

Diagram a serleges elevátorok póluspontjának meghatározásához

DR. BENKŐ JÁNOS, egy. tanár

SZIE, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Regionális Gazdaságtani és Vidékfejlesztési Intézet

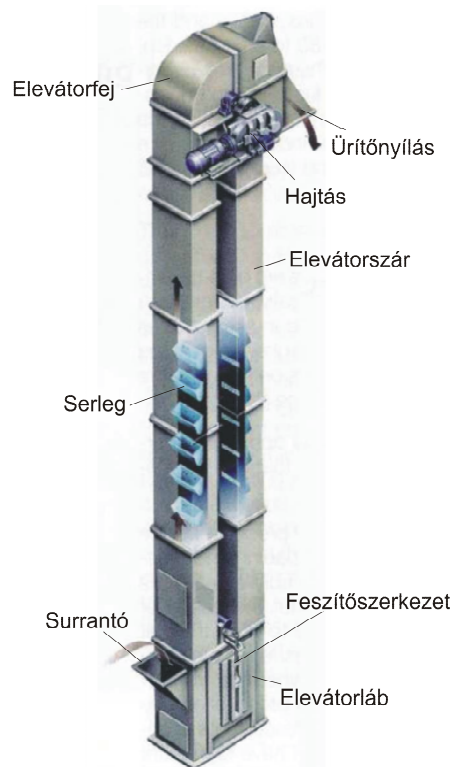
A serleges elevátorok működésének fontos jellemzője az üritési mód. Az ürités módja a centrifugális és a gravitációs erőtől, valamint a hajtódob átmérőjétől függ. E paraméterek közötti összefüggést tömören az ún. póluspont-magasság jellemzi, amely egyértelműen meghatározza az ürités módját. A tapasztalat alapján javasolt üritési mód vagy póluspont-magasság anyagonként változó, amelynek a helyes megválasztása a tervezés során nagy jelentőséggel bír. A tanulmányban közreadott diagram a póluspont gyors és helyes meghatározásához nyújt segítséget.

Bevezetés

A serleges elevátorokat a legkülönbözőbb anyagok (gabona-félék, liszt, cement, homok, vegyi anyagok stb.) függőleges, néha ferde szállítására használják, ezért a mezőgazdaságban, élelmiszeriparban, építőiparban, vegyiparban egyaránt elterjedtek. Nagy emelési magasság érhető el velük kis helyszükséglet mellett. Szerkezeti magasságukat csak a vonóelem terhelhetősége korlátozza. Szokásos szállítóképességük 5...150 m³/h, szállítási magasságuk 10...90 m.

Az ömlesztett anyagok szállítására alkalmas elevátorok szállítóeleme a serleg, vonóeleme pedig végtelenített heveder vagy lánc. A hajtást és visszaterelést dobok vagy lánckerekek végzik. Az elevátorok működése rendkívül egyszerű, a surrantón bevezetett anyagot a vonóelemhez rögzített serleg az elevátorfejben ágyazott hajtódobig emelik, majd azon átbillentve a serleg a gravitációs és a centrifugális erő hatására ürülnek. Az anyag az elevátorfej ürítőnyílásánál hagyja el az elevátort (1. ábra).

A függőleges elevátorok rendszerint teljesen zárt házban működnek, amely egyúttal a gép tartószerkezetét is képezi. A burkolat három részre: elevátorfejre, elevátorláb-
ra és a közbenső elevátorszárra osztható (1. ábra). A **vonóelemek** szövetbetétes gumihevederek vagy láncok, amelyekhez a serlegeket általában csavarkötéssel erősítik. A **hevedereket** nagyobb ($v=1...5$ m/s) sebességekhez, kis és közepes szállítási teljesítményhez (5...70 m³/h), 30 m szállítási magasságig használják.



