



**Agronomická
fakulta**

Připravili:

**Bc. Ing. Jan Kudělka
Doc. Ing. Jiří Fryč, Csc.
Ing. Jiří Ševčík**

*Ústav zemědělské, potravinářské
a environmentální techniky*

Dopravní články ve stacionárních dopravních systémech

Projekt 845/ 2012, vznikl za
podpory FRVŠ 2012

Úvod:

- Plní funkci dopravních mezičlánků
- Navrženy tak:
 - materiál procházel nejkratší cestou
- K zabezpečení plynulosti provozu je nutno:
 - Stanovit vhodný typ dopravníku
 - Navrhnout optimální technické parametry

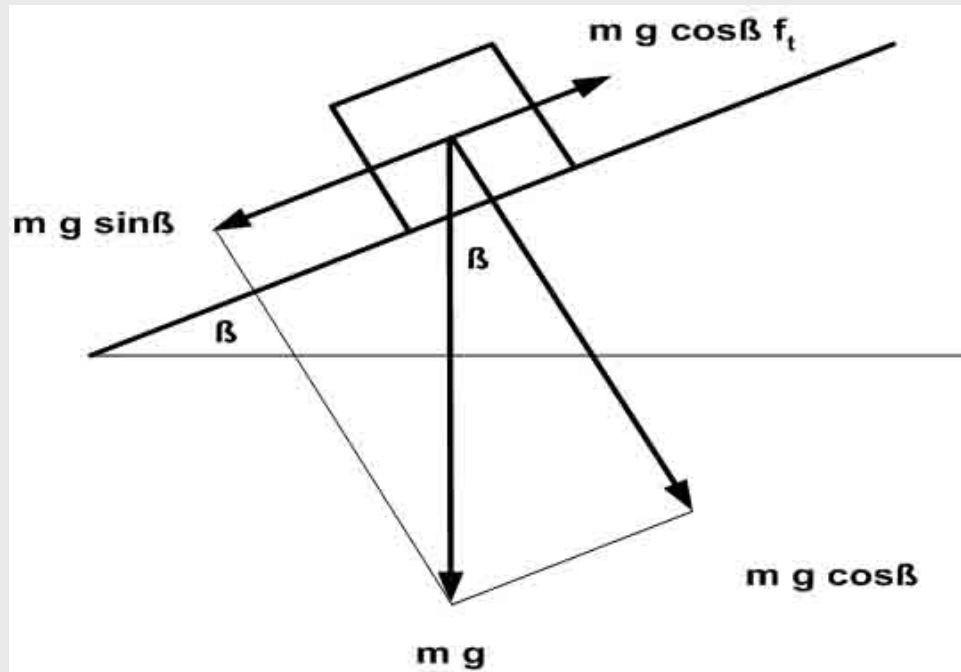
Rozdělení dopravních článků:

1. Spádové dopravníky
2. Mechanické dopravníky
 - Pásové dopravníky
 - Hrabičkové dopravníky
 - Šnekové dopravníky
 - Korečkové dopravníky
 - Profilové dopravníky (redlery)
 - Pohyblivé dopravní žlaby
3. Zvedací zařízení
4. Pneumatická doprava
5. Doprava kapalin

1. Spádová doprava

- Zařízení které se uplatňují hlavně u soustav s vertikálním uspořádáním článků
- Doprava na kratší vzdálenosti
 - Sypké, zrnité, kusové a tekuté materiály
 - Využívají gravitace
 - Šikmé a svislé roviny (optimální sklon)
 - Určuje se:
 - Tzv. kritický uhel β_k – začíná posuv
 - Maximální přípustný sklon β_{max} – limitován v_{max} posuvu materiálu

Spádová doprava - náčrt



Obr. č.1: Schéma spádového dopravního zařízení (rozložení sil)

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

Rozdělení spádové dopravy

- Spádové trubky
- Spádové žlaby přímé
- Spádové žlaby kaskádové
- Spádové žlaby šroubové (tobogány)

Spádové dopravní trubky

- Doprava v šikmém nebo svislém směru
- Nejvíce využívané k dopravě ze zásobníku
 - spodní část je jehlanovitě, nebo kuželovitě zúžená
 - průřez trubek je kruhový, čtvercový
- Rychlost pohybu materiálu je zpomalována účinkem sil vnitřního tření

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot L \cdot (\sin \alpha - \cos \alpha \cdot f \cdot k)} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

- f- koeficient tření o povrch
- L- délka spádového zařízení
- k- vyjadřuje vzájemný vliv vnějších sil a vnitřního tření
- čtverec- k= 1,65
- kruh- k= 1,50

Spádové dopravní trubky

- K uzavření spádových trubek slouží šoupátka (uzávěry, hradítka)
 - Posuvný pohyb
 - Kývací pohyb
- Druh šoupátka se volí podle zatížení materiálů
- Různým postavením šoupátek ve spádové trubce je následně možné vytvořit objemový dávkovač

Spádové dopravní trubky



Obr. č. 2: Prvky spádové dopravy

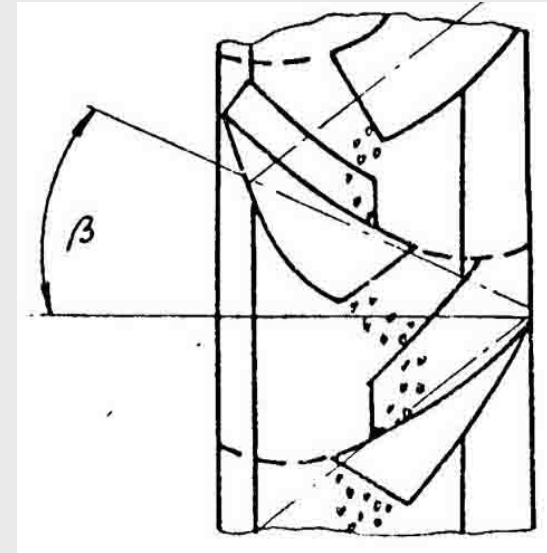
Zdroj: Fotodokumentace, Jan Kudělka

Spádové dopravní žlaby

- Pro dopravu:
 - sypkých materiálů v obalech
 - kusových břemen
- Nejčastěji se připojují jako dopravní mezičlánky u stacionárních systémů
 - s vertikálním uspořádáním článků k dopravě mezi jednotlivými podlažími.

