_{sz} érték statisztikailag (99,9% statisztikai biztonsággal) 54,6...97,8 g/m^2 közé esik, a számításban is felhasznált 76,2 g/m^2 átlagérték mellett. A valójában megvalósult 70 g/m^2 beillik e



11. ábra

határokonban. Hasonlóképpen: a nyers és kikészített kelmék területi sűrűségét összekapcsoló (6) képlet — ugyancsak 99,9% statisztikai biztonság mellett — $\pm 28,234 \text{ g/m}^2$ konfidenciahatárokkal érvényes. A felhasználásával számított $M_{ny} = 54,73 \text{ g/m}^2$ átlagérték valójában $36,5 \dots 72,9 \text{ g/m}^2$ között szóródhat, így a gyártásban tapasztalható 69 g/m^2 jól illeszkedik ebbe a sávba.

Mindebből levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy még a statisztikailag legnagyobb



12. ábra

valószínűséggel meghatározott szemhosszak és a segítségükkel kiszámított egyéb beállítási adatok is csupán tájékoztató jelleggel vehetők figyelembe. Mégis alkalmasak arra, hogy a gépbeállításához egy új kelme kikísérletezésénél támpontot nyújtsanak. Az eredmények felhasználásánál nem hagyhatjuk figyelmen kívül azonban azt a körülményt, hogy a kötött kelme igen instabil szerkezet, könnyen alakítható, és több-kevesebb tartóssággal az ideális szemméretektől jelentősen eltérő állapotba is hozható.

IRODALOM

- [1] Далидович, А. С.: Основы теории вязания. Легкая Индустрия, Москва, 1970.
- [2] Alison, G. L.: Skinner's Silk and Rayon Record, 32, No. 3. 281. (1958).
- [3] Grosberg, P.: Journal of the Textile Institute, 51, No. 1. T39. (1960).
- [4] Vékássy A.: Kötött-hurkolt kelmék geometriai elemzése. Budapesti Műszaki Egyetem Továbbképző Intézete, G. 110. Tankönyvkiadó, Budapest, 1973.
- [5] Fletcher, H. M. — Roberts, S. H.: Textile Research Journal, 26, No. 11. 889. (1965); 31. No. 2. 151. (1961).
- [6] Korliński, W.: Podstawy dziewiarstwa. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1981.