

Tartalomjegyzék

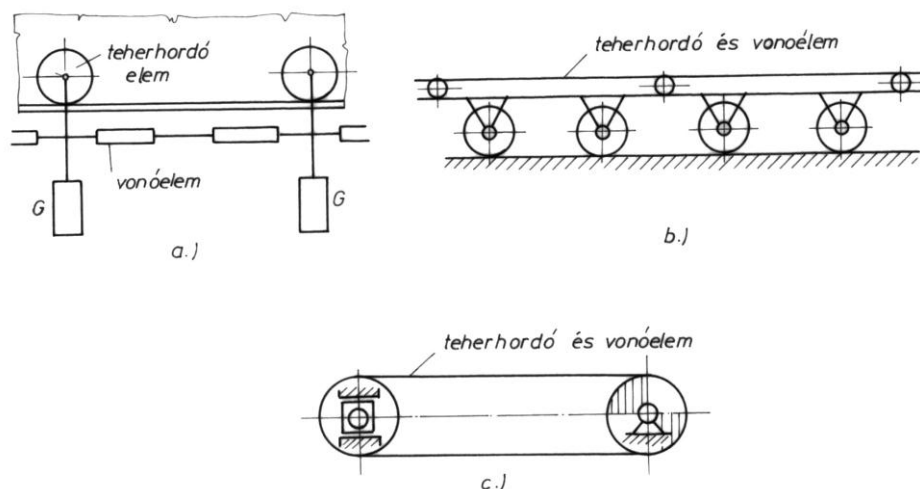
5. DARABÁRUK FOLYAMATOS ANYAGMOZGATÓGÉPEI	7
5.1. Végetlenített vonóelemű anyagmozgatás általános jellemzése	7
5.1.1. Terhelésanalízis	7
5.1.2. Vonóellenállás értelmezése	10
5.1.3. Vonóellenállás határozatlanságának feloldása	12
5.1.4. Helyi veszteségek	13
5.1.5. Hajtott görgősorok hevederrel való hajtásának elmélete	14
5.2. Konvektorok	20
5.2.1. Konvektorok rendszertechnikai felépítése	20
5.2.2. Főbb konvektor típusok	21
5.2.3. Szerkezeti elemek	22
5.2.4. Konvektorok hajtás elhelyezési kérdései	24
5.2.5. Folyamatépítés konvektorokkal	31
5.2.6. Konvektor típuselemek	37
5.2.7. Konvektorok karbantartása	42
5.3. Mozgólépcsők, mozgójárdák	43
5.3.1. Mozgólépcsők szerkezeti kialakítása	44
5.3.2. Mozgólépcsők vonóelem terhelése és teljesítményszükséglete	45
5.3.3. Mozgólépcsők biztonsági rendszere	47
5.3.4. Mozgólépcsők szállítóképessége	48
6. ÖMLESZTETT ANYAGOK FOLYAMATOS ANYAGMOZGATÓGÉPEI	49
6.1. Szállítószalagok	50
6.1.1. Szállítószalagok szerkezeti kialakítása	50
6.1.2. Szállítószalag hevederek igénybevétele és veszteségek	53
6.1.3. Szállítószalagok hajtástechnikai kérdései	57
6.1.4. Szállítószalagok szállítóképessége	60
6.2. Lengő és vibrációs anyagmozgatógépek	61
6.2.1. Rázócsúszda	61
6.2.2. Lengő anyagmozgatógépek	65
6.2.3. Vibrációs anyagmozgatás gépei	68
6.3. Pneumatikus anyagmozgatás	72
6.4. Serleges elevátor	75
6.4.1. A serleges elevátorok szerkezeti kialakítása	75
6.4.2. Az anyag elhelyezkedése a serlegben	77
6.4.3. Serleges elevátorok szállítóképessége és teljesítményszükséglete	78
6.5. Rédlerek	79
6.6. Szállító csigák	83
6.6.1. Szállítócsigák szerkezeti felépítése	83
6.6.2. A szállító csigák szállítóképessége és teljesítményszükséglete	84
6.7. Kockázatelemzési, baleseti és munkavédelmi kérdések	86
6.7.1. Kockázatelemzés	86

6.7.2. A gravitációs anyagmozgatás baleseti veszélyforrásai, gravitációs anyagmozgató rendszerek biztonságos kialakítása és működtetése.....	96
6.7.3. Folyamatos működésű szállítógépek üzemeltetésével kapcsolatos baleseti veszélyforrások és kiküszöbölésük	97
6.7.4. Folyamatos működésű anyagmozgatógépek biztonságos kialakítása.....	99
7. IRODALOM	101

5. DARABÁRUK FOLYAMATOS ANYAGMOZGATÓGÉPEI

5.1. Végetlenített vonóelemű anyagmozgatás általános jellemzése

Hajlékony vonóelemek a szállítóberendezésekben végetlenített és nyitott alakban mozognak. Végetlenített vonóelemes szállítóberendezések: konvektorok, szállítószalag, szerelőasztal, kötélpálya, tálcás szállító gép, mozgólépcső, körfelvonó (páternoszter) stb. A felsorolt konstrukciók más és más sajátosságokkal rendelkeznek, egyben azonban valamennyi megegyezik, hogy a vonóelem végetlenített. Ez a végetlenítés lehet egy különálló vonóelem végetlenítése, (konvektor bizonyos esetei, kötélpálya) de a végetlenítés előállítható a teherhordó elemek folytonos egymás után kapcsolásából is (szerelőasztal) – 256. ábra. A szállítószalag ez utóbbi egy elfajuló esetét képezi.



256. ábra

A végetlen vonóelemes szállítást a vonóelem funkciója és elrendezése szerint osztályozhatjuk:

- a) A vonóelem funkciója szerint;
 - a teherhordásban csak részben vesz részt, többnyire a teherhordó elemek vontatását végzi,
 - a vonóelem egyben teherhordó elem is.
- b) Elrendezés szerint;
 - vízszintes síkban zárt,
 - függőleges síkban zárt,
 - térbeli.

A hajtómotor és a szerkezeti elemek méretezéséhez ismerni kell a vontatáshoz szükséges erőt, és a pálya egyes pontjaiban a vonóelembe ébredő erőket, hiszen sok esetben ez adja a berendezés szerkezeti elemeinek egyedi terhelését (szállítószalag esetén a feszítődobét). A vonóelemen ébredő erők meghatározásához egy terhelés analízist kell végezni, meg kell vizsgálni a különböző veszteségeket.

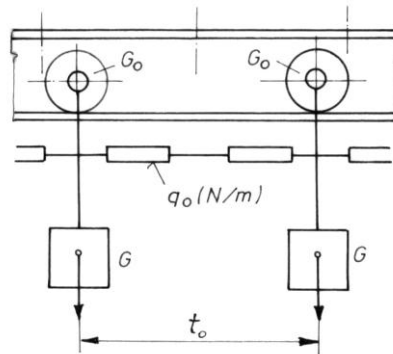
5.1.1. Terhelésanalízis

A vonóelem terhelése lehet megoszló, illetve együttesen megoszló és koncentrált. Azon szállítóberendezések, ahol a vonóelem a teherhordásban csak részben vesz részt, a vonóelem igénybevétele közvetve adódik a terhelésből. Ilyen esetekben a teherhordó elemek valamilyen

pályaszerkezeten gördülnek, a gördülések közben fellépő menetellenállást a vonóelemben ébredő erőnek kell legyőzni. A számítások egyszerűsítéséhez célszerű a koncentrált terheléseket a pálya mentén szétkenni – 257. ábra. Az ábra alapján ez

$$q = q_o + \frac{G + G_o}{t_o} \quad [N / m] \quad (231)$$

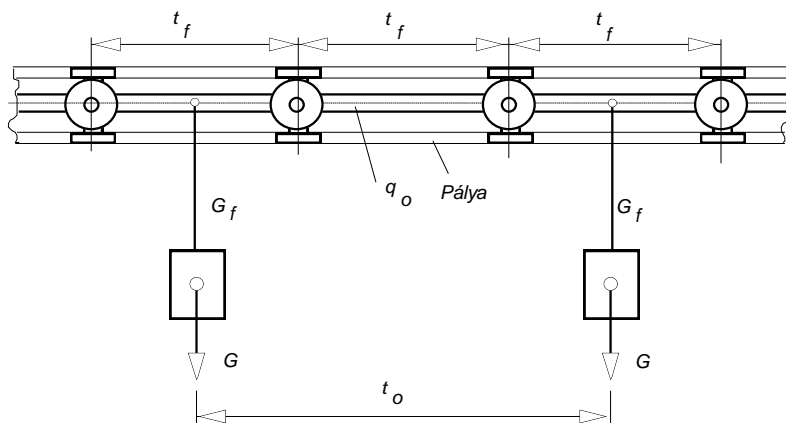
-re adódik, ahol q_o a vonóelem hosszegységre jutó terhelése. A (231) -ből adódó szétkent terheléssel számítjuk a menetellenállást.



257. ábra

Konveorok esetében a 257. ábra szerinti terhelésnél bonyolultabb terheléseket kell megoszló terheléssé átalakítani. A 258. ábra mutatja kardáncsuklós vonóelem esetén a megoszló terhelést:

$$q = q_o + \frac{G_f + G}{t_o} \quad [N / m]. \quad (232)$$

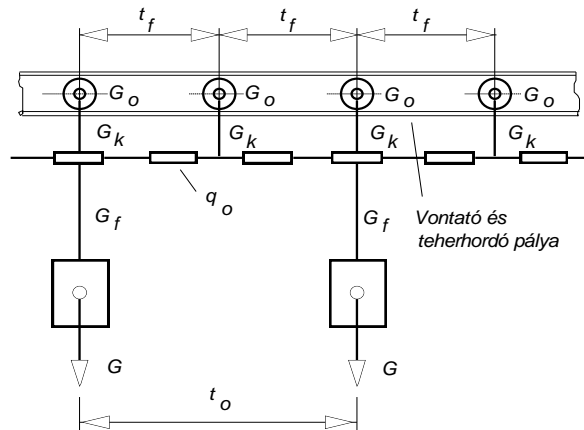


258. ábra

A 259. ábra terhelési képe alapján a megoszló terhelést

$$q = q_o + \frac{G_f + G + \frac{t_o}{t_f}(G_o + G_k)}{t_o} \quad [N / m] \quad (233)$$

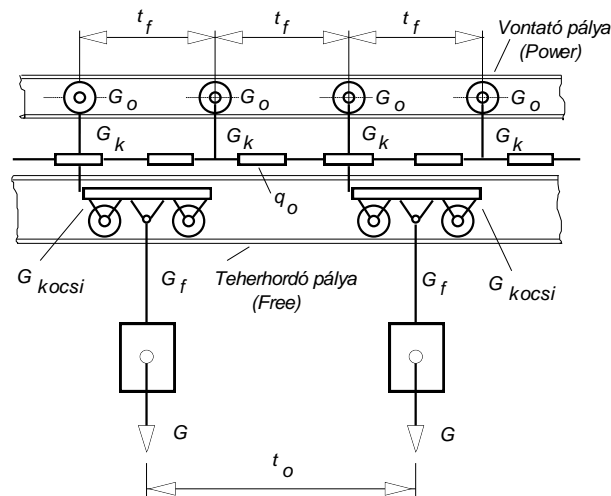
összefüggéssel határozhatjuk meg.



259. ábra

A 260. ábra terhelése szerint a megoszló terhelés:

$$q = q_o + \frac{G_f + G + G_{kocsi} + \frac{t_o}{t_f}(G_o + G_k)}{t_o} \quad [N / m]. \quad (234)$$

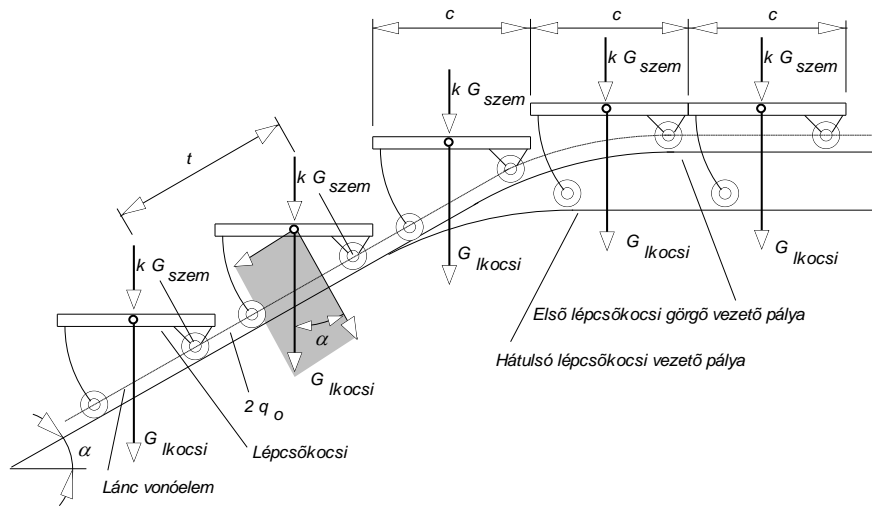


260. ábra

Mozgólépcsők, mozgójárdák esetén a megoszló terhelés a 261. ábra szerint számítható;

$$q = 2q_o + \frac{G_{lkocsi} + k G_{személy}}{t} \quad [N / m], \quad (235)$$

ahol k az egy lépcsőn utazó személyek száma, a kétoldali láncvontatás miatt kell q_o értékét kétszeresen venni.



261. ábra

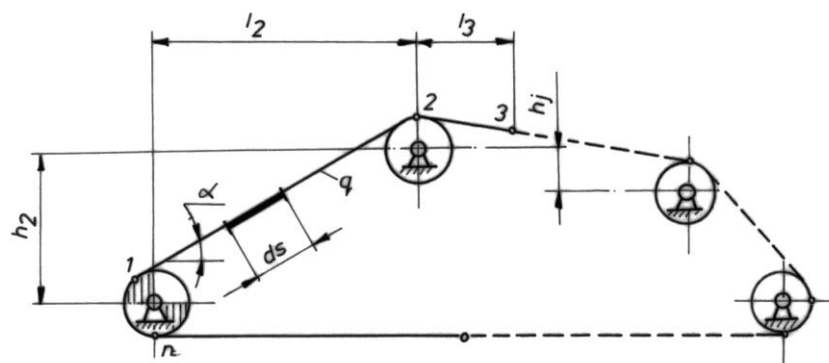
Az anyagmozgatás folyamán gyakori a szintváltási művelet. Ilyenkor a vonóelem terhelése megnövekszik, és ekkor a vontatási funkcióval együtt teherviselővé is válik, mert a szállítandó anyag súlyából felveszi a pályairányú erőt is.

A teherhordó elemek vontatásához szükséges erő egyenesen arányos a pálya hosszával – állandó terhelés osztást feltételezve, – ezért ezt lineáris veszteségnek nevezzük. A szintváltásból adódó, vonóelemet terhelő erő a szintváltás magasságától függ, ezért ezt potenciális veszteségnek nevezzük. Mindkét veszteséget, mivel a pálya mentén megoszló (szétkent) terhelésből adódik együttesen megoszló veszteségnek nevezzük.

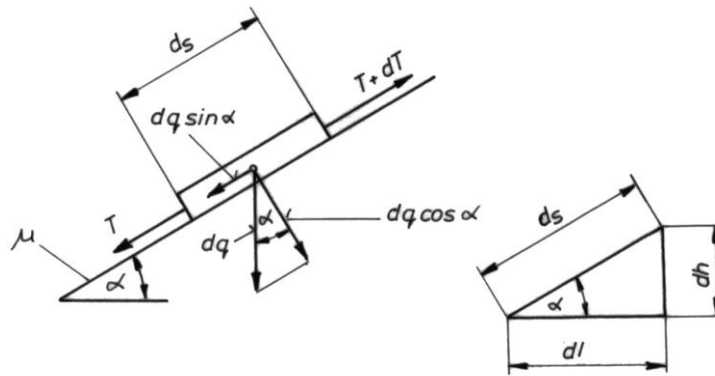
A veszteségek másik csoportja a pálya diszkrét helyein ébred-, a pályán lévő irányeltérítő szerkezetek okozzák – ezeket helyi – vagy koncentrált veszteségnek nevezzük.

5.1.2. Vonóellenállás értelmezése

A vázolt (262. ábra) végtelen vonóelemű rendszer elemi részére ható erők (263. ábra) alapján határozhatjuk meg a vonóellenállást.



262. ábra



263. ábra

Tehát a vonóellenállást a vonóelemben ébredő erőként értelmezzük. Az elemi részre felírt impulzus tételből

$$dT - \mu dq \cos \alpha - dq \sin \alpha = 0, \quad (236)$$

illetve

$$dT = \mu q dl + q dh. \quad (237)$$

Tetszőleges pályaszakaszra elvégezhetjük (237) integrálását, ha ismerjük $q = \varphi(\ell)$; $q = \psi(h)$;

$\mu = \mu(\ell)$ függvényeket, ahol ℓ a pálya vetületi koordinátáját jelenti. Ha $q = const$ és $\mu = const$ értékek mellett végezzük az integrálást egy szakaszon

$$\int_{T_{n-1}}^{T_n} dT = \mu q_n \int_{\ell_{n-1}}^{\ell_n} d\ell + q_n \int_{h_{n-1}}^{h_n} dh \quad (238)$$

amelyből

$$T_n = T_{n-1} + \mu q_n (\ell_n - \ell_{n-1}) + q_n (h_n - h_{n-1}) \quad (239)$$

illetve

$$T_n = T_{n-1} + \mu q_n \ell + q_n h, \quad (240)$$

ahol ℓ az n-1 és n pályapont közötti vetületi hossz, h a szintváltás magassága, T_{n-1} az n-1 pontban ébredő erő. (240) összefüggés mindig egy olyan szakaszra érvényes, ahol q és μ állandó. Az így kiszámított vonóellenállás értéket célszerű a pálya kiterített hossza (L) mentén ábrázolni, amelyet vonóellenállás diagramnak nevezünk. Az $\ell = \ell(L)$ és $h = h(L)$ függvénykapcsolatok általában lineárisak. Így a vonóellenállás diagram egyenes szakaszokból tevődik össze, és ábrázolásához mindig elég az ellenállás értékeket a pályaszakaszokra jellemző pontokban meghatározni. (240) alapján az egyes szakaszokat jellemző ellenállás értékek:

$$\begin{aligned}
T_1 &= T_1, \\
T_2 &= T_1 + \mu_2 q_2 \ell_2 + q_2 h_2, \\
T_3 &= T_2 + \mu_3 q_3 \ell_3 + q_3 h_3, \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&\cdot \\
T_n &= T_{n-1} + \mu_n q_n \ell_n + q_n h_n,
\end{aligned} \tag{241}$$

ahol T_1 kezdeti érték, nagyságát több feltételből lehet meghatározni. Elvégezve (241) összegzését

$$T_n = T_1 + \sum_{i=2}^n \mu_i q_i \ell_i + \sum_{i=2}^n q_i h_i. \tag{242}$$

Abban az esetben, ha a pályaemelkedés tg $\alpha > 0$, $q_i h_i$ érték pozitív, ellenkező esetben negatív, $\mu_i q_i \ell_i$ pedig mindig pozitív.

Ha T_1 -et tekintjük a 262. ábra vázolt rendszerének hajtásánál a lefutó, T_n -t pedig a lefutó ágba ébredő erőnek és elhanyagoljuk a helyi veszteségeket, a kerületi erő:

$$S_T = T_n - T_1 = \sum_{i=2}^n \mu_i q_i \ell_i + \sum_{i=2}^n q_i h_i. \tag{243}$$

(242) és (243) -ből látható, hogy csak a kerületi erő egy meghatározott érték, a vonóelemenben ébredő erő mindig egy határozatlanságot hord magában, amelyet a feszítéssel oldunk fel.

5.1.3. Vonóellenállás határozatlanságának feloldása

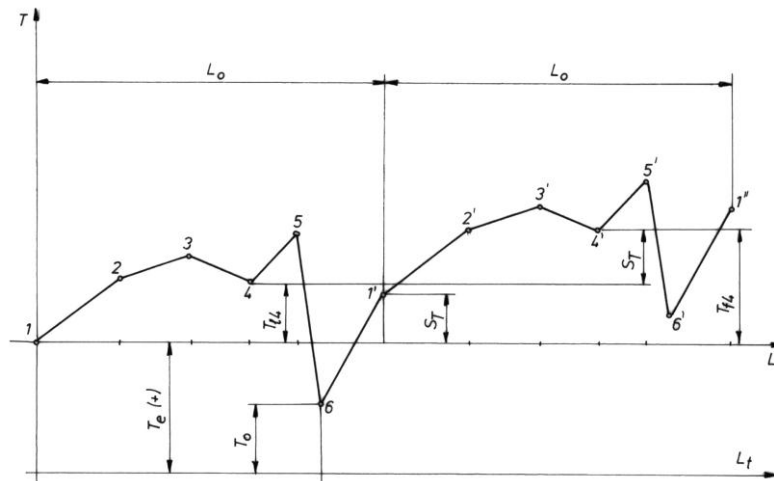
Erre vonatkozóan két feltételt tehetünk:

- $T_{\min} \geq T_o$, amelyet abból a feltételből határozunk meg, hogy a vonóelemnek ne legyen egy megengedett értéknél nagyobb belógása.
- Súrlódó hajtás esetén a határozatlanságot.

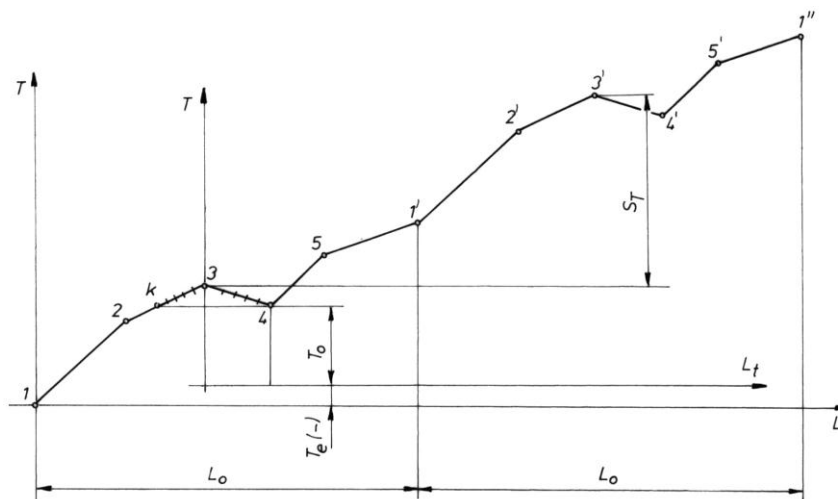
$$\psi = \frac{T_f}{T_\ell} \leq \frac{e^{\mu \alpha_o}}{n} \tag{244}$$

összefüggéssel oldjuk fel, ahol T_f a hajtás felfutó, T_ℓ a lefutó ágában ébredő erő, n pedig a biztonsági tényező.

Számításaink menetét az is nehezíti, hogy a minimális vonóellenállás helye ismeretlen. Ezért (241) alapján egy önkényesen kiválasztott pontból kiindulva (célszerű $T_1 = 0$ felvétel) megrajzoljuk a $T = T(L)$ vonóellenállás diagramot. Mivel egy adott pálya esetén a minimális vonóellenállás helye függ a hatás elhelyezésétől, ezért, hogy bármely pontban elhelyezett hajtásnál lássuk a vonóellenállás lefolyását, a megoszló veszteségeket kétszer egymás után visszük fel a diagramba – 264. ábra. Ez az ábrázolási mód *D'jacskovtól* származik.



264. ábra



265. ábra

Az ábra szerint bárhol helyezzük el a hajtást a minimális vonóellenállás 6 pontban lesz. Más jelleget mutat a 265. ábra, itt a k-4 szakaszon elhelyezett hajtás esetén a 4 pontban ébred a minimális vonóellenállás, egyéb helyeken pedig a hajtás lefutó pontjában.

Ha kiválasztottuk a minimális vonóellenállás helyét, ott az előbbieken leírt feltételek alapján meghatározott T_o értéket működtetve, egy új koordináta tengelyt kapunk, amelyet tényleges null-tengelynek (L_t) nevezünk. A tényleges null-tengelytől számított vonóellenállás értékek már egy-egy hajtáselhelyezéshez tartozó konkrét értékek.

5.1.4. Helyi veszteségek

A helyi veszteségek a 264. ábra és a 265. ábra vonóellenállás diagramjaiba egy további módosítást visznek. Az egyes irányeltérítő elemek veszteségtényezőinek ismeretében meghatározhatók a helyi veszteségek, amely a vízszintes ívhajlatokban

$$\Delta V_k = \gamma_k T_k, \quad (245)$$

a függőleges ívhajlatokban pedig

$$\Delta V_k = q_k \delta_k + \gamma_k T_k, \quad (1246)$$

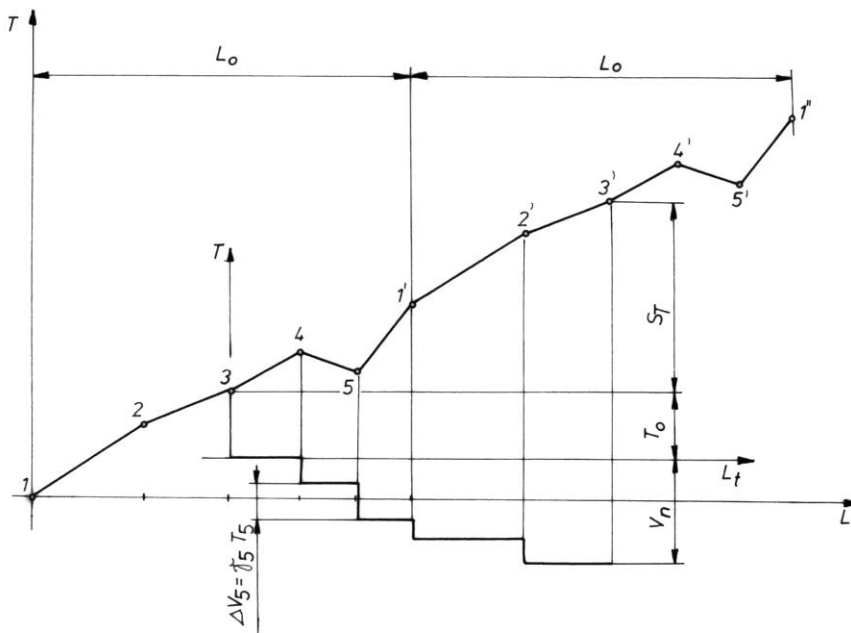
vonóellenállás növekményt ad. Az összefüggésekben δ_k és γ_k veszteségtényezők (minden szállítóberendezés fajtára a konstrukciótól függően meghatározható) q_k a vonóelem hossz-egységre jutó terhelése T_k pedig a k . pontban ébredő – az előtte lévő helyi veszteségekkel módosított vonóerő. Ábrázolás szempontjából a helyi veszteségeket a tényleges null-tengely alatt tüntetjük fel – 266. ábra.

Ezt a diagramot teljes vonóellenállás diagramnak nevezzük. A diagram alján meghatározható az egy-egy hajtásra vonatkozó kerületi erő:

$$F_{\text{ker}} = S_T + V_n, \quad (247)$$

ahol

$$V_n = \sum_{k=2}^n \Delta V_k. \quad (248)$$

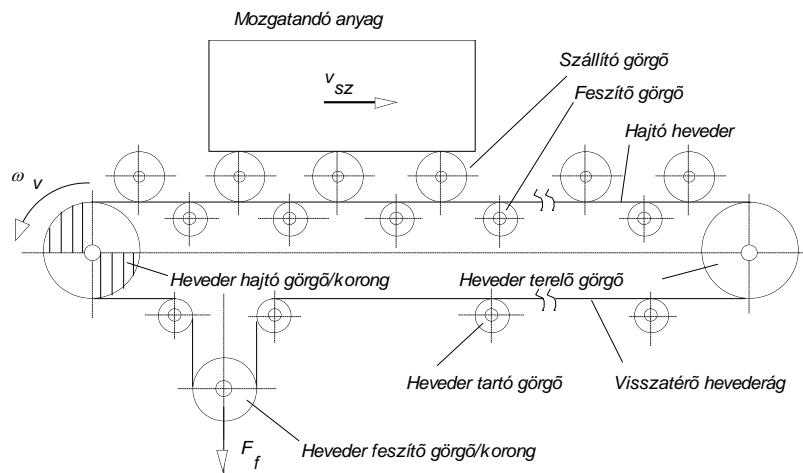


266. ábra

(247)-ből látható, hogy a kerületi erő függ a helyi veszteségektől, amely viszont a hajtáselhelyezés függvénye. Így a hajtás elhelyezésekor e tényre figyelemmel kell lenni.

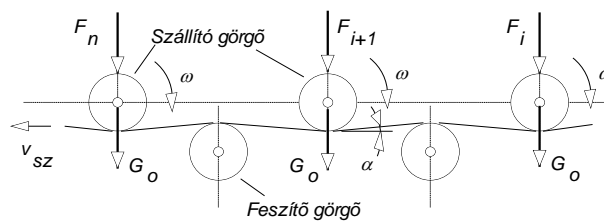
5.1.5. Hajtott görgősorok hevederrel való hajtásának elmélete

Görgősorok hajtásának leggyakoribb módja a végetlenített vonóelemmel – hevederrel vagy gömbszíjjal – történő mozgatás. A mozgatás elvét a 267. ábra mutatja. Ahhoz, hogy a hajtóheveder a szállítógörgőket mozgásba tudja hozni, a hevedert a feszítógörgők segítségével a szállítógörgőkhöz kell feszíteni.

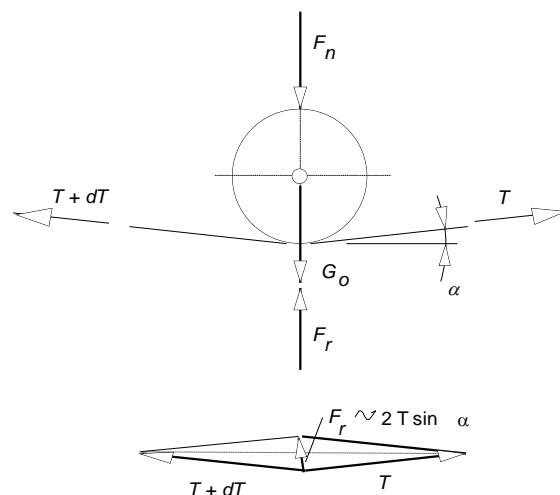


267. ábra

A feszítés a heveder irányának a feszítögörgőkön való, kismértékű megtörésével történik. A heveder vonaltörését és a szállítógörgők terhelését a 268. ábra mutatja. A 269. ábra részletesen bemutatja egy szállítógörgő terhelését és a heveder iránytöréséből adódó görgőfeszítő erő számítási módszerét is.



268. ábra



269. ábra

A görgősoron, a teljes hosszában elhelyezett G súlyú mozgatandó anyagból egy görgőre jutó terhelés

$$F_i = \frac{N G}{n}, \quad (249)$$

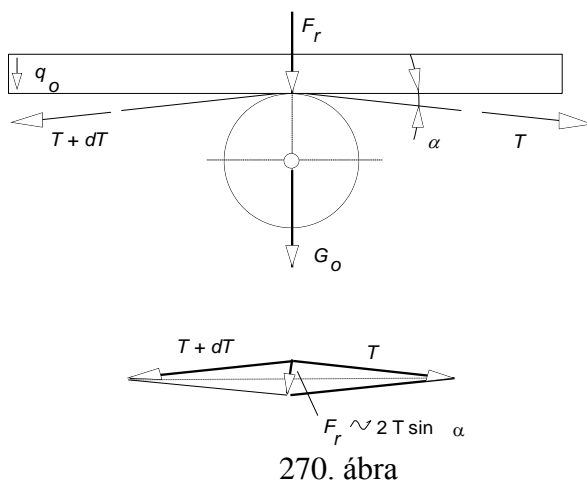
ahol, N a görgősorra folyamatosan feladható egységtrakományok száma, G a szállított anyag súlya, n pedig a szállítógörgők száma. A 269. ábra alapján, G_o a szállítógörgő önsúlya, $F_r \approx 2 T \sin \alpha$, ahol $\alpha = 2 - 3^\circ$ között vehető fel. A szállítógörgő terheléséből a kerületére redukált ellenállás erő;

$$Z_{száll} = N G \frac{f + \rho}{R} + n (G_o - 2 T \sin \alpha) \frac{\rho}{R}, \quad (250)$$

ahol az összefüggésben f a gördülő ellenállás karja, ρ a görgő csapsúrlódás köre, R pedig a görgő sugara.

A feszítógörgő terhelése a 270. ábra alapján értelmezhető, amely alapján a feszítógörgő terheléséből a kerületére redukált ellenállás erő;

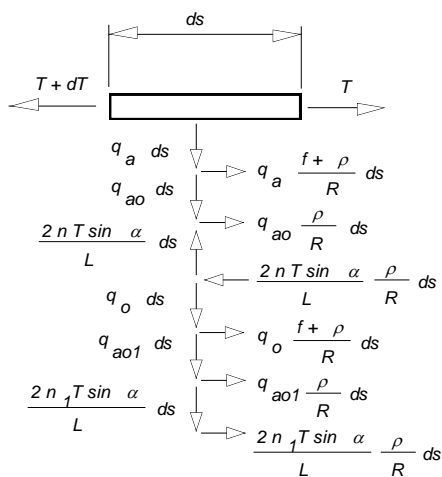
$$Z_{fesz} = q_o L \frac{f + \rho}{R} + n_1 (G_o + 2 T \sin \alpha) \frac{\rho}{R}. \quad (251)$$



(233) összefüggésben a q_o a hajtóheveder hosszegységre jutó terhelése, L a görgősor hajtott szakaszának hossza, n_1 pedig a feszítógörgők száma. Az ellenállásokat a hajtórendszernek a hajtóhevederben kell kiegyenlíteni. Ha a (232) és (233) alatti veszteségi ellenállásokat egységnyi hosszra vetítjük, képezhető a hajtó hevederen egy fiktív megoszló terhelés, amely alapján a hajtóheveder, mint vonóelem húzó terhelése a 261. ábra és a 262. ábra elve szerint az 271. ábra alapján értelmezhető. Legyen;

$$\frac{Z_{száll} + Z_{fesz}}{L} = \left(\frac{N G}{L} + q_o \right) \frac{f + \rho}{R} + (n + n_1) \frac{G_o \rho}{L R} + T \frac{2 (n_1 - n) \sin \alpha \rho}{L R}, \quad (252)$$

és vonatkoztassuk az ellenállást ds hevederhosszúságra, akkor a heveder elemi erőnövekménye;



271. ábra

$$dT = \left[\left(\frac{NG}{L} + q_o \right) \frac{f + \rho}{R} + (n + n_1) \frac{G_o \rho}{L R} + T \frac{2(n_1 - n) \sin \alpha \rho}{L R} \right] ds, \quad (253)$$

ahol

$$\frac{NG}{L} = q_a,$$

$$\frac{n G_o}{L} = q_{ao},$$

$$\frac{n_1 G_o}{L} = q_{ao1},$$

fiktív megoszló terhelések. A fentieket (253) -ba helyettesítve, és rendezve az elemi erőnövekmény differenciálegyenlete;

$$dT = 2 \frac{(n_1 - n) \sin \alpha \rho}{L R} \left[\frac{(q_a + q_o)}{2 \frac{n_1 - n}{L} \sin \alpha} \frac{f + \rho}{\rho} + \frac{q_{ao} + q_{ao1}}{2 \frac{n_1 - n}{L} \sin \alpha} + T \right] ds \quad (254)$$

alakú. Vezessük be a

$$a = 2 \frac{(n_1 - n) \sin \alpha \rho}{L R},$$

$$b = \frac{1}{2 \frac{n_1 - n}{L} \sin \alpha} \left[(q_a + q_o) \frac{f + \rho}{\rho} + q_{ao} + q_{ao1} \right]$$

jelöléseket, amelyekkel (236) összefüggés

$$dT = a (b + T) ds \quad (255)$$

alakú lesz, és az összefüggésben a és b állandók. A differenciálegyenlet a változók szétválasztásával megoldható;

$$\frac{1}{a} \int_{T_{n-1}}^{T_n} \frac{dT}{b + T} = \int_{\ell_{n-1}}^{\ell_n} ds . \quad (256)$$

Az integrálás határok közötti elvégzésével és $\ell = \ell_n - \ell_{n-1}$ értelmezésével;

$$T_n = (b + T_{n-1}) \exp (a \ell) - b , \quad (257)$$

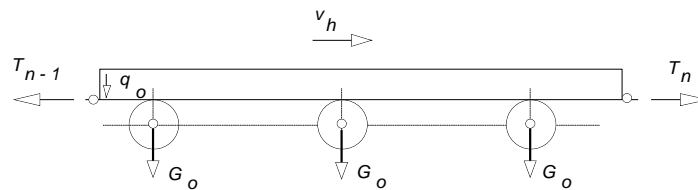
illetve átrendezéssel

$$T_n = T_{n-1} \exp (a \ell) + b [\exp (a \ell) - 1] \quad (258)$$

adódik. (258) -ba az állandók behelyettesítésével a hajtó hevederágban ébredő húzó erő:

$$T_n = T_{n-1} \exp \left(2 \frac{(n_1 - n) \sin \alpha}{L} \frac{\rho}{R} \right) + \frac{(q_a + q_o) \frac{f + \rho}{\rho} + q_{ao} + q_{ao1}}{2 (n_1 - n) \sin \alpha} L \left[\exp \left(2 \frac{(n_1 - n) \sin \alpha}{L} \frac{\rho}{R} \ell \right) - 1 \right]. \quad (259)$$

A visszatérő hevederágban ébredő erőket a 272. ábra mutatja. A heveder ellenállás az ábra alapján:



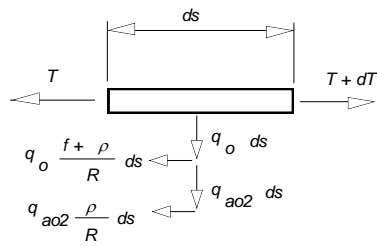
272. ábra

$$Z_{vissza} = q_o L \frac{f + \rho}{R} + n_2 G_o \frac{\rho}{R}, \quad (260)$$

ahol n_2 a visszafutó ágban lévő támasztógörgők száma. Itt is értelmezhető fiktív megoszló terhelés a

$$q_{oa2} = \frac{n_2 G_o}{L}$$

összefüggéssel. Az elemi hevederhosszra jutó erőnövekmény a 273. ábra szerint:



273. ábra

$$dT = \left(q_o \frac{f + \rho}{R} + q_{oa2} \frac{\rho}{R} \right) ds . \quad (261)$$

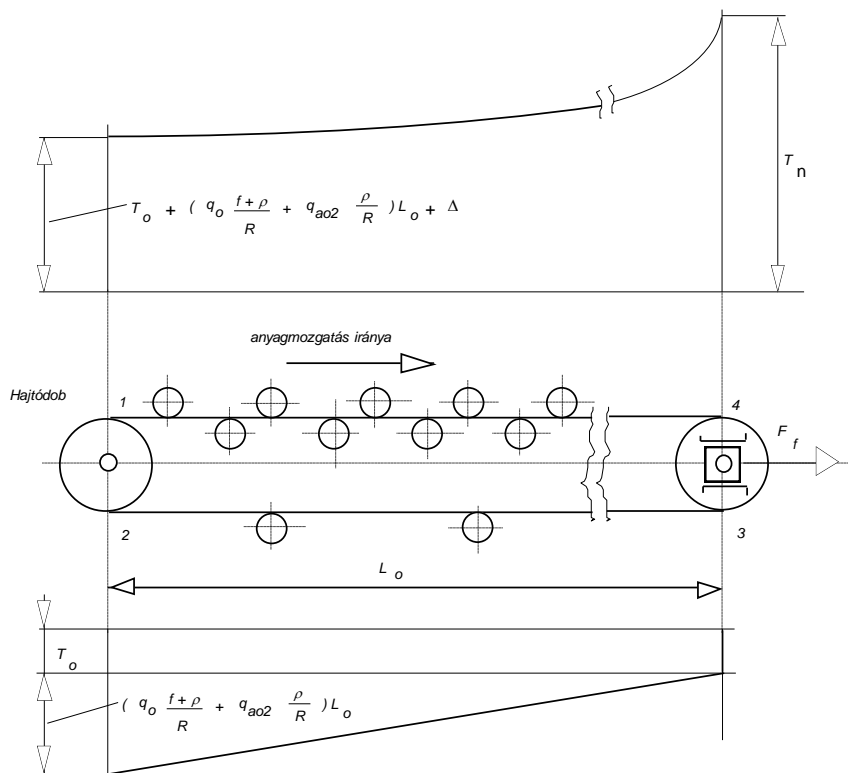
Elvégezve az integrálást

$$\int_{T_{n-1}}^{T_n} dT = \int_{\ell_{n-1}}^{\ell_n} \left(q_o \frac{f + \rho}{R} + q_{oa2} \frac{\rho}{R} \right) ds , \quad (262)$$

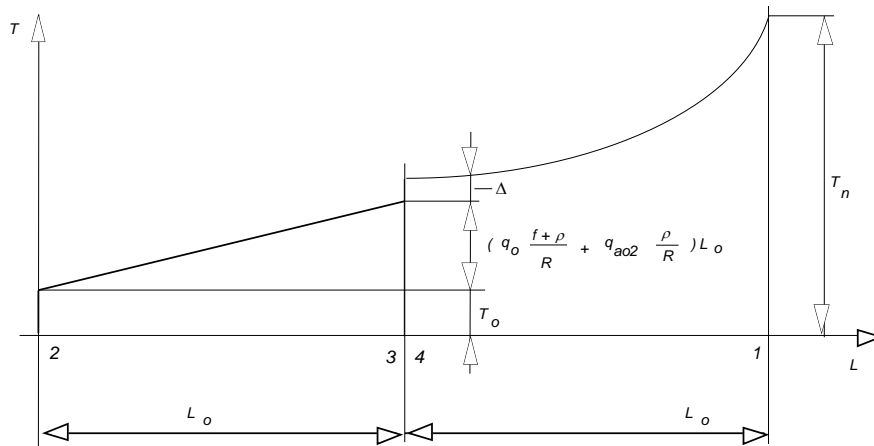
$$T_n = T_{n-1} + \left(q_o \frac{f + \rho}{R} + q_{oa2} \frac{\rho}{R} \right) \ell . \quad (263)$$

Az összefüggésből látható, hogy a visszatérő ág hevederterhelése a heveder hossz növekedésével lineárisan nő.