Spádové dopravní žlaby (kaskádové)

- Sestaven ze šikmých spádových žlabů zavěšených proti sobě
- Při dopravě z jednoho žlabu do druhého:
 - padá pod určitým úhlem
 - změni směr asi o 90°
 - Uhel sklonu musí být volen tak, aby nedošlo k nežádoucímu zrychlení



Obr. č. 3 Schéma kaskádového žlabu

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

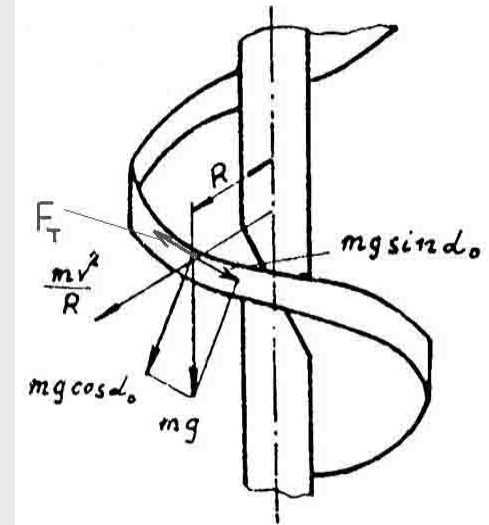
Šroubový dopravní žlab (tobogán)

- Šroubovice stočená kolem nosného sloupu

- pod úhlem sklonu α_0
 - musí být větší než úhel tření φ_1
 - musí tedy platit $\alpha_0 > \varphi_1$
- Při těchto známých veličinách lze určit rychlost z pohybové rovnice:

$$m \cdot g \sin \alpha_0 = m \cdot g \cdot \cos \alpha_0 f_1 + \frac{m \cdot v^2}{R} f_1$$

$$v = \sqrt{g \cdot R \frac{\sin \alpha_0 - \cos \alpha_0 f_1}{f_1}}$$



Obr. č.4 Schéma šroubového dopravníku

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

kde:

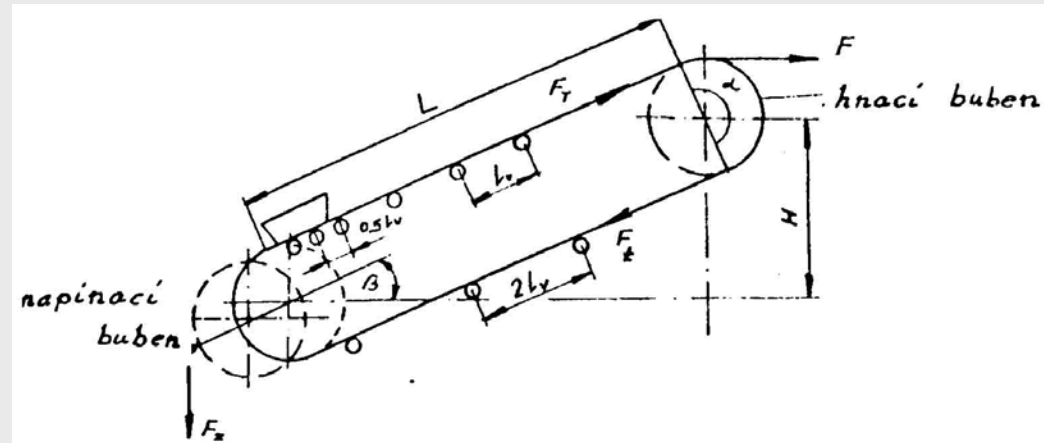
R-poloměr šroubovice

α_0 -úhel stoupání šroubovice

f_1 -součinitel tření

2.1 Pásové dopravníky

- Dopravníky s nekonečným pásem
 - vedeným přes hnací a napínací bubny
 - podpíraný válečky nebo rovinnou plochou
- Základní části:
 - Nosná konstrukce
 - Bubny
 - Pás
 - Pohon
 - Napínací zařízení
 - Válečková stolice



Obr. č.5 Schéma dopravního pásu

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

Pásové dopravníky

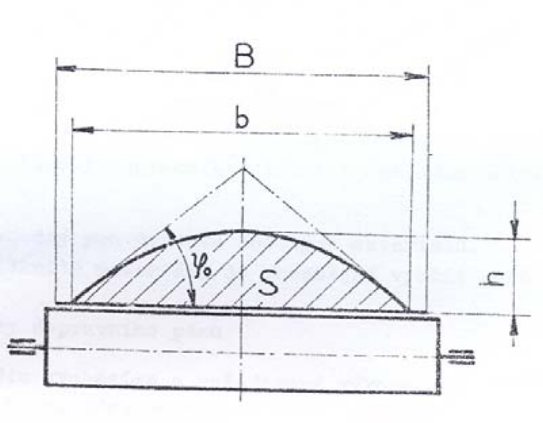
- Doprava sypkých, zrnitých a drobtovitých materiálů
 - Stav suchý, vlhčený, kašovitý
 - Rovina vodorovná, mírně skloněná

Využití pásových dopravníků

- Ve stacionárních systémech s horizontálním uspořádáním článků
- Přípustný sklon pásu je dán:
 - Součinitelem tření
 - Pohybuje se v rozsahu $15 - 38^\circ$
 - Obecně lze stanovit vztahem $\beta_{\max} = \varphi_1 - 10^\circ$
 - Kde:
 - β_{\max} -největší přípustný sklon pásu
 - φ_1 -sypný úhel materiálu
- Provozní rychlost dopravníku $v = 1 - 3,5 \text{ m.s}^{-1}$
 - rychlost zaručuje při požadované výkonnosti optimální zatížení pásu