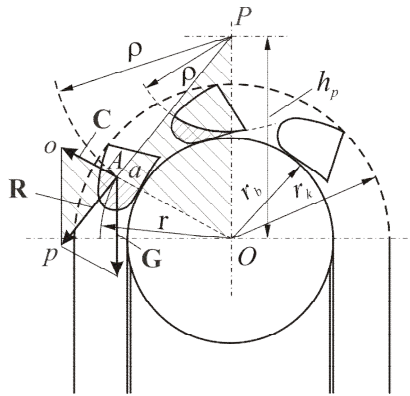
1. ábra: A serleges elevátor felépítése

A **láncokat** kisebb sebességhez ($v=0,3...1,2$ m/s), nagy szállítási teljesítményhez (150 m³/h-ig) és magassághoz (90 m-ig) alkalmazzák. A **serlegek** anyaga, alakja és mérete a szállított anyagok sokféleségének megfelelően változatos. A serlegek alakját, méretét a szállítóképesség, a szállítási sebesség, az ürités módja és az anyag tulajdonságai szabják meg.

Az **elevátorhajtás** főbb egységei a villamos motor, tengelykapcsoló, a hajtómű, a visszafutás-gátló és a hajtódob vagy a lánckerékpár. Az elevátorok általában fejhajtásúak. Nagyobb szállítóképességű elevátoroknál gyakran hidrodinamikus tengelykapcsoló könnyíti az indítást, a túlterhelés pedig csúszó tengelykapcsolóval akadályozható meg. A serlegek visszafutását a hajtódobba beépített visszafutás-gátló akadályozza meg, ami lehet kilincsműves vagy görgőzáras szerkezet, esetleg elektromágneses fék is. A feszítőszerkezet a visszaterelő-dob csapágyazásához kapcsolódik, és az elevátor burkolatához vagy vázához erősített.

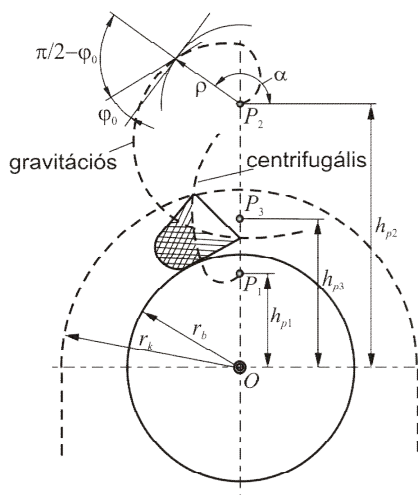
A serlegürítés elmélete

A hajtódobon átforduló serleg a centrifugális és a gravitációs erő hatására szabadon vagy irányítva ürülhet. Az ürítés módja nagymértékben függ a szállítóelem sebességétől. A serleg alakja, az elevátorfej kialakítása is az ürítési módhoz igazodik.



2. ábra: Serlegürítés

ahol: r a hajtódob sugara, m az anyagszemcse tömege, g a nehézségi gyorsulás, ω a hajtódob szögsebessége. Az eredmény szerint a pólusmagasság csak a nehézségi gyorsulástól és a hajtódob szögsebességének négyzetétől függ, és független a serleg, illetve a szemcsék a serlegben belüli helyzetétől.



3. ábra: Az anyagfelszín alakulása a serlegben centrifugális és gravitációs ürítéskor

A serlegben elhelyezkedő anyagszemcsékre a \mathbf{G} súlyerő és a \mathbf{C} centrifugális erő hat (2. ábra). E két erő eredője (\mathbf{R}) a dob függőleges szimmetriatengelyét a serleg bármely helyzetében ugyanabban a pontban, az ún. P póluspontban metszi.

A póluspont magassága az $APO\Delta$ és az $apo\Delta$ háromszögek hasonlósága alapján számítható:

$$\frac{h_p}{r} = \frac{|\mathbf{G}|}{|\mathbf{C}|} = \frac{mg}{mr\omega^2}, \text{ amelyből a } h_p = \frac{mgr}{mr\omega^2} = \frac{g}{\omega^2} \text{ [m]},$$

Az anyag felszíne a serlegben egy olyan logaritmus spirális, amely a póluspontból indul ki, és érintői a póluspontból megrajzolt ρ sugarú körívek érintőivel az anyag természetes rézsűszögének (φ_0) megfelelő szöget zárnak be. A logaritmus spirális egyenlete poláris koordinátarendszerben:

$$\rho = ae^{k\alpha},$$

ahol a és k állandó, az α pedig a paraméter. Mint az ismeretes, a logaritmus spirális olyan görbe, amelynek érintői a pólusból induló félegyenesekkel ugyanakkora szöget zárnak be. Ez a szög esetünkben $\pi/2 - \varphi_0$ (3. ábra), és a k állandó értéke: $k = \text{ctg}(\pi/2 - \varphi_0)$.