A szállító- és a visszatérő hevederág terhelési jellegét a 274. ábra mutatja. A heveder teljes vonóellenállás diagramját pedig a 275. ábra szemlélteti.



274. ábra



275. ábra

A hajtáshoz szükséges kerületi erő a 275. ábra alapján;

$$F_k = T_1 - T_o, \quad (264)$$

a szükséges hajtómotor teljesítmény;

$$P = \frac{F_k \cdot v_{sz}}{\eta}, \quad (265)$$

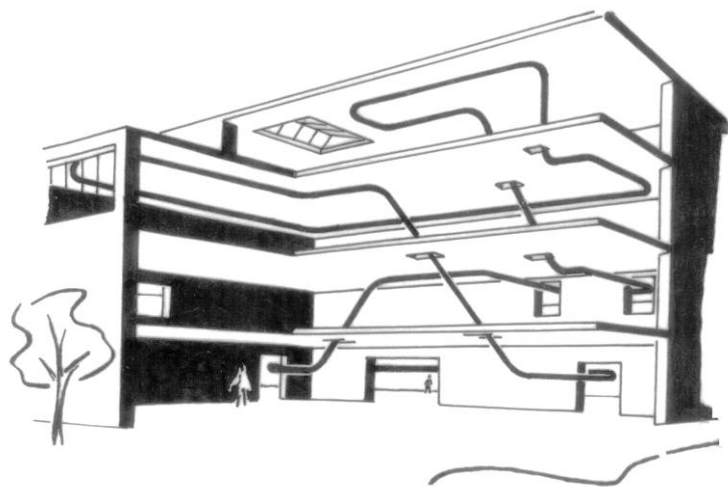
ahol v_{sz} a görgősor szállító sebessége, η pedig a hajtás hatásfoka.

5.2. Konvektorok

5.2.1. Konvektorok rendszertechnikai felépítése

A konvektorok az üzemben belüli anyagmozgatás legfontosabb szállítóberendezései. Különböző technológiai helyeket térben rugalmasan alakítható nyomvonalú pályával köt össze – 276. ábra. Előnyösen alkalmazható az automatizált gyártási folyamatokban.

A konvektor a végtelen vonóelemes anyagmozgatógépek csoportjába tartozik. Vonóelem általában lánc, ritkábban kötél. A vonóelemet lánckerék vagy hajtótárcsa mozgatja állandó sebességgel. A vonóelemhez kapcsolódnak a pályán egymástól meghatározott távolságban elhelyezkedő futóművek, amelyeket a vonóelem mozgat, E futóművekhez kapcsolódik a mozgatandó anyagot tartalmazó függeszték vagy kocsi-szerkezet.

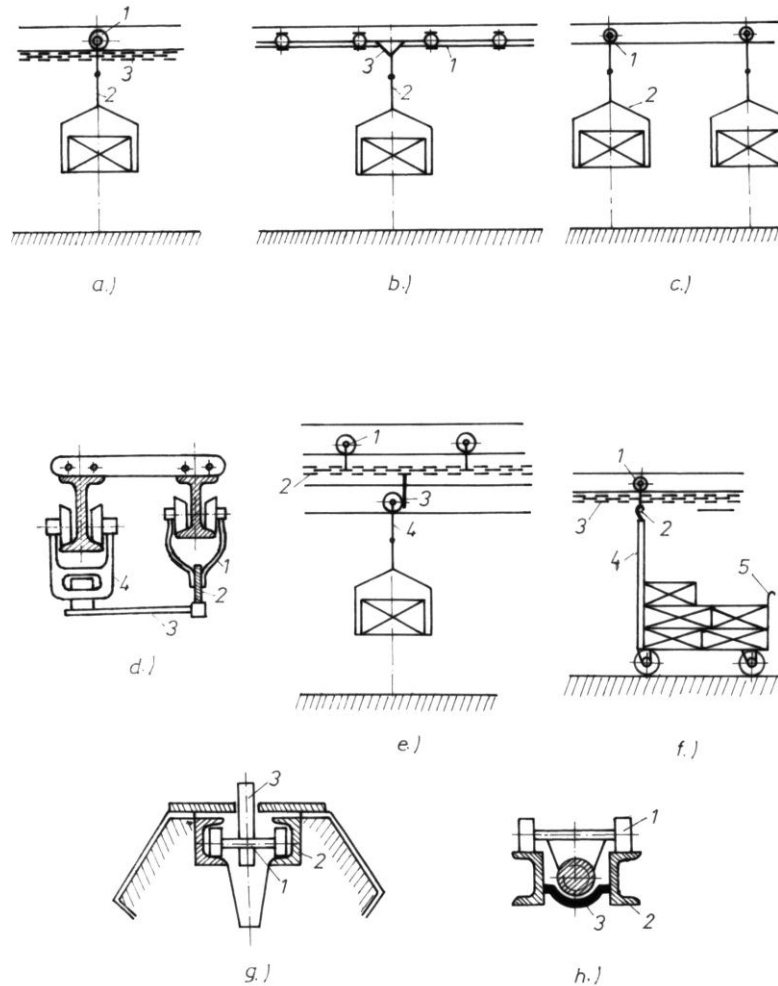


276. ábra

5.2.2. Főbb konvejtör típusok

A különböző gyakorlatban használatos konvejtör típusok vázlatait foglalja össze a 277. ábra.

- *Egyszerű függőkonvejtör*; a futóműve fixen kapcsolódik a vonóelemhez, amellyel a pálya teljes hosszán együtt mozog (277. ábra, a/). Vonóelemként különleges kialakítású láncot is használhatnak, pl. kardáncsuklós láncot. E lánc görgői egyben a futómű szerepét is betöltik (277. ábra, b/).



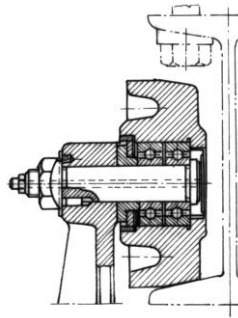
277. ábra

- *Függőszínpálya*; korábban már szöltünk róla, működését tekintve nem folyamatos anyagmozgatógép, felépítését tekintve azonban közel áll hozzá (277. ábra, c/).
- *Kétpályás konvejtör*; külföldi szakirodalmak „Power and Free” berendezésként nevezik, egy terhelt (Power) ágból – ezen mozog a vonóelem tartó futóművekkel összekapcsolt vonóelem – és egy (Free) szabad ágból – ezen mozog a függesztékeket tartó kocsiszerkezet – áll. A két ág elhelyezkedhet egymás mellett (277. ábra, d/), vagy egymás alatt (277. ábra, e/).
- *Alsópályás konvejtör*; e típusnál a teherhordó kocsiszerkezet a padlószinten mozog. A vonóelem lehet felsőpályán vezetett (277. ábra, f/) és padlószint alá süllyesztett (277. ábra, g/).
- *Forgóelemes függőpálya*; e konvejtör típus nem vonóelemmel, hanem hajlékony, helybenmaradó forgóelemmel van mozgatva. A forgóelem nagy menetemelkedésű és eh-

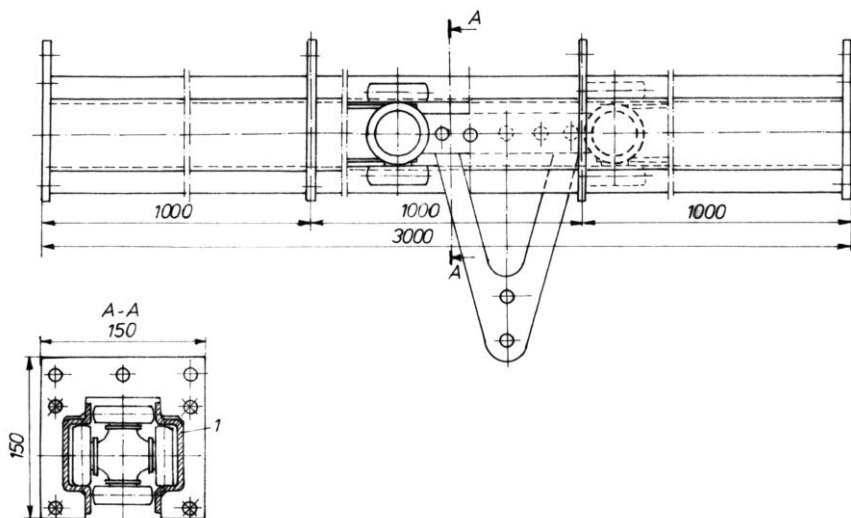
hez kapcsolódik a 1 futóművön lévő fél anya. A többi konvejtortól eltérően e típus nyitott pályán is működtethető.

5.2.3. Szerkezeti elemek

A futóművek kialakítása a pálya keresztmetszetétől és a vonóelemtől függ. A görgőtestek kovácsolt, sajtolt és öntött kivitelűek, kopásuk csökkentése érdekében futófelületük edzett. A görgők általában görgős csapágyazásúak, kisebb terheléseknél a siklócsapágyas megoldás is előfordul. Gördülő csapágyazású görgőt mutat a 278. ábra a hozzá kapcsolódó kengyelvel együtt. A vonóelem és a teherfüggesztő elem a kengyelhez kapcsolódik. Megjegyezzük, hogy nem szükségszerű, hogy minden futómű kengyelhez kapcsolódjon teherfüggesztő elem. Kardáncsuklós láncból kialakított futóművet mutat pályaszerkezettel együtt a 279. ábra.

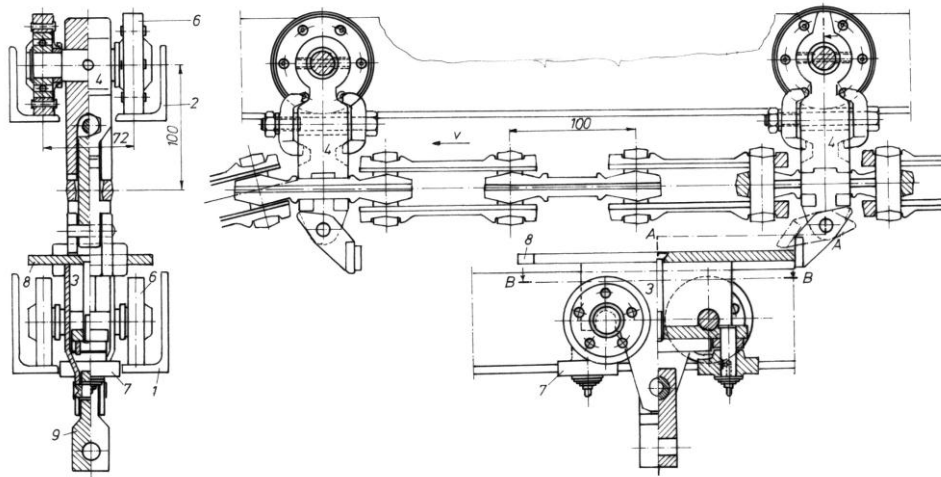


278. ábra

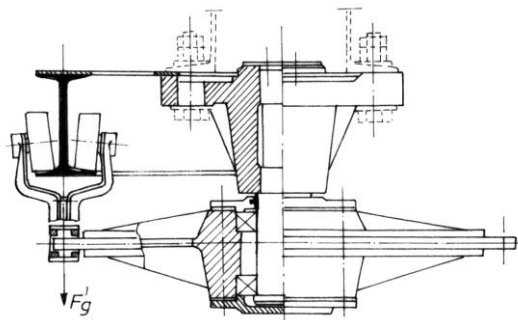


279. ábra

A kétpályás konvektorok futóművek eltér az eddigiektől. Felépítését a 280. ábra szemlélteti. Az alsó pályán mozgó kocsiszerkezet váltók segítségével tetszőleges pályára vezethető. A vonóelem terelő szerkezeteit a vonóelem kialakítása határozza meg. Kardáncsuklós lánc esetén a pályaszerkezet kialakításával biztosítjuk az irányeltérítést, míg egyéb lánc vonóelem esetén lánckerekes terelőmű – 281. ábra. Hasonló a terelés kötél vonóelem esetén is.

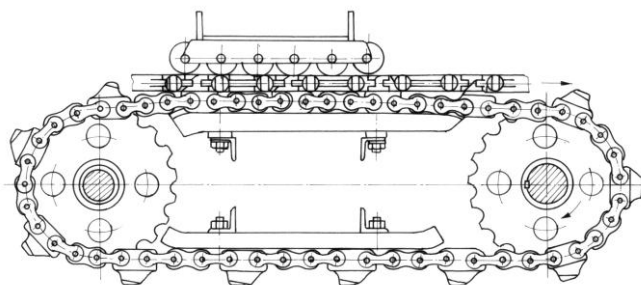


280. ábra



281. ábra

A vonóelem meghajtása – lánc vonóelem esetén – a vízszintes ívhajlatokban elhelyezett lánckerekes hajtás, vagy a pálya bármely helyén elhelyezhető segédlánccos hajtás. Erre mutat példát a 282. ábra.

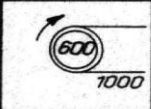
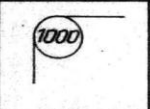
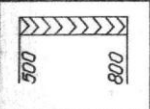
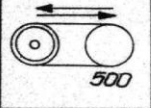
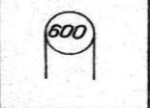
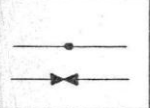
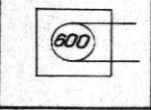

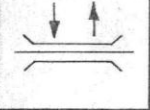
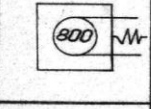
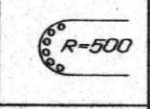
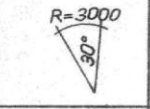
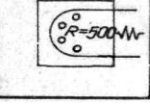
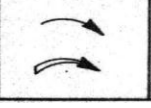
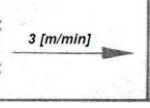


282. ábra

Alkalmazása egyenletesebb járást biztosít a konveor vonóelemének. A hajtóműbe a vonólánc akadása miatti lánccszakadás megelőzésére túlterhelésgátló szerkezet (nyomatékhatárolós tengelykapcsoló stb.) építendő be.

Ahhoz, hogy a lánc-vonóelemen biztosítani lehessen a minimális vonóerőt feszítőszerkezetet kell beépíteni. A feszítést általában 180°-os irányeltérítésű terelőkorong végzi, amely

görgőkön mozgó vázba van szerelve és feszítését súly, rugóerő, vagy csavarorsó végzi. Az egyes szerkezeti elemek jelképi jelölését a 283. ábra mutatja.

Függőkonvejer elemek jelképi jelölése					
	Lánckerék hajtás D=600 mm lánckerék átmérő F= 1000 [N] vonóerő		90°-os pályai Terelekorong át- mérő D = 1000 mm		Függőleges pályai és lejtős pályaszak- asz magasság érté- kekkel
	Segédlánchos hajtás F = 500 [N] vonóerő		180°-os pályai Terelekorong át- mérő D=600 mm		Pályafelfüggesztések lengő felfüggesztés merev felfüggesztés
	Súlyfeszítés Terelekorong átmérő D = 600 mm		45°-os görgős pá- lyai Pályai sugara: R = 1000 mm		Áru feladás és áru levétel
	Rugós feszítés Terelekorong átmérő D = 800 mm		180°-os görgős pályai Pályai sugara: R = 500 mm		Függőleges siku pálya iv 30°-os lejtéssel Pályai-sugár: R = 3000 mm (csak old.néz.rajzon)
	Rugós feszítés tere- lőgörgőkkel Pályai: R=500 mm		Forgásirány állandó sebesség esetén változó sebesség esetén		Mozgásirány, sebes- ség értékkel

283. ábra

5.2.4. Konvejek hajtás elhelyezési kérdései

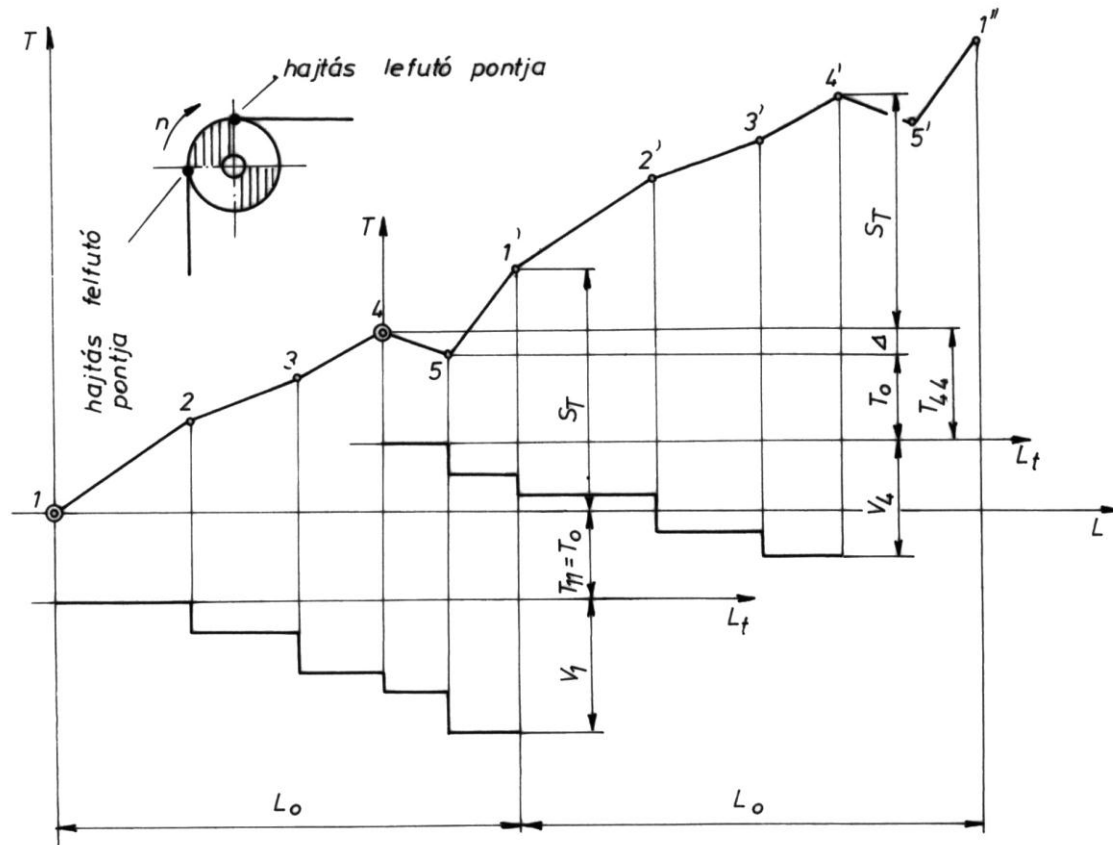
A konvejer pálya kialakítása folytán a vízszintes és függőleges ívhajlatokban fellépő veszteség – mint 0 pontban láttuk – a vonóerőtől és a terheléstől függ. Általában az esetek nagy hányadában a terheléstől függő helyi veszteségek elhanyagolhatók a vonóerőtől függők mellett.

Mivel egyes veszteségi helyeken más-más veszteségtényező van, a helyi veszteségek összege attól függ, hogy honnan indítjuk a vonóellenállás diagramot, azaz hol helyezük el a hajtást. A legrosszabb és legjobb elhelyezésközött adódó kerületi erő között 20 ~ 30%-os eltérés is lehet. A hajtás elhelyezésére több egymástól független feltételt tehetünk;

- minimális kerületi erő megvalósítása,
- a maximális vonóerő minimalizálása,
- minimális hajtásszámra való törekvés (többmotoros hajtások esetén).

Ezeket egyszerre kielégíteni általában nem lehetséges, így csak a fenti feltételek közül a kerületi erő minimalizálásával foglalkozunk.

A végetelen vonóelemes szállítás általános jellemzésénél megismert (247) összefüggés alapján a kerületi erő minimalizálása V_n minimalizálását jelenti, mert (243) szerint a hajtásel-
helyezéstől függetlenül $S_T =$ állandó. A számításhoz külön kell választani a sarokhajtás és a segédlánchos hajtás esetét. Először csak a pálya különböző koncentrált veszteségű helyeit vizsgáljuk meg, majd megnézzük, hogy a pálya tetszőleges pontjára kerülhet-e hajtás. Legyen a kiindulás a 284. ábra 1 hajtáshelyre vonatkozó teljes vonóellenállás diagramja, amely azt tétel-
lezi fel, hogy a hajtás minden esetben sarokhajtás. Ugyanis a hajtás lefutó pontjával kezdődik a diagram és itt nincs helyi veszteség.



284. ábra

A hajtásra vonatkozó összegzett helyi veszteség az ábra alapján:

$$\begin{aligned}
 V_{n1} = & T_{12} \gamma_2 + (T_{12} \gamma_2 + T_{13}) \gamma_3 + [T_{12} \gamma_2 + (T_{12} \gamma_2 + T_{13}) \gamma_3 + T_{14}] \gamma_4 \\
 & + \{T_{12} \gamma_2 + (T_{12} \gamma_2 + T_{13}) \gamma_3 + [T_{12} \gamma_2 + (T_{12} \gamma_2 + T_{13}) \gamma_3 + T_{14}] \gamma_n + \dots, \quad (266) \\
 & + \dots + [T_{12} \gamma_2 + (T_{12} \gamma_2 + T_{13}) \gamma_3 + \dots + T_{1(n-1)}] \gamma_{n-1} + T_{1n} \} \gamma_n
 \end{aligned}$$

ahol

$$T_{ki} = T_i - T_{ek} \quad (267)$$

(267)-ben T_{ki} a k hajtáshelyre vonatkoztatott tényleges vonóerő értékek, T_{ek} pedig a tényleges null-tengely és a kiindulási null tengely távolsága. $T_{ek} > 0$, ha az a tényleges null-tengely felett van, $T_{ek} < 0$ ha a tényleges null-tengely a kiindulási null-tengely alatt van. Mivel $\gamma = 0,01 \sim 0,05$ között változik, a harmadrendűen kicsi tagok elhanyagolhatók. Ezen elhanyagolással (266)

$$\begin{aligned}
V_{n1} &= T_{12} \gamma_2 (1 + \gamma_3 + \gamma_4 + \dots + \gamma_n) + T_{13} \gamma_3 (1 + \gamma_4 + \dots + \gamma_n) + \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&+ T_1 (n-1) \gamma_{n-1} (1 + \gamma_n) + T_{1n} \gamma_n
\end{aligned} \tag{268}$$

adódik. A többi feltételezett hajtáshelyre is elvégezve az összegzett helyi veszteségek számítását;

$$\begin{aligned}
V_{n2} &= T_{23} \gamma_3 (1 + \gamma_4 + \gamma_5 + \dots + \gamma_n + \gamma_1) + T_{13} \gamma_3 (1 + \gamma_4 + \dots + \gamma_n + \gamma_1) + \\
&+ T_{24} \gamma_4 (1 + \gamma_5 + \dots + \gamma_n + \gamma_1) + \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&+ T_{2n} \gamma_n (1 + \gamma_n) + \\
&+ T_{21} \gamma_1
\end{aligned} \tag{269}$$

$$\begin{aligned}
V_{n3} &= T_{34} \gamma_4 (1 + \gamma_5 + \gamma_6 + \dots + \gamma_n + \gamma_1 + \gamma_2) + \\
&+ T_{35} \gamma_5 (1 + \gamma_6 + \dots + \gamma_n + \gamma_1 + \gamma_2) + \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&+ T_{3n} \gamma_n (1 + \gamma_n + \gamma_1 + \gamma_2) + \\
&+ T_{31} \gamma_1 (1 + \gamma_2) + \\
&+ T_{32} \gamma_2
\end{aligned} \tag{270}$$

és

$$\begin{aligned}
V_{nk} &= T_{k(k+1)} \gamma_{k+1} (1 + \gamma_{k+2} + \dots + \gamma_n + \gamma_1 + \dots + \gamma_{k-1}) + \\
&+ T_{k(k+2)} \gamma_{k+2} (1 + \gamma_{k+3} + \dots + \gamma_n + \gamma_1 + \dots + \gamma_{k-1}) + \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&+ T_{kn} \gamma_n (1 + \gamma_n + \dots + \gamma_{k-1}) + \\
&+ T_{k1} \gamma_1 (1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_{k-1}) + \\
&+ \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&+ T_{k(k-2)} \gamma_{k-2} (1 + \gamma_{k-1}) + \\
&+ T_{k(k-1)} \gamma_{k-1}
\end{aligned} \tag{271}$$

A (271) összefüggésben

$$\left. \begin{aligned} T_{k1} &= S_T + T_{kk} - T_{1k} \\ T_{k2} &= S_T + T_{kk} - T_{2k} \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ T_{k(k-1)} &= S_T + T_{kk} - T_{(k-1)k} \end{aligned} \right\} \quad (272)$$

Tekintve, hogy V_{nk} elemei között olyan függvénykapcsolatot nem találunk, amely a minimalizáláshoz felhasználható, ezért V_{nk} -t valamennyi helyi veszteségű pontra ki kell számítani. Amely pontban V_{nk} -ra a legkisebb értéket kapjuk, abban a pontban elhelyezett hajtásnál kapjuk a minimális kerületi erőt.

A számítás lerövidítésére írjuk fel γ indexének megfelelően növekvő sorrendben a veszteségtényezőket, mint vektort és ennek a sorrendnek megfelelően a többi kifejezést, is mint vektort;

$$\vec{c} = \begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \gamma_3 \\ \gamma_4 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \gamma_n \end{bmatrix}, \quad (273)$$

$$\vec{b}_k = \begin{bmatrix} (1 + \lambda_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_{k-1}) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ (1 + \gamma_{k-1}) \\ 1 \\ 0 \\ (1 + \gamma_{k+2} + \dots + \gamma_n + \gamma_1 + \dots + \gamma_{k-1}) \\ (1 + \gamma_{k+3} + \dots + \gamma_n + \gamma_1 + \dots + \gamma_{k-1}) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ (1 + \gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_{k-1}) \end{bmatrix}, \quad (274)$$

$$\vec{a}_k = \begin{bmatrix} S_T + T_{kk} - T_{1k} \\ S_T + T_{kk} - T_{2k} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ S_T + T_{kk} - T_{(k-1)k} \\ 0 \\ T_{k(k+1)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ T_{kn} \end{bmatrix}, \quad (275)$$

Megjegyezzük, mivel \vec{c} vektor n elemű \vec{b}_k és \vec{a}_k vektorok a hajtáselhelyezéstől függetlenül mindig tartalmaznak egy nulla elemet. Mivel a számítást $k = 1, 2 \dots n$ hajtáshelyre kell elvégezni, képezzünk az így kapott vektorokból mátrixokat, úgy hogy a hajtáshelyeket jellemző vektorok közül \vec{a}_k -ok a mátrix sorai, \vec{b}_k -ok pedig a mátrix oszlopai legyenek

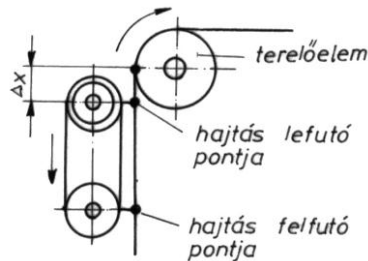
$$\underline{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad (276)$$

$$\underline{B} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{2n} \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{nn} \end{bmatrix}, \quad (277)$$

$$\underline{C} = \begin{bmatrix} \gamma_1 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & \gamma_2 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_3 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & & & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \gamma_n \end{bmatrix}. \quad (278)$$

Az $\underline{A}(\underline{C} \ \underline{B})$ mátrixok összeszorzása után kapott mátrix főátlóban lévő elemei adják az egyes hajtáselhelyezésekre vonatkozó összegzett helyi veszteségeket.

Segédláncos hajtás esetén a számítás kissé módosul, ugyanis a hajtást ilyenkor a terelőtárcsák előtt kell elhelyezni. Ez esetben a hajtás lefutópontja és a terelőtárcsa felfutópontja közelítőleg fedésbe kerülnek (285. ábra), így \vec{b}_k elemei módosulnak, mivel valamennyi terelőhelyen (veszteség helyen) ébred a vonóelemet terhelő helyi veszteség.



285. ábra

A három mátrix összeszorzásaként kapott új mátrix főátlóban lévő elemei – mint összegzett helyi veszteségek – közül a minimálisat választjuk. A minimális elemhez tartozó oszlop-szám adja az optimális hajtáshelyül szolgáló veszteség helyet. A $\underline{D} = \underline{A}(\underline{C} \ \underline{B})$ mátrix szorzat kiszámítása már 5x5 méretű mátrixok esetén is – kézi számítással – munkaigényessé válik. Ezért nagyobb méretű feladatok esetén számítógépi megoldást kell alkalmazni.

A továbbiakban egy számpélda keretében egy olyan kézi számítási módszert mutatunk be, amely alapvetően a fent említett mátrix-szorzásra épül, de abból csak a lényeges műveleteket végzi el.

Számpélda: egy adott (286. ábra) nyomvonalú konvektor terhelési és geometriai adatai az alábbiak:

- hosszúsági és magassági méretek:

$$\ell_1 = 100 \quad [m]$$

$$\ell_2 = 60 \quad [m]$$

$$\ell_3 = 30 \quad [m]$$

$$\ell_4 = 5 \quad [m]$$

$$a = 2 \quad [m]$$

$$\ell_5 = 60 \quad [m]$$

$$\ell_6 = 5 \quad [m]$$

- terhelt pályaszakasz: 1-2 és 7-12,

- terhelés:

$$q_o = 65 \quad [N / m],$$

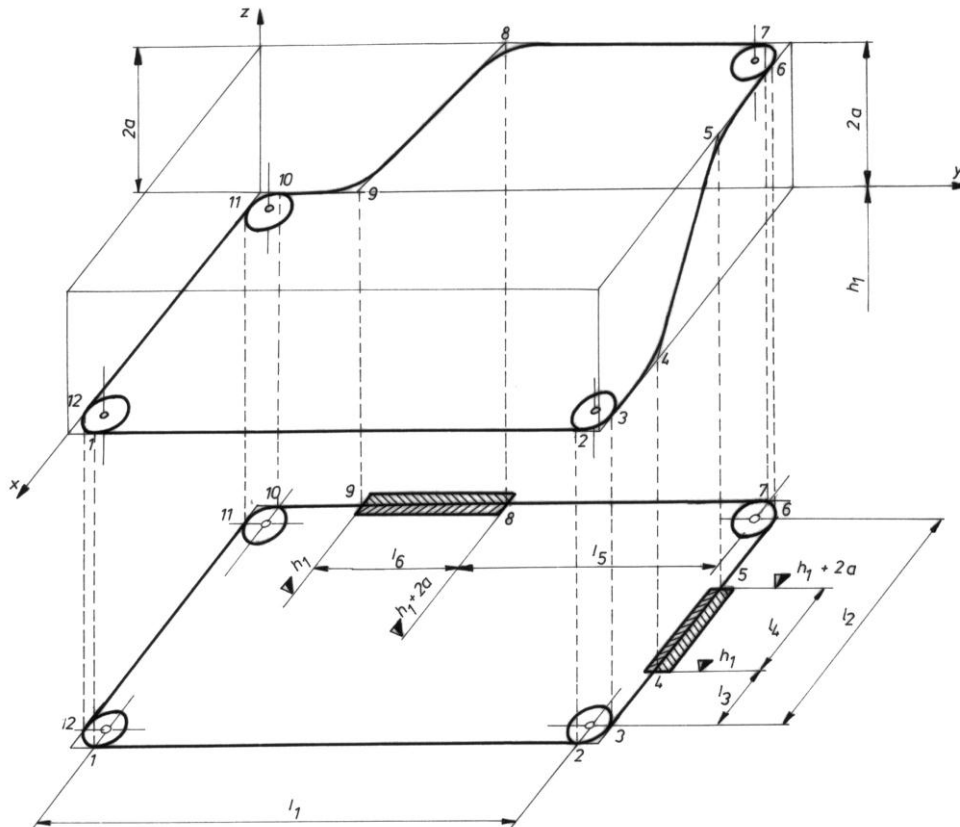
$$q_{i(1-2)} = 85 \quad [N / m],$$

$$q_{i(7-11)} = 150 \quad [N / m],$$

- előfeszítés: $T_o = 1000 \quad [N]$

- vízszintes terhelés veszteségtényezője: $\gamma = 0,045$

- függőleges terhelés veszteségtényezője: $\gamma = 0,030$



286. ábra

- veszteségtényezők:

$$\gamma_{12-1} = \gamma_1 = 0,045$$

$$\gamma_{2-3} = \gamma_2 = 0,045$$

$$\gamma_4 = \gamma_3 = 0,030$$

$$\gamma_5 = \gamma_4 = 0,030$$

$$\gamma_{6-7} = \gamma_5 = 0,045$$

$$\gamma_8 = \gamma_6 = 0,030$$

$$\gamma_9 = \gamma_7 = 0,030$$

$$\gamma_{10-11} = \gamma_8 = 0,045$$

- pályamenti ellenállás tényezője: $\mu = 0,15$

- ellenállások (vonóerők):

$$T_1 = T_{12-1} = 0,$$

$$T_2 = T_{2-3} = T_1 + \mu (q_o + q_{i(1-2)}) l_{12} = 0 + 0,15 (65 + 85) 100 = 2250 \text{ [N]},$$

$$T_3 = T_{4-4} = T_2 + \mu q_o l_{23} = 2250 + 0,15 \cdot 65 \cdot 30 = 2542,5 \text{ [N]},$$

$$T_4 = T_{5-5} = T_3 + \mu q_o l_{34} + q_o 2a = 2542,5 + 0,15 \cdot 65 \cdot 5 + 65 \cdot 4 = 2851,3 \text{ [N]},$$

$$T_5 = T_{6-7} = T_4 + \mu q_o l_{45} = 2851,3 + 0,15 \cdot 65 \cdot 25 = 3095,1 \text{ [N]},$$

$$T_6 = T_{8-8} = T_5 + \mu (q_o + q_{i(7-11)}) l_{56} = 3095,1 + 0,15 (65 + 150) 60 = \text{[N]},$$

$$\begin{aligned}
T_7 &= T_{9-9} = T_6 + \mu (q_o + q_{i(7-11)}) \ell_{67} - (q_o + q_{i(7-11)}) 2a = \\
&= 5030 + 0,15 (65 + 150) 5 - (65 + 150) 4 = 4331,3 \text{ [N]} \\
T_8 &= T_{10-11} = T_7 + \mu (q_o + q_{i(7-11)}) \ell_{78} = 4331,3 + 0,15 (65 + 150) 35 = 5460,1 \text{ [N]}, \\
S_T &= T_{12-1} = T_8 + \mu q_o \ell_{89} = 5460,1 + 0,15 \cdot 65 \cdot 60 = 6450 \text{ [N]}.
\end{aligned}$$

Megjegyezzük, hogy a távolságok indexe a veszteséghelyekre vonatkoztatott indexelést jelenti.