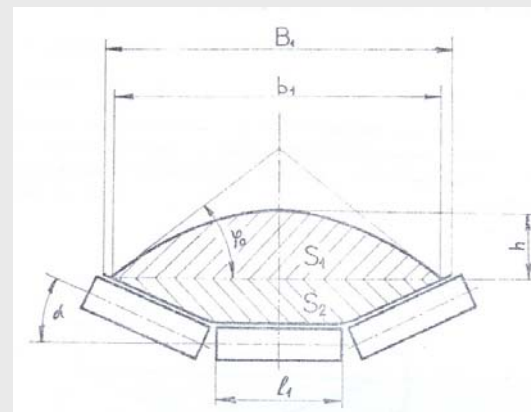
Funkční část – dopravní pás

- Pás je nekončící, zpravidla pryžový
- Nosná větev vymezuje šířkou B průřez vrstvy materiálu
- Zvětšení průřezu je možno formovat 2-3 válečky v horní stolici
 - sklonem válečků se získá korýtkový ložný profil



Obr. č.6 Schéma rovného ložného profilu

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)



Obr. č.7 Schéma korýtkového ložného profilu

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

Funkční část – dopravní pás

- Pohyb pásu zajišťují hnací a napínací bubny
 - nutné určit vhodný průměr bubnů D_b
 - Zajišťuje správné přilnutí dopravního pásu při maximálním úhlu opsání α
 - Podmínce vyhovuje průměr $D_b = k \cdot i$
 - Kde:
 - k - koeficient přilnutí dopravního pásu 0,12- 0,14
 - i - počet textilních vložek v pásu
 - Hnací buben přenáší hnací sílu
 - Napínací buben zajišťuje dostatečné přepnutí pásu

Výpočet ložné plochy na pásu

1) Výpočet rovného pásu

- plocha vymezena parabolou

$$S = \frac{2}{3} b \cdot h \quad [m^2] \quad S = \frac{1}{6} b^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

2) Korýtkový pás

- plocha složená ze dvou dílčích ploch S_1 , S_2
- S_1 -plocha vymezena parabolou
- S_2 - lze považovat za plochu lichoběžníku
- Při sklonu bočních válečku 20° lze v závislosti na b_1 přibližně vyjádřit S_2 :

$$S_1 = \frac{1}{6} b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad S_2 = 0,05 b_1^2 \quad S = S_1 + S_2$$

b- šířka materiálu uložená na pásu (0,8-0,85 B)

B- konstrukční šířka pásu

h- výška materiálu na dopravním pásu

φ - sypný úhel materiálu, daný úhel vnitřního tření

b_1 - průmět šířky materiálu na korýtkovém dopravníku

Funkční část – dopravní pás

• Materiál z pásu odváděn

- Pomocí stíračů (oboustranný, jednostranný)
- Materiál vyprazdňován přes horní hranu pásu:

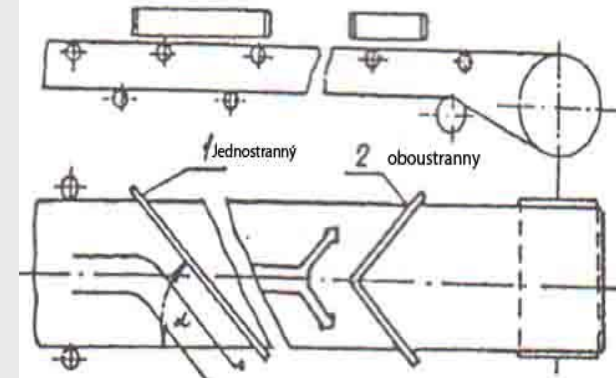
- Využívá kinetické energie
- Částice odlétají na určitou vzdálenost L a výšky H_{\max}

$$L = x = \frac{v_m^2}{g} \cdot \sin 2\beta \qquad H_{\max} = \frac{v_m^2}{g} \sin^2 \beta$$

- V_m - rychlost letu částic
- β - úhel sklonu pásového dopravníku

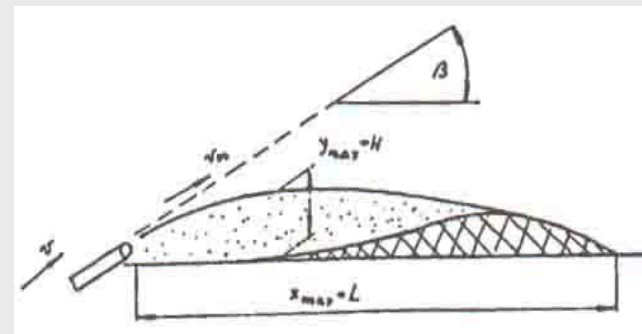
- Pásové dopravníky jsou nejvhodnějším typem dopravních mezičlánků

- Hlavně vnitropodniková doprava
- Krmení hospodářských zvířat



Obr. č 8 Schéma pásových stíračů

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)