A serlegben elhelyezkedő anyag mennyisége a spirálból, a póluspont magasságától és a serleg helyzetétől függ.

Az átfordulás folyamán az anyagfelszín és a töltési tényező állandóan változik a serleg teljes kiürüléséig. Az anyag a póluspont helyétől függően a külső vagy a belső serlegélen csúszik ki,

vagy pedig az élek érintése nélkül. Ezért szokás megkülönböztetni centrifugális, gravitációs és vegyes ürítést. **Centrifugális** ürítéskor (3. ábra) az

$$r_b > h_p,$$

az anyagfelszín meghatározó spirális a külső serlegélen megy át, és az anyag a külső élen repül ki, ($r_b = D/2$ a hajtódob sugara). **Gravitációs** ürítéskor az

$$r_k < h_p,$$

az anyagfelszín a belső serlegélen átmenő spirális burkolja (r_k a külső burkolat sugara). Az anyag a belső élet érintve csúszik ki.

Vegyes ürítéskor az

$$r_b < h_p < r_k,$$

az anyagfelszín meghatározásához mindkét serlegélre meg kell szerkeszteni a spirálisokat. Az anyag a serlegszájon át esik ki.

A póluspont magassága tehát alapvetően befolyásolja az elevátor működési módját. Azt is láthattuk, hogy a póluspont-magasság az egyéb szempontok által korlátozott hajtódob átmérő és fordulatszám függvénye, ezért a helyes megválasztása megkülönböztetett figyelmet igényel.

Serleges elevátorok tervezésének néhány szempontja

Az elevátorok tervezéséhez ismerni kell a kívánatos szállítóképességet (Q), a szállítás magasságát (H), a szállított anyagot és annak technológiai jellemzőit. A szállítóképesség szakaszokra bontott anyagáram esetén:

$$Q = 3,6v \frac{V_s}{t_s} \rho_h \phi \quad [\text{t/h}],$$

ahol: v a vonóelem sebessége [m/s], V_s a serlegtérfogat [m³], t_s a serlegosztás [m], ρ_h a szállított anyag halmazsűrűsége [kg/m³], ϕ a töltési tényező ($\approx 0,5 \dots 0,9$).

A **felhordó üzemeleti és ürítési módját** a szállított anyag technológiai jellemzői alapján határozhatjuk meg. A száraz, szemcsés, szennyeződésmentes és nem tapadó anyagok szállításához centrifugális ürítést alkalmaznak és a póluspont-magasság szokásos értékei:

$$h_p = (0,35 \dots 0,8) D/2,$$

ahol: D a hajtódob átmérője.

Nagyobb nedvesség tartalmú, szennyezett szemcsés anyagok szállítására centrifugális és vegyes ürítés használható, amelyeknél a póluspont-magasság:

$$h_p = (0,8 \dots 1,2) D/2.$$

Nedves, rosszul üríthető vagy kisdarabos erősen koptató anyagok szállításakor célszerű vegyes és gravitációs ürítést választani. Ezeknél a póluspont-magasság:

$$h_p = (1,2 \dots 1,7) D/2.$$

A tervezést tapasztalati adatokat tartalmazó táblázatok segítik. Ilyen az *1. táblázat*, amely a hevederes serleges elevátorral szállítható anyagok technológiai tulajdonságait tartalmazza, illetve ajánlásokat a serlegalakra, az üzem és ürítési módra, valamint a maximális heveder sebességre.

A **heveder sebessége** tág határok között változhat, egyrészt a szállított anyagtól, másrészt a szállítóképessegtől függően. A leggyakoribb értékek: 1,25...2,5 m/s. Általános szabály, hogy az adott határok között alacsony pólusmagasságot és nagy sebességet kell választani a szerkezeti méretek csökkentése érdekében. Ennek ellenére előfordulhat, hogy a maximális sebességhez képest a hevedersebességet csökkenteni kell, annak érdekében, hogy a szállítóképesseggel arányos, megfelelő nagyságú dobátmérőt kapjunk. Ráadásul a dobátmérő választást a szabvány által javasolt dobátmérők (320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 mm) is korlátozzák.