- a kiszámított értékek alapján megrajzolt vonóellenállás diagramot a 287. ábra mutatja,
- hajtáselhelyezés számítása: a módszer egy táblázatban foglalja össze valamennyi feltételezett hajtáshelyre a (43), (44) és (45) alapján meghatározott vektorokat, azzal a különbséggel, hogy (45)-ben a nulla elem helyén T_{kk} értéket szerepeltetünk. A végeredményen semmi változást nem hoz, de \vec{a}_k könnyebben felépíthető.

A felépített táblázatot az

1. táblázat mutatja. Nézzük példaképpen a 2. oszlop elemeit. Mivel ez esetben a minimális vonóellenállás a hajtás lefutó pontjában, azaz a 2 pontban ébred $T_{kk} = T_o = 1000 \text{ [N]}$, ezt tartalmazza a cella legfelső eleme. A megfelelő \vec{b}_k elem éppen nulla.

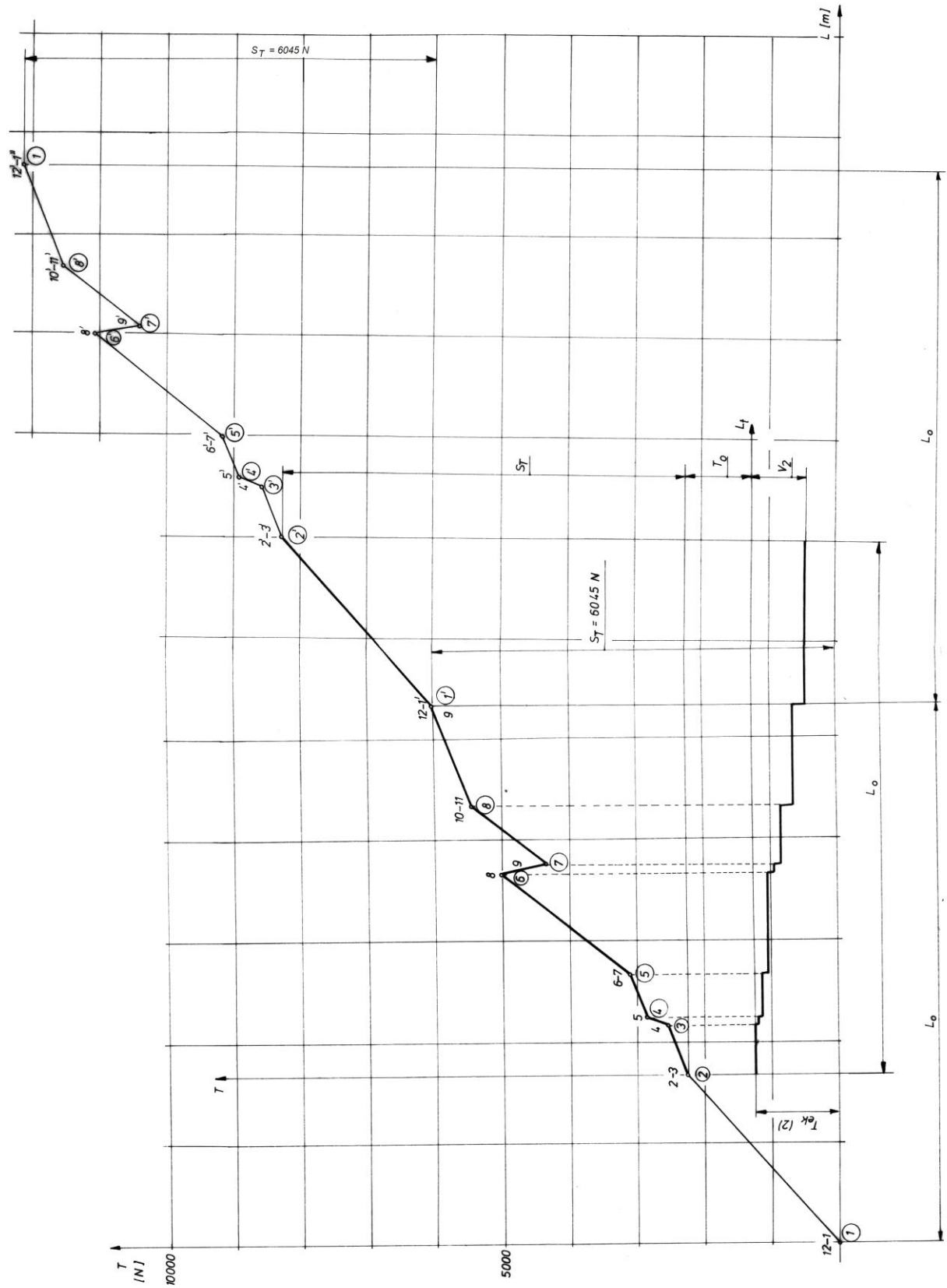
Az oszlopon lefele végighaladva, a cellák első helyére a megfelelő \vec{a}_k elemet, a második helyre pedig a megfelelő \vec{b}_k elemet helyezzük. A \vec{c} vektor elemeit az utolsó oszlop tartalmazza. Könnyen belátható, ha egy hajtáshelyre vonatkozóan elvégezzük az egyes cellákban lévő első és második, illetve \vec{c} ugyanazon sorban lévő elemének szorzását (39) összefüggés megfelelő tagjaihoz jutunk – ezt az értéket adja a cellában lévő harmadik szám. Ezeket összegezve megkapjuk a hajtáshelyre vonatkozó összegzett helyi veszteséget.

Elvégezve valamennyi feltételezett hajtáshelyre a számítást, azt kapjuk, hogy az összegzett veszteség a 2 helyen a legkisebb. Tehát ez az optimális hajtáshely, amely a 2-3 pályapontoknak felel meg. Itt legcélszerűbb sarokhajtást elhelyezni. A hajtáshely és a veszteségtényezők ismeretében az 0. pontban leírtak alapján meghatározhatók a helyi veszteségek és a teljes vonóellenállás diagram. E diagram szolgál a további méretezések (pl. hajtómotor, vonóelem, futómű stb.) alapjául.

5.2.5. Folyamatépítés konvejjorokkal

Az 0 pontban már említettük, hogy a konvejjorok előnyösen alkalmazhatók az automatizált gyártási folyamatokban. Illeszthetők folyamatos és szakaszos technológiákhoz. Az előbbire példa; festő, galvanizáló, hőkezelő technológiák, míg az utóbbira az alkatrészgyártó és szerelő helyeket összekötő konvejjor. Természetesen a konvejjor önmaga a folyamatot nem teszi folyamattá, ehhez olyan berendezések is szükségesek, amelyek a munkadarabok (egységgrakományok) feladását és elvételét végzik, illetve azt a kapcsolódó rendszerhez továbbítják. E problémák már automatizálási problémákat vetnek fel.

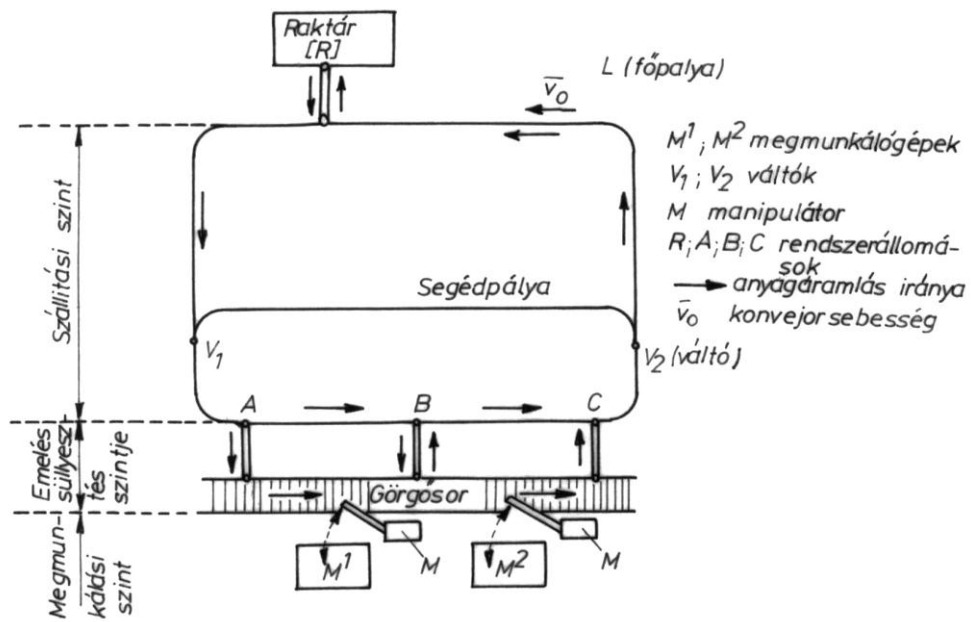
A 288. ábra egy konvejjorra épített rugalmas gyártórendszert mutat, amely a feladó és leadó helyen csatlakozik más alrendszerekhez. Az ábrán lévő A, B és C csatlakozási helyek (csomópontok) a technológiai rendszerhez való csatlakozást, az R (raktár) csatlakozási hely pedig a raktárhoz való kapcsolódást jelenti. A függőkonvejjor és a csomópontokban lévő átdadó berendezések alkotta rendszer biztosítja a raktár és a technológiai rendszer közötti kapcsolatot.



287. ábra

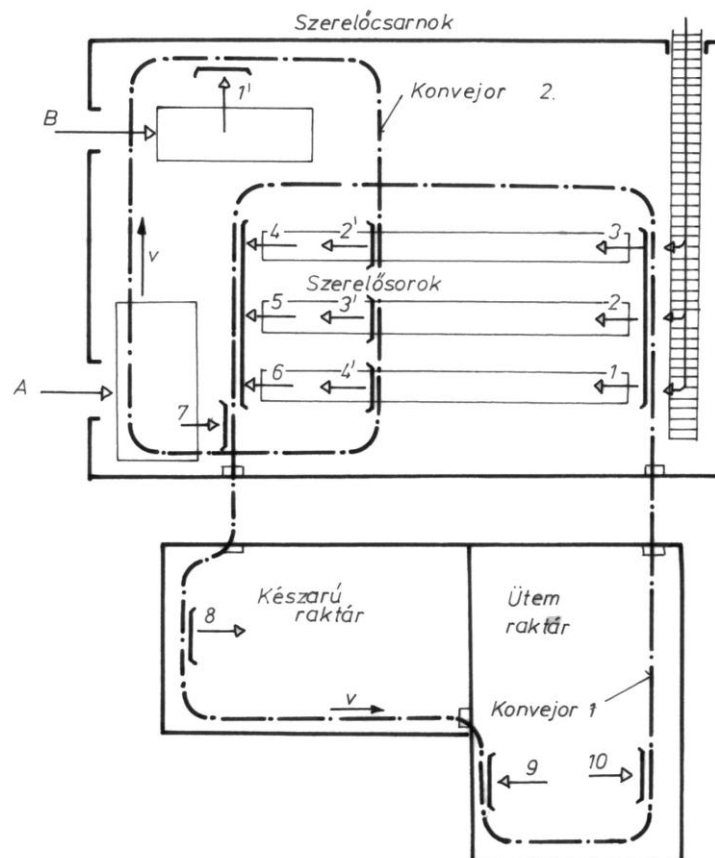
1. táblázat

	T _{ek}		1	2	3	4	5	6	7	8	γ
	T _i										
1	0	-1000	1000,000	4795,000	1542,5	1851,2	2095,1	3331,3	3331,3	4460	0,045
2	2250,00		1210	0,000	4502,500	4193,700	3949,900	2713,700	2713,700	1585,000	0,045
3	2542,50		1,180	1,225	1,045	1,075	1,105	1,150	1,180	1,210	0,045
4	2851,30		125,400	47,500	211,700	202,900	196,400	140,400	144,100	86,300	0,045
5	3095,10		132,900	57,400	6752,500	6443,700	6199,900	4963,700	4963,700	3835,000	0,045
6	5030,00		4095,100	1845,100	1000,000	6736,200	6492,400	5256,200	5256,200	4127,500	0,030
7	4331,30		6030,000	3780,000	3487,500	3178,700	2934,900	1698,700	7743,700	6615,000	0,030
8	5460,00		6460,000	4210,000	2788,800	2480,000	2236,200	1000,000	1000,000	5916,300	0,030
V _n			1291,000	841,900	1069,000	1155,000	1259,000	1144,000	1362,000	1180,000	

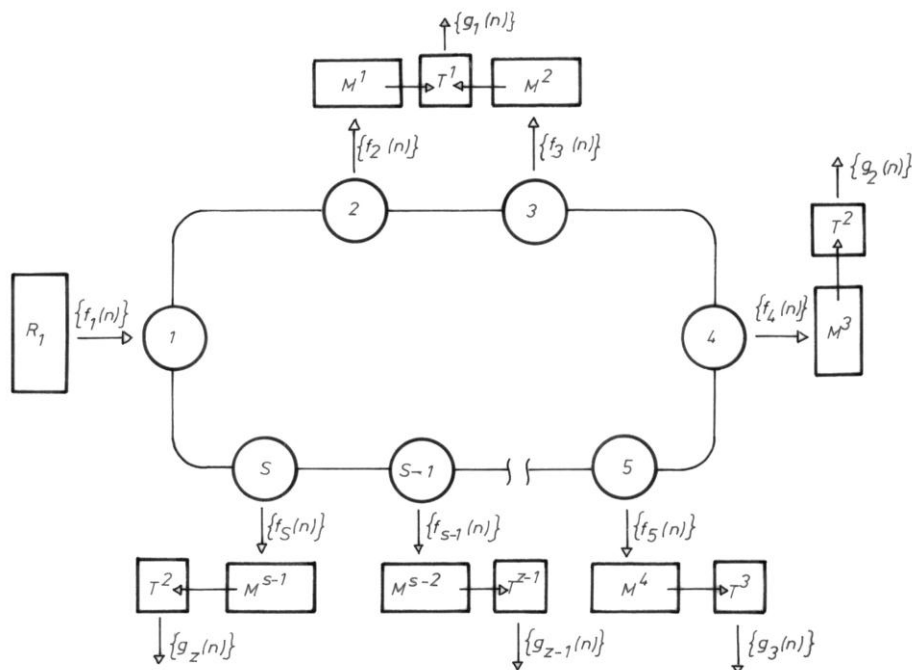


288. ábra

Más típusú függőkonvejtörrel felépített folyamatokat mutat a 289. ábra és a 290. ábra.



289. ábra



290. ábra

A járműgyártás a konveor rendszerek alkalmazásának kiemelt területe, a szerelő- és festőrendszerekben széles körben alkalmazott berendezések.

A konveorokkal megvalósítható szállítóképesség a 257. ábra jelöléseit felhasználva:

$$Q = 3,6 \frac{G}{t_o} v \quad [t / ó], \quad (279)$$

ahol G a szállított anyag tömege $[kg]$ -ban, t_o a függesztőelemek távolsága $[m]$ -ben, v pedig a konveor sebessége $[ms^{-1}]$.

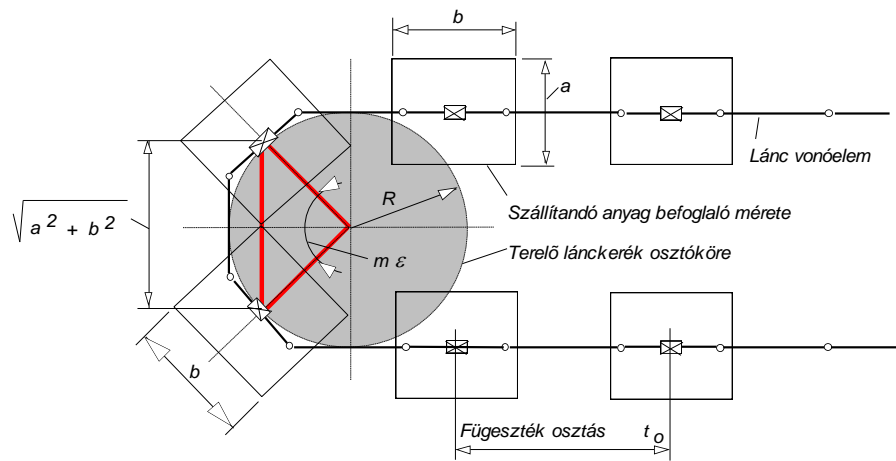
A függesztőkosztások megválasztása nem lehetséges csupán a szállítóképesség, a szállítandó anyag súlya és a sebesség alapján. Azt konstrukciós paraméterek is behatárolják, mint a vízszintes ívhajlatok sugara, – 291. ábra – a szállítandó anyag méretei és a pálya emelkedése. A vízszintes ívhajlat sugarának, – a szállítandó anyagok ívhajlatban való összeütközésének elkerülésére – ki kell elégíteni a

$$2 R \sin \frac{m \varepsilon}{2} > \sqrt{a^2 + b^2},$$

illetve a

$$R > \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2 \sin \frac{m \varepsilon}{2}} \quad (280)$$

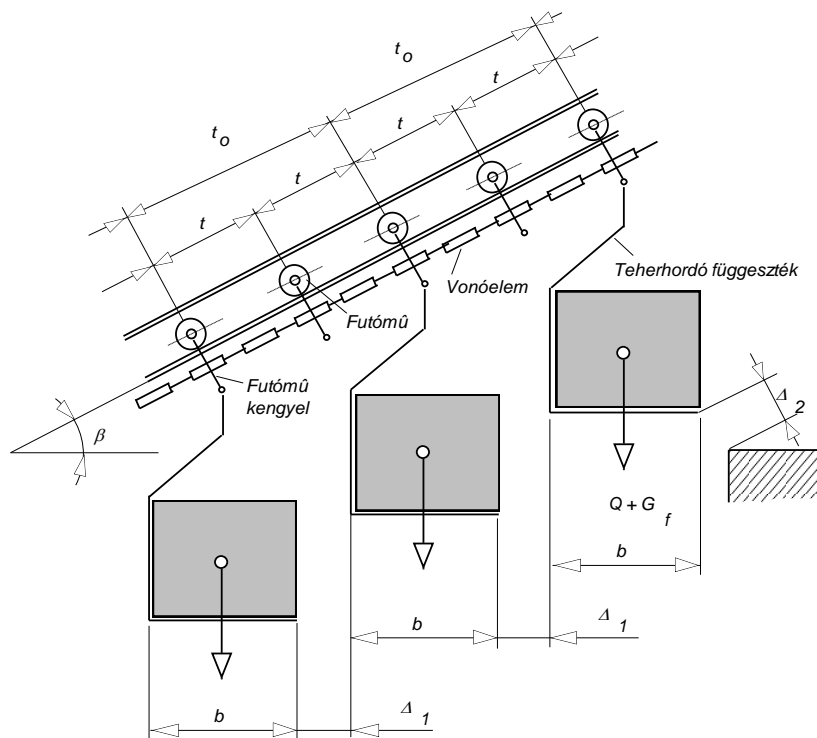
feltételt.



291. ábra

A pálya emelkedés függesztékosztásra gyakorolt hatását a 292. ábra szemlélteti, amely alapján

$$t_{o \min} \geq \frac{b + \Delta_1}{\cos \beta} \quad (281)$$

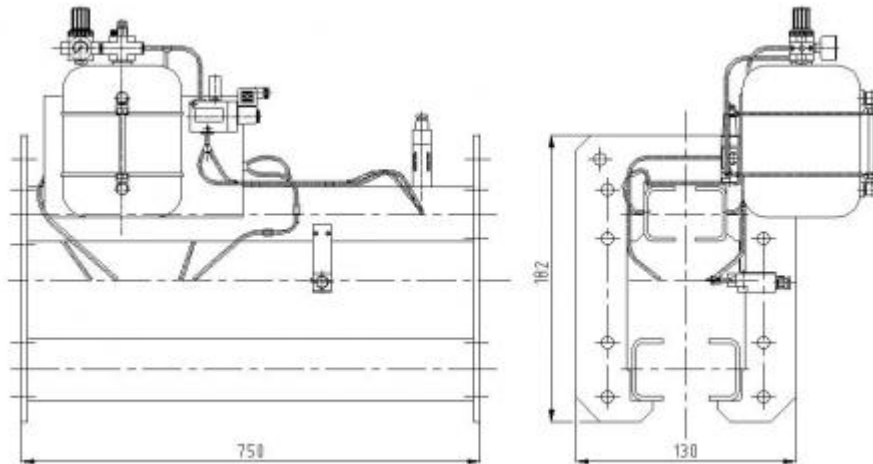


292. ábra

5.2.6. Konvektor típuselemek

Jelen fejezetben az EMAPOT Kft. könnyű konvektor típuslemeit mutatjuk be.

Lánckenő berendezés (293. ábra)

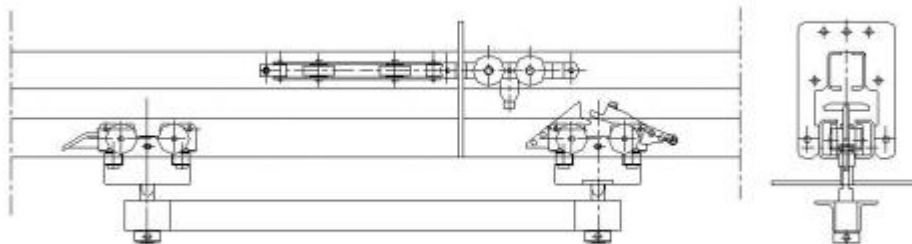


293. ábra

Feladata: A kardáncsukló és csapágyak kenése a tovahaladó láncnál.

Műszaki jellemzők: A érzékelők által kiváltott pillanatban a lánc kenése 4-8 ponton Pneumatikus, vagy tisztán elektromos megoldás takarékosan adagolja az olajat.

Kocsiszerelvény (294. ábra)



294. ábra

Feladata: A továbbítandó áru felvétele és szállítása.

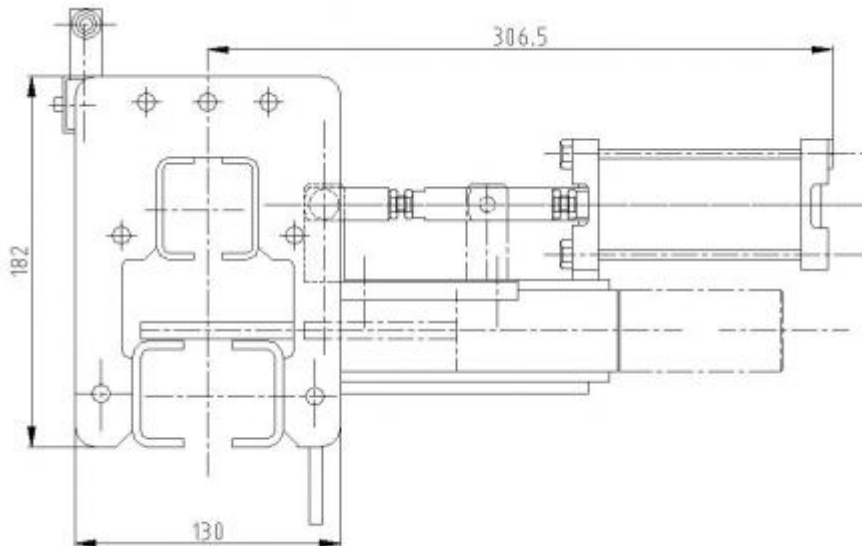
Műszaki jellemzők: Vezető és hátsó teherkocsiból és összekötő rudazatból áll a teherkocsi szerelvény. Különlegesen nagy méretek vagy súlyok esetén a szerelvény bővíthető közbelső teherkocsikkal. A gyakorlatban előfordul 2-3-4 8 kocsis szerelvény is.

Vezető teherkocsi: A vezető teherkocsiban helyezkedik el a konvektorláncához kapcsolódó kapcsolókar és tartóelem. A kapcsolókar forgathatóan van ágyazva és az elején csapágyazott görgő van. Alaphelyzetében a kocsi a konvektor láncra kapcsolódik. Megállítóba érkezve, vagy előző szerelvényt utolérve a kapcsolókar a láncról lekapcsolódik és egyidejűleg

lenyomja a tartó elemet is, szabad áthaladást biztosítva a folyamatosan haladó konvektor láncnak és az azon lévő tolóelemeknek.

Hátsó teherkocsi: A hátsó teherkocsira egy vezérlő felfutó pálya van felszerelve, melyre az érkező következő szerelvényt lekapcsolja.

Megállító (295. ábra)

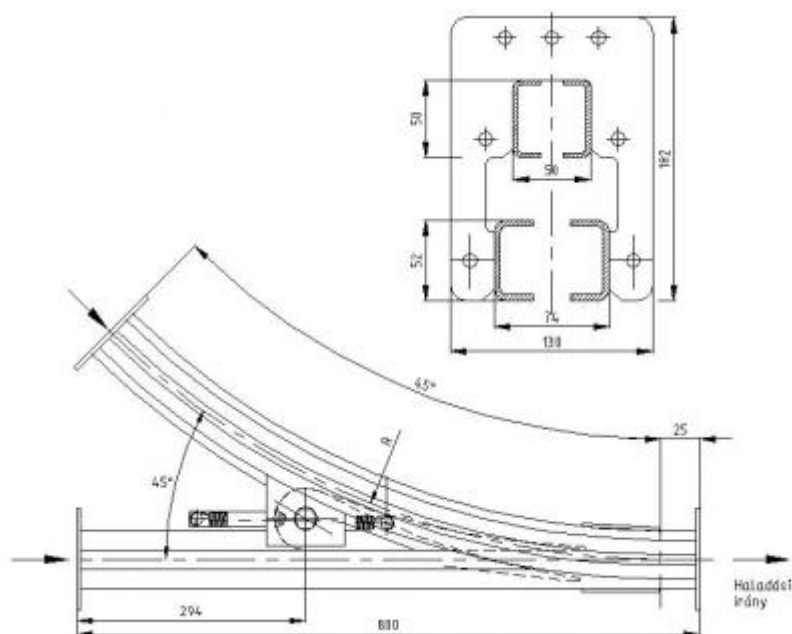


295. ábra

Feladata: Megállítani az alsó pálya kocsiját a kapcsolókar lenyomásával.

Műszaki jellemzők: Egy pneumatikus munkahenger nyitja és zárja a reteszt. A retesz lekapcsolja és tartja a vezető teherkocsit. A beépített visszafutásgátló, pedig megakadályozza a szerelvény visszafutását.

Összefutó váltó (296. ábra)

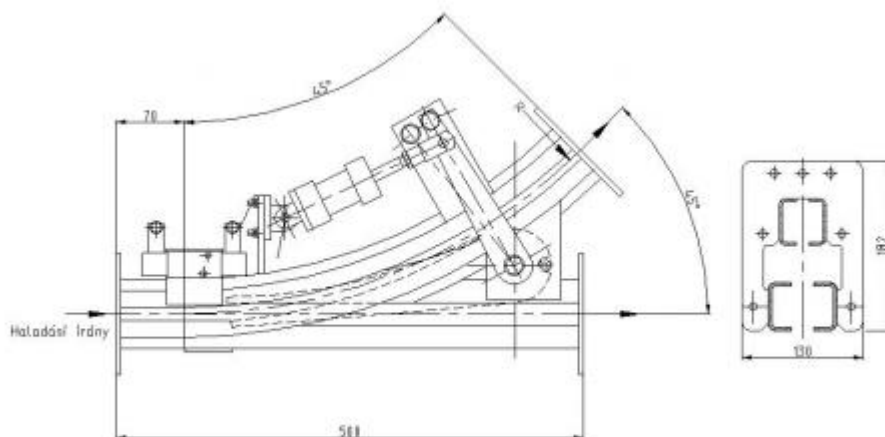


296. ábra

Feladata: Mint a passzív átadó váltó, lehetővé teszi a kocsik átfutását mind az ívről, mind az egyenesről, mivel a váltó nyelve szabadon mozoghat.

Műszaki jellemzők: Kivitele jobbos- vagy balos váltó; A váltónyelv (minden kivitelnél azonos) csúszócsapágyas kivitelű, a hordozólap és a váltó közt oldható és stabil helyzetű; Messzemenően ellenálló a rázkódásokkal szemben és biztosítja a kocsik zavarmentes áthaladását;

Szétágazó váltók (297. ábra)

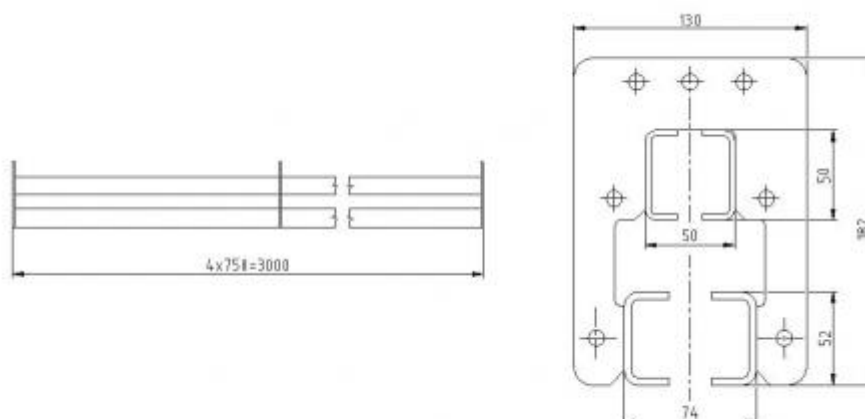


297. ábra

Feladata: Mint aktív átadó, lehetővé teszi a kocsik irányváltását elektromos, vagy pneumatikus váltónyelv állítással, a vonólánc működtetésével.

Műszaki jellemzők: Kivitele szerint jobbos vagy balos váltó. A váltónyelv (minden kivitelnél azonos) csúszócsapágyas kivitelű, tehermentesített váltónyelvvél, az összefutó váltónál is stabil véghelyzettel. Messzemenően rezgésmentes kocsik áthaladását garantált; Könnyen megvalósítható a kézi átváltás is pl.: áramkimaradásnál.

Konvejpálya (298. ábra)

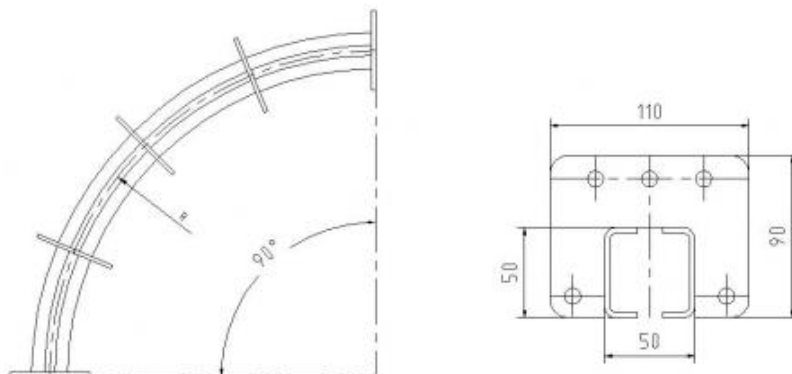


298. ábra

Feladata: A vonólánc vezetése és a kocsi szerelvényen keresztül a teher hordása. A felső sín vezeti a láncot, (láncpálya) az alsó sínben futnak a kocsik (teherpálya). A két pálya együttesét nevezzük szállítópályának.

Műszaki jellemzők: A konveor pályaelemek hidegen hajlított idomacélokból készülnek. A láncpálya 2 db. 50x18x3 mm-es méretű 'U' szelvény, a teherpálya egymással szembe fordított 2 db. 50x23x4 mm-es méretű 'U' szelvényből áll. A pályaelemeket furatokkal ellátott pályaösszekötők tartják össze. Függőleges hajlítási ív fokozatonként 45°-ig; Vízszintes hajlítási ív fokozatonként 90°-ig;

Láncpálya (299. ábra)



299. ábra

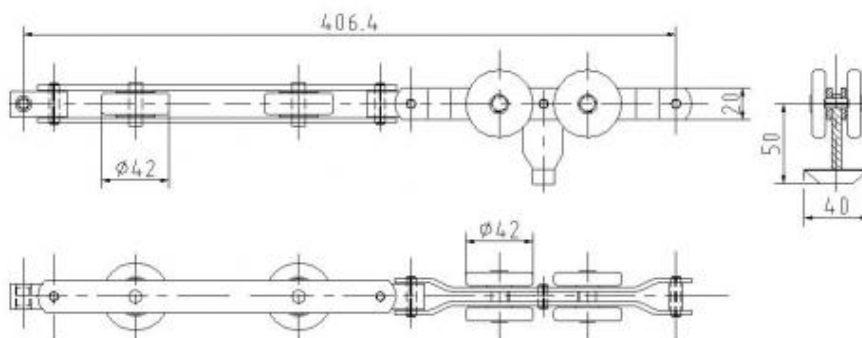
Feladata: A vonólánc megvezetése és a teher hordása. A különböző pályaelemek megfelelő kombinációjával tetszés szerinti nyomvonalú pálya alakítható ki.

Műszaki jellemzők: A konveor pályaelemek hidegen hajlított idomacélokból készülnek. A 2 db. 50x18x3 mm-es méretű hidegen hajlított 'U' szelvényt pályaösszekötő lemezek tartják össze, amelyek furatokkal vannak ellátva. A pályaszakaszok ezen furatok segítségével, oldható kötéssel egymáshoz csatlakoztathatók illetve függeszthetők.

Függőleges hajlítási ív fokozatonként 45°-ig;

Vízszintes hajlítási ív fokozatonként 90°-ig;

Konveorlánc (300. ábra)

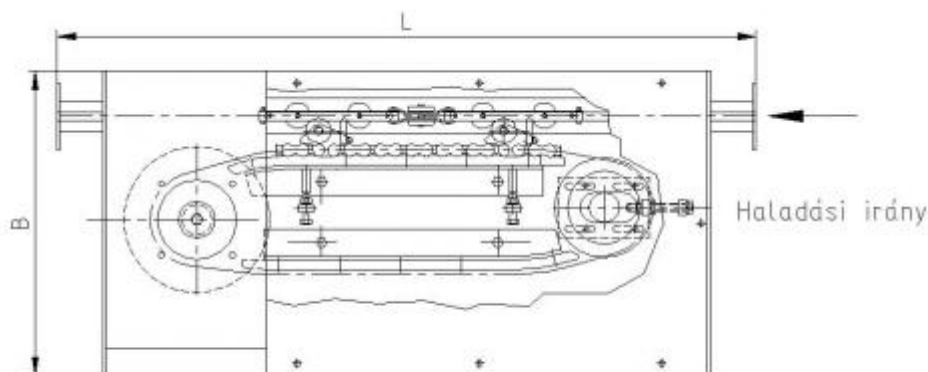


300. ábra

Feladata: Vonóeszköz és egyidejűleg teherhordozó is az egypályás konvejnál és vonóelem a kétpályás rendszerekben;

Műszaki jellemzői: A vezetőtag és a tehertag a láncegységben feszítőhüvellyel lett összekötve. A futó és a terelőgörgők egysoros golyóscsapággal lettek szerelve.

Segédlánchos hajtás (301. ábra)



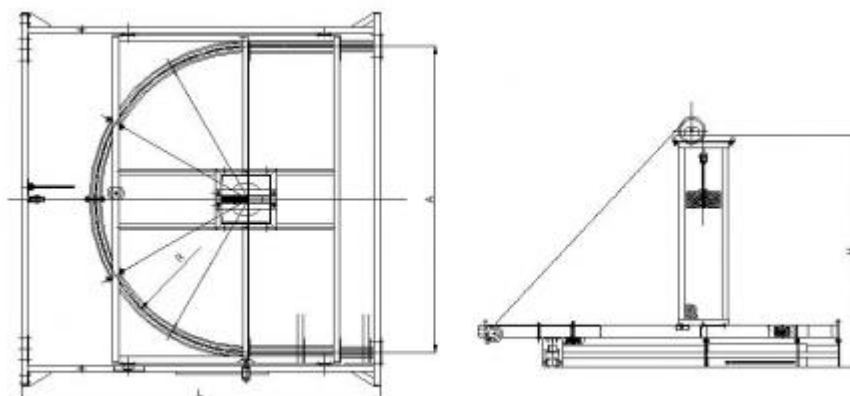
301. ábra

Feladata: A konvejlánc hajtása.

Műszaki jellemzők: Erőátvitel a hajtóműről egy csúszó tengelykapcsolón keresztül adódik át a hajtó lánckerekre. A hajtó és feszítő lánckerekre egy segédlánc van illesztve. A segédláncon lévő görgők hajtják a konvejláncot. Az erőátvitel tehát két görgő között jön létre, így ez a megoldás nyugodt, rángatás mentes hajtást eredményez. Túlterhelés esetén a tengelykapcsoló megcsúszik, amit a vezérlés érzékel és elektromosan is lekapcsolja a hajtást.

Különleges felszerelés: Távműködtetés; Távolsági fordulatszám kijelzés és aszinkronmotoros vezérlés frekvenciaszabályozással; Egy lekapcsoló automatika, amely egy induktív határérték érzékelő által a slip-re (csúszásra) hat.

Feszítőállomás (302. ábra)



302. ábra

Feladata: A konvektor nyugodt egyenletes üzemét kellően előfeszített vonólánc biztosítja. Ezért minden konvektorjárnál feszítőegység van beépítve.

Műszaki jellemzők: A feszítőerőt biztosíthatja súly, nyomórugó, pneumatikus munkahenger. A feszítőmű alapvetően mozgó és álló pályaszakaszról áll. A mozgó és állórész együttesen egy tartókeretre van felerősítve, amelynél fogva a feszítőmű felfüggeszthető.

5.2.7. Konvektorok karbantartása

A függőkonvektorok tervszerű karbantartása lehetővé teszi a gyártósor hatékony üzemelését, a meghibásodása viszont lassíthatja vagy le is állíthatja a termelést. Élettartamának növelésében tehát fontos tényező a rendszeres karbantartás a váratlan, üzemkiesést okozó meghibásodások megelőzése érdekében.

A karbantartás nem csupán a konvektor védelmét szolgálja, hanem egyúttal kihat a szállított termék minőségére és megbízhatóságára, valamint a termelés folyamatosságára, továbbá a dolgozók munkahelyi biztonságára is. A konvektorok többségét a karbantartó személyzet védelme érdekében felszerelik olyan biztonsági berendezésekkel, mint végállás-kapcsolók és vészleállítók, és időszakonként ezeket is ellenőrizni kell. Ezeknek a vezérlőberendezéseknek a meghibásodása vagy helytelen működése baleseteket, súlyos sérüléseket okozhat a munkásoknak. Ezért a konvektorokat gyártó cégek rendszerüket ajánlott karbantartási dokumentációval szállítják. Ennek ellenére az üzemeltetők a rendszeres karbantartást gyakorta elmulasztják olyan okokból, mint nagy költséget okozna, nagy az időráfordítás stb.

Ez néha annak tulajdonítható, hogy a függőkonvektorokat gyakran a technológiai rendszer részeként adják el, és amikor a kezelőszemélyzet helyszíni betanítása következik, akkor az installáló cég szakembere hangsúlyozza, hogy a konvejort a gyártósor alapelemének kell tekinteni. Mindazonáltal a karbantartás szükségességét nyilvánvalóvá kell tenni az üzemvezetés számára is.