Obr. č 9 Schéma parabolické dráhy letu

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

Rozdělení pásových dopravníků

- Podle mobility

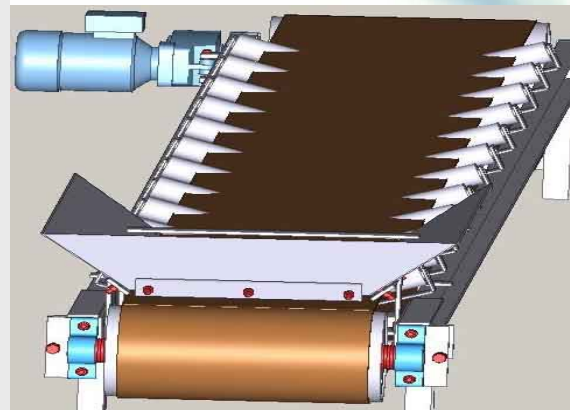
- Stabilní
- Posuvné
- Přemístitelné

- Podle pásu

- Pryžové
- Plastové
- Ocelové
- Pletivé

- Podle směru dopravy

- Vodorovné
- Šikmé
- Lomené



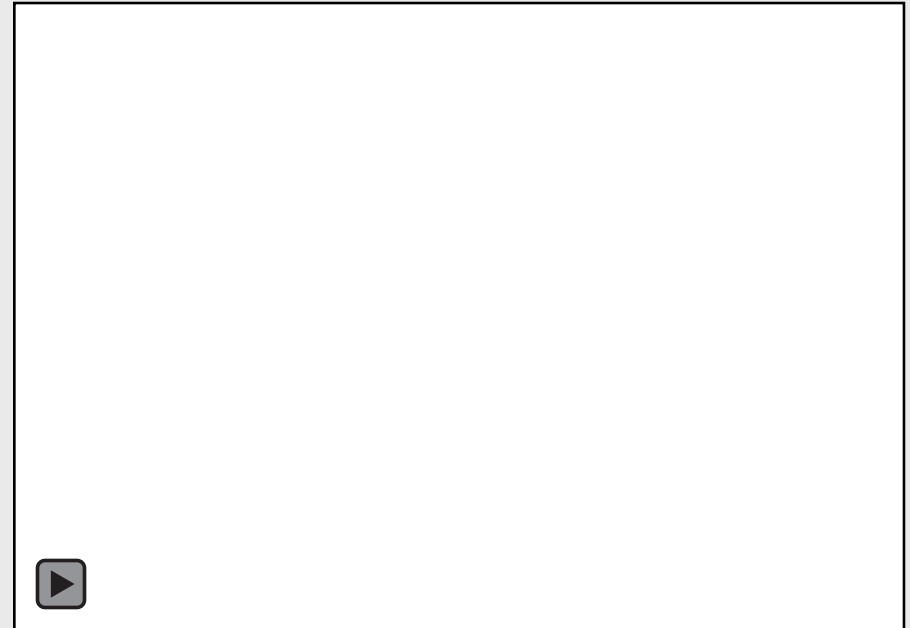
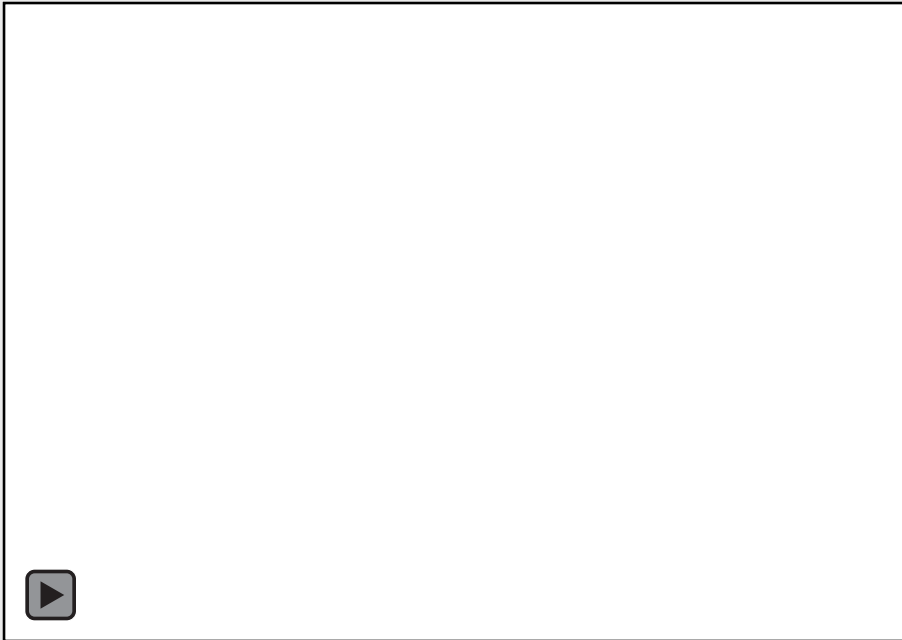
Obr. č. 10 Pásové dopravníky využívané v praxi

Zdroj: <http://www.cimbria.cz/?page=produkty/dopravniky/pasove-dopravniky-gt-gv>

Vlastní Fotodokumentace: Jan Kudělka

Využití pásových dopravníků- animace

- Nadžlabové dopravníky
- Animaci-spust' šipkou



Zdroj: Výuková animace k projektu FRVŠ, autor: Jan Kudělka

2.2 Hrabičkové dopravníky

- Materiál není unášen ale hrnut v nepohyblivém dopravním žlabu
- Využití:
 - Přemístění drobtovitých, objemových materiálů
 - Rovina vodorovná, šikmá do 45°
 - Uplatnění v systémech ze smíšeným uspořádáním
- Přednosti:
 - Jednoduchá konstrukce
 - Vykládání materiálu na libovolném místě pomocí otvorů
- Nevýhoda
 - Vyšší spotřeba energie
 - větší poškození materiálu roztíráním

Funkční prvek hrabičkových dopravníků

- Funkčním prvkem je tažný element složený z jednoho nebo dvou řetězů
 - Na řetěz jsou připevněny hrabičky v určitých vzdálenostech
- Konstrukční celek:
 - Poháněn od řetězového kola
 - Napínán od napínacího kola
 - Hrabičky se pohybují v dopravním žlabu
- Tažné řetězy nekončité
 - Tažná větev
 - Zpětná větev