A szállított anyag ismeretében az *1. táblázatból* a szállítás maximális sebessége (v_{max}), a töltési tényező (ϕ), a serleg típusa (alakja) és az elevátor üzemelési módja kiválasztható. Ezt követően a választott üzemmód és a maximális sebesség ismeretében kell szabványos dobátmérőt és végleges hevedersebességet meghatározni, úgy hogy a póluspont-magasság is megfeleljen az ajánlott üzemmódnak. A következő eljárás, illetve az eljárás eredményeként kapott diagram ennek a nem túl bonyolult, de csak hosszadalmas iterációval megoldható feladatnak a megoldását egyszerűsíti.

1. táblázat

Heveder vonóelemű serleges felhordóval szállított anyagok technológiai tulajdonságai

Szállított anyag			Töltési tényező ϕ	Serleg-alak	Ajánlott üzem és üritési mód	Ajánlott max. szállítási sebesség v [m/s]
Jellemzői	Megnevezése	Halmaz-sűrűsége ρ_n [kg/m ³]				
Poros, Száraz	Szénpor	700	0,7	A	Gyorsjárású, centrifugális $h_p=(0,35...0,8) D/2$	2,7
	Cement	1200	0,8	A		2,5
	Liszt	500	0,9	B		3,5
Apró szemcsés, nyirkos, tapadós	Föld	1700	0,7	B	Gyorsjárású, centrifugális v. vegyes $h_p=(0,8...1,2) D/2$	2,4
	Homok(nedv.)	2100	0,4	B		2,5
	Homok(szár.)	1600	0,7	A		2,5
	Cukor	700	0,8	B		2,7
	Konyhasó	800	0,8	B		2,5
Szuperfoszfát	800	0,8	B	2,5		
Szemcsés, kis darabos, alig koptató (w < 60 mm)	Árpa	650	0,7	A	Gyorsjárású, centrifugális $h_p=(0,35...0,8) D/2$	3,0
	Búza	750	0,7	A		3,0
	Zab	550	0,8	A		3,0
	Kukorica	700	0,7	A		3,0
	Köles	700	0,8	A		3,0
	Rosz	700	0,8	A		3,0
	Hüvelyesek (fejtve)	850	0,7	A		2,8
Szemcsés, kis darabos erősen koptató (w < 60 mm)	Kőzúzalék	1600	0,8	D	Lassú járású, gravitációs	0,8
	Vasérc	2100	0,8	D		0,8
	Salak (kazán)	1400	0,6	D	$h_p=(1,2...1,7) D/2$	1,0
	Kavics(nedv.)	2000	0,7	A	Gyorsjárású, centrifugális v. vegyes $h_p=(0,8...1,2) D/2$	2,0
	Kavics(szár.)	1700	0,7	A		2,0
Hamu (kazán)	900	0,8	A	2,0		
Közepes és nagy darabos alig koptató (w > 60 mm)	Répa	650	0,5	A	Gyorsjárású, centrifugális $h_p=(0,35...0,8) D/2$	2,0
	Burgonya	750	0,6	A		2,0

A - mély serleg, B - lapos serleg, D - éles-szögű serleg

A heveder sebessége a dobátmérő és a hajtódob szögsebességének a függvénye:

$$v = \frac{D}{2} \omega .$$

A szögsebesség a póluspont magasságból is kiszámítható:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{h_p}} ,$$