Karbantartási terv; A gyártók által ajánlott karbantartási tervet az üzemeltető gyár műszaki gárdájának figyelembe kell venni, vagy meg kell jelölni egy szervizcéget, amely olyan testre szabott karbantartási szerződéseket kínál, amelyek megfelelnek a gyár egyedi igényeinek. A szerződés kiterjedhet a következőkre: (A) teljes szerviz, felügyelet és a működés be szabályozása, (B) felügyelet és jelentés készítése a termelőüzem által végzett karbantartásról, (C) felügyelet, valamint jelentés készítése a gyár műszaki személyzete számára. Nyilvánvaló, hogy a szerződéses szerviz előnyös a megrendelők számára és megnyugtatja őket az a tudat, hogy szakmai segítségre számíthatnak vészhelyzetekben.

Az MCM Conveyors szervizcég tapasztalatai szerint a raktáron tartott tartalék alkatrész készlettel meg tudták oldani a váratlan villamos vagy mechanikai üzemzavarokat. A kicserélhető lánctagokkal, amelyek a függőkonvektorok fő elemei, a konvektorok karbantarthatók és javíthatók. Az üzemi környezettől, valamint a terheléstől és a műszakszámtól függően kell meghatározni a szükséges karbantartás gyakoriságát. Pontosabban, minél nagyobb a környezeti igénybevétel, annál több karbantartást igényel a konvektor. Az ajánlott karbantartás akkor a legkedvezőbb, ha azt jól képzett személyzet végzi el.

A leggyakoribb hiba okok és meghibásodások; Néhányan a kenés hiányát okolják, amely a konvektor karbantartásánál kulcskérdés. Igen egyszerű a kenést elvégezni és nem is költséges; nincs is mentség az alulolajozottságra, amellyel szorosan összefügg a konvektor élettartama.

Míg a túlolajozottság még mindig kedvezőbb a kevés olaj bejuttatásánál, mégis gondot okozhat. A nyilvánvaló kenőanyag-veszteségen és az esetleges megcsúszáson túlmenően a túl sok kenőanyag lecsöpög és igen költségesen ártalmatlanítható szennyeződést okoz a gyártási folyamatban.

A tisztaság fontosságát rendszerint alulértékelik. A szennyeződés és a lemorzsolódott apró részecskék a késztermék minőségének ellenségei, tehát lényeges a lánc és a függesztékek rendszeres tisztítása. A tiszta környezetben üzemelő új rendszereknél pl. az MCM Conveyors általában a kitérőpályák beépítését ajánlja, amelyeket speciálisan arra terveztek, hogy ezáltal elkerüljék a termék szennyeződésének kockázatát pl. az élelmiszeriparban, ruházati iparban, bevonatkészítésben, műanyag alkatrészek gyártásában stb.

A „C”-alakú, oldalra kinyúló függeszték alkalmazása – összevetve az alulról kinyúló egyenes függesztékekkel – védelmet biztosít a konvejlánc ellenében, így elkerülhető a termék szennyeződése; a lemorzsolódott apró részecskék és túlolajozottság esetén az olajcseppek nem hullhatnak az anyagra.

Ha a rendszert automatikus olajadagolóval látják el, ez pontosan megfelelő mennyiségű kenőanyagot juttat a szükséges helyre, ez a lánc hosszú élettartamának kulcsfontja.

Ajánlások a konvejlörök karbantartásához;

- Legyen egy felelős dolgozó a konvejlör rendszeres ellenőrzésére – vegye észre ha akadódik, rángat, hallja meg a csikorgást, feszülést. Mindenki egyetért abban, hogy ilyenkor rendellenesség van, ám ha idejekorán beavatkoznak, megelőzhető az üzemi kiesés.
- Mindig olyan kenőanyagot kell használni, amely megfelel mind az igénybevételnek, mind az üzemi környezetnek.
- A karbantartási ütemterv a saját körülményeknek megfelelő legyen.
- Fontos figyelembe venni a konvejlör vonalán dolgozó fizikai munkások véleményét, mert igen hasznos megfigyeléseik lehetnek. Nem biztos, hogy minden esetben helytálló a meglátásuk, de a problémák észlelésében általában igazuk van.
- Különleges figyelmet kell fordítani a konvejlör nehezen hozzáférhető részeire, mivel ezek a részek nincsenek szem előtt. Például a kellő óvintézkedések megtételével, jó erős megvilágításban kell ellenőrizni a leállított kemence mellett a konvejlört, meggyőződve arról, hogy a kemence leállt, kihűlt, és a biztonsági berendezések megfelelően működnek. Megfontolandó stabil vagy mobil karban-tartó állások felépítése, vagy létrák elhelyezése.
- Ellenőrizni kell a lánc feszességét – a túlzott feszítés a hajtómű és a lánc idő előtti elhasználódását eredményezi, míg a laza lánc esetén bekövetkezhet megcsúszás, feltorlódás, esetleg elakadás.
- A rendszer nyomvonalában a hajtómű előtti vízszintes és függőleges szakaszok valószínűleg a lánc legnagyobb húzó igénybe-vételi helyei, ezért ezeknek a helyeknek az elhasználódását ellenőrizni kell. Ha meghibásodtak, a lánc húzó igénybevétele a normálisnál nagyobb lesz. Az elhasználódást a lánc alulolajozása, a túlfeszítés, illetve a túlterhelés okozhatja.

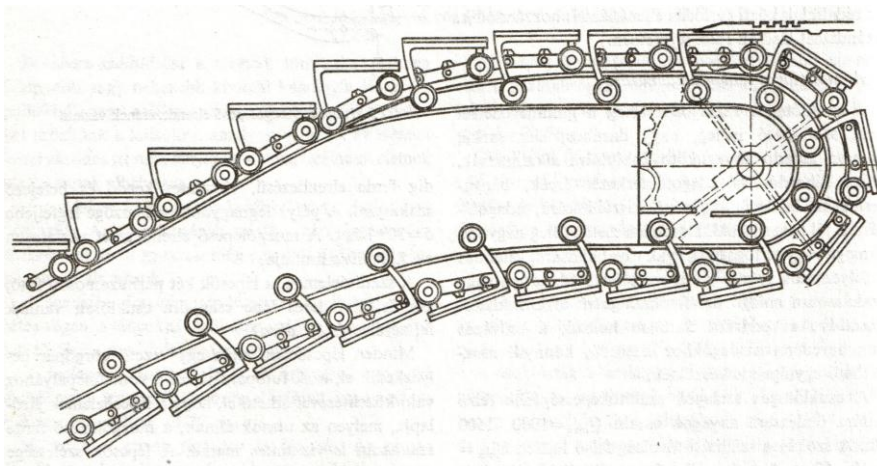
5.3. Mozgólépcsők, mozgójárdák

A mozgólépcsők és mozgójárdák szerkezetét felépítő elemek sokban hasonlítanak, a folyamatos anyagmozgató berendezésekhez, csak itt az anyagmozgató tárgyai személyek, ennek ellenére szállításuk ugyanúgy rendezetten és szabályozottan történik, mint azt az ömlesztett- vagy darabáruknál. Eltérés a *feladás* és a *levétel* folyamatában van, abban ugyanis a személyek öntevékenyen vesznek részt. Ezt az öntevékenységet segíti, hogy a felszállási és a kiszállási szakaszban a lépcsők közötti távolság automatikusan megváltozik, s míg a középső részen a lépcsők élének pályája a vízszintessel jelentős szöveget ($25^\circ < \alpha < 35^\circ$) zár be, addig a két végén az, $\alpha = 0^\circ$. Ezt a vízszintes szakaszt egyébként legalább három-három lépcsőből alakítják ki.

A mozgólépcsők kifejlesztését a nagyvárosok kialakulásával együtt járó nagyfokú személyforgalom tette szükségessé. Az első berendezések áruházakban létesültek, és általában csak fel irányban szállítottak, hogy a vásárló minél gyorsabban távol kerüljön a kijárattól, és minél lassabban érjen oda vissza. A berendezések viszonylag alacsony sebességgel (0,25 – 0,5 m/s), és kis emelőmagassággal (3 – 5 m) készültek. Ezeket a mozgólépcsőket használták a későbbiekben azután a kéregvasutak, és az aluljárók kiszolgálására is, sőt mind gyakoribbá vált a párban való telepítés a kétirányú forgalom biztosítására. Az aluljárók mind nagyobb mérete, majd azután a repülőterek gigantikus méretei szükségessé tették a mozgójárdák alkalmazását, melyeknek emelési szakasz nincs, csak beszállási és a kiszállási szakaszból állnak. Jelentősen eltérnek az eddig tárgyaltaktól a metrók mozgólépcsői. A pályák hajlásszöge egységesen, $\alpha = 30^\circ$, a sebesség $v = 0,75 - 0,9$ m/s, az emelőmagasság pedig a $H = 50$ m -t is eléri. Metróknál a két mozgólépcső alkalmazása kevés, legalább hármat kell telepíteni.

5.3.1. Mozdólépcsők szerkezeti kialakítása

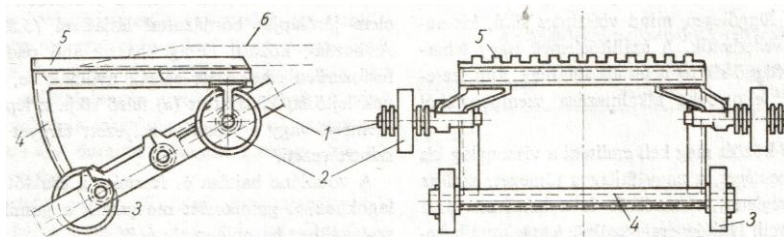
A mozgólépcsők hajtása villamosmotorból és homlok fogaskerekes, vagy gyakran kúpfogaskerekes hajtóműből áll, és két oldalra van kihajtása. A tengelyvégeken egy-egy lánckerék helyezkedik el, ezek mozgatják a végtelenített láncot, amely a kocsiszerűen kialakított lépcsőtárgakat mozgatja. A láncokat a tényleges szakítóerő ismeretében választják meg oly módon, hogy üzem közben annak legfeljebb 10%-a megengedett. (Sajnos vannak forgalomban olyan szabványok és előírás gyűjtemények is, amelyek megalégszenek 5-ös, vagy 8-as biztonsági tényezővel). A mozgólépcső lépcső kocsik vezetését a 303. ábra mutatja.



303. ábra

A láncokhoz közvetlenül kapcsolódnak a lépcső kocsik, melyek körcikk keresztmetszetűek, és középponti szögük megegyezik a pálya meredekségével. A vonóláncok a középpont közelében lévő tengely két végéhez csatlakoznak egy-egy görgővel, továbbá a sugár és a körív találkozásánál van a lépcső két oldalán egy-egy szabadon futó görgő is. A másik sugáron helyezkedik el a járó felület, amely kopásálló keskeny hosszanti bordázattal van ellátva.

Az egyenletesen emelkedő pálya-szakaszon a görgők egy síkban, de külön vonalon futnak, azaz a két görgőpárnál a keréktávolság nem azonos. Ez teszi lehetővé, hogy a már említett vízszintes szakasz kialakítását. A felső és az alsó görgők ezeken a helyeken külön-külön pályára kerüljenek. Ezek távolságának a változtatásával akár kisebb lépcsőfok magasságot, akár, mint arról már volt szó vízszintes szakaszt is be lehet állítani. A lépcső kocsik lánc vonóelemhez való kapcsolódását a 304. ábra mutatja. Az ábrán 1 a vonólánc, 2 a láncgörgő, 3 a vezetőgörgő, 4 a lépcső kocsik, 5 a járólappal, 6 az ún. fésű.



304. ábra

A mozgólépcső működésének szerves eleme a gumikorlát mely meghajtását ugyanarról a hajtóműről kapja, de nem kényszerkapcsolattal hanem súrlódó hajtással. A lánchoz hasonlóan a terhelésváltozás hatására a gumikorlát hossza is változik, amit folyamatosan kompenzálni kell. Ezen szerkezeti elemek terhelésváltozás hatására bekövetkező hosszváltozásán kívül, számolnunk kell egy, az idő függvényében jelentkező folyamatos nyúlással is. Ezt a lánccok esetében az előre tervezett főjavítás keretében, a gumikorlátnál pedig a szükségletekhez igazodóan, egy darabot kivágnak belőle és helyszíni vulkanizálással újra végetlenítik.

Az előzőekben felsorolt részegységek valamennyi mozgólépcsőnél megtalálhatók, és kisebb konstrukciós eltérésektől eltekintve, lényegileg azonosak, méretek vonatkozásában azonban vannak eltérések. Jelentős eltérés tapasztalható a vázszerkezet kialakításánál, ahol két alaptípust különböztetünk meg. Az egyik az ún. rövidkarú, a másik a hosszúkarú kivitel. A különbség nem csak a pálya hosszában van, ebből azonban jelentős szerkezeti eltérések is adódnak.

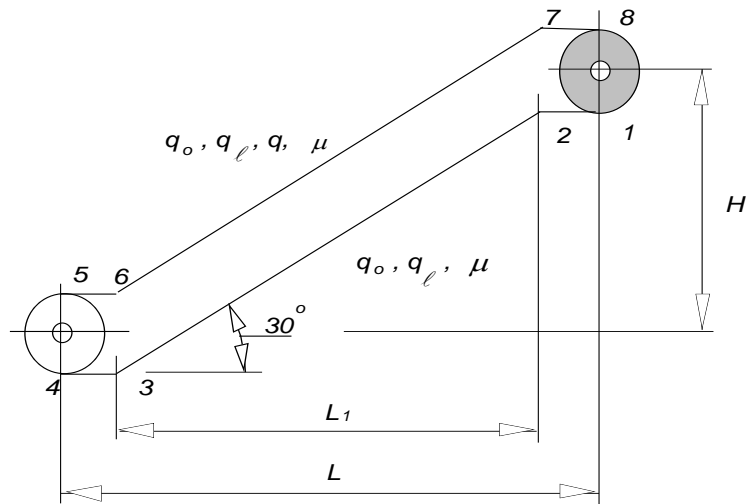
A rövidkarú mozgólépcsőnek nem csak minden egyes eleme készül gyári körülmények között, de a vázszerkezet és a készre szerelés is. A vázszerkezeten belül, általában az alsó végén van elhelyezve a hajtás és így a próbajáratás is még a gyárban elvégezhető. A vezérlő egység külön szerkezet darab, mely kábelesen csatlakoztatható a mechanikai rendszerhez. Ezeket a mozgólépcsőket tehát, mint késztermékeket szállítják a helyszínre, ahol az előre elkészített, többnyire vasbetonból álló aknába daruval behelyezik, a beállító csavarokkal vízszintbe állítják és rögzítik.

A hosszúkarú mozgólépcsőknél a vázszerkezetet több részletben emelik be a lejtaknába. Ott szerelik össze a tagokat egymással és a feszítőművel, valamint a hajtással, melynek általában külön alapozása van. Ezeknél a berendezéseknél a hajtás általában a pálya felső végén kialakított külön gépházban van elhelyezve.

5.3.2. Mozdólépcsők vonóelem terhelése és teljesítményszükséglete

Mozdólépcsők vonóelem terhelését a korábbi elvek szerint a 305. ábra nyomvonal vezetése alapján vizsgálhatjuk.

A lánccs vonóelemen ébredő erő felfelé szállítás esetén; a számításhoz induljunk ki a 4 pontból, és a korábbi elvek alkalmazásával a



305. ábra

$$\begin{aligned}
 T_{4f} &= T_{4o} , \\
 T_{5f} &= T_{4f} (1 + \gamma) , \\
 T_{6f} &= T_{5f} + \mu (2 q_o + q_{lkocsi} + q_{szem}) n c , \\
 T_{7f} &= T_{6f} + \mu (2 q_o + q_{lkocsi} + q_{szem}) L_1 + (2 q_o + q_{lkocsi} + q_{szem}) H , \\
 T_{8f} &= T_{7f} + \mu (2 q_o + q_{lkocsi} + q_{szem}) n c , \\
 T_{3f} &= T_{4f} - \mu (2 q_o + q_{lkocsi}) n c , \\
 T_{2f} &= T_{3f} - \mu (2 q_o + q_{lkocsi}) L_1 + (2 q_o + q_{lkocsi}) H , \\
 T_{1f} &= T_{2f} - \mu (2 q_o + q_{lkocsi}) n c
 \end{aligned} \tag{282}$$

összefüggésekhez jutunk, ahol n a be- és kilépő lépcsőtagok száma, μ a lépcső kocsi ellenállás tényezője, a megoszló terhelések közül q_o a lánc vonóelem hosszegységére jutó terhelése, továbbá;

$$\begin{aligned}
 q_{lkocsi} &= \frac{G_{lkocsi}}{t} , \\
 q_{szem} &= \frac{k G_{szem}}{t} .
 \end{aligned}$$

A hajtáshoz szükséges kerületi erő:

$$F_k = T_{8f} - T_{1f} . \tag{283}$$

A mozgólépcső felfelé mozgatásához szükséges motor teljesítmény a kerületi erőből:

$$P_f = \frac{F_k v}{\eta} , \tag{284}$$

ahol v a mozgólépcső sebessége, η pedig a hajtás hatásfoka.

A lefelé mozgás során a lánc vonóelem terhelése az előző elv alapján határozható meg;

$$\begin{aligned}
 T_{5l} &= T_{5o} , \\
 T_{6l} &= T_{5l} - \mu (2 q_o + q_{lkocsi} + q_{szem}) n c , \\
 T_{7l} &= T_{6l} - \mu (2 q_o + q_{lkocsi} + q_{szem}) L_1 + (2 q_o + q_{lkocsi} + q_{szem}) H , \\
 T_{8l} &= T_{7l} - \mu (2 q_o + q_{lkocsi} + q_{szem}) n c , \\
 T_{4l} &= T_{5l} (1 + \gamma) , \\
 T_{3l} &= T_{4l} + \mu (2 q_o + q_{lkocsi}) n c , \\
 T_{2l} &= T_{3l} + \mu (2 q_o + q_{lkocsi}) L_1 + (2 q_o + q_{lkocsi}) H , \\
 T_{1l} &= T_{2l} + \mu (2 q_o + q_{lkocsi}) n c
 \end{aligned} \tag{285}$$

A lefelé mozgáshoz szükséges kerületi erő:

$$F_k = T_{8l} - T_{1l} . \tag{286}$$

Ha $F_k > 0$, akkor a motor hajtó üzembe működik, a lefelé mozgatásához szükséges motor teljesítmény a kerületi erőből:

$$P_f = \frac{F_k v}{\eta} . \tag{287}$$

Amennyiben $F_k < 0$, a motor generátoros féküzembe működik, a visszatáplált teljesítmény:

$$P_f = F_k v \eta . \tag{288}$$

5.3.3. Mozgólépcsők biztonsági rendszere

Mozgólépcsőknél az indítási és leállítási folyamat üzemszerűen, utas mentes állapotban történik. Az utasok egyenletes sebességgel, – a sétáló, vagy gyalogló mozgással – közelítik meg a mozgólépcsőt, amelynek a sebessége velük nagyjából azonos. A fellépésnél már rendelkezésre áll a mindkét oldali gumikorlát, melynek a sebessége a lépcsőénél kis mértékben nagyobb. Ez azért lényeges, mert így az utas a kezét automatikusan közelebb húzza magához, míg ellenkező előjelű sebességkülönbség esetén a hátrafelé távolodó kéz egyre görcsösebb szorítása az utast hanyatt rántaná. Alaphelyzetben tehát az utazás teljesen veszélytelen. Veszélyt jelent azonban a gumikorlát azokra a kisgyerekekre, akik azt nem lefelé, hanem felfelé nyúlva fogják meg, és így az ujjuk alá szorulhat, ez ellen sajnos nincs védelem. Az eleső embert védi a kilépő élnél lévő fésű, amely elmozdulhat és a berendezést elektromosan is lekapcsolja.

A biztonságot szolgálják az alábbi eszközök és előírások;

- a bárki által működtethető „benntagadós” STOP gombok, bár ezek sajnos visszaélésekre is lehetőséget adnak.
- a fékutas alsó és felső határértékének meghatározása természetesen a névleges sebesség függvényében, miáltal a hirtelen megállásból adódó kellemetlen negatív gyorsulás is elkerülhető
- a hatóságilag megkövetelt rendszeres karbantartás, a kiképzett üzem ügyeletési rendszer és a rendszeres hatósági biztonságtechnikai ellenőrzés, mely a felvonókhoz hasonlóan, negyedévenként itt is kötelező.

A rendkívül összetett kötöttségi rendszer alapja, az Európa Tanács által kidolgozott és jóváhagyott 95/16/EK *Felvonó direktíva*, amely a mozgólépcsőket is a felvonók közé sorolja, létesítésükre és üzemeltetésükre a harmonizált MSZ EN 115 *Mozgólépcsők és mozgójárdák szerkezetének és beépítésének biztonsági előírásai*, szabvány előírásai érvényesek, ennek betartása rendeleti úton kötelező.

5.3.4. Mozgólépcsők szállítóképessége

A szigorú műszaki szabályozásra tekintettel a hivatkozott MSZ EN 115 szabvány jelöléseit alkalmazzuk.

$$C_t [f\ddot{o} / h] = 3600 \cdot v \cdot k / c$$

ahol: C_t [fő/óra] szállítási teljesítmény,
 v [m/s] névleges sebesség,
 $c = 0,4$ [m] a lépcső szabványban rögzített belépési mérete
 k töltési tényező.

A k töltési tényező értéke a lépcső kocsi szélességétől függ:

$z_1 = 0,6$ m névleges szélesség esetén $k = 1$ személy,

$z_1 = 0,8$ m névleges szélesség esetén $k = 1,5$ személy,

$z_1 = 1,0$ m névleges szélesség esetén $k = 2$ személy.

6. ÖMLESZTETT ANYAGOK FOLYAMATOS ANYAGMOZGATÓGÉPEI

Ömlesztett anyagnak nevezzük azokat a többé-kevésbé egynemű anyagokat, melyeket nagy tömegben és csomagolatlanul rakodunk és szállítunk. A mozgatásukhoz használt gépek kialakítása is ezen kritériumok figyelembevételével történik.

Az ömlesztett anyagok folyamatos továbbítására szolgáló berendezések szállítási teljesítményét összefoglalóan az alábbiak szerint számíthatjuk:

A berendezések elméleti szállítóképessége:

$$Q_e [m^3 / h] = 3600 \cdot A \cdot v ,$$

ahol: $A [m^2]$ az anyagáram keresztmetszete, $v [m/s]$ az anyagáram sebessége, a szállítási sebesség. Az óránkénti tényleges anyagmennyiség meghatározásához figyelembe kell vennünk a halmazsűrűséget, és a térkitöltési, vagy szóródási tényezőt. Az előbbi a szállított anyagra, az utóbbi pedig a szállítóberendezésre jellemző. A rendelkezésre álló keresztmetszet teljes, tökéletes kitöltésével ugyanis nem számolhatunk, így ezt a térkitöltési tényezővel vesszük figyelembe. A térkitöltési tényező $\varphi < 1$.

Ez esetben a tonnában kifejezett szállítóképesség:

$$Q [t / h] = 3600 \cdot A \cdot v \cdot \rho \cdot \varphi$$

ahol: $\rho [t/m^3]$ a halmazsűrűség, φ a térkitöltési, vagy szóródási tényező.

A különböző berendezések kialakításától függően a szállítóképesség meghatározására ezekkel az alapösszefüggésekkel találkozunk, legfeljebb jobban mutatják a gép felépítését.

Néhány ömlesztett anyag jellegzetes tulajdonságát a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat

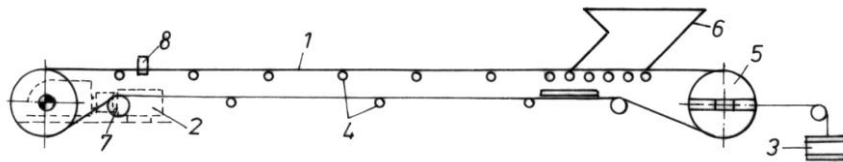
Anyag	Halmazsűrűség kg/m ³ ρ_h	Természetes rézsűszög α°	Koptató hatás	Egyéb tulajdonságok
Agyag, darabos, száraz	1200—1600	40—45	C	Nedvesen tapad, összeáll
Föld, száraz	1200—1600	35—45	K	Nedvesen tapad, összeáll
Homok, száraz	1400—1700	35—45	JE	
Homok, nedves	1600—2000	>45	E	Összeáll
Homok, formázó, ömlesztve	1150—1300	>50	E	Igen tapadó, összeáll
Kavics	1700—2000	30—50	E	Nehéz lapátolni
Mészke, darabos	1600—1800	40—50	E	
Mészke, tört	1200—1500	35—45	JE	Pora különösen koptató
Pirit, darabos	2600—3000	45—55	JE	
Terméskő, darabos	1600—2000	45—50	E	
Vasérc, barna	2100—2400	40—50	E	
Szén, antracit	800— 950	30—45	K	Törékeny
Szén, akna-	800—1300	40—45	K	
Szén, dió-	900—1000	30—50	K	
Barnaszén, száraz	700— 850	30—40	K	P, törékeny
Barnaszén, nedves	900—1000	40—50	K	Öngyulladásra hajlamos
Szénpor	500— 600	30—40	C	P
Lignit, száraz	650— 850	30—45	K	
Tőzeg	400— 600	45—50	K	
Kocsz	350— 550	40—55	JE	Törékeny, nehéz lapátolni
Hamu, kazánházi	500— 650	30—45	JE	Ko
Pernye, kazánházi	1600— 200	20—30	JE	Igen ömlékeny
Salak, kazánházi	550—1400	30—50	JE	Ko
Cement	1000—1500	35—45	E	N, összeáll, erősen porzik
Cement, klinker	1200—1400	35—45	JE	
Kohósalak	800—1400	35—50	JE	Ko
Szuperfoszfát műtrágya	1000—1400	35—45	K	N, Ko
Timföld (alum. oxid)	950—1000	35—40	JE	Finom por
Árpa	650— 750	25—35	C	P
Búza	750— 850	30—35	C	P, Sz
Zab	400— 560	30—35	C	P
Gabonaliszt	500— 650	40—50	C	N, P, Sz
Hüvelyesek, fejte	700— 800	25—30	C	P, Sz
Kukorica, morzsolt	700— 750	25—35	C	P
Konyhasó, őrölt	800—1300	35—45	K	N, Ko, Sz, összeáll
Cukor, szemcsés	800— 900	35—40	K	Sz

Jelmagyarázat: JE — igen erős, E — erős, K — közepes, C — csekély, N — nedvszívó, P — pora robbanékony, Ko — nedvesen korrodáló hatású, Sz — szennyezés rontja a minőséget.

6.1. Szállítószalagok

6.1.1. Szállítószalagok szerkezeti kialakítása

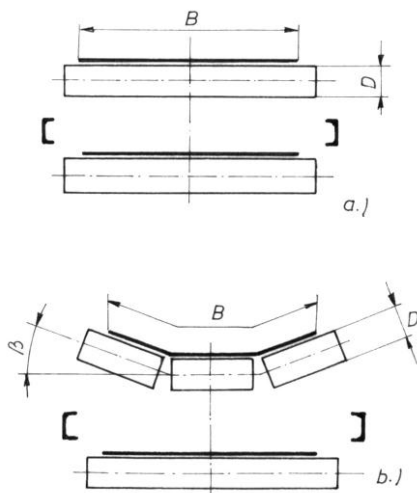
A szállítószalagok az ömlesztett és darabárak mozgatásának legfontosabb eszközei. Általában vízszintes és enyhén lejtős, vagy emelkedő irányú szállításra alkalmasak. Bányászatban azonban a terepi viszonyoknak megfelelő lejtésszögeket is megvalósítanak. Kialakításuk alapján a szállítószalagok lehetnek helyhez kötöttek és mozgathatóak, síkok és vályúsak. Felépítésüket a 306. ábra mutatja vázlatosan.



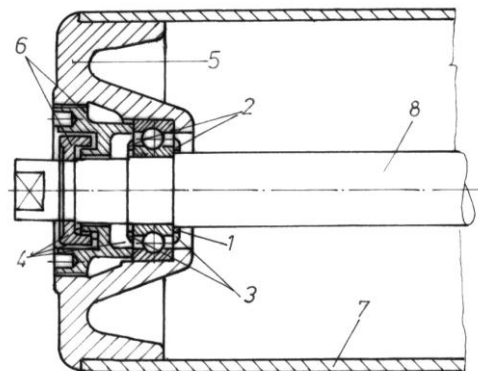
306. ábra

Egyik legfontosabb eleme a végetlenített heveder, amely rendszerint betétanyaggal megerősített gumi. A betétanyag textil vagy acélpászma. További egységei a 2 hajtás a hajtódobbal, 3 hevederfeszítő súly, 4 szalaggörgők a vázszerkezettel, 5 feszítődob, 6 feladóhely, 7 heveder és dobtisztító és 8 egyenesbe vezető berendezés.

A vázszerkezet acélszerkezet, amely a fenti egységeket tartalmazza. Az anyagmozgatás szempontjából egyik legfontosabb a szalaggörgők elhelyezése, velük valósítható meg a szalagok hevedervezetése. Sík hevedervezetésű szalagokat darabáros anyagmozgatásra és ömlesztett anyagok szállítására alkalmazzák olyan helyen, ahol kicsi a szállítóképesség. Nagyobb szállítóképesség esetén vályús hevedervezetést alakítanak ki. Mindkét hevedervezetés elvét a 307. ábra szemlélteti. A szalaggörgők szerkezeti kialakítására mutat példát a 308. ábra. A heveder után a szállítószalagok legfontosabb alkatrészei. Viszonylag kis átmérőjük miatt a szokásos szalagsebességeknél fordulatszámuk viszonylag nagy, ezért általában gördülő csapágyazásúak. A külső környezeti szennyeződés ellen a csapágyakat tömíteni kell, legelterjedtebb tömítési mód a labirint tömítés.

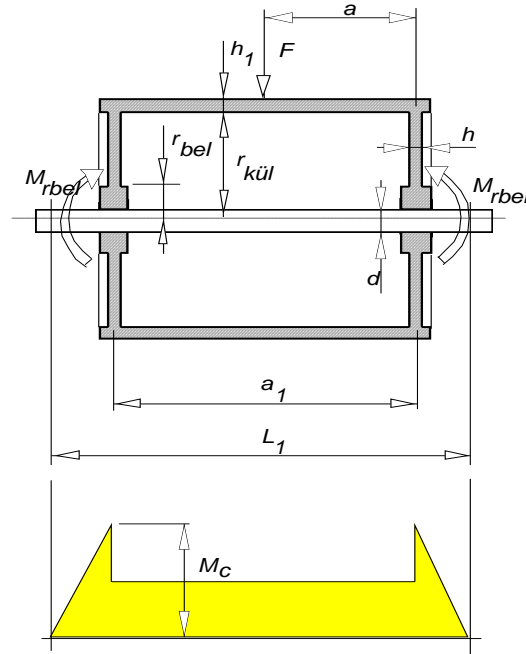


307. ábra



308. ábra

A szállítószalag görgők oldalfalai nemcsak öntött, hanem lemezből hegesztett szerkezetből is készülnek. A tönkremenetek egy része a palást és az oldallemez kapcsolatában jelenik meg. A 309. ábra a szalaggörgő igénybevételét mutatja. Az ábra alapján a görgő igénybevétele az alábbi összefüggések alapján számítható. Az agyról az oldalfalra ható nyomatok:



309. ábra

$$M_c = \frac{\frac{F}{2} \left(\frac{L_1}{2} - a_1 \right)}{1 + \frac{K_c I}{a_1 h^3}}, \quad (289)$$

ahol

$$K_c = \frac{(k^2 + 1) \ln(k) - (k^2 - 1) \frac{3(1 - \mu^2)}{\pi}}{k^2 + 1} \quad (290)$$

dimenzió nélküli szám,

$$k = \frac{r_{k\ddot{u}l}}{r_{bel}}$$

geometriai viszonyszám, és

$$I = \frac{d^4 \pi}{64}$$

a görgő tengely másodrendű nyomatéka.

A sugárirányú, élre ható hajlító nyomaték maximális értéke az oldallemez belső kerületén:

$$M_{rbel \max} = - \frac{M_c}{2 \pi r_{bel}} \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1}. \quad (291)$$

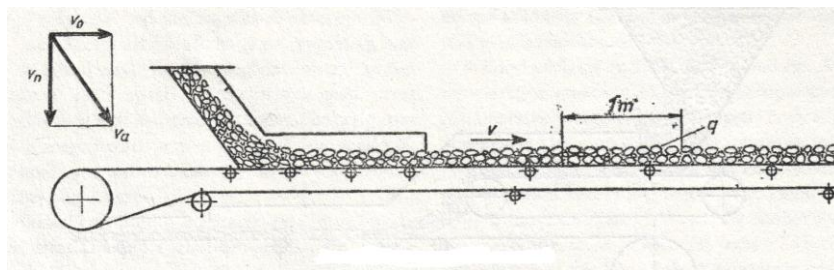
A sugárirányú hajlító nyomaték maximális értéke az oldallemez külső kerületén:

$$M_{rk\ddot{u}l \max} = \frac{M_c}{2 \pi r_{k\ddot{u}l}} \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1}. \quad (292)$$

A legnagyobb nyomaték az oldallemez belső kerületén ébred – $M_{rbel\ max} > M_{rkiel\ max}$.
Legnagyobb normál feszültség a dob oldalfalában:

$$\sigma_{max} = \frac{6 M_{rbel\ max}}{h^2}. \quad (293)$$

A szállítoszalagoknál az anyag leadása alaphelyzetben, minden külső beavatkozás nélkül történik. A feladás történhet közvetlenül, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy az ömlesztett anyag a szalag síkjával hegyesszöget bezáró sebességvektorral érkezik. Célszerűen ennek a vektornak a szöge a lehető legkisebb, hogy a szalagra merőleges komponense a görgőket, amiket egyébként a feladás helyén be szokták sűríteni, hogy kevésbé terhelje, a pályairányú komponense pedig a szalag sebességvektorával azonos nagyságú és irányú legyen, hogy az egyébként jelentkező csúszások a szalagot ne koptassák. Az egyenletes anyagáramlás biztosítására bár nem kötelező, de célszerű surrantót beépíteni – 310. ábra.



310. ábra

Az anyag ledobása azonban nem mindig tökéletes. Az anyag konzisztenciájától, nedveségtartalmától függően, egy részük a szalagra tapad, és ezek egyrészt csökkentik, mint körbefutó „állandó” elemek a szállítási anyagkeresztmetszetet és így a szállítási teljesítményt, de további anyagszemcsék számára jelentenek még kedvezőbb tapadási felületet, ami további keresztmetszet csökkenést eredményez. Ezért ezektől a szemcséktől mielőbb meg kell szabadulni. Erre a legalkalmasabb hely a visszafutó ág elején kínálkozik, ahol egy a felületre közel merőleges, és a haladási iránnyal mintegy 30°-os szöget bezáró gumilapot helyezünk el, de nem mereven, hogy a szalagba esetlegesen beágyazódó nagyobb szemcsék merev megakasztása ne eredményezhesse a szalag felhasadását.

Meg kell még külön említeni azt a követelményt, amikor a szalagról leadandó anyagot teríteni is szükséges. Az egyik legegyszerűbb megoldás a torló lemez, amely a szalag síkjára merőleges, a haladási iránnyal pedig szöget zár be, így az anyag alkalmazási helyén keresztirányba lesodródik. A rendszer előnye, hogy egyszerű, hátránya, hogy a szalagot és az egész berendezést keresztirányban terheli. Ez utóbbi hátrány kiküszöbölhető a két oldalra lesodróék alkalmazásával.

6.1.2. Szállítoszalag hevederek igénybevétele és veszteségek

a.) Hajlított heveder igénybevétele és alakváltozása

A q folyóméter terhelés és vonóelemben ébredő T vonóerő hatására a görgőkön alátámasztott gumiheveder alakváltozását a 311. ábra mutatja. Vágjunk ki a hevederből ds elemi ívet. Impulzus tételt felírva x irányban az elemi részre

$$T + dT - T = 0 \quad (294)$$

amelynek megoldása:

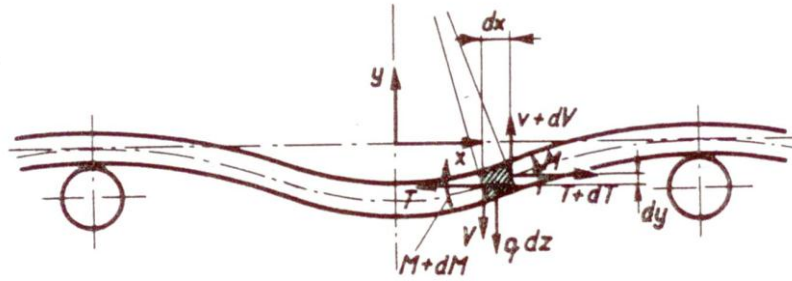
$$T = const. \quad (295)$$

Impulzus tétel y irányban:

$$V + dV - q ds - V = 0, \quad (296)$$

amelyből

$$\frac{dV}{ds} = q \approx \frac{dV}{dx}. \quad (297)$$



311. ábra

A 311. ábra szerint $dx = ds \cos d\varphi \approx ds$ közelítést alkalmazva a megoldás

$$V = qx + C, \quad (298)$$

ahol C az integrációs állandó. Az elemi rész A pontjára felírt nyomaték egyenlet szerint:

$$0 = -(M + dM) + M - T dy - dT dy - q ds \frac{dx}{2} + V dx + dV dx \quad (299)$$

A másodrendűen kicsi tagokat elhanyagolva:

$$-dM - T dy + V dx = 0 \quad (300)$$

adódik. (300)-nak az x szerinti második differenciál hányadosát képezve:

$$-\frac{d^2 M}{dx^2} - T \frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{dV}{dx} = 0 \quad (301)$$

A hajlítás alapösszefüggéséből:

$$M = -IE \frac{d^2 y}{dx^2}, \quad (302)$$

ahol E a heveder rugalmassági modulusa, I pedig az inercia nyomatéka a hajlítás tengelyére.