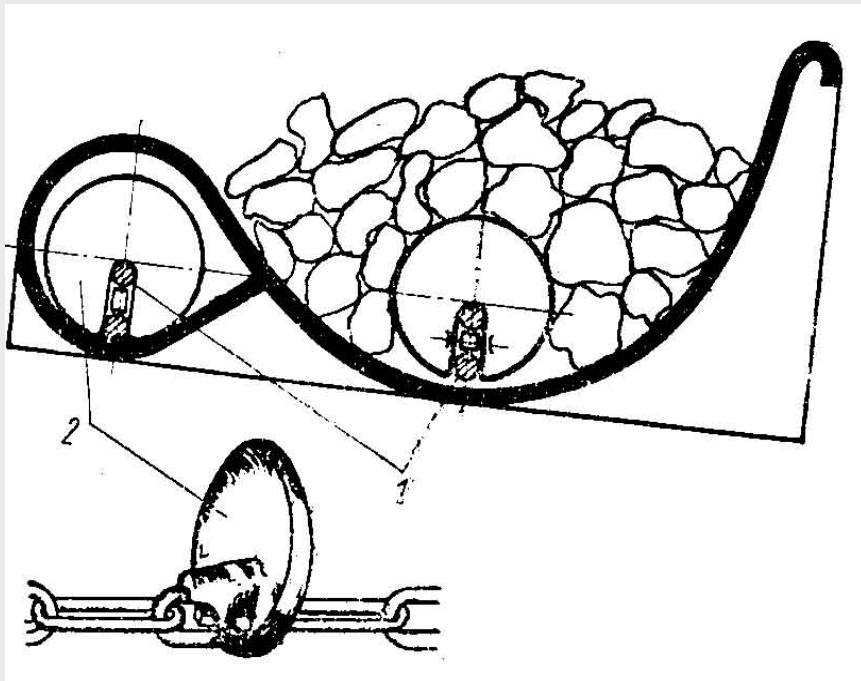
Tažná větev

- Vedena ve dně žlabu
 - a) Smykovým vedením
 - Hrabičky smykají po dně žlabu
 - b) Kladkovým vedením
 - Řetězy připevněny ke kladičkám pojíždějícím po kolejnicích
 - Posuv řetězů zajišťován nuceným pohonem

Rozdělení hrabičkových dopravníků

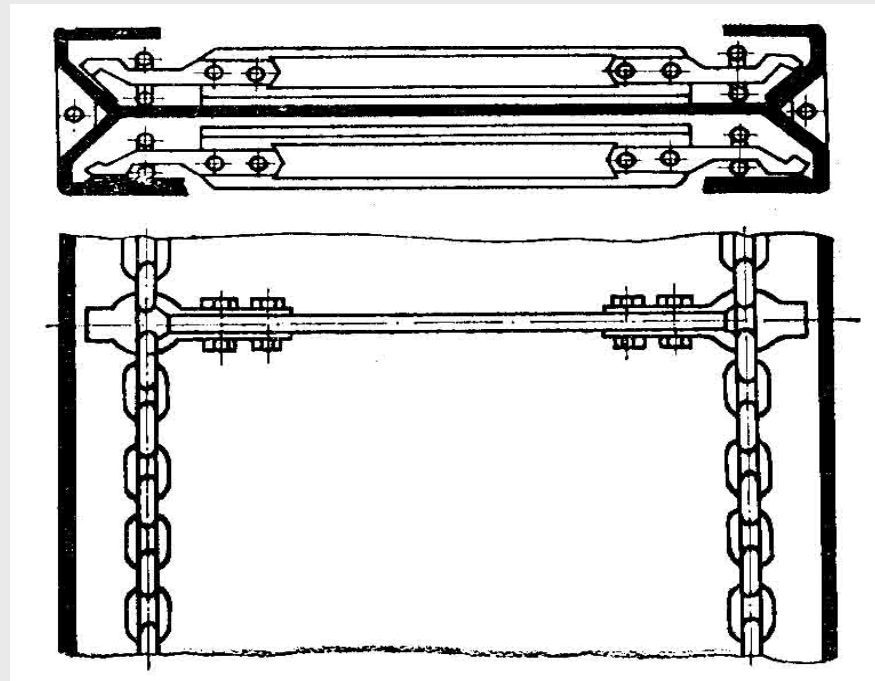
- Podle počtu řetězů
 - Jednořetězové
 - Dvouřetězové
- Podle uspořádání větví
 - Nad sebou
 - Vedle sebe
- Podle polohy řetězu
 - Sřetězem ponořeným v dopravovaném materiálu
 - Mimo dopravovaný materiál

Nákres jednotlivých druhů dopravníků



Obr. č.11 Jednořetězový dopravník
(větve vedle sebe)