amit az előző összefüggésbe helyettesítve, a

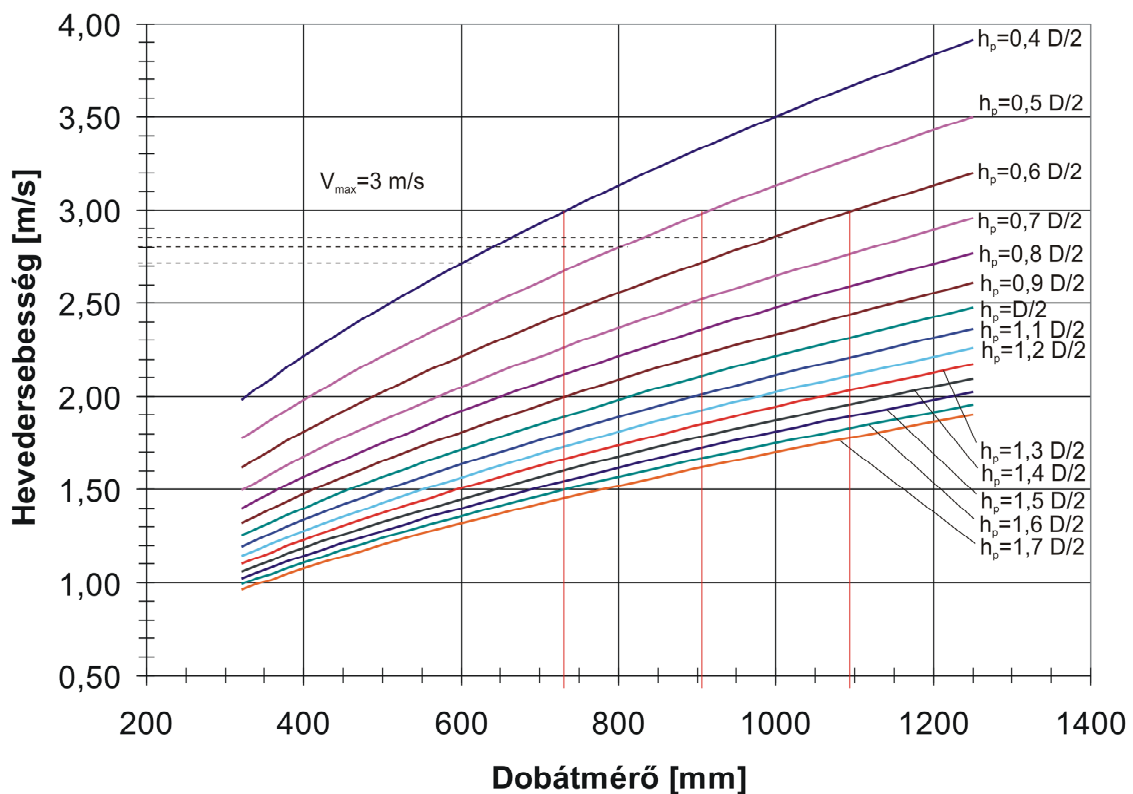
$$v = \frac{D}{2} \sqrt{\frac{g}{h_p}} .$$

Mint azt korábban láttuk, a póluspont magassága a dobátmérő függvényében is megadható:

$$h_p = \xi \frac{D}{2} ,$$

ahol a ξ arányossági tényező a póluspont helyzetét jellemzi, és az értéke 0,35...1,7 között változik. Helyettesítés után a

$$v = \frac{D}{2} \sqrt{\frac{g}{\xi \frac{D}{2}}} .$$



4. ábra: A hevedersebesség változása a dobátmérő és a póluspont függvényében

Így egy olyan két változós kifejezést kaptunk, amely a hevedersebességet a dobátmérő és a ξ arányossági tényező függvényében írja le. A függvény ábrázolásához változtassuk a ξ tényező értékét a 0,4...1,7 intervallumban 0,1-es lépésközzel, és minden lépésben számítsuk ki a szab-

ványos hajtódob átmérőkhöz tartozó hevedersebességeket. Az eredményként kapott görbese-reget a 4. ábra szemlélteti.

A diagram felhasználásával az előzőleg leírt feladat gyorsan és pontosan megoldható. Például legyen a szállított anyag búza, amelyhez az 1. táblázat centrifugális ürítési módot ($h_p=0,35\dots0,8 D/2$), és maximum 3 m/s hevedersebességet javasol. A maximális hevedersebességnél ($v_{\max}=3$ m/s) húzott vízszintes három olyan görbét ($h_p=0,4D/2, 0,5D/2, 0,6D/2$) metsz, amelyek megfelelnek a javasolt ürítési módnak (4. ábra). A metszéspontokat vetítsük a vízszintes tengelyre. Értelemszerűen a vetítővonalaktól balra eső legnagyobb szabványos hajtódob átmérők közül választhatunk. Ezek a $D=600, 800$ és 1000 mm-es átmérők. A választásnál alacsony pólusmagasságra és a lehető legnagyobb sebességre kell törekedni a szerkezeti méretek csökkentése és a nagy szállítóképesség érdekében. A diagramból kiolvasható, hogy a két elvárás egyidejűleg csak kompromisszum árán elégíthető ki. A $D=600$ mm-es dobátmérőhöz és $h_p=0,4$ póluspont-magassághoz $v=2,7$ m/s sebesség tartozik, ugyanakkor a $D=1000$ mm dobátmérővel és $h_p=0,6$ póluspont-magassággal $v=2,85$ m/s sebesség érhető el (4. ábra). Szerencsére a kisebb dobátmérő választás nem okoz lényeges sebességvesztést, a különbség $0,15$ m/s. Következésképpen célszerű a 600 mm-es a hajtódob átmérő mellett dönteni, tekintettel a gyártási költségekre és a gép helyigényére.