A görgőosztás közepén $x = 0$ -nál a hajlító nyomaték:

$$M_k = q \frac{IE}{T} \left(1 - \frac{\alpha \ell}{2} \frac{1}{sh \frac{\alpha \ell}{2}} \right). \quad (303)$$

Ha az

$$\frac{1}{\operatorname{sh} \frac{\alpha \ell}{2}} \approx 0$$

közelítés megtehető, akkor

$$M_k = q \frac{IE}{T}. \quad (304)$$

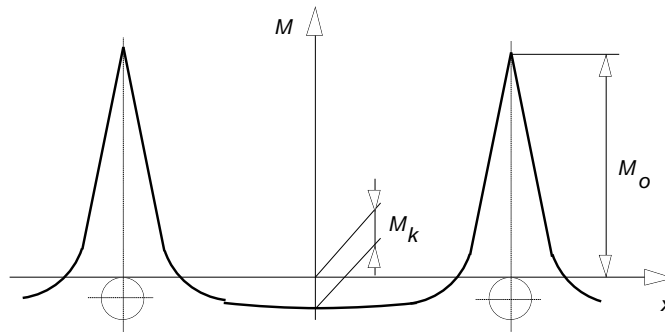
A levezetések mellőzésével a szalaggörgők felett a heveder hajlító igénybevételére

$$M_o = M_k - \frac{q \ell}{2} \sqrt{\frac{IE}{T}} \quad (305)$$

adódik. Tekintve, hogy $M_o \gg M_k$ (75) –ben M_k értéke elhanyagolható;

$$M_o \approx -\frac{q \ell}{2} \sqrt{\frac{IE}{T}}. \quad (306)$$

A heveder egy görgősztásra vonatkozó hajlító nyomatéki ábráját a 312. ábra mutatja.



312. ábra

b.) Támasztó görgőknél fellépő ellenállások

Szállítószalagok vontatási ellenállásának egy részét a görgőkön fellépő ellenállás képezi, amely több hatásból tevődik össze.

Tömítési ellenállás

Görgős csapágyazásnál a csapsúrlódás elhanyagolható a tömörítésnél jelentkező lényegesen nagyobb veszteséghez képest. A görgő terhelésétől független az egy görgőre jutó ellenállás;

$$U_R = n (c_1 + c_2 v),$$

ahol n az egy alátámasztási helyen levő támasztógörgők száma, v a heveder sebessége, c_1 és c_2 a csapágyazástól és tömörítéstől függő állandók, értékei a 3. táblázatban találhatóak.

3. táblázat

	c_1	c_2
Forgó tengely labirint tömítés	0,25	0,05
Rögzített tengely labirint tömítés	0,10	0,03
Rögzített tengely gumitömítés	0,40	0,06

Heveder görgőn való benyomódásból származó ellenállás

Kísérleti vizsgálatoknál a görgőn való benyomódásból származó ellenállás:

$$U'_E = c' Q'^a, \quad (307)$$

ahol az egy görgőre jutó terhelés:

$$Q = q' \ell B_v \quad (308)$$

q' egy m^2 -re jutó terhelés, ℓ a görgőosztás, B_v pedig a kísérleti heveder szélessége, c' és a állandók. A folyómétersúly és a négyzetméterre jutó terhelés között B szélességű szalag esetén

$$q' = \frac{q}{B} \quad (309)$$

összefüggés áll fenn, amelyet (308) -ba helyettesítve

$$U'_E = \frac{C_5}{B^{a-1}} (q \ell)^a, \quad (310)$$

ahol $C_5 = c' B_v^{a-1}$ konstans. Kísérletekből $a = 1,4$ adódott.

A fellépő veszteséget $\varphi = 1,3$ biztonsági tényezővel módosítva a görgőn való heveder benyomódást teljes vesztesége:

$$U_E = \varphi \frac{C_5}{B^{a-1}} (q \ell)^a. \quad (311)$$

Különböző átmérőjű görgőknél kísérletileg meghatározott C_5 értékeket a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat

d [mm]	$C_5 \cdot 10^{-4} \quad [cm / N]^{0,4}$
89	16,72
108	14,10
133	11,40
160	10,45

A heveder görgőn való átgyúrásának ellenállása

A heveder támasztógörgőn való átgyúrásánál keletkező veszteség arányos a heveder fajlagos alakváltozási munkájával.

$$U'_B = \psi \frac{A}{\ell}, \quad (312)$$

ahol ψ a heveder anyagától és kialakításától függő tényező. A heveder alakváltozási munkája tekintve, hogy valamennyi szalagkeresztmetszet áthalad az alátámasztási helyen és a görgőosztás közepén (M_k nyomatékú helyen). Az alakváltozási munka, valamint egy φ biztonsági tényező figyelembevételével az egy görgőn fellépő átgyúrás veszteség:

$$U_B = \varphi \psi g h. \quad (313)$$

A szokásos gumihevedereknél mérések szerint $\psi = 0,085$ körüli érték.

A szállított anyag görgőn való átgúrási ellenállása

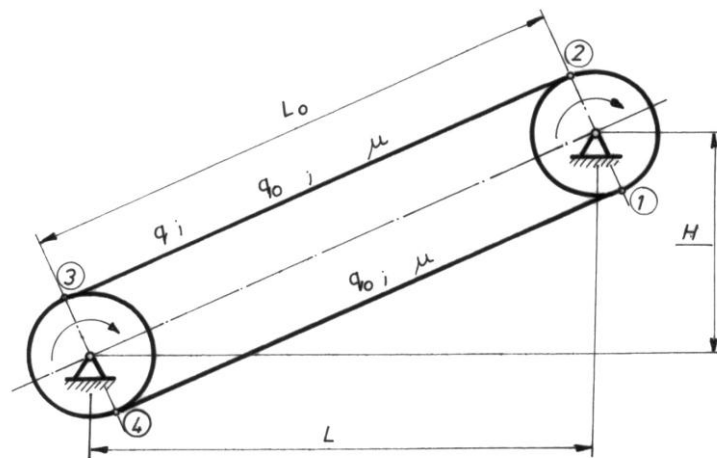
Az ömlesztett anyag első közelítésként görgőn való átgúrási szempontjából hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, mint a gumiheveder. Így az egy görgőn anyagátgúrásból fellépő veszteség (313) -hoz hasonlóan

$$U_G = \varphi \psi' q_i g_i h, \quad (314)$$

ahol q_i a szállított anyag folyómétersúlya ψ' a szállított anyagtól függő átgúrási veszteségtényező.

6.1.3. Szállítószalagok hajtástechnikai kérdései

A hajtástervezetek feladata, hogy biztosítsák a heveder mozgatásához szükséges vonóerőt a hajtódob és a heveder közötti súrlódással. A hajtóerő meghatározásához alkalmazzuk az 0 pontban leírt általános dolgokat a 313. ábra szerinti egyszerűsített szállítószalagra.

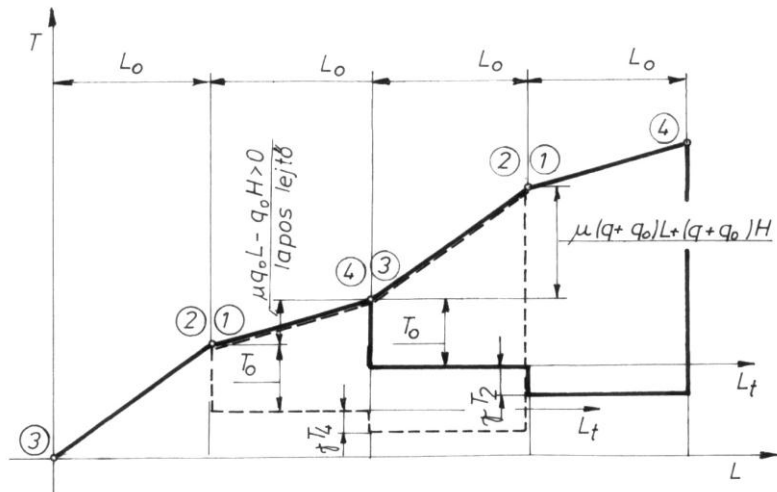


313. ábra

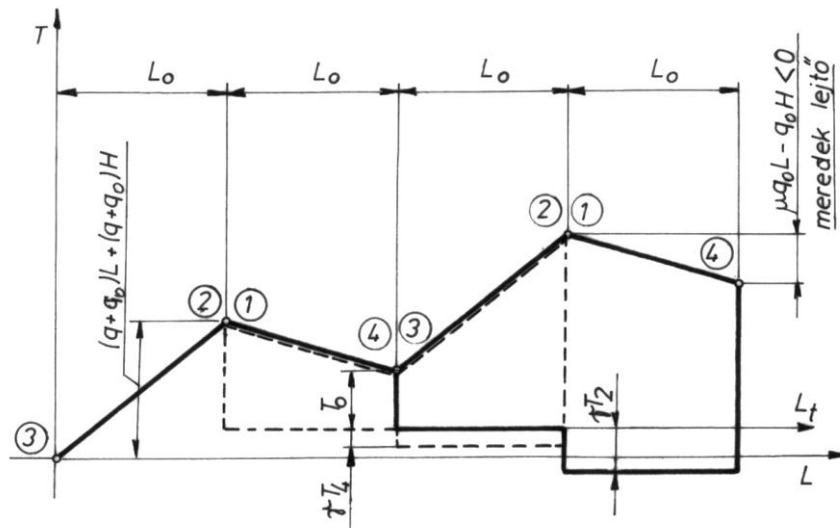
Válasszuk kiindulásként a 3 pályapontot, akkor a hevederben ébredő vonóellenállások

$$\left. \begin{aligned} T_3 &= 0, \\ T_2 &= T_3 + \mu (q + q_o) L + (q + q_o) H, \\ T_1 &= T_2, \\ T_4 &= T_1 + \mu q_o L - q_o H. \end{aligned} \right\} \quad (315)$$

Attól függően, hogy (315) utolsó egyenletében $\mu L < H$, lesz amely a vonóellenállás-diagramban is megmutatkozik. A $\mu L > H$, esetben lapos lejtésű szalagról $\mu L < H$ esetben pedig meredek lejtésű szalagról beszélhetünk. Vonóellenállás diagramjaikat a 314. ábra és a 315. ábra mutatja.



314. ábra



315. ábra

Nézzük meg a továbbiakban, hogy hol helyezzük el a hajtást. Elsőként a 314. ábra elemzésére kerül sor:

- Hajtáshely: 4-3

A minimális vonóerő a hajtás lefutó pontjában ébred, tehát az eddigi határozatlanságot $T_3 = T_o$ feloldja.

$$\left. \begin{aligned} T_3 &= T_o, \\ T_2 &= T_3 + \mu (q + q_o)L + (q + q_o)H, \\ T_1 &= T_2 + \gamma T_2 = (1 + \gamma)T_2 \\ T_4 &= T_1 + \mu q_o L - q_o H. \end{aligned} \right\} \quad (316)$$

Ezeket az értékeket a vastagon kihúzott diagramrész tartalmazza.

- Hajtáshely: 2-1

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= T_o, \\ T_4 &= T_1 + \mu q_o L - q_o H, \\ T_3 &= T_4 + \gamma T_4 = (1 + \gamma)T_4, \\ T_2 &= T_3 + \mu (q + q_o)L + (q + q_o)H, \end{aligned} \right\} \quad (317)$$

ezt a szaggatottan jelölt ábrarész mutatja. A (316) összefüggések alapján a hajtáshoz szükséges kerületi erő:

$$F_{4-3} = T_4 - T_3 = \mu (q + 2q_o)L + qH + \gamma [T_o + \mu (q + q_o)L + (q + q_o)H], \quad (318)$$

(317) -ből pedig

$$F_{2-1} = T_2 - T_1 = \mu (q + 2q_o)L + qH + \gamma (T_o + \mu q_o L - q_o H). \quad (319)$$

Összehasonlítva a két kerületi erőt azt tapasztaljuk, hogy a különbség a harmadik tagban van, $F_{2-1} < F_{4-3}$, így 2-1 hajtáshelyet tekintjük optimálisnak.

Nézzük meg az 315. ábra diagramját is.

- Hajtáshely: 4-3

$$\left. \begin{aligned} T_3 &= T_o, \\ T_2 &= T_3 + \mu (q + q_o)L + (q + q_o)H, \\ T_1 &= T_2 + \gamma T_2 = (1 + \gamma)T_2, \\ T_4 &= T_1 + \mu q_o L - q_o H, \end{aligned} \right\} \quad (320)$$

amelyből a kerületi erő:

$$F_{4-3} = T_4 - T_3 = \mu (q + 2q_o)L + qH + \gamma [T_o + \mu (q + q_o)L + (q + q_o)H]. \quad (321)$$

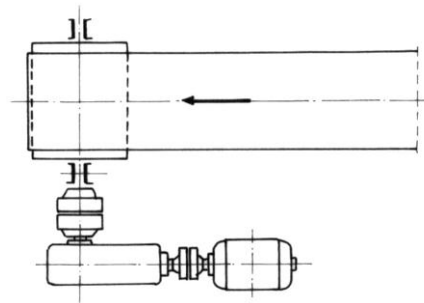
- Hajtáshely: 2-1

$$\left. \begin{aligned} T_4 &= T_o, \\ T_3 &= T_4 + \gamma T_4 = (1 + \gamma)T_4, \\ T_2 &= T_3 + \mu (q + q_o)L + (q + q_o)H, \\ T_1 &= T_o - \mu q_o L + q_o H. \end{aligned} \right\} \quad (322)$$

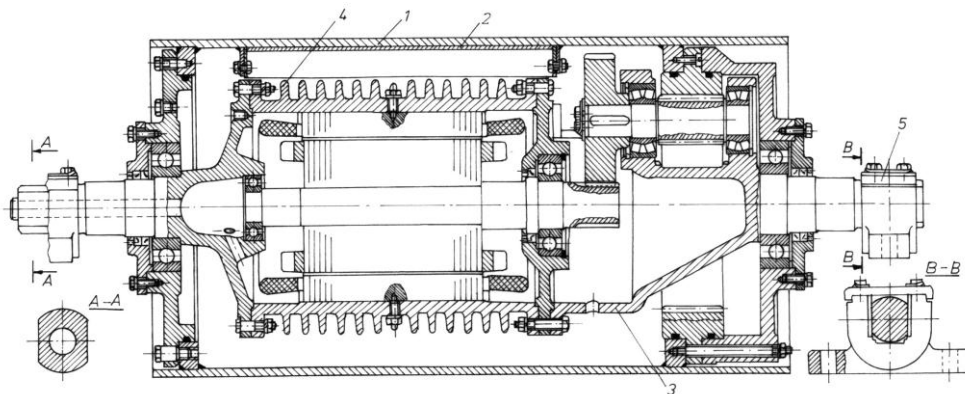
Megjegyezzük, hogy a vonóellenállás számításában a hajtódob felfutó pontján túllépni nem lehet. Ha a minimális vonóerőtől indulva a vonóelem mozgás irányába haladva eljutunk a hajtás felfutó pontjába hogy nem érintettünk bizonyos pontokat, akkor a minimális vonóellenállás helyétől a vonóelem mozgással ellentétesen kell eljutni a hajtás lefutó pontjáig és a hiányzó helyeken meghatározni a vonóellenállást. Ez abban az esetben fordul elő, ha a minimális vonóellenállás nem a hajtás lefutó pontján van. (322) alapján a kerületi erő:

$$F_{2-1} = T_2 - T_1 = \mu (q + 2q_o)L + qH + \gamma T_o. \quad (323)$$

A hajtáshoz fentebb szükséges kerületi erőket egy vagy két hajtódobbal biztosítják. Egy kúpkeres hajtóművel ellátott egydobos hajtás vázlatát mutatja a 316. ábra. Villamos motorral összeépített hajtódob szerkezeti felépítése látható (317. ábra). E hajtási mód kis motorteljesítményt igénylő szalagoknál használatos.



316. ábra



317. ábra

6.1.4. Szállítószalagok szállítóképessége

A szalag egy tetszőleges pontján az időegység alatt áthaladó anyagmennyiség.

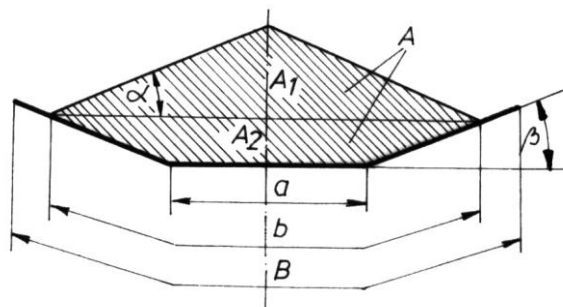
$$Q = 3,6 q \cdot v \cdot c = 3,6 A \rho v c [t/\acute{o}], \quad (324)$$

ahol A az anyagkeresztmetszet területe ρ a szállított anyag sűrűsége [kg/m^3]-ben, a v a hevedersebesség [m s^{-1}]-ban, c pedig egy dimenziótlan tényező, amely az anyagfeladás módjától és a szalag emelkedésétől függ értéke $c < 1$.

(324) összefüggés kiszámításához ismerni kell az A anyagkeresztmetszetet. Vályús hevederkialakítás esetén a 318. ábra szerint közelíthető. Az anyag a vízszintessel $\alpha = \varphi/2$ szöget zár be, ahol φ a mozgásban lévő anyag belső súrlódásának megfelelő rézsűszög. Az ábra jelöléseivel a keresztmetszet területe

$$A_2 = \frac{(b-a)^2}{4} \sin 2\beta + \frac{(b-a)a}{2} \sin \beta, \quad (325)$$

$$A_1 = \frac{[a + (b-a) \cos \beta]^2 \cdot \text{tg } \alpha}{2}, \quad (326)$$



318. ábra

illetve

$$A = A_1 + A_2 = \frac{[a + (b - a) \cos \beta]^2 \operatorname{tg} \alpha}{2} + \frac{(b - a)^2}{4} \sin 2\beta + \frac{(b - a) a}{2} \sin \beta. \quad (327)$$

Sík hevedervezetés esetén csak A_1 terület van, amelynek alapja a hasznos hevederszélesség, így ez esetben az anyagkeresztmetszet;

$$A = \frac{b^2}{4} \operatorname{tg} \alpha. \quad (328)$$

6.2. Lengő és vibrációs anyagmozgatógépek

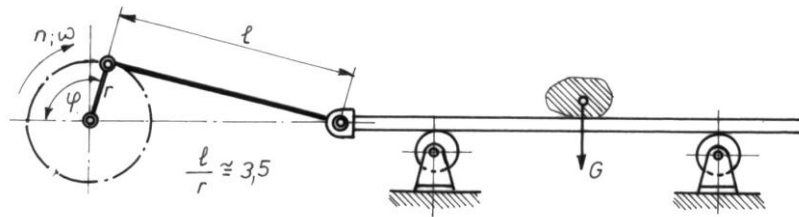
Ömlesztett anyagok, apró alkatrészek szállítására gyakran alkalmaznak lengő és vibrációs anyagmozgatót. Ezen gépek tervezése megfontolt döntéseket igényel, különösen a gerjesztőberendezés. A gépek meghibásodásának nagy százaléka a gerjesztőmű rossz megválasztására és helytelen beállítására vezethető vissza.

E berendezésekben az anyag tömege erő hatására mozog, ezért nevezhetjük tehetetlenségi erővel történő anyagmozgatósnak is. Az anyag továbbításának két lehetősége van;

- a) Az anyag nem emelkedik el a szállítócsatornától. Ezt lengő szállításnak nevezzük. A lengő szállítógépek két elvet valósítanak meg:
 - Az anyag továbbítását szolgáló szállítóvályú mozgása egyenes vonalú aszimmetrikus. Az ilyen elven működő berendezéseket rázócsúszdának vagy rázócsatornának nevezzük. A szállítandó anyagot a vályú aszimmetrikus mozgásából adódó tehetetlenségi erő viszi előre.
 - A szállítandó anyag és a vályú között ébredő súrlódó erőt tesszük aszimmetrikussá, és ennek hatására következik be az anyag előre mozgása. Ilyenkor lengővályúról beszélünk.
- b) Az anyag tehetetlenségénél fogva elemelkedik a szállítócsatornától és ferde hajítással lép előre.

6.2.1. Rázócsúszda

A rázócsúszda elvi felépítését a 319. ábra mutatja. A szállítás elvét a 320. ábra elvi diagramján követhetjük végig.

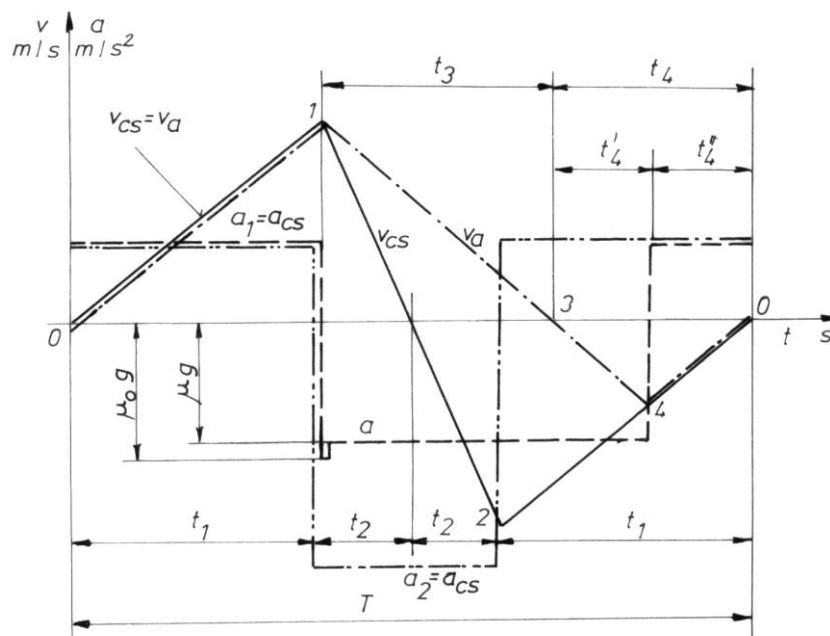


319. ábra

A csatornához viszonyítva az anyag akkor mozog, ha

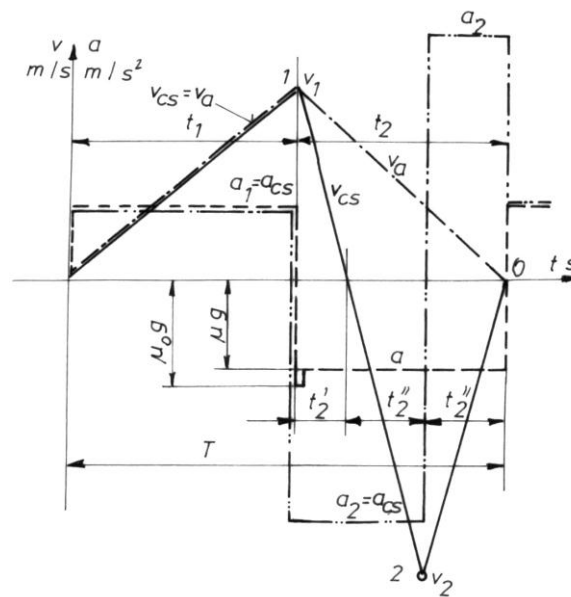
$$\frac{G}{g} a \geq \mu_0 G, \quad (329)$$

ahol a G a szállítandó anyag súlya a pedig a csatorna gyorsulása.



320. ábra

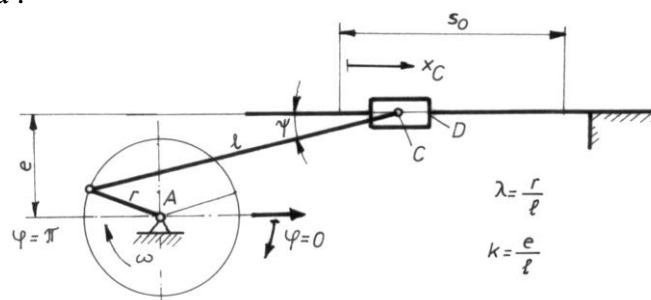
Az anyag csatornán való megindulása után a ráható súrlódó erő hatására $a = \mu g$ lassulással mozog a csatornában. A mozgás mindaddig tart, amíg az anyag és a csatorna sebességvektora azonos nem lesz egymással. Ezután az anyag és a csatorna együttes mozgást végez. Az ábrából látható, hogy az anyag t_1 és t_4 ideig együtt mozog a csatornával. Így csak a ciklusidő egy hányadán van szállítás. A jobb hatásfokú szállítás megvalósítására ezért a vályú visszamosogását meggyorsítják – 321. ábra.



321. ábra

Az elvi mozgástörvények alapján levonható következtetésekből a gyakorlat számára alkalmazható mozgástörvényeket valósíthatunk meg. A mozgástörvényeket forgattyús hajtóművekkel állítjuk elő. Két típusuk terjedt el:

- Forgattyúközépponthoz excentrikusan elhelyezett vezetékű hajtóművet mutat a 322. ábra.



322. ábra

Az ábra alapján

$$x_C = l \cos \psi - r \cos \varphi - \sqrt{(l-r)^2 - e^2} = r \left(\frac{1}{\lambda} \cos \psi - \cos \varphi \right) - r \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda} - 1 \right)^2 - k^2}. \quad (330)$$

Az ábra szerint

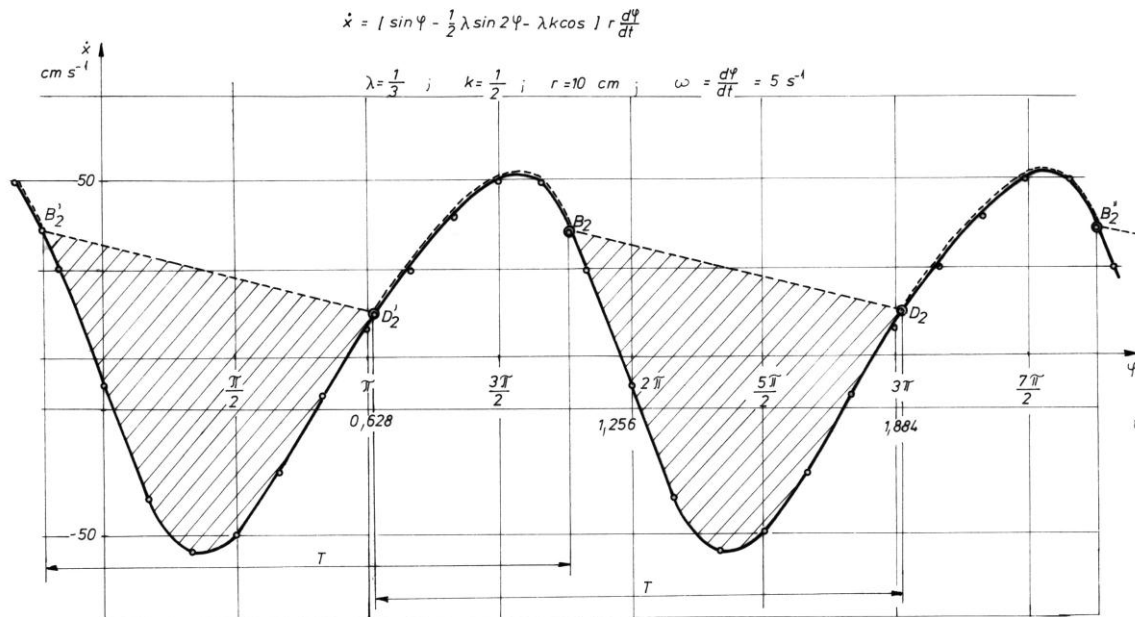
$$\cos \psi \cong 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 (\sin \varphi + k)^2 = 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \varphi - \lambda^2 k \sin \varphi - \frac{1}{2} \lambda^2 k^2,$$

amelyek felhasználásával

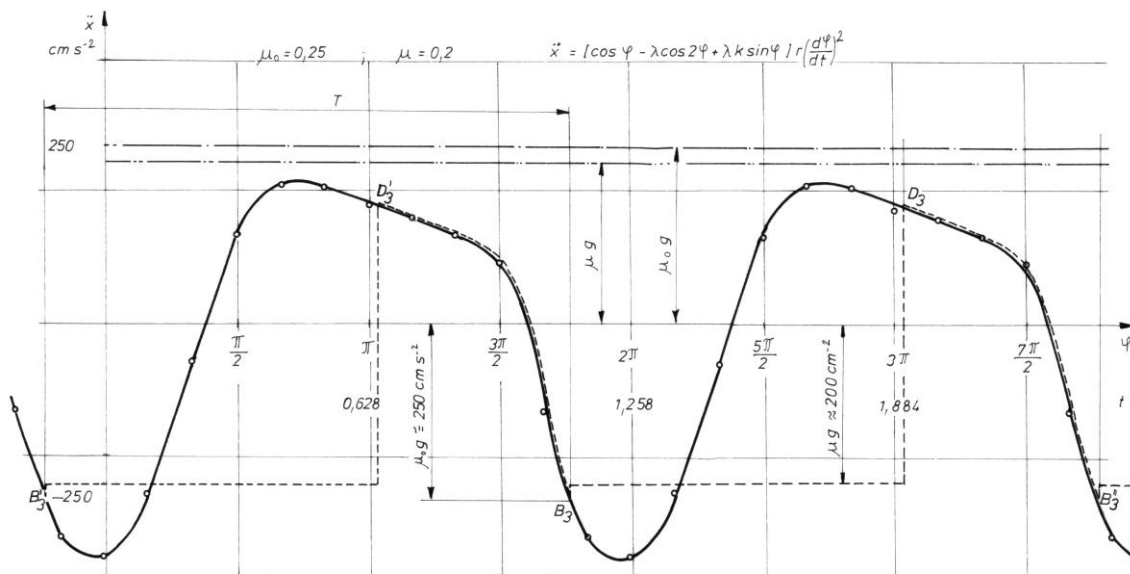
$$\dot{x}_C = \left[\sin \varphi - \frac{1}{2} \lambda \sin 2\varphi - \lambda k \cos \varphi \right] r \frac{d\varphi}{dt}, \quad (331)$$

$$\ddot{x}_C = \left[\cos \varphi - \lambda \cos 2\varphi + \lambda k \sin \varphi \right] r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2. \quad (332)$$

(331) és (332) összefüggéseket a 323. ábra és a 324. ábra mutatja. Az ábrákban az anyagsebességeket és anyaggyorsulásokat is feltüntettük.

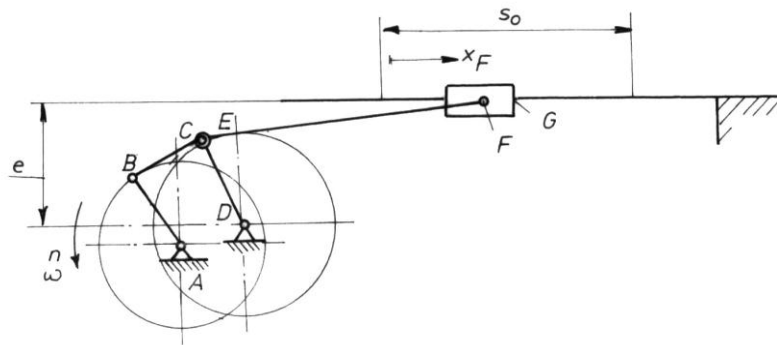


323. ábra



324. ábra

- A másik típusú hajtás az előtétajtóművel torzított forgattyús hajtómű – 325. ábra. A hajtóművekre jellemző értékek: $\lambda = r/l = 0,2 \sim 0,5$, löket $s_o = 100 \sim 300$ [mm] ; szögsebesség $\omega = 5 \sim 10$ [s⁻¹].



325. ábra

A rázócsúszdákkal megvalósítható volumetrikus szállítóképesség a

$$V = 3600 A_v v_k \quad (333)$$

összefüggéssel határozható meg, ahol A_v a vályú keresztmetszete, v_k pedig a közepes szállítósebesség. Ennek meghatározása a vályú és az anyag mozgástörvényeinek elemzésével lehetséges.

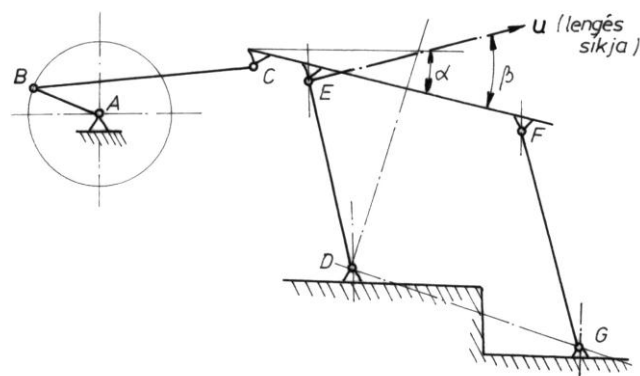
A 324. ábra sebességdiagramját tekintve a mozgás bizonyos periódusaiban a vályú és az anyag között sebességkülönbség lép fel. E sebességkülönbségből meghatározható az anyagnak a vályún való előremozgása (pl. a 323. ábra bevonalkázott területének planimetrálásával). Legyen ez az út x_e , akkor egy T periódusra (teljes löketre) vonatkoztatott közepes szállítósebesség

$$v_k = \frac{x_e}{T} = \frac{x_e \omega}{2\pi}, \quad (334)$$

ahol ω a forgattyús hajtómű forgattyúkarjának szögsebessége (vályúfrekvencia).

6.2.2. Lengő anyagmozgatógépek

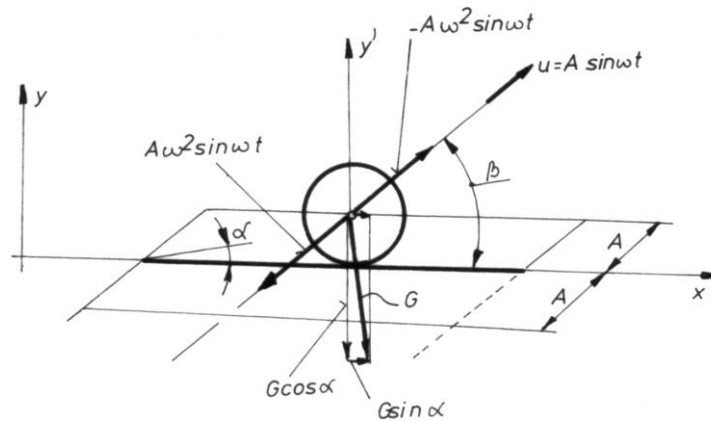
Működésüket tekintve átmenetet képeznek a rázócsúszdával és a vibrációs anyagmozgatógépekkel való anyagmozgatás között. A szállítás – a rázócsúszdával ellentétben – itt úgy jön létre, hogy a szállítócsatorna és az anyag között ébredő súrlódó erőt aszimmetrikussá tesszük. A gép elvi felépítését általános elhelyezés esetén a 326. ábra mutatja.



326. ábra

A hajtását forgattyús hajtómű biztosítja. A szállítás elvének vizsgálatához induljunk ki a továbbítandó anyagrészekre ható erőkől. Tételezzük fel, hogy a lengés szimmetrikus mozgástörvényű, a lengés síkjában $u = A \sin \omega t$.

A 327. ábra alapján az anyagrészekre ható tehetetlenségi erő:



327. ábra

$$F_t = -\frac{G}{g}\ddot{u} = \begin{cases} \frac{G}{g} A \omega^2 |\sin \omega t|, & \text{ha } 0 \leq \omega t \leq \pi \\ -\frac{G}{g} A \omega^2 |\sin \omega t|, & \text{ha } \pi \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}$$

Fejezzük ki az anyagrészecskét a szállítócsatornára szorító erőt,

$$N = G \cos \alpha - \frac{G}{g} A \omega^2 \sin \beta \sin \omega t, \quad (335)$$

amelyet átrendezve

$$N = \frac{G}{g} A \omega^2 \left[\frac{g \cos \alpha}{A \omega^2 \sin \beta} - \sin \omega t \right] \sin \beta \quad (336)$$

összefüggéshez jutunk, amely N -re nézve aszimmetrikus. Ebből következik, hogy az $-F_s = \mu N$ alapján – anyagrészecske és a szállítócsatorna közötti súrlódó erő is aszimmetrikus lesz.

Vezessük be a

$$K_v = \frac{A \omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha} \quad (337)$$

jelölést, amellyel

$$N = \frac{G}{g} A \omega^2 \left(\frac{1}{K_v - \sin \omega t} \right) \sin \beta \cdot \quad (338)$$

(338) -at tovább elemezve az anyag akkor marad a vályún, ha N minden ωt -re nagyobb mint nulla, ez pedig akkor áll fenn, ha

$$\frac{1}{K_v} - \sin \omega t > 0, \quad (339)$$

amely

$$K_v = \frac{A \omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha} < 1 \quad (340)$$

feltételt adja. Így a lengő anyagmozgatásra egy új definíció adódik: $K_v < 1$. Az anyagrészecske szállítóvályúról való felemelkedése $N = 0$ esetben következik be, ekkor $K_v = 1$, amellyel a gerjesztő frekvencia (vályúfrekvencia)

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{A \sin \beta}}. \quad (341)$$

Ennél nagyobb vályúfrekvenciát alkalmazva, az anyag felemelkedik a vályúról és mikro hajításokkal halad előre. Ekkor már vibrációs anyagmozgatásról beszélünk.

Nézzük meg a továbbiakban a lengőszállítás anyagtovábbítását. Ehhez írjunk fel a 327. ábra szerinti anyagrészecskére x irányba egy impulzus tételt

$$\frac{G}{g} \ddot{x} = G \sin \alpha + \frac{G}{g} A \omega^2 \cos \beta \sin \omega t - F_s, \quad (342)$$

ahol

$$F_s = \mu N = \mu \frac{G}{g} A \omega^2 \left[\frac{g \cos \alpha}{A \omega^2 \sin \beta} - \sin \omega t \right] \sin \beta. \quad (343)$$

(343) -ot (342) -be helyettesítve és rendezve az anyag szállítócsatornához viszonyított mozgásegyenlete:

$$\ddot{x} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) + A \omega^2 (\cos \beta + \mu \sin \beta) \sin \omega t. \quad (344)$$

(344) integrálásával az anyagrészecske sebességére és elmozdulására az alábbi összefüggések adódnak:

$$\dot{x} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)t - A \omega (\cos \beta + \mu \sin \beta) \cos \omega t + C_1, \quad (345)$$

$$x = \frac{g}{2} (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t^2 - A (\cos \beta + \mu \sin \beta) \sin \omega t + C_1 t + C_2. \quad (346)$$

Az állandók meghatározására szolgáló kezdeti feltételek:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t_0) &= 0, \\ x(t_0) &= 0, \end{aligned} \quad (347)$$

ahol t_0 az anyagrészecske vályún való megindulásának időpontja. Ez az időpont a

$$g(\sin \alpha - \mu_0 \cos \alpha) + A \omega^2 (\cos \beta + \mu_0 \sin \beta) \sin \omega t \geq 0 \quad (348)$$

feltételből határozható meg. A kezdeti feltételek alapján a konstansokra

$$\begin{aligned} C_1 &= A \omega (\cos \beta + \mu \sin \beta) \cos \omega t_0 - g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t_0, \\ C_2 &= A (\cos \beta + \mu \sin \beta) \sin \omega t_0 - \frac{g}{2} (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t_0^2 - C_1 t_0 \end{aligned} \quad (349)$$

összefüggések adódnak. Az anyag mozgását leíró (344), (345) és (346) összefüggések csak addig érvényesek, amíg $\dot{x} \geq 0$. Amint az anyag sebessége $\dot{x} < 0$ lesz (342)-ben szereplő F_s súrlódóerő előjelet vált. Ettől a pillanattól kezdve az anyag mozgását más törvényszerűségek írják le, (344) egyenlet

$$\ddot{x} = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) + A \omega^2 (\cos \beta + \mu \sin \beta) \sin \omega t \quad (350)$$

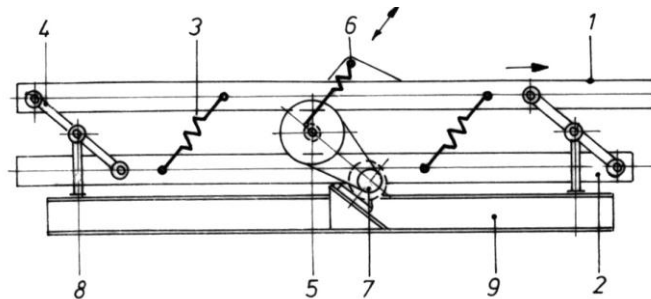
alakra módosul. A leírtakból következik, hogy az $\dot{x} < 0$ anyagsebesség mindaddig nem válósulhat meg, - az anyag a csatornához viszonyítva nyugalomban marad – amíg (350) alapján

$$g(\sin \alpha - \mu_o \cos \alpha) + A \omega^2 (\cos \beta + \mu_o \sin \beta) \sin \omega t \leq 0 \quad (351)$$

nem lesz. Ha ez az egyenlőtlenség a (345) -ből $\dot{x} = 0$ -hoz tartozó t_1 időponttól számítva $t_2 = 2\pi / \omega$ időpontig nem teljesül, azt jelenti, hogy az anyag a vályúhoz viszonyítva a $[t_1; t_2]$ intervallumban nyugalomban marad. Újabb mozgás csak a következő periódus $[t_0; t_1]$ intervallumában következik be. Abban az esetben, ha (351) egyenlőtlenség a $[t_1; t_2]$ intervallumban teljesül, bekövetkezik a szállítandó anyagnak a csatornán visszafelé való mozgása. Ezt üzemközben kerülni kell, ez a berendezés volumetrikus szállítóképességét csökkenti. Elkerülhető az amplitúdó és a vályúfrekvencia megfelelő beállítása.