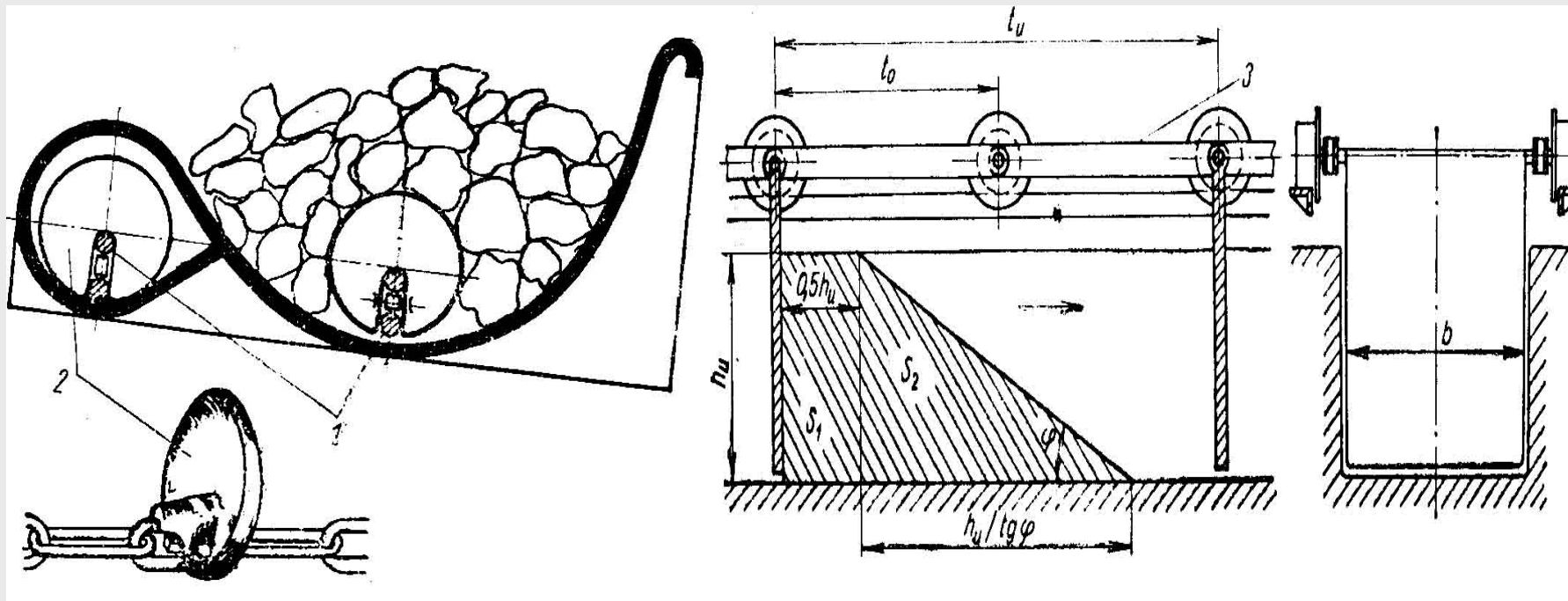
Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)



Obr. č.12 Dvouřetězový
dopravník (větve nad sebou)

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

Nákres jednotlivých druhů dopravníků



Obr. č.13 Dopravník s řetězem ponořeným v dopravovaném materiálu

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

Obr. č.14 Dopravník s řetězem mimo dopravovaný materiál

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)



Obr. č.15 Hrabíčkové dopravníky využívané v zemědělství

Zdroj: <http://www.agroseznam.cz/cz/agrobazar/detail-inzeratu/25950-dopravnik.html>

<http://www.bvv.cz/techagro/techagro-2012/grand-prix/prihlasene-exponaty-grand-prix-techagro-2012/>

2.3 Šnekový dopravník

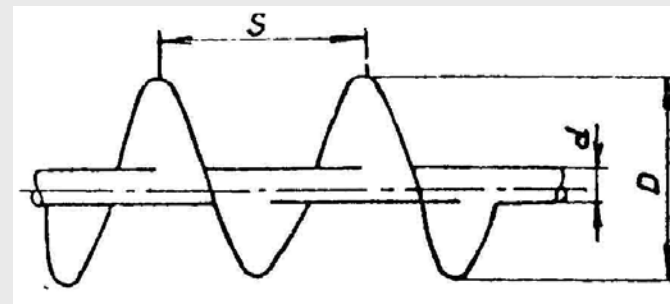
- K dopravě materiálů:
 - Sypkých, zrnitých, stébelnatých
 - V rovině vodorovné, šikmé, výjimečně svislé
- Přednosti:
 - Jednoduchá konstrukce, možnost plnění a vyprázdnění na libovolném místě
 - Spolehlivý provoz při malých rozměrech ústrojí
 - Doprava na vzdálenost až 50 m

2.3 Šnekový dopravník

- **Nedostatky:**
 - Poškození částic dopravovaného materiálu
 - Energetická náročnost+opotřebení ústrojí
 - Drcení roztírání materiálu
 - Tého „nevýhody“ se využívá ve stacionárních krmných systémech
 - Drcení a míchání materiálu
 - Funkce: dopravní mezičlánek, příprava krmiva

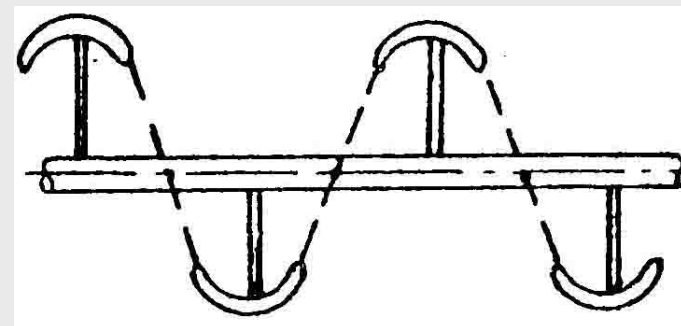
Konstrukční sestava šnekového dopravníku

- Dopravní žlab
 - Pasivní ústrojí nosný člen
- Dopravní šnek
 - Posun materiálu ve směru osy žlabu
 - Žlab nesmí být zaplněn víc jak do $\frac{1}{2}$ šneku
- Konstrukční složení šneku:
 - Plný, trubkovitý hřídel šneku
 - Uložen v ložiskách
 - Na hřídeli připevněny šnekové články
 - Tvoří:
 - a) Plnou šnekovici
 - b) Obvodovou šnekovici



Obr. č.16 Schéma dopravního šneku s plnou šnekovicí

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)



Obr. č.17 Schéma dopravního šneku s obvodovou šnekovicí

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

Technické parametry

- Pro optimální účinek jsou rozhodující:

- Průměr šneku D
- Stoupání šneku s
- Otáčky šneku n

- Při optimálně stanovených parametrech:

- Výkonnost dopravníku:

$$Q = S_d \cdot v_m \cdot k_\psi \cdot k_\beta \left[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \right]$$

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s \cdot n \cdot k_\psi \cdot k_\beta \left[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \right]$$