A hevedersebesség meghatározása után az adott szállítóképesség (Q) eléréséhez szükséges V_s/t_s viszonyszám a szállítóképességre adott összefüggésből kiszámítható:

$$\frac{V_s}{t_s} = \frac{Q}{3,6v\rho_h\phi}$$

Ezután a serlegekre vonatkozó szabványos táblázatokból a serleg térfogatot (V_s) úgy kell megválasztani, hogy műszaki szempontból elfogadható serlegosztást (t_s) kapjunk.

A **serlegosztás** közelítőleg: $t_s=\lambda_1 e$ [m], ahol e a serlegkinyúlás [m], és $\lambda_1=1,5\dots2,5$. A nagyobb osztást nagyobb nedvességtartalmú, szennyezett anyagokhoz és kisebb szállítóképességű elevátorokhoz használjuk. A **serlegszélességet** szintén a serlegkinyúlás függvényében választjuk: $b=\lambda_2 e$, ahol a $\lambda_2=1,25\dots2$. A **serlegkinyúlás** értelemszerűen összefügg a szállítóképességgel is. A serlegtérfogat közelítőleg: $V_s=0,6e^2b=0,6\lambda_2e^3$. Ezt felhasználva, a

$$\frac{V_s}{t_s} = \frac{Q}{3,6v\rho_h\phi} = \frac{0,6\lambda_2e^3}{\lambda_1e},$$

amelyből az

$$e = \sqrt{\frac{\lambda_1 Q}{2,16\lambda_2 v \rho_h \phi}}$$

Összefoglalás

A példával illusztrált alkalmazás alátámasztja, hogy a hajtódob átmérő, a póluspont-magasság és a hevedersebesség közötti összefüggést ábrázoló diagram jól alkalmazható a serleges elevátorok tervezésében, és feltételezhetően felkelti a problémát ismerő, a témában jártas tervezők érdeklődését. A diagram használata nemcsak gyorsítja a tervezést, hanem szemléletes is. A lehetséges megoldások közül, azok kiértékelése és a következmények mérlegelése után, lehetőség adódik a legjobb megoldás kiválasztására.

Summary

The discharge type is an important feature of the operation of the bucket elevators. The type of the discharge depends on the centrifugal and the gravity forces as well as the diameter of the head pulley. The context between these parameters can be characterized by the so-called pole point height which defines unambiguously the type of the discharge. The suggestion for the appropriate discharge type or pole point height based on experience and it depends on the transported material, which correct determination has a large significance during the course of planning. The diagram published in the study provides express and exact way to determine the appropriate pole point height.

IRODALOM

1. **Benkő J.** Anyagmozgató gépek és eszközök. Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, ISBN 978-936-269-124-4, 2013.
2. **Greschik Gy.:** Anyagmozgató gépek. Tankönyvkiadó, Budapest, ISBN 963-18-0567-0, 1987.
3. **Krasznycsenko, A. V.:** Mezőgazdasági gépszerkesztők kézikönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1965.
4. **Kulwiec, R. A.:** Materials handling handbook. A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, New York, ISBN 0-471-09782-9, 1985.
5. **Magyar Szabványügyi Hivatal:** Szabványgyűjtemények 78 Szállítás, rakodás, raktározás. Szabványkiadó, Budapest, 1984.

Publikálva:

Mezőgazdasági Technika, LV. évf. március, 2014. 2-5 p..