6.2.3. Vibrációs anyagmozgatás gépei

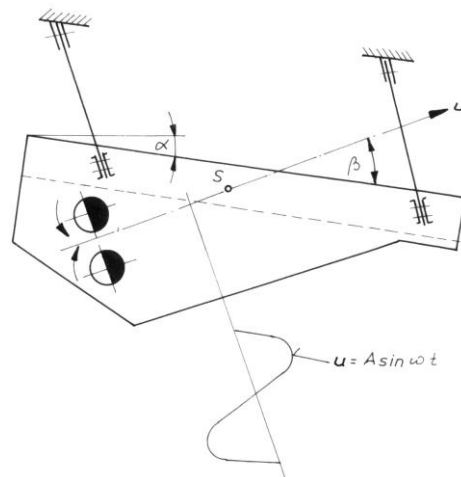
Ezek a gépek lényegesen nagyobb szerepet játszanak a tömegelővel történő anyagmozgatásban, mint a rázócsúszdák. Szállítóelemük az alkalmazástól függően cső vagy vályú, hosszúságuk a 100 [m] -t is eléri. Egy kétsőves berendezést mutat a 328. ábra.



328. ábra

A 9 talpazathoz van rögzítve a 7 hajtómotor és a 8 állványzat, amely az 1 és 2 csöveket összekapcsoló mechanizmust mutatja. A 7 motor az 5 excenter tárcsa segítségével mozgásba hozza az 1 szállítócsövet, amely 4 kapcsoló mechanizmus (pantográf) segítségével, vele ellentétes irányú mozgást továbbít a 2 szállítócsőre. A 3 nyírórugók energiátárolóként szolgálnak.

Egy szokásos kivitelű, centrifugális gerjesztő berendezéssel ellátott berendezés vázlatos felépítését mutatja a 329. ábra.



329. ábra

A vibrációs anyagmozgatógépek hajtásához általában elektromágnes-, fogótömegű (centrifugális) rezgésgerjesztőket és forgattyús hajtóműveket alkalmaznak. Kis- és közepes szállítási teljesítményeknél elektromágneses- és centrifugális rezgésgerjesztők terjedtek el. E berendezésekkel való anyagmozgatás során az anyag elemelkedik a szállítócsatornáról és ferdehajtással halad előre. Korábbi értelmezéseinek alapján akkor beszélünk vibrációs anyagmozgatásról, ha

$$N = \frac{G}{g} A \omega^2 \left[\frac{g \cos \alpha}{A \omega^2 \sin \beta} - \sin \omega t \right] \sin \beta < 0, \quad (352)$$

illetve $K_v > 1$.

Az anyagszállítást a 327. ábra alapján a csatorna alaphelyzetéhez illesztett koordináta rendszerben vizsgáljuk. Az anyag csatornáról való elemelkedése az

$$\frac{1}{K_v} = \frac{g \cos \alpha}{A \omega^2 \sin \beta} = \sin \omega t \quad (353)$$

összefüggést kielégítő t_0 időpontban következik be. Az elemelkedés után az anyagrészecske mozgásegyenletei:

$$\left. \begin{aligned} \frac{G}{g} \ddot{x} &= G \sin \alpha, \\ \frac{G}{g} \ddot{y} &= G \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (354)$$

illetve

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} &= g \sin \alpha, \\ \ddot{y} &= g \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (355)$$

(355) egyenleteket integrálva kapjuk az anyag levegőben való mozgását leíró egyenleteket

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= (g \sin \alpha)t + C_1, \\ \dot{y} &= -(g \cos \alpha)t + C_2, \\ x &= \frac{g \sin \alpha}{2} t^2 + C_1 t + C_3, \\ y &= \frac{g \cos \alpha}{2} t^2 + C_2 t + C_4. \end{aligned} \right\} \quad (356)$$

Az állandók meghatározásához szükséges kezdeti feltételek az elemelkedés pillanatában a csatorna sebesség, illetve elmozdulás komponensei:

$$\left. \begin{aligned} x(t_0) &= A \cos \beta \sin \omega t_0 = x_0, \\ y(t_0) &= A \sin \beta \sin \omega t_0 = y_0, \\ \dot{x}(t_0) &= A \omega \cos \beta \cos \omega t_0 = \dot{x}_0, \\ \dot{y}(t_0) &= A \omega \sin \beta \cos \omega t_0 = \dot{y}_0. \end{aligned} \right\} \quad (357)$$

(357) felhasználásával a konstansokra

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \dot{x}_0 - (g \sin \alpha)t_0, \\ C_2 &= \dot{y}_0 + (g \cos \alpha)t_0, \\ C_3 &= x_0 - \dot{x}_0 t_0 + \frac{g \sin \alpha}{2} t_0^2, \\ C_4 &= y_0 - \dot{y}_0 t_0 - \frac{g \cos \alpha}{2} t_0^2. \end{aligned} \right\} \quad (358)$$

összefüggéseket kapjuk.

A szállítandó anyagrészecske addig marad a levegőben, amíg az y koordinátája azonos nem lesz a csatorna y irányú elmozdulásával. Ez az időpont a

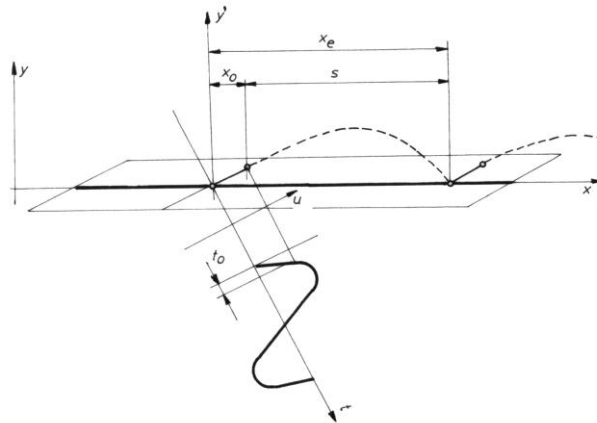
$$C_4 + C_2 t - \frac{g \cos \alpha}{2} t^2 = A \sin \beta \sin \omega t \quad (359)$$

transzcendens egyenletből határozható meg, amelyet jelöljünk t_e -vel. Az anyag előrehaladási útja egy gerjesztő periódus alatt az y' - x koordinátarendszerben;

$$x_e = \frac{g \sin \alpha}{2} t_e^2 + C_1 t_e + C_3, \quad (360)$$

illetve a tényleges csatornához viszonyított elmozdulás a 330. ábra alapján:

$$s = x_e - x_o. \quad (361)$$



330. ábra

Szám példa: Nézzük meg az alábbi paraméterekkel rendelkező vibrációs szállítóberendezés anyagtovábbítását:

$$\begin{aligned} A &= 5 \text{ [mm]} = 0,5 \text{ [cm]}, \\ \beta &= 30^\circ \text{ (gerjesztésszög)}, \\ \alpha &= 10^\circ \text{ (csatorna elhelyezési szög)}, \\ g &= 981 \text{ [cm s}^{-2}\text{]}, \\ \omega &= 98 \text{ [s}^{-1}\text{]}. \end{aligned}$$

A fenti adatokkal (337) alapján

$$K_v = \frac{0,5 \cdot 98^2 \cdot 0,5}{981 \cdot 0,985} \cong 2,4 > 1,$$

tehát biztosan vibrációs anyagmozgatásról van szó. (353) alapján az anyag-elválás időpontja

$$\frac{1}{K_v} = \frac{1}{2,4} = 0,417 = \sin \omega t_o$$

egyenletből

$$\omega t_o = 0,431,$$

illetve

$$t_o = \frac{0,431}{\omega} = \frac{0,431}{98} = 0,0044 \text{ [s]}.$$

A kezdeti feltételek (357) szerint:

$$\begin{aligned}x(t_o) &= x_o = 0,5 \cdot 0,866 \cdot 0,417 = 0,18 \text{ [cm]}, \\y(t_o) &= y_o = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,417 = 0,104 \text{ [cm]}, \\ \dot{x}(t_o) &= \dot{x}_o = 0,5 \cdot 98 \cdot 0,866 \cdot 0,91 = 38,7 \text{ [cm s}^{-1}\text{]}, \\ \dot{y}(t_o) &= \dot{y}_o = 0,5 \cdot 98 \cdot 0,5 \cdot 0,91 = 22,3 \text{ [cm s}^{-1}\text{]}\end{aligned}$$

A konstansok (358) ből:

$$\begin{aligned}C_1 &= 38,7 - 981 \cdot 0,173 \cdot 0,0044 = 37,95 \text{ [cm s}^{-1}\text{]}, \\C_2 &= 22,3 + 981 \cdot 0,985 \cdot 0,0044 = 26,55 \text{ [cm s}^{-1}\text{]},\end{aligned}$$

mivel $t_o^2 \approx 0$

$$\begin{aligned}C_3 &= 0,18 - 38,7 \cdot 0,0044 = 0,0135 \text{ [cm]} \approx 0, \\C_4 &= 0,104 - 22,3 \cdot 0,0044 = 0,013 \text{ [cm]} \approx 0.\end{aligned}$$

Az anyag csatornára való visszaérkezésének időpontja (359) alapján

$$26,55 t - 484 t^2 = 0,25 \sin 98 t$$

egyenletből adódik. Az egyenlet jobb oldalán y_v -vel, bal oldalát y_a -val jelölve a számértékeket az 5. táblázat tartalmazza.

A számértékeket ábrázolva – 331. ábra – a vályúra való anyag-visszaérkezés időpontjára $t_e = 0,059$ [s] adódik, amellyel

$$x_e = \frac{981 \cdot 0,173}{2} 0,059^2 + 37,95 \cdot 0,059 = 2,53 \text{ [cm]},$$

illetve

$$s = x_e - x_o = 2,53 - 0,18 = 2,35 \text{ cm}.$$

A volumetrikus szállítóképesség itt is

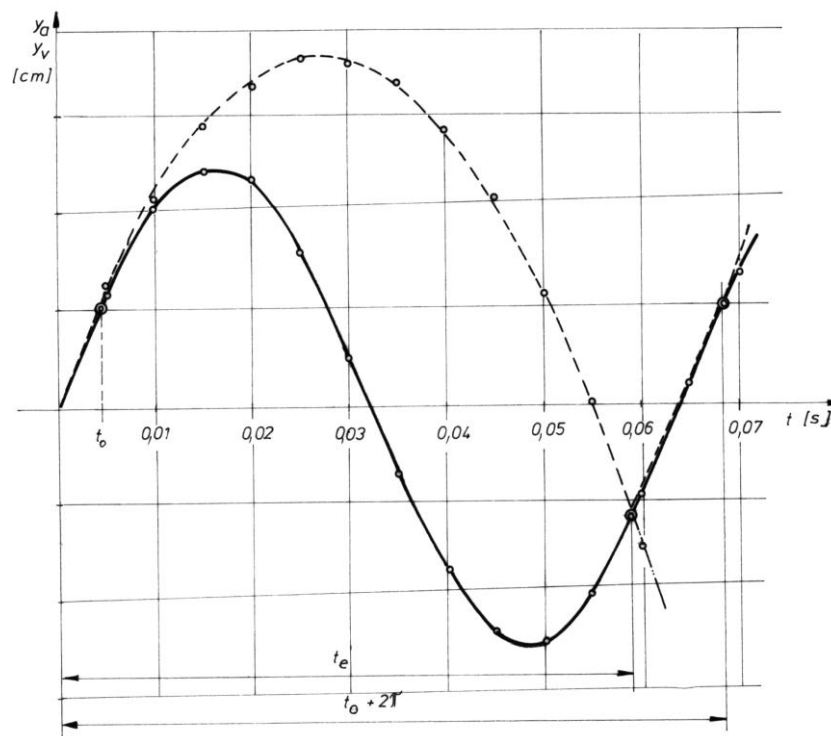
$$V = 3600 A_v \cdot v_k \quad (362)$$

összefüggés segítségével határozható meg, ahol v_k közepes szállítósebesség:

$$v_k = \frac{s}{T} = \frac{s \omega}{2 \pi}. \quad (363)$$

5. táblázat

T [s]	$y_a = 26,55 t - 484 t^2$ [cm]	$y_v = 0,25 \sin 98 t$ [cm]
0,000	0,0000	0,0000
0,005	0,1206	0,1176
0,010	0,2171	0,2076
0,015	0,2893	0,2487
0,020	0,3374	0,2312
0,025	0,3612	0,1594
0,030	0,3609	0,0500
0,035	0,3363	-0,0711
0,040	0,2876	-0,1755
0,045	0,2146	-0,2386
0,050	0,1175	-0,2455
0,055	-0,0038	-0,1947
0,060	-0,1494	-0,0790



331. ábra

6.3. Pneumatikus anyagmozgatás

Az utóbbi évtizedben egyre jobban terjednek el a poros és szemcsés anyagokat szállító pneumatikus szállítóberendezések. Alkalmazásukkal egyszerű eszközökkel oldható meg – a technológiai folyamatokhoz illeszthető és irányítható – az ömlesztett anyagok szállítása. Üzemel-

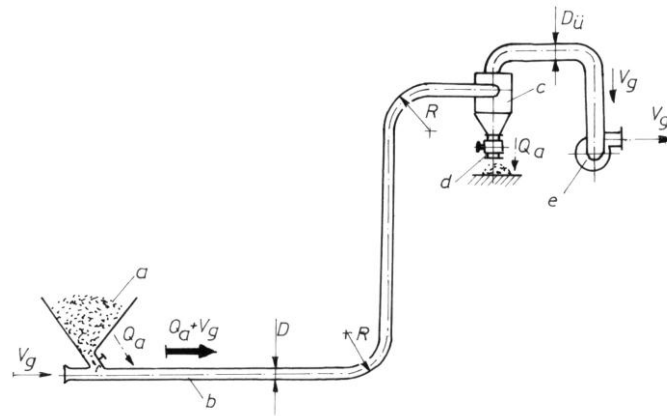
tetésük sokkal nagyobb mértékben függ a szállítandó közeg tulajdonságaitól, mint egyéb anyagmozgató gépeké.

A pneumatikus elven történő anyagmozgatást az alábbiak szerint osztályozhatjuk:

- a szilárd anyag koncentrációja szerint;
 - hígáramú,
 - sűrűáramú,
 - átmeneti vagy vegyes állapotú,
- a működési elv szerint;
 - szívóüzemű,
 - nyomóüzemű,
 - vegyes üzemű,
 - nyitott rendszerű,
 - zárt rendszerű,
- a szállítócső helyzete szerint;
 - vízszintes,
 - függőleges,
 - ferde,
- a légszállító gép nyomása szerint;
 - kis nyomású,
 - közepes nyomású,
 - nagy nyomású,
- az üzemmód szerint;
 - szakaszos működésű,
 - folyamatos működésű,
- az automatizálás foka szerint;
 - kézi működtetésű,
 - fél-automatikus,
 - automatikus működtetésű.

a.) Hígáramú anyagmozgatás esetén zárt csővezetékben légszállítógép segítségével (ventilátor, vagy kompresszor) segítségével nagy sebességű légáramot hozunk létre. E légáramba adagoljuk a szállítani kívánt poros vagy szemes anyagot, amelynek szemcséit a légáram magával ragad, és jön létre az anyagtovábbítás. Az anyagszemcsék nagy sebességgel haladnak, ezért távol vannak egymástól. Az anyagszemcse-levegő keveréke ezért híg. A hígáramú anyagmozgatás berendezései szívóüzeműek, nyomóüzeműek és vegyesüzeműek lehetnek.

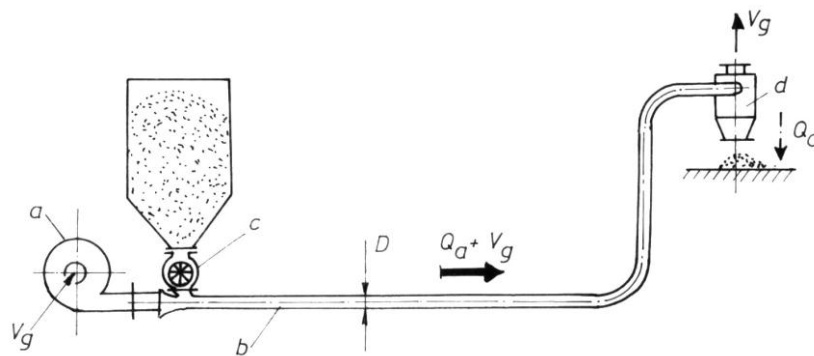
A szívóüzemű berendezés elvi vázlatát a 332. ábra mutatja. Az a adagolóból szabályozható mennyiségű anyag (Q_a) kerül a b szállítócsőbe. A légköri nyomású levegő (V_g) pedig az adagoló mögött kerül a rendszerbe. Az anyag leválasztását a c jelű ciklon végzi, amelynek alsó részén egy forgódobos adagoló segítségével történik az anyag kiadása. Az anyagmentes levegő a ciklonból a felső részén lép ki, amely a légszállítógépen keresztül a légkörbe áramlik. E berendezések nyomásesése – elrendezésüknél fogva – maximálisan 1 [Pa] lehet, de a légszállítógépek gazdaságos üzeme érdekében 0,5 [Pa] nyomáskülönbséggel szokás dolgozni.



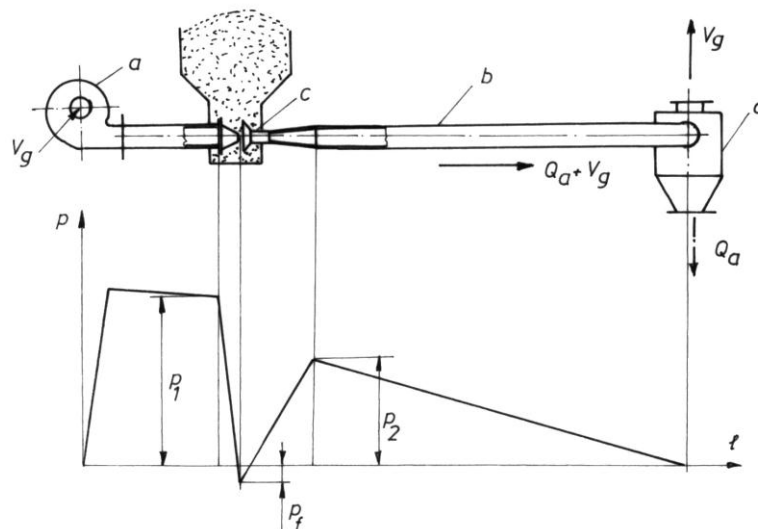
332. ábra

A nyomóüzemű berendezés elvi vázlatát a 333. ábra mutatja. Itt *a* légszállítógépet a rendszer elejére építik, amely a légkörből beszívott levegőt az anyagmozgatáshoz szükséges nyomásra sűríti és nagy sebességet létesítve nyomja a *b* szállítócsőbe. Az anyag adagolását *c* légzárast biztosító adagoló végzi. A szállítócső végén található az anyag leválasztását végző ciklon.

Az adagoló helyett (333. ábra) gyakran injektoros adagolást alkalmaznak, amelynek vázlatát, a nyomásesések feltüntetésével a 334. ábra mutatja.



333. ábra



334. ábra

A vegyes-üzemű pneumatikus szállítóberendezés egy szívó és egy nyomóüzemű berendezés feladatát látja el. Egyesíti azok előnyeit, az egyszerű anyagbeadást és a nyomócsővel tetszőleges helyre való szállítást.

b.) Sűrűáramú szállításnál a szilárd anyagszemcsék kisebb-nagyobb halmazokba tömörülve haladnak a csővezetékben. A szemcsék egymásra hatását sűrűáramú anyagmozgatásnál figyelembe kell venni. Az anyaghalmazok sűrűsége és sebessége is változó, az áramlás többnyire instacionárius. Sűrűáramú szállításra csak a poros, esetleg nem túl nagyméretű szemcsékből álló anyagok alkalmasak. Előnyös, ha az anyag a szemcsézet szempontjából közel homogén. A sűrűáramú pneumatikus szállítás folyamán a szállítandó anyagot levegővel vagy gázzal keverve, a folyadékokhoz közelálló tulajdonságokkal rendelkező, sűrű keveréket hoznak létre, amely zárt csővezetékben sűrített levegő segítségével tetszőleges irányban szállítható, vagy kis esésű nyitott csatornában közel vízszintesen elfolyatható (pneumatikus vagy fluidizációs szállítványú illetve szállítócsatorna). A fluidizációs szállítás során létrehozott anyaglevegő keverék aránya – nagyságrendekkel is – többszöröse a hígáramú pneumatikus szállításnál kialakuló anyag-levegő keverék arányának, ezért a fluidizációs szállítást sűrű anyagáramú pneumatikus szállításnak is szokták nevezni.

Sűrűáramú pneumatikus szállításra általában csak az ún. fluidizálható anyagok alkalmasak. Nem fluidizálhatók az agglomerációra hajlamos, ragadós, tapadó, összeálló, vagy a nagyon különböző szemcseméretű halmazból álló anyagok (pl.: a nedves répaszelet, vagy olyan műanyag-törmelék, melyben 10 µm -es porszemcsék és 10 mm-es szemek is találhatóak.), továbbá a nedves porok.

c.) Átmeneti vagy vegyes állapotú a légáramú anyagmozgatás, ha a szállítócsőben a hígáramú és a sűrűáramú szállítási képre jellemző állapot egyidejűleg alakul ki.

6.4. Serleges elevátor

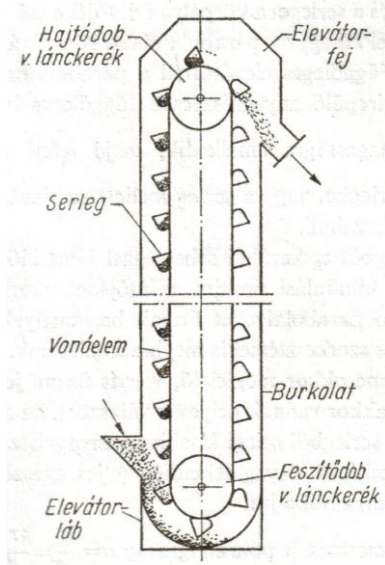
A serleges elevátorokat poros, és általában apró szemű anyagok függőleges, vagy 45°-nál meredekebb pályán való szállítására alkalmazzák. Az ömlesztett anyagot vagy közvetlenül a serlegbe töltik, vagy a burkolat alsó részébe, ahonnan a serleg folyamatos merítéssel veszi fel. A serlegket végetlenített vonóelemre vannak szerelve, melyet súrlódó, vagy lánckerekes hajtású. Újabban vonóelemként gumihevedereket, hajtásként pedig súrlódó hajtást alkalmaznak. A vonóelem kiválasztása meghatározza az alkalmazható sebességet, a serleg nagysága, és osztástávolsága pedig ezzel együtt a szállítási teljesítményt.

A berendezés működése zajos, teljesen burkoltan is igen poros, tehát csak ipari környezetben alkalmazható.

6.4.1. A serleges elevátorok szerkezeti kialakítása

A serleges elevátor felépítését a 335. ábra mutatja. Egyik legfontosabb szerkezeti eleme a vonóelem, amely a szállítószalagoknál alkalmazotthoz gumiheveder, vagy lánc. Heveder esetében az alkalmazott sebesség: $1 < v < 4$ [m/s], a serleg rögzítése pedig speciális serlegcsavarral történik. A heveder a jelentős igénybevétel és a helyszűke miatt a szállítószalagoknál alkalmazotthoz képest a magasabb betétszámmal (z) készül. A heveder méretezése hasonló a szállítószalagoknál megismertekkel, a dobátmérő meghatározása az alábbi tapasztalati képlet alapján történik; $D_h = (100 - 125) z$.

Nagyobb terhelés esetén a vonóelem nem heveder, hanem párban alkalmazott szemes lánc, amelynél a sebesség: $v < 1,5$ [m/s], a serleg felerősítésére pedig, kengyelt alkalmaznak. A nagyobb szállítási teljesítményeknél és az igényesebb kiviteleknel a vonóelem acél lánc, vagy temperöntésű lánc. Ezek előnye a nagyobb kopásállóság, hátrányuk a kisebb sebesség, és természetesen az ilyen láncok ára is magasabb. Esetenként csuklós láncokat is alkalmaznak. Ezeket leginkább a ferdepályás berendezéseknél találjuk ($0,3 < v < 0,5$ [m/s]). Akármelyik lánctípust alkalmazzuk, az egyébként is zajos berendezés még zajosabb lesz, mint a hevederes.



335. ábra

A serleg anyaga és kialakítása a szállított anyag jellemzőihez igazodik. Ezek közül különösen meghatározó a koptató hatás, ezért nem mindenhol megfelelő a lemezből sajtolással vagy hegesztéssel kialakított kivitel. Ilyen eseteknél öntöttvas serleget alkalmaznak. A serleg falvastagsága a koptatóhatás függvényében 1-6 mm között változik.

A serleg méreteinek meghatározásánál a szállítási teljesítmény igényen túlmenően a szállítandó anyag szemcsenagyságát (w_{max}) és a legnagyobb szemcsék előfordulási gyakoriságát is figyelembe kell venni. Ebből adódóan a serleg szájnyílásának legkisebb mérete: $a_{min} = (2 - 5) \cdot w_{max}$ [mm]

A serleges elevátort, a végtelenített vonóelemhez hasonlóan hajtótárcsa, vagy lánckerék pár működteti. A vonóelem feszességét ugyancsak dob, vagy lánckerékpár biztosítja, ahol a kopásokból és nyúlásokból adódó elmozdulást, azaz a berendezés tengelytávolságának lassú, de folyamatos növelhetőségét is lehetővé kell tenni oly módon, hogy a vonóelemekben a feszítő erő az előírt mértékű legyen.

A függőleges elrendezésű serleges elevátoroknál a rendszer teljesen zárt, a hajtóegység pedig felül helyezkedik el. A burkolatnak igazodnia kell a töltési és az ürítési funkciókhoz, mely szerves összefüggésben van az anyagnak a serlegben való viselkedésével.

A függőleges elrendezésű serleges elevátorokkal szemben egy egészen más felhasználási módnak megfelelő, de mégis ebbe a családba tartoznak a billenő serleges elevátorok, melyek a lánccal működtetett elevátorok speciális fajtája, ahol a serleg a két párhuzamos, peremes-futógörgős hevederes vonóláncot összekötő tengelyre vannak felfüggesztve. A lánc megvezetését a peremes futógörgők biztosítják. A rendszer előnye a korábban tárgyaltakhoz képest, hogy a serleg a pálya dőlésétől függetlenül mindig azonos, függőleges helyzetben vannak, ennek megfelelően egy berendezés esetében is kialakíthatók vízszintes, ferde és függőleges szakaszok.

A töltést felhasított, forgó hengeres surrantón keresztül végzik, ahol a hasítékok kerületen mért távolsága megegyezik a serleg osztástávolságával, míg az ürítést a serleg elbillentése révén ugyancsak gravitációsan biztosítják. A serleg 3-6 mm-es acéllemezből készülnek, és szokásos úrtartalmuk tág határok között változik ($0,03 < v < 0,5$ [m³]), míg a szállítási sebességnél a különbség lényegesen kisebb ($0,15 < v < 0,5$ [m/s]).

A rendszer különösen előnyös az egy sorban elhelyezkedő hombárok programozott töltésére, ahol az ürítés mindig annál a hontárnál jön létre a benyújtott billentő karok segítségével, ahol arra szükség van. További előny, hogy az anyag nem szóródik, és nem aprózódik. Ugyanakkor hátrány a jelentős létesítési és karbantartási költség, valamint a viszonylag kis szállítási sebesség, mivel az iránytöréseknél nagyobb sebesség esetén káros billegések jönnének létre.

6.4.2. Az anyag elhelyezkedése a serlegben

A berendezés működése során, az alsó szinten töltjük be az anyagot, a felső szinten pedig kiürítjük a serlegből. Az üzemelés során fontos kérdés, hogy hogyan helyezkedik el az anyag a serlegben a betöltésnél, illetve hogyan történik a kiürítés.

A serlegben lévő anyagra hat saját súlyából származó erő $G = m \cdot g$ és az átfordulási szakaszoknál a centrifugális erő $C = m \cdot r \cdot \omega^2$ is. Tekintve, hogy mind a töltés mind az ürítés a fordítási szakaszban zajlik, ezen erők eredője határozza meg úgy a töltési tényező (Φ) elméleti értékét, mint az ürítés jellegét.

A töltési tényező: $\Phi = G / \rho \cdot V$, ahol:

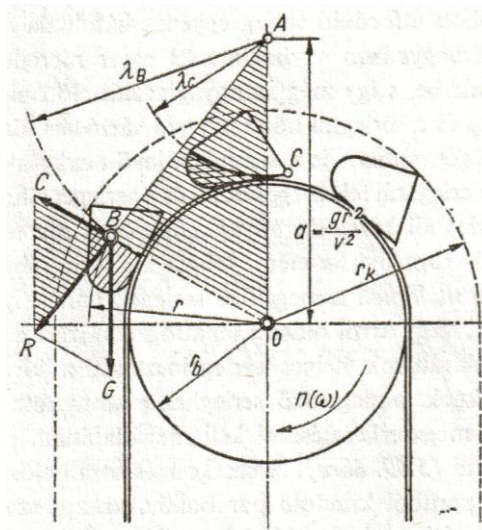
G [t] = a serlegben lévő anyag súlya

V [m³] = serleg űrtartalma

ρ [t/m³] = halmazsűrűség.

A töltési tényező $\Phi < 1$.

Az anyag serlegben való elhelyezkedését a 336. ábra alapján vizsgálhatjuk. A fordulási szakaszban lejátszódó folyamatok megértéséhez egy új fogalmat, a póluspontot kell értelmeznünk.



336. ábra

A póluspont (A) a berendezést működtető tengelyeket összekötő egyenesen helyezkedik el, és helyét a vizsgált serlegben lévő anyagra ható erők eredője metszi ki. A hasonló háromszögek alapján felírható, hogy az r sugáron elhelyezkedő pontra ható erők aránya független az r nagyságától. azaz:

$$a = r \cdot G / C = r \cdot m \cdot g / m \cdot r \cdot \omega^2 = g / \omega^2 \text{ [m]}, \quad (364)$$

ahol

$g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$ a nehézségi gyorsulás,

r [m] a serlegben lévő anyagszemcse fordulási sugara,

r_b [m] a serleg legbelső pontjának fordulási sugara,

r_k [m] a serleg legkülső pontjának fordulási sugara

és értelemszerűen fennáll: $r_b < r < r_k$.

Akár az alsó, akár a felső fordulóban lévő serlegre a forgató tengely középpontjától a távolságra lévő A pontból körívet rajzolunk, amely a serleg szélő pontján megy keresztül megkapjuk a serlegben elhelyezkedő ideális anyag felszíni burkoló görbét, és ennek révén az elméleti töltési tényező, – számítással, vagy szerkesztéssel – meghatározható.

A valóságban előforduló anyagok azonban belső súrlódásuknak köszönhetően nem e fenti elméleti körívnek, hanem az anyag tulajdonságaira is utaló logaritmikusan spirálisnak megfelelő felszín alkotnak, ami az elméletinél valamivel kedvezőbb töltési tényezőt eredményez.

A gyakorlati számításokhoz ezek a töltési tényezők a szalag, illetve láncsebesség és az ömlesztett anyag ismeretében táblázatos formában rendelkezésre állnak. A fentiek alapján nagyobb sebességekhez kisebb, kisebb sebességekhez nagyobb töltési tényező (φ) tartozik. A serlegek töltése történhet gravitációs úton, vagy merítéssel. Természetesen ez utóbbi esetben is gravitációs úton kerül be a házba az anyag, de ott a serleg maga veszi fel, míg az előző esetben közvetlenül a serlegbe ömlik. Gravitációs töltést alkalmazunk a darabos, nehezen meríthető, erősen koptató hatású anyagoknál, ügyelve arra, hogy a surrantón érkező anyagot a serlegek maradéktalanul be tudják fogadni. Az alkalmazott surrantó keresztmetszetét ennek megfelelően szűkre kell választani, de ugyanakkor gondolni kell arra, hogy a szűkítés nem okozhat anyagfennakadást.

Merítéssel üzemeltetjük az elevátorunkat apró szemű, poros, kevésbé koptató hatású anyagok esetében, ahol általában oldalról történik a betáplálás. A serlegek minél jobb kihasználása érdekében, vagyis, hogy a töltési tényező minél nagyobb legyen, az anyagmagasság érje el az alsó dob tengelymagasságát. Természetesen akármelyik töltési módszert választjuk, a gép sajátosságából adódóan jelentős szóródással kell számolnunk.

A serleg üritése, a szögsebességtől függően lehet centrifugális, vagy gravitációs. Centrifugális ürités jön létre, ha: $a < r_b$, és gravitációs, ha: $a > r_k$, a két határérték közötti tartományban, $r_b < a < r_k$, vegyes üritésű elevátorról beszélünk.

Az alkalmazni kívánt üritési módot az anyagjellemzők és a serlegek alakja, és egymástól való távolsága határozza meg, hogy sem visszahullás, sem pedig az előző serleg hátára való ürités ne következzen be, ugyanakkor a serleg kiürítése is megvalósuljon. Ez utóbbi különösen a nedves, tapadó anyagok esetében kritikus.

6.4.3. Serleges elevátorok szállítóképessége és teljesítményszükséglete

A berendezés szállítóképessége az elméletihez képest annyiban módosul, hogy az átlagos keresztmetszet ($A=V/t$) a töltési tényezővel (φ) csökkentendő. A töltési tényező gyakorlati értéke: $0,9 > \varphi > 0,4$ között változik. Függ a szállítandó anyagtól, annak állagától, nedvességtartalmától, a serleg kialakításától és méretétől, valamint, mint azt a fentiekben láttuk a szögsebességtől (ω) is. Így a serleges elevátor elméleti szállítóképessége:

$$Q_e [t/h] = 3600 \cdot (V/t) \cdot \rho \cdot v \quad (365)$$

ahol;

$V [m^3]$ a serleg térfogata,
 $\rho [kg/m^3]$ az anyag halmazsűrűsége,
 $v [m/s]$ a szállítási sebesség,
 $t [m]$ a serlegek osztástávolsága.

A tényleges szállítóképesség:

$$Q_e = 3600 \cdot (V/t) \cdot \varphi \cdot \rho \cdot v [t/óra], \quad (366)$$

ahol φ a töltési tényező.

A fentiekből közvetlenül számítható a serleges elevátorok teljesítményszükséglete. A működtetéséhez szüksége teljesítményt a szállítóképességnek megfelelő anyagmennyiség mozgatásához és mozgásba hozásához szükséges energia, és a menthetetlenül fellépő veszteségek összege határozza meg. A berendezés teljesítmény szükséglete:

$$P = F_k \cdot v / \eta, \quad (367)$$

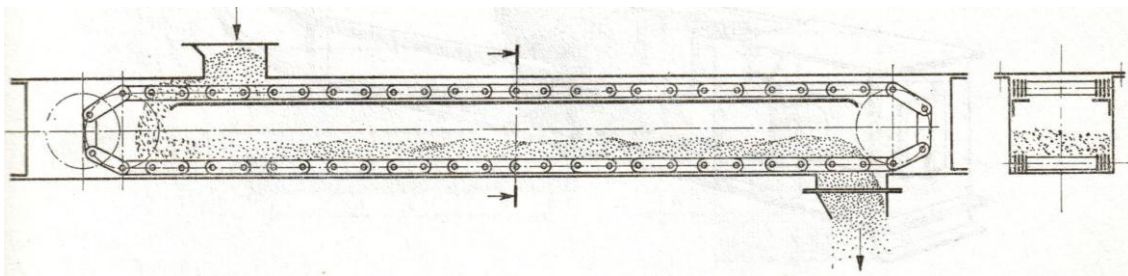
ahol

- P [kW] a villamosmotor teljesítménye,
 v [m/s] a szállítási sebesség,
 η = a hajtás hatásfoka ($0,65 < \eta < 0,78$),
 F_k [kN] a kerületi erő, $F_k = T_1 - T_2$,
 T_1 [kN] = a felfutó ágba lévő erő,
 T_2 [kN] = a lefutó ágba lévő erő.

A vonóelemekben ébredő erőket a mozgatandó tömegek nagysága és a szerkezet ellenállás tényezői határozzák meg. A számítás elve megegyezik a végtelenített vonóelem terhelésének számítási eljárásával.