S_d – průřez dopravního žlabu [m^2]

v_m – rychlost pohybu materiálu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

n – otáčky šneku $1,5 - 5 \text{ s}^{-1}$

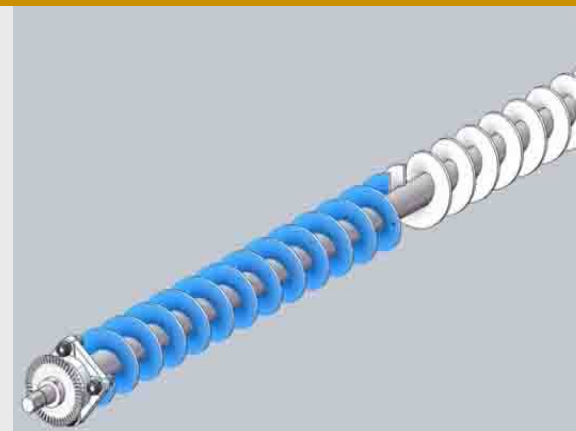
k_ψ – součinitel zaplnění průřezu žlabu (0,25-0,45)

k_β – součinitel korekce při sklonu $0^\circ = 1$ následně klesá

s - rozteč mezi posunujícími se šneky

Rozdělení šnekových dopravníků

- Podle směru dopravy:
 - Vodorovné
 - Svislé
 - Šikmé
- Podle stoupání:
 - Levotočivé
 - Pravotočivé
- Podle provedení šnekovice:
 - Plná
 - Obvodová
 - kuželová



Obr. č.16 Dopravní šnek s plnou šnekovicí



Obr. č.17 Vodorovný šnekový dopravník

Zdroj: <http://www.logismarket.cz/adapt-dopravniky/snekovy-dopravnik-pro-drevozpracujici-prumysl/1754277577-1028284949-p.html>

Zvláštní konstrukce šnekových dopravníků

- Dopravníky s vnitřní šnekovicí
- Ohebné dopravníky
 - Šnekovice bez hřídele (spirálové)



Obr. č.18 Ohebný šnekový dopravník bez hřídele

Zdroj: <http://www.logismarket.cz/canagrocz/zabudovane-snekove-dopravniky-pohanene-elektromotorem/.html>

Využití šnekových dopravníků

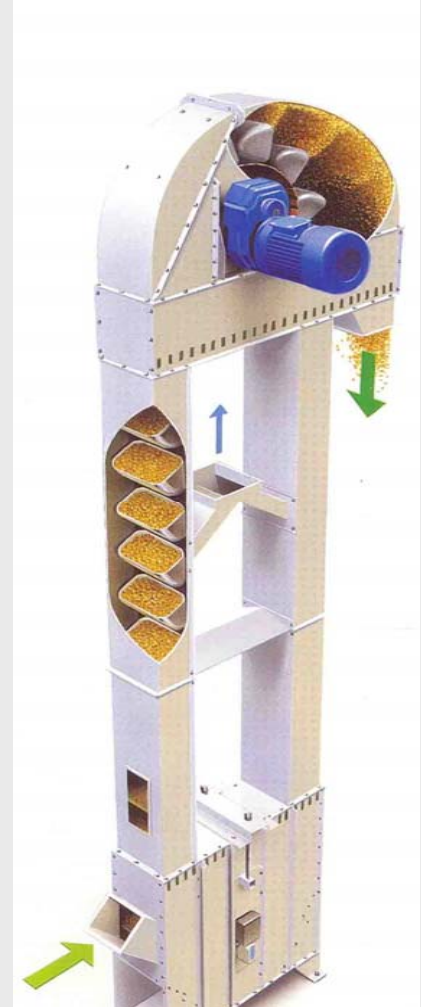
- Animaci-spust' šipkou



Zdroj: Výuková animace k projektu FRVŠ, autor: Jan Kudělka

2.4 Korečkový dopravník

- Určen k dopravě materiálů:
 - Sypkých, zrnitých, kusových
- Směr dopravy:
 - Šikmý $\beta_{\min}=60^\circ$, svislý
 - Převravní výška do 45 m



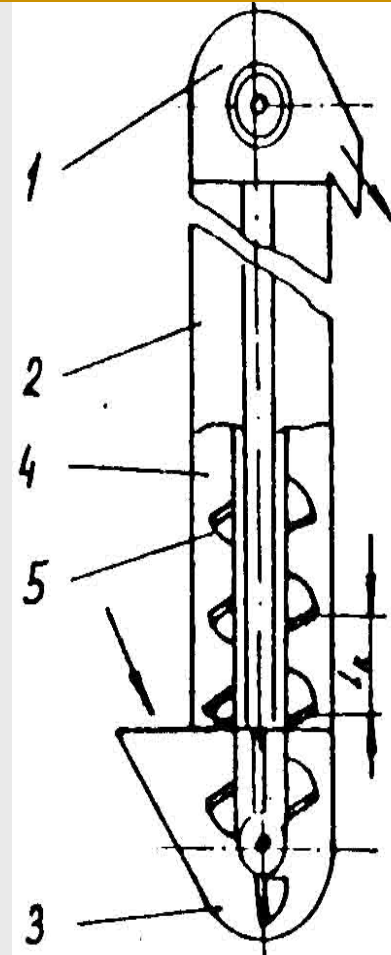
Obr. č.19 Korečkový elevátor pro přepravu sypkých materiálů

Zdroj: <http://www.sila-nadrze.cz/doprava-obili.html>

Funkční části dopravníku

- Dopravní plášť
- Dopravní ústrojí
 - Nekončitý vléčný prostředek
 - Tvořen pásem nebo 1-2 řetězy
 - Na pás připevněny korečky
 - Pro správnou funkci dopravního ústrojí důležité:
 - Rychlost korečků v_d
 - Rozteč korečků l_k
 - Rychlost v_d při poloměru bubnu r
 - rozhoduje o způsobu vyprazdňování
 - a) Gravitační
 - b) Odstředivé
 - c) Smíšené