6.5. Rédlerek

A rédlereket poros, és általában apró szemű anyagok vízszintes, ferde, vagy függőleges pályán való szállítására alkalmazzák. A rédlerek teljesen zárt egységet alkotnak. Szélességük ($100 \leq b$ [mm] ≤ 1000) tág határok között változik. Az ömlesztett anyag mozgását zárt vályúban elhelyezett, a láncokat összekötő kaparó körmök végzik. A láncokat kopásálló acélból a vályút pedig üveg vagy bazaltbéléssel látják el. Főleg szénosztályozókban alkalmazzák, de olyan helyekre is telepítik, ahol 400-500 °C hőmérsékletű anyagokat kell továbbítani. Felépítését a 337. ábra szemlélteti.



337. ábra

A rédlér végtelenített vonóeleme egyben a szállító elem is, amely teljesen zárt házban üzemel. A vonóelem különböző kialakítású karokat hordozó lánc, mely a hosszabb pályák esetében mindig párban üzemel. A berendezés nem csak egyenes, de íves szakaszokat is tartalmazhat. Ezt a kisebb sugarak esetében beépített lánckerékpárok, nagyobb, 2-5 m sugarú íveknél pedig vezetékek teszik lehetővé. A berendezés szerkezeti elemei tetszőleges alakú, de csak síkban kiterjedő pálya kialakítását teszik lehetővé. Az alkalmazott sebesség: $0,2 < v < 1,5$ [m/s].

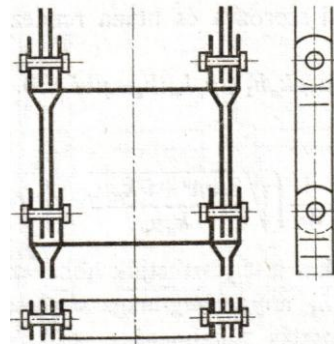
A vályú keresztirányú méreteinek meghatározásánál a szállítóképességen kívül az ömlesztett anyag szemcsenagyságát (w_{\max}) és a legnagyobb szemcsék előfordulási gyakoriságát is figyelembe kell venni. Ebből adódóan a vályú legkisebb mérete: b_{\min} [mm] = $5 \cdot w_{\max}$ [mm].

A berendezés működése során az anyag felülről bárhol elhelyezkedő surrantón betöltő, az alsó szinten pedig a tetszőleges helyen kialakítandó nyíláson keresztül pedig szabadon kiáramlik. A berendezés általános felépítésének köszönhetően a vízszintes szakaszokon akár több beömlő és kiömlő nyílást is kialakítható, és azok tetszés szerint üzemeltethetők. Arra azonban gondolni kell, hogy a beömlő nyílások keresztmetszete kevesebb anyag beáramlását tegye lehetővé, mint amit a lánc szállítani tud, hogy ne alakuljon ki anyagtorlódás. A kiömlő nyílásoknál a záróelemeket úgy kell kialakítani, hogy azok járulékos többlet ellenállást ne jelentsenek.

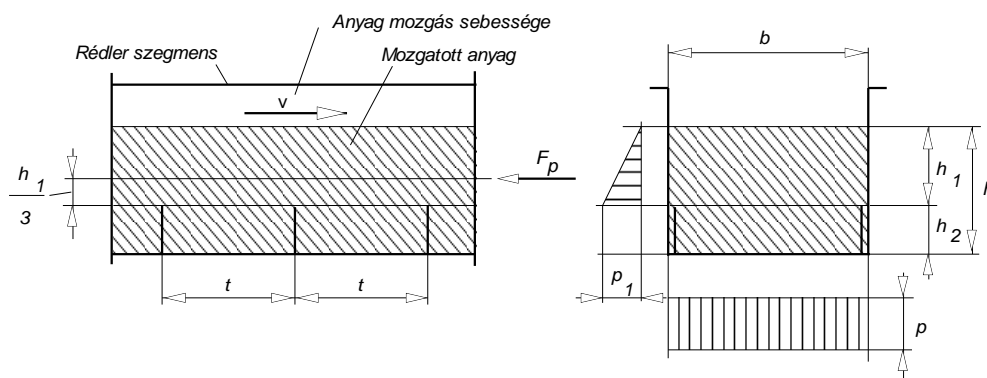
A berendezés működőképességét alapvetően a súrlódási viszonyok határozzák meg. A működés feltétele, hogy a vályú oldalfala és fenéklemeze valamint az ömlesztett anyag közötti súrlódási tényező kisebb legyen, mint az ömlesztett anyag és a lánc közötti súrlódási tényező. Az anyag egyébként még e feltétel fennállása esetén is valamelyest mindig hátra marad.

A berendezés hajtását lánckerékpár biztosítja, melyet úgy célszerű elhelyezni, hogy az mindig az anyagleadás legtávolabbi pontja előtt, de ahhoz közel legyen. Ugyanakkor a feszítés, amelyre nyilvánvalóan szükség van, a pálya ellenkező végére kerüljön, olyan kialakítással, hogy a kopásból, nyúlásokból eredő méretváltozások ellenére is, az egyenletes feszítést tudjon biztosítani.

A beömlő anyag a vályú keresztmetszetét nagymértékben kitölti. Az egyláncos rendszerek valójában kaparólánc elven mozgatják az anyagot, amelynek következtében az a lánchoz képest jelentős lemaradással mozog. A kétláncos megoldásoknál, a kétoldalt megvezetett láncok és az ezeket összekötő hevederek (tolólapok) között az anyag, mint egy zárt cellában helyezkedik el, a felette lévő anyagrétegben elvileg nem kell számolni anyaglemaradással, ha a cella feletti rétegre ható oldalsúrlódási erőből adódó nyírófeszültség kisebb, mint a cella síkjában lévő legkisebb nyírószilárdság. Az anyaglemaradás mértékét egyrészt az anyag és a vályú közötti, másrészt az anyag szemcséi közötti súrlódási viszonyok határozzák meg. Ezért ezeknél a berendezéseknél ennek megfelelően két töltési tényezőt lehet meghatározni, de a gyakorlatban nem ez a számítási módszer honosodott meg. A kétláncos rendszer cellakialakítását mutatja a 338. ábra. Az anyag mozgásának vizsgálatához induljunk ki a 339. ábra anyagrétegének elhelyezkedéséből.



338. ábra



339. ábra

A cella feletti anyagrétegnek a cella falára gyakorolt legnagyobb nyomása

$$p_1 = h_1 \rho g k_a = h_1 \rho g \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (368)$$

ahol ρ az anyag sűrűsége, φ pedig az ömlesztett anyag belső súrlódási szöge. A tolólap osztásra vonatkoztatott oldalerő (368) figyelembevételével;

$$F_{ip} = t \int_0^{h_1} p \, dh = p_1 \frac{h_1}{2} t = \frac{h_1^2}{2} \rho g k_a t, \quad (369)$$

amelynek hatásvonala a cella felett $h_1/3$ magasságban ébred, és az oldallapon $F_s = \mu_{oldf} F_{ip}$ súrlódó erőt kelt. A súrlódó erő az anyagban a $2F_s$ súrlódó erőn kívül

$$M = 2 F_s \frac{h_1}{3} = \frac{h_1^3}{3} \mu_{oldf} \rho g k_a t \quad (370)$$

hajlító nyomatékot is kelt, amelyből a cella hossza mentén hajlítófeszültség keletkezik, amelynek maximális értéke;

$$\sigma_{max} = \frac{M}{K} = 6 \frac{M}{b t^2} = \frac{2 h_1^3 \rho g k_a}{b t}. \quad (371)$$

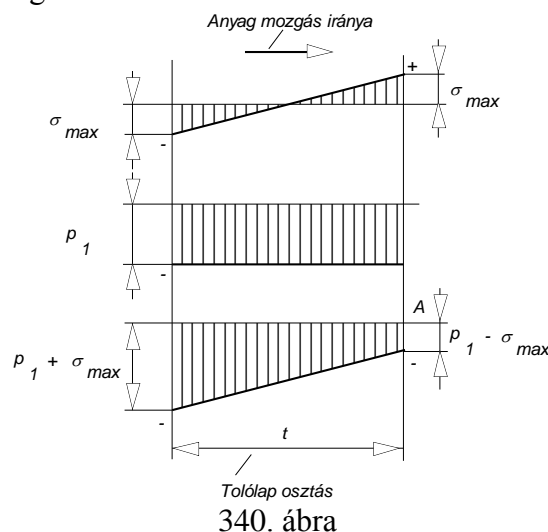
A cella síkjában a h_1 magasságú anyagból adódó nyomás:

$$p_1 = h_1 \rho g. \quad (372)$$

A cella hossza menti nyomás és feszültség eloszlást a 340. ábra mutatja. Az ábrából látható, hogy a cellasík A pontjában ébred a legkisebb nyomás, és itt a legkisebb a nyírószilárdság, amely a

$$\tau_{min} = p_{min} \mu = (p_1 - \sigma_{max}) \mu \quad (373)$$

összefüggéssel határozható meg.



Az oldalfalsúrlódásból adódó súrlódó erő hatására, a cella síkjában

$$\tau_s = \frac{2 F_s}{b t} = \frac{h_1^2 \mu_{oldf} \rho}{b} \quad (374)$$

csúsztató feszültség keletkezik. Az anyag folyam folytonosságának feltétele, hogy teljesüljön a

$$\tau_{\min} \geq \tau_s \quad (375)$$

feltétel, amelyből a legkisebb tolólap osztás is meghatározható. A levezetések mellőzésével, a tolólap minimális osztására

$$t_{\min} = \frac{2 \mu h_1^2 k_a \mu_{oldf}}{b \mu - h_1 k_a \mu_{oldf}} \quad (376)$$

adódik.

A berendezés szállítóképessége az elméletihez képest annyiban módosul, hogy a vályú keresztmetszet ($A = b h$) alapján számítható teljesítmény egy, a konstrukciótól, a pálya dőlésszögétől és a szállítandó anyagtól függő tényezővel (c) csökkentendő, melynek az értéke tág határok között változik: $0,4 < c < 0,9$ között változik. Így a rédler szállítási teljesítménye:

$$Q = 3,6 A c \rho v [t / \text{óra}] \quad (377)$$

ahol;

$A [m^2]$ az anyag keresztmetszete

$\rho [kg/m^3]$ a halmazsűrűség,

$v [m/s]$ a szállítási sebesség;

c a szállítási teljesítményt csökkentő tényező (térrkitöltési tényező)

Az előzőekben említett szállítási teljesítményt csökkentő tényező vonatkozásában a szakirodalom igen eltérő, és esetenként egymásnak ellentmondó adatokat tartalmaz, ezért az azokkal való egybevetésnél igen körültekintően kell eljárni. Mindezek figyelembevételével a rédler vízszintes szakaszán az alábbiakkal célszerű számolni: $c = c_1 \cdot c_2$, ahol a lánc okozta keresztmetszet csökkenés miatt $c_1 = 0,9-0,95$, szemcsés anyagoknál: $h/b = 0,6$ esetén $c_2 = 0,95$, $h/b = 0,8$ esetén $c_2 = 0,85$. Poros, szárazanyagoknál $h/b = 0,6$ esetén $c_2 = 0,75$, $h/b = 0,8$ esetén $c_2 = 0,70$, ahol: $b [m]$ a csatorna szélessége, $h [m]$ a csatornában kialakuló anyag magasság.

A berendezés működtetéséhez szükséges teljesítményt a szállítóképességnek megfelelő anyagmennyiség mozgatásához és mozgásba hozásához szükséges energia, és a menthetetlenül fellépő veszteségek összege határozza meg. A berendezés teljesítmény szükséglete:

$$P = \frac{F_k \cdot v}{\eta} \quad (378)$$

ahol:

$P [W]$ a villamosmotor teljesítménye

$v [m/s]$ a szállítási sebesség

η a hajtás hatásfoka

$F_k [N]$ a kerületi erő, $F_k = T_1 - T_2$

$T_1 [N]$ a hajtás felfutó ágában ébredő erő

$T_2 [N]$ a hajtás lefutó ágban ébredő erő

A vonóelemekben ébredő erőket a mozgatandó tömegek nagysága és szerkezete, valamint az anyagszállító pálya kialakítása határozza meg. Vízszintes elhelyezésű rédlerok esetén a hajtás felfutó ágában ébredő erő:

$$T_1 = T_o + (\mu_{oldf} q + \mu_{oldf} k_a h_1^2 \rho + \mu_l q_o) g L, \quad (379)$$

ahol:

q_o a vonóelem folyóméter tömege,

$q = b h \rho$ a mozgatott anyag folyóméter tömege,

ρ az anyag halmazsűrűsége,

L a rédler vízszintes szakaszainak hossza,

T_o a lánc vonóelem előfeszítése,

μ_{oldf} az anyag és a vályú közötti súrlódási tényező,

μ_l súrlódási tényező a vonóelem és a vonóelem vezeték között.

A hajtás lefutó ágában ébredő erő:

$$T_2 = T_o - \mu_l q_o g L. \quad (380)$$

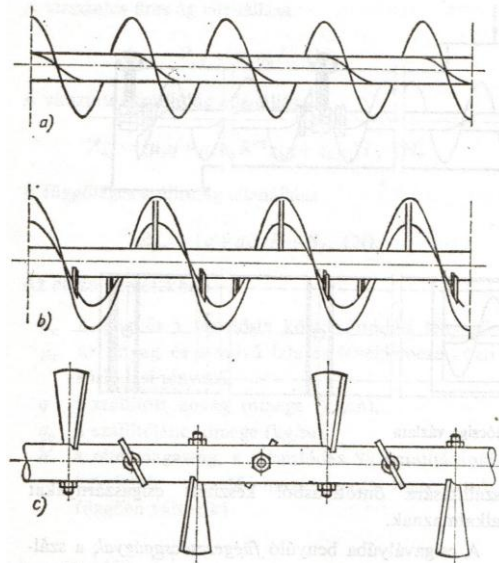
A lánc vonóelem előfeszítését úgy kell beállítani, hogy T_2 üzem közben, bármilyen terhelés fellépése esetén sem vehet fel negatív értéket.

6.6. Szállító csigák

A szállító csiga az ömlesztett anyagok mozgatásának egy elterjedt anyagmozgatógép típusa, az anyag fel- és leadása egyszerű, a mozgó alkatrészek száma kevés. Kiterjedten alkalmazzák a mezőgazdaságban és a malomiparban, de egyéb helyeken is, ahol viszonylag egyenletes szemcseméretekkel lehet számolni.

6.6.1. Szállítócsigák szerkezeti felépítése

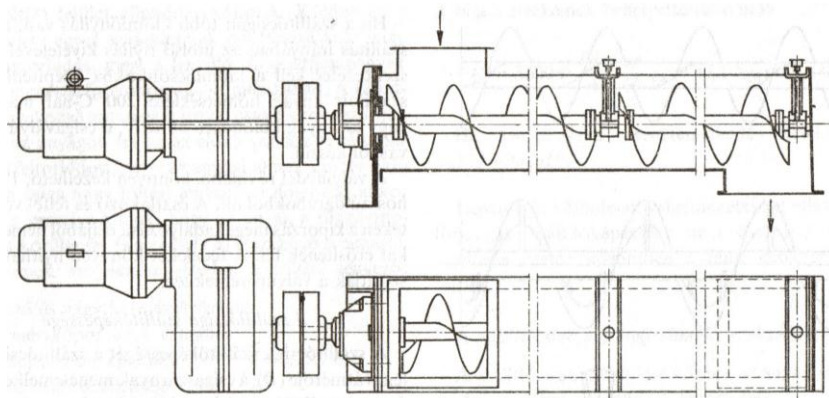
A csiga szállító eleme, egy tengely körül kiképzett csavarfelület, amely felület folyamatos, megszakított is lehet. A folyamatos kialakítású lemezből készül, és hegesztéssel rögzítik a csőből készült tengelyre, a megszakított szárnyakat öntöttvasból, vagy kovácsoltvasból készítik, és egyenként szerelik rá a csőtengelyre – 341. ábra. Ez a felület, forgás közben tolja előre a beöntött anyagot a kiömlő nyílás felé. A berendezés paramétereit az elvárt szállítási teljesítmény és a szállítandó anyag határozza meg. A csiga átmérőjének értékét tapasztalatok alapján osztályozott anyagoknál $D \geq (8 - 10)w_{\max} [mm]$, osztályozatlan anyagoknál $D \geq (4 - 6)w_{\max} [mm]$ értékekre lehet felvenni.



341. ábra

A szállító csigák szállító csatornája lefedett vályú, vagy henger alakú zárt cső. A csiga egyik végén helyezkedik el a hajtás, és ott van elhelyezve a csigatengely támasztó csapágya is, amely a tengelyirányú erőket fel tudja venni.

A berendezés hossza több 10 méter is lehet, és ennek következtében a tengelyt felülről belógatott csapágyházakban elhelyezett csapágyakkal meg kell támasztani, a radiális erők felvételére. A kialakításnál ügyelni kell, hogy a csapágy anyagtorlódást ne okozzon, valamint arra is, hogy a csapágyak a szállított anyagot ne szennyezzék, 342. ábra.

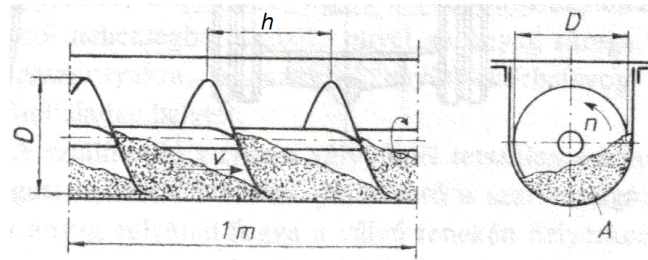


342. ábra

6.6.2. A szállító csigák szállítókapessége és teljesítményszükséglete

A berendezés működése során az anyagot egy, vagy több helyen a vályúba betöltjük, és a vályú végén, vagy közben tetszőleges helyen, az alsó részen kialakított kiömlő nyíláson át kiengedjük.

A csigaszárnyak kialakításától függően különböző mértékben ugyan, de az előrehaladás során az anyagvastagság változik, és természetesen soha nem tölti ki a vályú teljes keresztmetszetét, melynek mértékadó része a csiga átmérő által meghatározott felület. Ezt veszik alapul a töltési tényező (φ) elméleti értékének meghatározásához. A szállítandó anyag szállítási csatornában való elhelyezkedését a 343. ábra mutatja. A töltési tényező $\varphi = q / (\rho \cdot A)$, ahol q az anyag folyóméter tömege, $A = D^2 \cdot \pi / 4$ a szállítási keresztmetszet, ρ pedig a halmazsűrűség.



343. ábra

A berendezés szállítóképessége az elméletihez képest annyiban módosul, hogy az átlagos keresztmetszet ($A = D^2 \pi / 4$) a töltési tényezővel (φ) csökkentendő. A töltési tényező gyakorlati értéke $0,15 < \varphi < 0,4$ között változik, függ a szállítandó anyagtól, annak állagától, nedvességtartalmától, a szárnyak kialakításától és méretétől, valamint, a fordulatszámtól (n). A fordulatszámot befolyásolja az anyag koptató hatása, maximális értékét tapasztalatok alapján becsülhetjük az $n_{\max} = K / \sqrt{D}$ [1/min] összefüggéssel, ahol:

$K = 60$ könnyű, nem koptató anyagok esetén,

$K = 45$ nehéz, nem koptató anyagoknál,

$K = 30$ nehéz, koptató anyagokra.

Így a tele szárnyas szállító csiga szállítóképessége vízszintes szállításra:

$$Q = 3,6 A \rho v \varphi \text{ [t/óra]}, \quad (381)$$

illetve

$$Q = 0,06 (D^2 \pi / 4) \varphi \rho n h \text{ [t/óra]}, \quad (382)$$

ahol:

$A = D^2 \pi / 4$ szállítási keresztmetszet,

φ a töltési tényező,

ρ a halmazsűrűség,

$v = n h / 60$ a szállítási sebesség,

n a csiga fordulatszáma,

h a csiga menetemelkedése,

A csiga menetemelkedése kis átmérők ($D = 100$ [mm]) esetén $h = D$, míg nagy átmérőknél ($D = 1000$ [mm]), ez az arány $h = 0,5 D$ -ig csökken. A ferde és függőleges anyagmozgatás esetén egzakt mechanikai vagy tapasztalati összefüggések alapján végzett számításokkal határozható meg a szállítóképesség.

A berendezés működtetéséhez szüksége teljesítmény szükséglet a mozgatott anyag és a szállító csatorna között fellépő súrlódási veszteségből, illetve a csigafelület és az anyag közötti súrlódási veszteségből határozható meg. Az anyag és a csatorna közötti súrlódó erő:

$$S = \mu q g L = \mu L \frac{Q}{3,6 v \varphi} g, \quad (383)$$

amelyből a kerületi erő:

$$F_k = S \operatorname{tg}(\alpha + \rho), \quad (384)$$

a szükséges hajtónyomaték;

$$M_h = c_k F_k \frac{d_1}{2}, \quad (385)$$

c_k az ellenállás számításának bizonytalansági tényezője (1,1 ...2,0), d_1 pedig a szállító csatornában lévő anyagkeresztmetszet súlypontjának megfelelő átmérő. A szükséges hajtó teljesítmény:

$$P = \frac{M_h \omega}{\eta}, \quad (386)$$

ahol:

- η a hajtás hatásfoka,
- L a szállítási távolság,
- ω a hajtótengely szögsebessége.

A szükséges teljesítményt mintegy 20 %-kal növeli, ha folyamatos csiga helyett elemekből összeállított lapátsort alkalmazunk, mint ahogy az is, ha több kiömlő nyílásunk van, mivel a lezárt nyílások feltétlenül növelik a szállítási ellenállást.

6.7. Kockázatelemzési, baleseti és munkavédelmi kérdések

6.7.1. Kockázatelemzés

A kockázatértékelés célja nem elvont. Nem matematikai valószínűségeket vagy elméleti összefüggéseket kell megállapítani, hanem megvizsgálni az adott munkahelyen a konkrét helyzetet, és meghatározni a konkrét teendőket. Kockázatértékelés lényege: a meglévő személyi, tárgyi, szervezési feltételek összehasonlítása a vonatkozó előírásokkal (jogszabályokkal, szabványokkal, üzemeltetési dokumentumokkal), tehát a „van” és a „kell” összevetése. Biztosítható legyen az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés feltétele, azaz ne merüljön fel a heveny és idült egészségkárosodás kockázata az adott munkakörben.

Ehhez adott esetben természetesen kvantitatív (mennyiségi) vizsgálatok, mérések is szükségesek, például a kémiai biztonsággal kapcsolatos kockázatbecslés területén, különösen, ha a konkrét helyzetet valamilyen számszerű normával kell összevetni. Figyelembe kell venni a jogszabályok által előírt azon mérések eredményeit is, amelyeknek munkavédelmi vonzata van (érintésvédelem, világítás, zaj stb.).

A kockázatértékelés fő céljai ezért:

- a megteendő intézkedések meghatározása és fontossági szempontból történő rangsorolása,
- a kockázatok elhárítása, illetve elfogadható mértékűre csökkentése.

A kockázatértékelésnek, illetőleg az azt követő intézkedéseknek nem minden esetben lehet végső célja az, hogy a kockázatok teljes mértékben szűnjenek meg, mindössze annyi, hogy a megfelelő kockázatcsökkentés eredményeként a fennmaradó kockázat elfogadható legyen. Például a gépjárművel történő közlekedés mindig veszélyes marad, de azt bizonyos szintig csökkenteni lehet (műszaki állapot rendszeres ellenőrzésével, pihenőidő szabályozásával, stb.).

A kockázatértékelés után a munkáltatónak képesnek kell lennie annak bizonyítására a hatóságok, a munkavállalók vagy képviselőik, illetve más érdekelt felek előtt, hogy megtett

minden szükséges intézkedést a kockázatok felmérésére és elhárítására, illetve minimálisra csökkentésére. Ezért a kockázatértékeléshez hozzátartozik a folyamat és az eredmények megfelelő dokumentálása is (lásd 6. pontot).

Az Mvt. 54. § (2) bekezdés értelmében a kockázatértékelés elvégzése munkabiztonsági és munka-egészségügyi szaktevékenységnek minősül. Természetesen célszerű, ha a szakember az adott tevékenységet megfelelően ismeri, gyakorlattal, sőt helyismerettel rendelkezik. Az Mvt. 57. § (3) bekezdése rögzíti a munkavédelmi szaktevékenységet ellátó személy kiemelt feladatait, az *f*) pontja tartalmazza a kockázatértékelésben való közreműködési kötelezettséget.

A felelősség az Mvt. 2. § (2) bekezdés szerint mindenképpen a munkáltatót terheli. A jogszabály értelmében a munkáltató nem csak a kockázatértékelés elvégzéséért felelős, hanem annak megfelelő minőségű kivitelezéséért is. Ezért nagyon gondosan kell mérlegelnie, hogy saját szakemberével (szakembereivel) maga végzi-e el a kockázatértékelést vagy külső szakembert, szolgáltató szervezetet, szakintézményt bíz meg vele, illetőleg von be a tevékenységbe.

A szolgáltató kiválasztásánál különös gondot kell fordítani arra, hogy rendelkezzen referenciákkal és legyen leinformálható, mert a kockázatértékelés a munkáltató munkavédelmi tevékenységének alapvető eleme, és végső soron a munkáltató felelős a kockázatértékelés tartalmáért, a megtett intézkedésekért, a munkavállalók egészségéért és biztonságáért. Ugyanakkor kerülni kell a kockázatértékelés szükségtelen túlbonyolítását.

A kockázatértékelés folyamatába indokolt bevonni a munkavállalókat, illetőleg a munkavédelmi képviselőt, mivel a gyakorlati tapasztalataik a kockázatértékelésnél nélkülözhetetlenek. A munkavédelmi képviselő részvételi jogát biztosítja az Mvt. 72. §, különösen a (2) bekezdés *b*) pont, amely szerint a munkavédelmi képviselő részt vehet a munkáltató azon döntései előkészítésében, amelyek hatással lehetnek a munkavállalók egészségére és biztonságára. A munkavállalók bevonása értékes szakmai segítséget nyújthat a kockázatértékeléshez, mert ők általában pontosan ismerik a gyakorlati problémákat, illetve a munkavégzés közben szerzett tapasztalatok alapján felismerhetnek rejtett veszélyeket is.

A kockázatértékelés elemei

A kockázatértékelés folyamatát többféleképpen lehet szakaszokra osztani. A legfontosabb tartalmi elemek a következők:

- a.) A veszélyek azonosítása.
- b.) A veszélyeztetettek azonosítása.
- c.) A kockázatok minőségi, illetőleg mennyiségi értékelése.
- d.) A teendők meghatározása és a szükséges intézkedések megtétele.
- e.) Az eredményesség ellenőrzése és az értékelés rendszeres felülvizsgálata.
- f.) A kockázatértékelés és a teendők, valamint a felülvizsgálat írásba foglalása.

A következőkben ezeknek az elemeknek a részletes szempontjait ismertetjük. Az elemekre vonatkozó gyakorlati kérdéseket a *melléklet* tárgyalja. (A kémiai biztonsággal kapcsolatos kockázatanalízis részben hasonló elemeiről és hatásági ellenőrzéséről az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat ad tájékoztatást.)

a.) A veszélyek azonosítása

A veszélyek azonosítása az egész kockázatértékelés alapja. Első lépésként részletesen számba kell venni a munkakörnyezetben lévő valamennyi munkafolyamatot, technológiát, munkaeszközt, felhasznált anyagokat (különös tekintettel a veszélyes anyagokra és készítményekre), munkamódszert. Rendkívül fontos, hogy ez a "leltár" kiterjedjen a nem mindennapos tevékenységekre is, mint például a karbantartás. Emellett figyelemmel kell lenni egyes munkafeladatok évszakhoz kötött jellegére is, valamint gondot kell fordítani a kiegészítő jellegű tevékenységekre, mint például a takarítás, anyagtárolás vagy szemétszállítás.

Ezután kell meghatározni minden jelenlevő veszélyt, amely a munkavállalókat és más személyeket fenyegethet. Ezeket lehet a tevékenységek, a technológiák, a hely, vagy más alkalmas szempont szerint osztályozni, azonban mindig úgy, hogy minden lényeges veszély számba legyen véve.

A veszélyek számos tényezőtől adódhatnak, ezért a kockázatértékelés során a munkáltató felelősségi körébe tartozó valamennyi vonatkozó tényezőt figyelembe kell venni. Ehhez nyújt támpontot a következő felsorolás, hangsúlyozni kell azonban, hogy az nem törekszik teljességre, csak tájékoztató jellegű.

Munkaeszközök használata

- védelem nélküli forgó, mozgó alkatrészek,
- anyagok vagy tárgyak elmozdulása (esés, gurulás, csúszás, összeomlás),
- gépek, járművek mozgása (például emelőgépek, belső szállítás, belső és külső közlekedés),
- tűz- és robbanásveszély (súrlódás, nyomástartó edények),
- veszélyes felületek (éles, sorjás, egyenetlen felületek, szélek és sarkok, kiálló részek, forró vagy hideg felületek).

Munkavégzés és munkakörnyezet

- személyek vagy tárgyak leesése,
- magasban végzett munka,
- mélyben végzett munka,
- kényelmetlen mozdulatok vagy testhelyzet,
- kézi anyagmozgatás,
- szűk munkahely,
- rendetlen, elhanyagolt munkahely,
- megbotlás, megcsúszás, elesés,
- rossz egyéni munkamódszer,
- zárt terekben, tartályokban végzett munka,
- változó munkahely.

Fizikai tényezők

- villamos hálózatok és berendezések,
- hordozható villamos munkaeszközök,
- villamos földkábelek és légvezetékek,
- elektromos zárlat, elektromosság okozta tűz vagy robbanás,
- elektrosztatikus feltöltődés,
- elektromágneses sugárzás vagy tér,
- részecskesugárzás,
- lézerek használata,
- zaj, infra- és ultrahang,
- nem megfelelő munkahelyi világítás,
- mechanikai rezgés (például kéziszerszámok, járművek),
- forró vagy hideg anyagok, tárgyak, közegek,
- nyomás alatti közegek (például sűrített gázok, gőzök),
- emberek, állatok mozgása, támadása.

Biológiai tényezők

- mikroorganizmusok.
- baktériumok és hasonló organizmusok,
- vírusok,
- paraziták,
- gombák.

Veszélyes anyagok, környezet és klíma

- oxigénhiány,
- veszélyes anyagok (belélegzése, lenyelése, bőrön át való felszívódása),
- gyúlékony, robbanékony és oxidáló anyagok,
- maró anyagok,
- instabil vagy erősen reakcióképes anyagok,
- allergizáló anyagok,
- fertőző anyagok,
- rákkeltő, mutagén, teratogén, utódkárosító anyagok,
- nem megfelelő munkahelyi klíma (hőmérséklet, páratartalom, légmozgás),
- szennyezett munkahelyi levegő (gázok, gőzök, aeroszolok, porok),
- túlnyomás alatt vagy kis nyomásban végzett munka,
- kedvezőtlen időjárási feltételek,
- vízen vagy víz alatt végzett munka.

Fiziológiai, idegrendszeri és pszichés tényezők

- nehéz testi munka,
- nagy koncentrációt igénylő munka,
- túl intenzív vagy egyhangú munka,
- éjszakai munka,
- egyedül vagy elszigetelten végzett munka,
- személyek fenyegetése, támadása (erőszak),
- a feladatok, munkafolyamatok vagy munkavégzés szervezési hiányossága, összehangolatlansága, tisztázatlansága vagy áttekinthetlensége, túl sok vagy túl kevés információ,
- emberi kapcsolati tényezők (például kiszolgáltatottság, tévedések, rosszindulat, passzív dohányzás, szexuális zaklatás).

Egyéb tényezők

- oktatás hiánya vagy nem megfelelő végrehajtása,
- üzemeltetési dokumentáció hiánya vagy hiányossága,
- egészségügyi vizsgálat hiánya,
- műszaki tartalmú időszakos felülvizsgálat hiánya vagy hiányossága,
- elsősegélynyújtás hiányossága.

A gépek biztonsága és a munkakörnyezet kapcsolata tekintetében a veszélyek áttekintésére ugyancsak értékes útmutatást adnak az MSZ EN ISO 12100-1:2004 és az MSZ EN ISO 12100-2:2004 számú szabványok. Egyetlen útmutatás vagy szakmai segédlet sem veheti át azonban a munkáltató felelősségét, és nem helyettesítheti a helyi viszonyok ismeretét. A kockázatértékelésért felelős munkáltatónak vagy megbízottjának mindig a munkahely konkrét viszonyai alapján kell számba vennie az adott munkahelyre, munkafolyamatokra, technológiákra, munkaeszközökre, munkamódszerekre, munkavállalókra jellemző veszélyeket.

Információforrások

A veszélyek számbavételéhez több forrásból érdemes információt szerezni, amilyen például:

- A munkatevékenység, munkafolyamatok, technológiák, munkaeszközök, munkamódszerek közvetlen megfigyelése.
- A munkavállalók és képviselőik tapasztalatai.
- Munkavédelmi jogszabályok.
- Szabványok
- Gyártók és szállítók használati utasításai, adatlapjai, gépkönyvei, kezelési utasításai.
- Munkahelyi belső szabályzatok, üzemeltetési dokumentáció.
- Munkabalesetek, foglalkozási megbetegedések és rendkívüli események adatai.

- Más munkahelyek közzétett adatai, tapasztalatai, bevezetett szakmai szokások.
- Tudományos és műszaki irodalom.
- Munkavédelmi adatbázisok.
- Helyszíni vizsgálatok, mérések.
- Szaktanácsadók, munkavédelmi szolgáltatók.

Gondos mérlegelést követel annak eldöntése, hogy a veszélyek számbavételéhez szükséges-e bonyolult műszeres vagy laboratóriumi mérések. Ezek a vizsgálatok sokszor hosszadalmasak és költségesek, és bár pontos és részletes eredményeket szolgáltatnak, a kockázatértékeléshez, illetőleg a szükséges teendők meghatározásához gyakran elegendő a tájékozódó jellegű vizsgálat, amennyiben az, a munkavállaló expozíciójára, és az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés megteremtéséhez elegendő adatot szolgáltat.

A munka, a munkafolyamatok elemzésekor különös gondot kell fordítani a következőkre:

- Mindig a tényleges viszonyokat kell megvizsgálni, összehasonlítva a vonatkozó előírásokkal, korszerű megoldásokkal. Ha a munkahelyen technológiai utasítás van érvényben, a kockázatértékelés során át kell ugyan tekinteni az utasítást, de meg kell vizsgálni azt is, hogy a valóságban hogyan végzik a munkát. A legtöbb munkahelyen kisebb-nagyobb mértékben eltérnek az írott utasításoktól. A kockázatértékelés során meg kell vizsgálni egyrészt az eltérések okát, másrészt a valóságos helyzet kockázatait, összevetve az utasítások pontos megtartása esetén fellépő kockázatokkal. Figyelmet kell fordítani az üzemeltetési dokumentációban rögzített minimális létszámra és annak összetételére is. Például a szigorú létszámgazdálkodás hatására gyakran csak az első műszakban dolgozik villanyszerelő, a délutáni és éjjeli műszakban hiányzik. Ezáltal a villanyszerelés szempontjából szakképzetlen személyek vélt termelési érdekből maguk végzik el a szerelést, önmagukat és munkatársaikat veszélyeztetve. Szervezési intézkedések szükségesek tehát e súlyos szabálysértés megakadályozása érdekében, például készenléti rendszer biztosításával, vagy külső szakember szükség szerinti megbízásával
- Meg kell vizsgálni, hogy milyen esetekben kerül sor olyan műveletekre, amelyek rendszeresek ugyan, de a rutintól való eltérést jelentenek. Az ilyen műveletek általában kockázatosabbak. Közéjük tartoznak például a karbantartási, tisztítási, szerelési, indítási, leállítási műveletek.
- Meg kell vizsgálni, melyek lehetnek a munkafolyamatban, technológiában fellépő, nem rendszeres, de előre látható üzemzavarok, előírás ellenes munkavégzések. Ilyen lehet például egy esztergakés törése, egy gumibroncs defektje, de egy dolgozó fegyelmezetlensége is.

b.) A veszélyeztetettek azonosítása

A lehető legteljesebb körben számba kell venni azokat a személyeket, akiket az előzőekben azonosított veszélyek fenyegethetnek. Meg kell állapítani, hogy kockázatonként hány fő a fenyegetett munkavállaló, hatókörben tartózkodó.

1.) A legkézenfekvőbb veszélyeztetett csoportot a munkahelyen foglalkoztatottak jelentik (például gépkezelők, karbantartók, irodai személyzet, stb.), tehát azok, akik a veszéllyel járó munkafolyamatokat ténylegesen végzik, illetve ott tevékenykednek.

2.) Különös figyelemmel kell számba venni továbbá azokat a munkavállalókat, akiknek a munkája nem közvetlenül kapcsolódik az adott munkahelyen folyó tevékenységhez, valamint azokat a személyeket, akik nem munkavállalóként kerülhetnek a munkavégzés hatókörébe. Ilyenek lehetnek például:

- alvállalkozók,
- takarítók,

- belső vagy külső karbantartók,
- szállítók,
- látogatók,
- tanulók, gyakornokok,
- járókelők,
- szolgáltatást igénybe vevők, ügyfelek, fogyasztók, vásárlók, betegek,
- veszélyhelyzeti szolgáltatók (mentők, tűzoltók, rendőrség), stb.

Nem szabad megfeledkezni azokról a személyekről sem, akik elvben nem kerülhetnek a munkavégzés hatókörébe, mégis megfordulnak a munkahelyeken, és szintén veszélyeztetettek lehetnek (munkavállalók ismerősei, rokonai, alkalmi árusok, stb.)

3.) Gondot kell fordítani az úgynevezett sérülékeny munkavállalói csoportok jelenlétére, akik egyrészt veszély előidézői is lehetnek, másrészt a veszélyek fokozottan fenyegethetik őket. Így nagyobb kockázatoknak lehetnek kitéve például:

- megváltozott munkaképességűek,
- testi vagy szellemi fogyatékosok,
- fiatal és idősödő munkavállalók,
- terhes nők és szoptató anyák,
- betanítatlan vagy gyakorlatlan dolgozók (pl. új, időszakos vagy ideiglenes munkavállalók),
- csökkent immunitású munkavállalók,
- egészségkárosodott munkavállalók (krónikus betegek),
- gyógyszeres kezelés alatt álló személyek,
- szennvedélybetegek, dohányosok.

c.) A kockázatok minőségi vagy mennyiségi értékelése

A kockázat megítélésénél figyelembe kell venni egyrészt a veszély súlyosságát, vagyis az okozható kár mértékét és kiterjedését, ide értve a veszélyeztetettek számát is, másrészt a veszély bekövetkezésének valószínűségét.

Ez az értékelés a legtöbb esetben nem igényel összetett matematikai megoldásokat. Nagy és összetett, illetve katasztrófaveszélyes technológiáknál természetesen szükség lehet bonyolult elemző, modellező és értékelő eljárásokra, a munkahelyek legnagyobb részénél azonban az értékelés a felismert veszélyek áttekintését és a kockázatok rangsorba állítását jelenti annak érdekében, hogy a munkáltató meghatározhassa a szükséges intézkedéseket.

A kockázatok minőségi vagy mennyiségi értékeléséhez értékeléshez célszerű a gyakorlatban használható kategóriákat felállítani. Erre nincsenek kötelező szabályok, de a besorolás alapjai lehetnek például a következők.

A) A károsodás jellege, súlyossága

Személyi sérülés

- Kisebbszemélyi károsodás (horzsolás, zúzódás, múltó egészségkárosodás).
- Súlyos személyi károsodás (törés, csonkulás, krónikus egészségkárosodás).
- Halálos (életveszélyes) baleset vagy egészségkárosodás.

B) A veszély bekövetkezésének valószínűsége

- Valószínűtlen.
- Lehetséges, de nem valószínű.
- Valószínű.
- Szinte elkerülhetetlen (csak idő kérdése).

A fentiek alapján a kockázatokat súlyossági (fontossági) sorrendbe célszerű állítani.

A legsúlyosabb (legsürgősebb intézkedést igénylő) kockázatok természetesen azok, ahol a veszélyek a legsúlyosabb kárt okozhatják, a legtöbb személyt érinthetik, és a legnagyobb valószínűséggel következhetnek be.

Ez után kell a munkáltatónak eldöntenie, hogy

- a.) a jelenlegi helyzet kielégíti-e a munkavédelemre vonatkozó szabályok követelményeit,
- b.) a kockázatok megfelelő ellenőrzés alatt vannak-e,
- c.) a jelenlevő kockázatok milyen módon szüntethetők meg,
- d.) milyen intézkedéseket kell tenni a kockázatok megelőzése vagy csökkentése érdekében.

Az a.) kérdés megválaszolásához természetesen a munkáltatónak, illetve a kockázátértékelést végző személynek tisztában kell lennie a munkavédelemre vonatkozó szabályokkal. Amennyiben a munkavédelemre vonatkozó szabály az adott helyzetre számszerű normával (például határértékkel) határozza meg a követelményt, akkor azt kell eldönteni, szükség esetén mérésekkel, hogy a helyzet megfelel-e a számszerű normának.

Az a.) és b.) kérdés szorosan összefügg. A munkáltatónak nem egyszerűen annak megállapítása a feladata, hogy az értékelés pillanatában a helyzet kielégíti a munkavédelmi előírásokat, hanem azt is vizsgálnia kell, hogy ez a helyzet megbízhatóan stabil-e, a kockázat megfelelő ellenőrzés alatt van-e.

Egyszerű példával: nem elég megállapítani, hogy - a kockázátértékelés során, az értékelést végző szakember és a munkáltató képviselője jelenlétében - a dolgozók kivétel nélkül viselték a védősisakokat, tehát a helyzet kielégíti a munkavédelemre vonatkozó szabályok követelményeit, hanem meg kell vizsgálni azt is, hogy a kockázat megfelelő ellenőrzés alatt van-e, vagyis megfelelő intézkedések biztosítják-e, hogy a veszélyes munkahelyeken a dolgozók mindig és rendeltetésszerűen viseljék az egyéni védőeszközöket.

Figyelemmel kell lenni tehát azokra a kockázatokra, amelyek esetében az alkalmazott óvintézkedések jelenleg megfelelő védelmet nyújtanak a veszély bekövetkezése, illetőleg a károsodás ellen, kielégítve a munkavédelmi követelményeket. Ha például a forgó, mozgó gépalkatrészek megfelelő védőburkolattal vannak ellátva, ez nem azt jelenti, hogy ez a kockázat az adott munkahelyen elvben nem létezik, mindössze azt, hogy nem szükséges további intézkedés a közvetlen elhárítására. Ugyanakkor számításba kell venni, hogy a védőburkolatok eltávolítása azonnal súlyos kockázatot jelent. Vizsgálni kell tehát azt is, hogy ez a kockázat megfelelő ellenőrzés alatt van-e, nem fordulhat-e elő a védőburkolatok indokolatlan eltávolítása. A védőburkolatokat az előre látható használat és az ésszerűen előre látható rendellenes használat figyelembevételével kell kialakítani. A rosszul elhelyezett, munkavégzést zavaró védőburkolat potenciális veszélyt jelent, ezért célszerű a vonatkozó szabványokkal (pl. MSZ EN 953:1999) történő összehasonlítás.

A jelenlevő kockázatok megszüntetése, megelőzése vagy csökkentése az Mvt.-ben foglalt elvekkel összhangban történhet:

1. Ha lehetséges, a kockázatot teljes mértékben ki kell zárni. Például, ha nem használunk szerves oldószer alapú festéket, teljes mértékben megelőztük az ebből adódó egészségi kockázatot, tűz- és robbanásveszélyt. Ha az ablakokat belülről tisztíthatóra tervezzük, megelőzzük a külső tisztítással járó leesési veszélyt.

2. A kockázati tényezőket (pl. veszélyes anyag, technológia) kevésbé kockázatosslal kell helyettesíteni. Például a szerves oldószer alapú festéket helyettesíteni lehet vizes alapúval, a kézi festékszórásst gépivel.

3. A kockázatot a keletkezési helyén kell megszüntetni, hogy minél kisebb helyen kelljen védekezni ellene, és minél kevesebb munkavállalót érintsen. Más szóval, a veszélyzónákat a lehető legkisebbre kell szűkíteni. Ha egy berendezésből káros anyag szabadulhat fel, helyi

elszívó berendezést érdemes felszerelni, nem az egész műhelycsarnok szellőztetésével eltávolítani a levegőszennyezést.

4. Mind a kevésbé kockázatos dologgal (anyaggal, technológiával, munkaeszközzel, stb.) történő helyettesítéskor, mind a kockázat keletkezési helyén történő megszüntetésekor gondot kell fordítani arra, hogy ez ne eredményezzen újabb, esetleg észrevétlenül maradó kockázatot, tehát az intézkedés ne egyszerűen "átolja" máshová a kockázatot. Ha például a felszabaduló káros levegőszennyező anyagot elszívással távolítjuk el, gondot kell fordítani arra, hogy ezzel ne okozzunk megengedhetetlen környezetszennyezést. Ha a kézi anyagmozgatást targoncák használatával helyettesítjük, ezáltal a nehéz testi munka okozta kockázatot kiküszöböltük, ugyanakkor meg kell vizsgálni a járművek mozgásával járó új kockázatokat.

5. A kollektív műszaki védelmet előnyben kell részesíteni az egyéni védőeszközök alkalmazása helyett. Például a felszabaduló káros anyagok ellen elsősorban megfelelő szellőzéssel, elszívással kell védekezni, nem egyéni légzésvédőkkel. Az egyéni védőeszközök alkalmazását mindig csak végső lehetőségként szabad számításba venni, ha a munkavállalók egészségének és biztonságának védelme kollektív műszaki és szervezési intézkedésekkel nem biztosítható.

6. Alkalmazni kell a műszaki fejlődés eredményeit. A műszaki fejlődéssel egyrészt nagyobb biztonságot eredményező védekezési lehetőségek nyílnak meg, ugyanakkor eddig nem ismert kockázatok jelennek meg. Ezeket figyelemmel kell kísérni és megfelelően alkalmazni annak érdekében, hogy az egészség és biztonság védelmi szintje a műszaki fejlődés színvonalával együtt, annak megfelelően emelkedjék. Korábban alkalmazott biztonsági berendezésnél nagyobb hatékonyságot nyújtó védőburkolat, védőberendezés alkalmazása.

d.) A teendők meghatározása és a szükséges intézkedések megtétele

Az előzőek elvégzése után a fenti szempontok alkalmazásával a munkáltatónak konkrét intézkedési tervet kell készítenie a kockázatok megelőzése vagy csökkentése érdekében a felelős és a határidő megjelölésével. Az Mvt. 54. § (2) bekezdése szerint "az értékelés alapján olyan megelőző intézkedéseket szükséges hozni, amelyek biztosítják a munkakörülmények javulását, beépülnek a munkáltató valamennyi irányítási szintjén végzett tevékenységbe."

A munkáltatónak ehhez el kell döntenie, hogy

- meg lehet-e teljes mértékben szüntetni a kockázatot,
- hogyan lehet biztonságosabbá tenni a munkafolyamatokat, technológiát, anyagokat, munkaeszközöket,
- milyen munkavédelmi intézkedésekre van szükség a kockázat alacsony szinten tartásához.

Az intézkedéseknek mindig az adott munkahelyhez, munkavállalókhöz és munkakörülményekhez kell igazodniuk, az általános meghatározásuk ezért nem lehetséges. A kockázat csökkentésének általános módszertani elve a következő:

- A veszély keletkezési helyén történő felszámolása, például zárt technológia alkalmazásával, elszívással, hőszigeteléssel, zajscsökkentéssel.
- A veszélyes munkafolyamat, technológia elkülönítése, elszigetelése.
- A munkavállaló eltávolítása a veszélyes munkafolyamattól.
- A munkaeszközök ellátása biztonsági berendezéssel (védőburkolattal, védőberendezéssel).
- Megfelelő mozgástér biztosítása.
- Tiszta, rendes munkahely kialakítása, a keletkező anyagok, szennyvíz, hulladék megfelelő eltávolítása.
- A munkavállalók megfelelő tájékoztatása, képzése, oktatása, ellenőrzése.
- Megfelelő szakképzettségű és számú munkavállaló alkalmazása.
- A munka összehangolása.

- A munkaszervezés megváltoztatása.
- Megfelelő jelző- és riasztóberendezések, mentési tervek, menekülési útvonalak és elsősegély biztosítása.
- Egyes munkafolyamatok elvégzésének képesítéshez vagy előzetes engedélyhez kötése.
- Rendszeres, tervezett karbantartás megszervezése.
- Veszélyes technológiák, létesítmények és munkaeszközök időszakos biztonsági felülvizsgálata.
- Egyes nem veszélyes munkaeszközök ellenőrző és időszakos felülvizsgálata.
- Egyéni védőeszközök biztosítása. (Mint már hangsúlyoztuk, az egyéni védőeszközök alkalmazását mindig csak végső lehetőségként szabad számításba venni, ha a kockázat kiküszöbölése más műszaki és szervezési intézkedésekkel nem oldható meg.)
- Megfelelő előzetes és időszakos orvosi vizsgálatok megszervezése.
- A munkabalesetek és foglalkozási betegségek megfelelő bejelentése, kivizsgálása és nyilvántartása.
- Megfelelő öltözködési, tisztálkodási, egészségügyi, étkezési, pihenési és melegedési lehetőségek biztosítása.

A szükséges intézkedéseket célszerű sürgősségi sorrendbe állítani, például a következők szerint:

- azonnali,
- rövid vagy középtávú,
- hosszú távú.

Ehhez a kockázatértékelés megállapításait kell alapul venni, különösen azt, hogy mennyire súlyos az adott kockázat (milyen jellegű károsodást okozhat, hány személyt érinthet, illetve milyen valószínűséggel következhet be a károsodás). Emellett át kell tekinteni azt is, hogy milyen gyorsan lehet megtenni az intézkedést, valamint milyen műszaki, személyi, szervezési feltételeket kell biztosítani hozzá. Azonnal intézkedni kell a súlyos kockázatok felszámolása érdekében, ugyanakkor a gyorsan megtehető intézkedéseket akkor is célszerű minél hamarabb végrehajtani, ha kevésbé súlyos kockázatot szüntetnek meg.

A kockázatértékelés során észlelt közvetlen veszélyt azonnal meg kell szüntetni, *tehát a közvetlen veszélyt jelentő munkavégzést vagy munkaeszközt, technológiát azonnal le kell állítani*, összhangban az Mvt. 54. § (7) bekezdés e) pontjával.

A kockázatértékelést végző személy (aki természetesen külső munkavédelmi szakember is lehet) csak javaslatot tehet a kockázatok megítélése érdekében. A munkáltatót, illetőleg megbízottját terheli a felelősség a feltárt hiányosságok megszüntetésével, a fennmaradó kockázatok vállalásában.

e.) Az eredményesség ellenőrzése és az értékelés rendszeres felülvizsgálata

A munkáltatónak ellenőriznie kell, hogy a kockázatértékelés megállapításaként, a kockázatok csökkentése érdekében meghatározott és végrehajtott intézkedések valóban hatásosan és stabilan csökkentették a kockázatokat. Ha például a fejsérülés kockázatát állapították meg, és intézkedésként minden munkavállalónak védősisak használatát írták elő, ellenőrizni kell, hogy a védősisakokat valóban megkapta-e minden munkavállaló, és megfelelő rendszer, illetőleg megfelelő szervezési intézkedések biztosítják-e, hogy folyamatosan, rendeltetésének megfelelően, - szükség esetén - becsatolt állszíjjal viseljék.

A kockázatértékelést legalább évente felül kell vizsgálni akkor is, ha nem történik különösebb változás. Amennyiben jelentősebb változás következik be, például a munkakörülményekben, a technológiában, a munkaeszközökben, a felhasznált anyagokban, a munkaszervezésben, a munkavállalói állományban, a munkavédelmi követelményekben, a műszaki fejlődésben vagy a rendelkezésre álló ismeretekben, akkor szükségessé válik a kockázatértékelés ismételt elvégzése, illetőleg felülvizsgálata. Erre nem lehet általános, minden körülményre érvényes szabályt meghatározni; a munkáltatónak, illetőleg a munkavédelmi szakembernek az adott munkahely konkrét körülményei alapján kell megállapítania, hogy melyek azok a változások, amelyeknek jelentős kihatásuk van a kockázatokra.

f.) A kockázatértékelés és a teendők, valamint a felülvizsgálat írásba foglalása

A munkáltatónak be kell tudnia bizonyítani a munkavédelmi hatóságok (Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat, Magyar Bányászati Hivatal, Országos Munkabiztonsági és Munkaügyi Főfelügyelőség), a munkavállalók vagy képviselőik, illetve más érdekelt felek előtt, hogy megtett minden szükséges intézkedést a kockázatok felmérésére és elhárítására, illetve minimálisra csökkentésére.

Ezen túlmenően az Mvt. 59. § (2) bekezdés szerint a munkáltató köteles tájékoztatni a kockázatértékelés és a munkavédelmi intézkedések tapasztalatairól

- a nála munkabiztonsági szaktevékenységet ellátó személyt,
- a foglalkozás-egészségügyi szolgálatot,
- a munkavédelmi képviselőt vagy bizottságot.

Az Mvt. 84. § (1) bekezdés a) pontja ad lehetőséget a munkavédelmi hatóságnak, hogy meghatározott munkavédelmi követelmények teljesítéséről írásbeli tájékoztatást kérjen a munkáltatótól.

A munkáltatónak ahhoz, hogy tisztában legyen a nála meglévő kockázatokkal, és érdemben kezelni tudja őket, valamint, hogy rendszerben, a gazdasági tevékenységével egységben tudja megtenni a munkavédelmi intézkedéseket, feltétlenül indokolt dokumentálnia a kockázatértékelés eredményeit, a szükséges és megtett intézkedéseket, ideértve a kockázatértékelés felülvizsgálatait is.

A dokumentációnak nincs előírt formája. Tartalmi szempontból be kell tartani az Mvt. 54. § (5) bekezdésében foglaltakat, amely a következő:

A kockázatértékelés eredményeként a munkáltató felelőssége legalább a következők dokumentálása:

- a) a kockázatértékelés időpontja, helye és tárgya, az értékelést végző azonosító adatai;
- b) a veszélyek azonosítása;
- c) a veszélyeztetettek azonosítása, az érintettek száma;
- d) a kockázatot súlyosbító tényezők;
- e) a kockázatok minőségi, illetőleg mennyiségi értékelése, a fennálló helyzettel való összevetés alapján annak megállapítása, hogy a körülmények megfelelnek-e a munkavédelemre vonatkozó szabályoknak, illetve biztosított-e a kockázatok megfelelően alacsony szinten tartása;
- f) a szükséges megelőző intézkedések, a határidő és a felelősök megjelölése;

- g) a tervezett felülvizsgálat időpontja;
- h) az előző kockázatértékelés időpontja.

A kockázatértékelés dokumentumát a munkáltató köteles a külön jogszabályban foglaltak szerint, de legalább 5 évig megőrizni.

6.7.2. A gravitációs anyagmozgatás baleseti veszélyforrásai, gravitációs anyagmozgató rendszerek biztonságos kialakítása és működtetése.

Baleseti veszélyforrások

- Anyagfeltorlódás, anyagleesés
 - Túl kicsi lejtőszög: nem indul el az anyag, feltorlódik.
 - Túl nagy lejtőszög: felgyorsul az anyag, lekerülhet a pályáról.

Megoldás:

 - *Lejtős pályaszakasz beillesztése.*
 - *Rugós fékezőlapok beépítése.*
 - *Pálya alján érdesebb felület beillesztése.*
 - *Fékezőgörgők beépítése.*
- Kommunikáció nem megfelelése; anyagfeladás kezdése, mennyiségi szabályozás, veszély jelzése

Megoldás:

 - *Oda-vissza jelzőberendezés, csengő stb.*
- Ömlesztett anyag betapadása; megreked, elakad az anyag

Megoldás:

 - *Pálya ütögetése gumikalapáccsal.*
 - *Rúddal való piszkálás.*
 - *Bolygatás.*
 - *Pálya szétszedés, tisztítás.*
- Görgős szállításnál
 - Legalább két görgőn fel kell feküdni az anyagnak. Ha nagyobb a görgők távolsága megakadhat, torlódhat a darabárú.
 - Ha torlódás van, a darabárút fölülről kezdve kell leszedni.
 - Iránytörésnél fennakadhat a darabáru.

Megoldás:

 - *Terelőgörgő, terelőlemez beiktatása.*
- Görgős szállítópálya és más pálya összekapcsolása
 - Olyan feladóvég kell, ahol az áru áll.
 - Szalagon érkező árunál behúzás-veszély csökkentése.

Megoldás:

 - *Szabadon elmozduló görgő tengely alkalmazásával.*
 - *Szűk rés kialakítása, amibe sem ujj, sem kéz nem fér be (< 8 mm).*

Biztonságos kialakítás és működtetés

- Surrantók (ömlesztett anyagok szállítására)
 - Ajánlatos burkolni vagy elkeríteni az illetéktelen személyek teljes vagy részleges hozzáféréseinek megakadályozása érdekében.
 - Megfelelő anyagkeresztmetszet biztosítása.
 - A környezet zaj- és porvédelméről gondoskodni kell.
 - Kommunikáció biztosítása.
 - Kezelői jogosultság biztosítása.
 - Kommunikáció, ha a feladó és levevő nem egy cég dolgozója.
 - Egyéni védőeszközök, segédeszközök biztosítása.
 - Karbantartás.

- Ellenőrzés.
- Csúszdák (darabáru szállítására)
 - Ha a csúszda olyan helyen halad át, hogy az ott tartózkodó személyekre veszélyt jelent, biztosítani kell, hogy ott senki se tartózkodjon.
 - A lerakóhelyet úgy kell tervezni, beállítani, hogy a rakományt ne dobják ki a személyzetet veszélyeztető módon.
 - A csúszda végének felemelésével, zsáksorompóval illetve egyéb módon gondoskodni kell a lejövő anyag biztonságos felfogásáról.
 - A kezelőhelyeket korláttal, lábléccel és megfelelő feljáróval kell ellátni.
 - Csiga csúszdánál gondoskodni kell arról, hogy a centrifugális erő ne repítse ki a darabárut.
 - Lassítás céljából egyenes szakaszokat kell közbeiktatni, az összeillesztésre ügyelni kell.
 - Kommunikáció biztosítása.
 - Kezelői jogosultság biztosítása.
 - Kommunikáció, ha a feladó és levevő nem egy cég dolgozója.
 - Egyéni védőeszközök, segédeszközök biztosítása.
 - Karbantartás.
 - Ellenőrzés.
- Gravitációs görgőpályák (sík felfekvésű darabáruk szállítására)
 - A görgők csapágyazása utánkenés nélküli kis menetellenállású, külső szennyeződéstől védett kialakítású legyen.
 - A billenésmentes szállítás érdekében a rakománynak legalább két görgőn kell felfeküdnie.
 - A szállítópálya hordozó elemei azonos síkban legyenek.
 - Az íves pályaszakasz szélessége nagyobb legyen, mint az egyenesé.
 - A pálya szélessége a rakomány szélességének 1,1-1,2-szerese legyen.
 - A legkedvezőbb haladási sebesség 0,35 m/sec, maximálisan megengedett az 1 m/sec.
 - A folyamatos rakományhaladást megszakító szakaszokat úgy kell kialakítani, hogy nyitáskor vagy elmozdításkor az áramlás szűnjön meg mielőtt a rakomány odaérkezne.
 - A felhajtható szakaszt nyitott állapotban megfelelően rögzíteni kell.
 - Ha a szállítási magasság >1,6 m, korlát kell.
 - Munkavállalói alkalmasság.
 - Kommunikáció.
 - Összehangolás.
 - Egyéni védőeszközök.
 - Karbantartás.
 - Ellenőrzés.
 - Ha feltorlódás van, a darabáru leszedését felülről kell kezdeni.

6.7.3. Folyamatos működésű szállítógépek üzemeltetésével kapcsolatos baleseti veszélyforrások és kiküszöbölésük

Baleseti veszélyforrások, elhárításuk

- Forgó, mozgó alkatrészek veszélyei
 - A behúzás, becsípés veszélye attól függ, milyen mértékű a veszélyes tér elhatárolása.
 - *Műszaki megoldásokkal* kell hatástalanítani azokat a veszélyes helyeket, ahol megvan a hozzáférés lehetősége:

- A gép minden forgó mozgást végző nem tökéletesen forgástest alakú alkatrésze, melynek tagolt felülete forgás közben a szabadon lévő ruházatot, a hajat elkaphatja.
- A hajlékony vonóelemek (lánc, heveder, kötél) forgó mozgást végző testekre (lánckerekekre, dobokra) való felfutási helyén vagy a sínen haladó görgők, kerék.
- Veszélyes nagyságú vagy a mozgás irányában szűkülő rés van a forgó vagy haladó mozgást végző szerkezeti részek és a hozzájuk képest el nem mozgó környezet és közöttük.
- A szállított anyag veszélyei
 - A veszélyes anyaggal való érintkezés, szállított anyag vegyi hatása. *Egyéni védőeszközök. Burkolás.*
 - Elütés. *Elkerítés.*
 - Az anyag akaratlan lekerülése a szállítógépről. *Burkolás, elkerítés.*
 - Környezetszennyezés. *Burkolás.*
- Az indítás és leállítás veszélyei
 - A gép nem várt elindulása, megállása. *Az indító személy előzetesen győződjön meg az indítás veszélytelenségéről. A gép közelében tartózkodókat előzetesen hangjelzéssel figyelmeztetni kell az indulásról.*
 - Szállított anyag mozgási állapotának megváltozása miatt felborulás, lecsúszás, leesés. *Elkerítés.*
 - Testrészek beszorulásának, becsípésének veszélye illetéktelen elindításnál. *Illetéktelen indítás megakadályozása. Vészleállító.*
- Az anyag fel- és leadásának veszélyei
 - Darabárak nem stabil elhelyezése miatt elborulás, leborulás. *Stabil elhelyezés, tájolt felrakás.*
 - Kézi anyagfeladásnál a személy keze a darabáru és a szállítógép teherfelvevő eleme közé szorulhat. *Közvetett anyagfeladás (álló feladóhelyre).*
 - A dolgozó feladaskor egyensúlyát vesztheti, rábukhat a szállítógépre. *Közvetett anyagfeladásakor a feladó személy tolja a szállítógépre a darabárut (görgősor stb.).*
 - A helytelenül feladott darabáru leeshet. *Tájolt felrakás.*
 - Kézi levételkor a feladáshoz hasonló veszélyek vannak.
 - Az ömlesztett anyagok a nem megfelelő feladaskor, leadaskor túlcsoordulhatnak, porzódhatnak. A túlcsoordó anyag csak akkor jelent veszélyt, ha alatta tartózkodnak. *Elkerítés.*
- Üzemeltetés egyéb veszélyei
 - Elütés (amelynek pályáján személyek tartózkodnak). *Elkerítés.*
 - Anyag akaratlan lekerülése. *Elkerítés. Burkolat.*
 - Eltömődés. *Tisztítónyílás.*
 - Zaj, vibráció. *Egyéni védőeszközök.*
 - Energiaellátással kapcsolatos veszélyek. Villamosenergia betáplálása érintésveszélyt okoz. Villamos vezetékben elbotlás. Energia kimaradásakor a helyzeti energiával rendelkező anyag a gépet mozgásba hozhatja. *Érintésvédelem. Megfelelően rögzített kábelek. Visszafutást megakadályozó szerkezet.*
 - Sajátos veszélyforrások is vannak az egyes szállítógépeknél. Pl. hevederes szállítószalagoknál hevederszakadás. *Hevedertisztító.*
- Rendszerkapcsolatok veszélyei (ua. mint az 1. sz. kérdés)
 - A rendszer elemeit illeszteni kell egymáshoz.

- A folyamatos működésű szállítógépek egymással és az anyagmozgató rendszer más elemeivel való kapcsolatból származó veszélyek.
- Az anyag és a rendszerben lévő szállítógépek tulajdonságai közötti eltérés.
- A folyamatosan működő szállító gép környezeti kapcsolatainak hiányosságából származó veszélyek

6.7.4. Folyamatos működésű anyagmozgatógépek biztonságos kialakítása.

Folyamatos működésű szállítógépek: hevederes szállítószalag, mozgó asztal, elevátorok, rédler, függőkonvektorok, darabárut továbbító láncpálya, szállítócsiga, hevederhajtású görgőpálya, gravitációs görgőpálya.

Biztonságos kialakítás: A veszélyforrások megszüntetésének vagy az általuk okozható veszélyek megelőzési módját az a környezet szabja meg, amelyben a szállító gép működik.

- Tervezési előírások
 - Stabilitást és szilárdságot meg kell teremteni.
 - Túlfutás vagy visszafutás megakadályozására a ferde vagy függőleges berendezéseken visszafutás-gátló alkalmazása.
 - Süllyesztő- és emelőrendszert el kell látni az emelőoszlop akaratlan süllyedését, emelkedését meggátló szerkezettel.
 - A szélső helyzetekben a mozgást ütközőkkel kell határolni.
 - Kézi feladó helyek jellemzőit úgy kell megválasztani, hogy feleljenek meg az adott munkahely követelményeinek.
 - A behúzási és befogási pontokat, a mozgó részeket, burkolattal, korláttal védeni kell.
 - Az ellenőrző helyek legyenek jól hozzáférhetők.
 - A kimaradó energia visszatérésekor az akaratlan újbóli elindulást a villamos vezérlés megfelelő kialakításával kell megakadályozni.
 - A túlcsoportot meg kell akadályozni oldalburkolással, adagoló berendezés alkalmazásával, anyagtaroló hombárból való feladással.
 - Anyag leszóródás miatt az átjárók fölé védőrácsok helyezése.
- Telepítés
 - Közlekedést ne zavarják.
 - Menekülési utak kijelölése, szabadon hagyása.
 - Épületre szerelés csak statikus engedélyével.
 - Nyomvonalat úgy kell megválasztani, hogy közlekedő utat padlószinten ne keresztezzen.
 - Az összes kezelőállás, kezelőjárda legalább 0,5 m szélességű legyen. Ezek nyitott oldalán védőkorlátot kell alkalmazni. Ha ezek talajszinttől való magassága nagyobb, mint 1,5 m, akkor rögzített feljártót kell létesíteni.
 - Sorrendi reteszeltést kell alkalmazni annak megakadályozására, hogy egyetlen berendezés se szállíthasson másik olyan berendezésre, amely nem működik, vagy a teljes felvevőképességét elérte.
 - Azonnal működő kézi leállító berendezésről kell gondoskodni végig a szállítópálya mentén, vagy annak kiválasztott pontjain.
 - Ha a vezérlőállomás kezelője nem képes látni a teljes berendezést, hallható vagy látható jelzéssel kell figyelmeztetni a személyzetet a közeli indításra.
- Biztonsági berendezések
 - Anyag feladás, levétel csak a berendezés álló helyzetében, ezért az adhat fel és vehet le, aki az újraindítást végzi. Más személy általi elindítást műszaki megoldással kell megakadályozni.
 - Illetéktelen személy általi elindítás ellen védelmet nyújt a lezárható főkapcsoló.

- A vészleállító vezérlését könnyen hozzáférhető helyre kell elhelyezni, azt bárki kezelheti.
- Visszafutás-gátló szerkezet függőlegesen szállító gépeknél mindig, ferdén szállító gépeknél akkor, ha a visszafutás veszélye fennáll. A visszafutás-gátló szerkezetnek a forgásirány megváltozása esetén önműködően kell működésbe lépnie. Ékszíj, lánc vagy egyéb hajtóelem elszakadása vagy tönkremenetele estén is működőképesnek kell lennie.
- A hajtóműbe túlterhelés-gátló szerkezetet kell beépíteni.
- Mozgatható, nem önjáró szállítószalagok esetén ajánlatos a kerekek kiékelése. Helyváltoztatása esetén a szállítószalagot le kell állítani és szállítási állapotba kell hozni.
- Válogató- és szerelő szalagoknál folytonos oldalvédelemről kell gondoskodni mind a szállító-, mind a visszatérő ág esetén. A heveder sebessége nem haladhatja meg a 0,3 m/s értéket, ha a legnehezebb válogatandó tárgy tömege több mint 5 kg.
- Serleges elevátoroknál az elevátorgaratot **tisztító ajtókkal** kell ellátni. Gondot kell fordítani a nem burkolt elevátorok védelmére.
- Függőkonvektoroknál minden vontatómechanizmust fel kell szerelni terheléshatárolóval. A pályavezetés töréspontjain biztonsági berendezést kell felszerelni a teherhordó szerkezetek leesésének megakadályozására. Az átjáróknál a teherrel való lehetséges ütközés veszélyére jelzésekkel kell felhívni a figyelmet.
- Szállítócsigáknál a csigás vályút a feladó- és leadóhelyek kivételével mindenütt be kell burkolni.
- Hajtott görgős pályák esetében súrlódásos hajtásnál a súrlódási helyeket kell védőburkolattal ellátni, ha hozzáférhetők.
- Görgős és tárcsás pályáknál a feladási és leadási műveleteket mechanikus eszközökkel kell végezni, ha a rakományok vagy csomagok túl nagy méretük, sebességük és tömegük miatt kézzel nem mozgathatók.
- Védőburkolatok (védőberendezések)
 - A veszélyes helyek burkolása az üzemeltetés alapvető feltétele. A nyilvánvaló veszélyes helyek a hajtó-, a terelő-, a feszítőelemek, a feszítőegység, a feszítőegység kötele és blokkja, a szíj- és egyéb hajtások, a tengelykapcsoló vagy az ahhoz kapcsolódó gépelem, a vonóelem felfutási pontjai, a támasztógörgő és az alsóági görgő a munkahelyek környezetében, illetve azok a helyek, ahol zúzódás vagy nyíródás következhet be.
 - A burkolat kialakításakor arra kell törekedni, hogy a veszélyes szerkezeti részt teljesen elfedje.
 - Ha a burkolatot beakaszthatóan készítik (el lehet távolítani működés közben), akkor az csak feltételesen működő biztonságtechnikai eszköznek tekinthető. A feltétlenül működő biztonságtechnikai eszközök azok, melyek eltávolítása leállítja a szállító gép működését és az újbóli indítást meggátolja. Ha a kényszerkapcsolat nem biztosítható, akkor a burkolatot úgy kell felerősíteni, hogy csak szerszám segítségével lehessen eltávolítani.

7. IRODALOM

- [1] Alexandrov, M.P.: Pod'EMNO-Transzportnui masinü. 3. izd. Moszkva, 1965. Vüzsaja skola 333 p.
- [2] Böttcher, S.: Beitrag zur Klarung der Gutbenvegung auf Schwingrinnen. Fördern und Heben, 1961. 5. 317-327 P; 1961.6. 375-384 p.
- [3] Cselényi, J. et.al: Függőkonvejos szállítóberendezés tervezése és programozása. BME Továbbképző Intézete, Budapest 1972.
- [4] D'jacskov, V.K. – Rükman; Podvesznüje tolkajuscije konvejerü automaticeszkih adreszovaniem. Masinosztroenie, Moszkva, 1964.
- [5] Felföldi, L.: Anyagmozgatási kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [6] Greschik, Gy.: Anyagmozgatógépek. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
- [7] Haynes, D.I.: Anyagmozgatóberendezések. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1962.
- [8] Kazak, Sz.A.: Dinamika mosztovüh kranov. Masinosztroeine, Moszkva 1968.
- [9] Kulcsár, B.: Daruk teheremelési és teherfékezési folyamatában keletkező dinamikus tényezők számítási és mérési módjai. BME Továbbképző Intézete. Budapest 1973.
- [10] Kulcsár, B.: Daruk mozgáshibái. BME Továbbképző Intézete. Budapest 1977.
- [11] Kulcsár, B.: Futódaruk teheremelési és teherfékezési folyamatának dinamikai vizsgálata. Egyetemi doktori értekezés. BME Miskolc 1972.
- [12] Kulcsár, B.: Rendszerszerzés I., II., III. Főiskolai jegyzet, GAMF Házi soksz. Kecskemét 1977.
- [13] Kulcsár, B.: Wirkung des Anlaufs der Asynchronen Motoren auf das Lasthebesystem der Krankonstruktionen,. Előadás: Elhangzott V.Internationali Tagung für Fördertechnik Dresden 1976. augusztus 31-szeptember 3. Megjelent a Konferencia kiadványában.234-245 p.
- [14] Kulcsár, B. – Kulcsár, Bné: Wirkungsgraduntersuchungen beim Bremswährend des Lastabsenkens an Kranen. Wissenschaftliche Zeitschrift der TH. Magdeburg, 17.k. 1973.6. 667-673 p.
- [15] Kulcsár, B. – Keisz, I.: Daruhidak dinamikai modellezésének kérdései. GÉP (LIII. Évf.) 2002. 4. 3 – 6 p.
- [16] Kulcsár, B.: Targoncák az üzemi logisztikai rendszerekben és a raktározásban. GÉP (LIII. Évf.) 2002. 4. 19 – 23 p.

- [17] Kulcsár, B.: Raktári felrakógépek oszloplengéseinek csökkentése hajtásszabályozási módszerekkel. GÉP (LIII. Évf.) 2002. 4. 24 – 26 p.
- [18] Kulcsár, B. – Bohács, G. – Gódor, B. – Hajdú, S.: Some Remarks Development of Navigation of Mobile Robots Using a Mobile Robot for Demonstrational Purposes. Proceedings 11th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region RAAD 2002 (June 30 – July 2 Balatonfüred, Hungary) 101–106 p. ISBN 963 7154 10 8
- [19] Kulcsár, B. – Bohács, G.: Magasraktári targoncák. Transpack II. évf. 3. (2002. június) 24 – 26 p.
- [20] Kulcsár, B.: Targoncák a raktározásban. Csomagolási és Anyagmozgatási Évkönyv VIII. évf. – 2002/2003. 63 – 66 p.
- [21] Kulcsár, B. – Bohács, G.: Magasraktári targoncák II. Transpack II. évf. 5. (2002. október) 28 – 30 p.
- [22] Kulcsár, B. – Hajdú, S.: Dynamic Model and Motion Equation of Rack Stackers for High-Bay Warehouses. Proceedings of MicroCAD 2003 International Scientific Conference (6-7 March 2003). Miskolc. 49 – 55 p. ISBN 963 661 547 0.
- [23] Kulcsár, B.: Ipari logisztika. LSI Oktatóközpont, A Mikroelektronika Alkalmazásának Kultúrájáért Alapítvány Kiadó, Budapest. 1999. 385 p. ISBN 963 577 242 4. Egyetemi tankönyv
- [24] Kulcsár, B.: Robottechnika. LSI Oktatóközpont, A Mikroelektronika Alkalmazásának Kultúrájáért Alapítvány Kiadó, Budapest. 2000. 394 p. ISBN 963 577 243 2. Egyetemi tankönyv.
- [25] Kurth, F. – Pajer, G. – Scheffler, M.: Grundlagen der Fördertechnik. VEB Verlag Technik Berlin 1971.
- [26] Lévai, I.: Anyagmozgatás és gépei. Oktatási segédlet. Tankönyvkiadó, Budapest 1975.
- [27] Lévai, I.: Anyagmozgatás és gépei I., Tankönyvkiadó, Budapest 1977.
- [28] Logé, Y.: Automatikus anyagmozgatás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1975.
- [29] Malkovics, A.R.: Üzemen belüli szállítóberendezések automatizálása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1976.
- [30] Pajer, G. és sz.t.sai: Unstetigförderer 1. VEB Verlag Technik, Berlin 1976.
- [31] Pajer, G. – Kuhnt, H. – Kurth, F.: Stetigförderer. VEB Verlag Technik, Berlin 1974.
- [32] Ponomarjov, Sz., D.: Szilárdsági számítások a gépészetben. 3. köt. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1965. 484 p.
- [33] Pápai, L.: Pneumatikus és fluidizációs anyagmozgatás. BME Továbbképző Intézete, Budapest 1973.

- [34] Scheffler, M.: Einführung in die Fördertechnik. Technik-Tabellen – Verlag, Fickentscher und Co.Darmstadt, 1973.
- [35] Scheffler, M. – Dresig, H. – Kurth, F.: Unstetigförderer 2. VEB Verlag Technik, Berlin 1977.
- [36] Sváb, J.: Anyagmozgatógép elemek. BME Továbbképző Intézete, Budapest 1968.
- [37] Sedlmayer, F.: Temperaturverformungen an Kranträgern. Fördern und Heben 1973. 12. 649-652 p.
- [38] Szép, E.: Robotok, ipari robotok. Automatizálás 1978. 10. 44-54 p.
- [39] Terplán, Z.: Fogaskerék bolygóművek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1979.
- [40] Uvarow, B. J. – Egleskaln, J. S.: K woprosu uczieta wlijanija smieszczeniija podkranawawo reilsa s osi balki. Promüszlennoje Stroitelstwo 1966. 10. 28-29 p.
- [41] Vankó, R.: Anyagmozgatógépek tervezési alapjai. BME Továbbképző Intézete, Budapest 1969.
- [42] Zebisch, H. – J.: Anyagmozgatás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1975.
- [43] Zebisch, H. – J.: Fördertechnik 1, 2. Vogel Verlag, Würzburg, 1976.
- [44] 47/1999. (VIII. 4.) GM rendelet Emelőgép Biztonsági Szabályzat kiadásáról.
- [45] A munkavédelmi felügyeletek együttes útmutatása a munkahelyi kockázatértékelés végrehajtásához; Munkaügyi Közlöny 2006/ 4. szám.