1. Hlavní dopravní plášť
2. Šachta
3. Pata dopravního pláště
4. Dopravní pás (řetěz)
5. Koreček

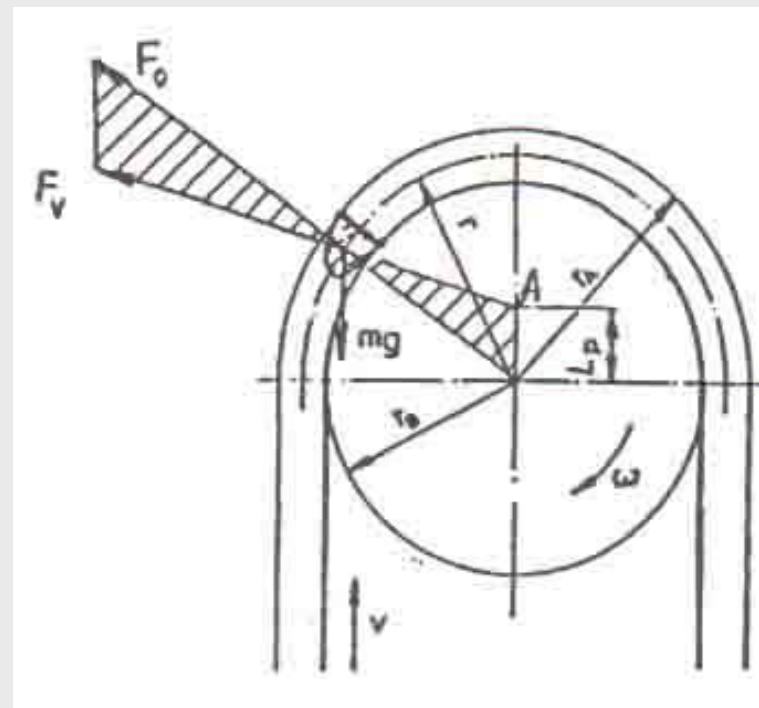


Obr. č.20 Schéma korečkového dopravníku

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

Varianty vyprazdňování korečků

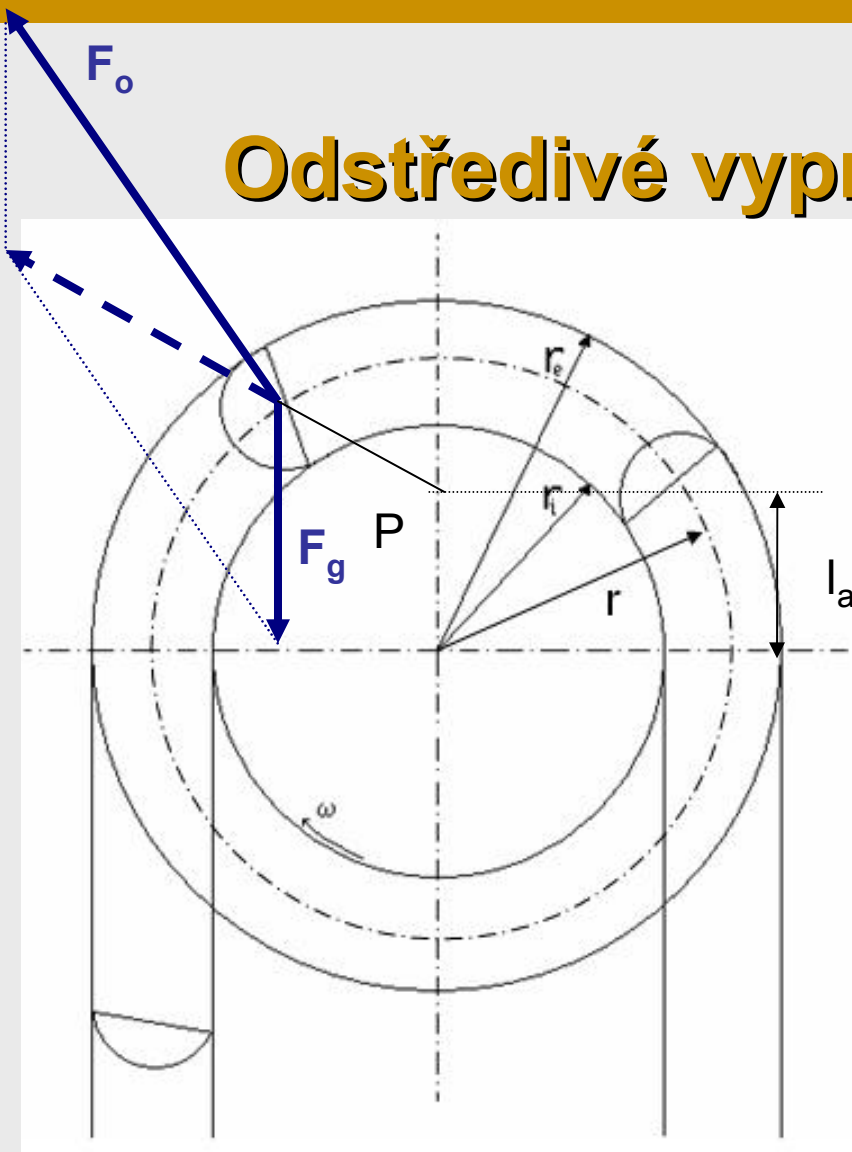
- $l_a = r$
 - neurčitý způsob vyprazdňování (smíšený)
- $l_a > r_{A(e)}$
 - gravitační způsob vyprazdňování přes vnitřní hranu korečku
- $l_a < r_{B(i)}$
 - odstředivý způsob vyprazdňování přes vnější hranu korečku



Obr. č.21 Schéma sil působících při vyprazdňování

Zdroj: ŠTENCL J., FRYČ J., *Mechanizace a automatizace živočišné výroby* (1989)

Odstředivé vyprazdňování korečků

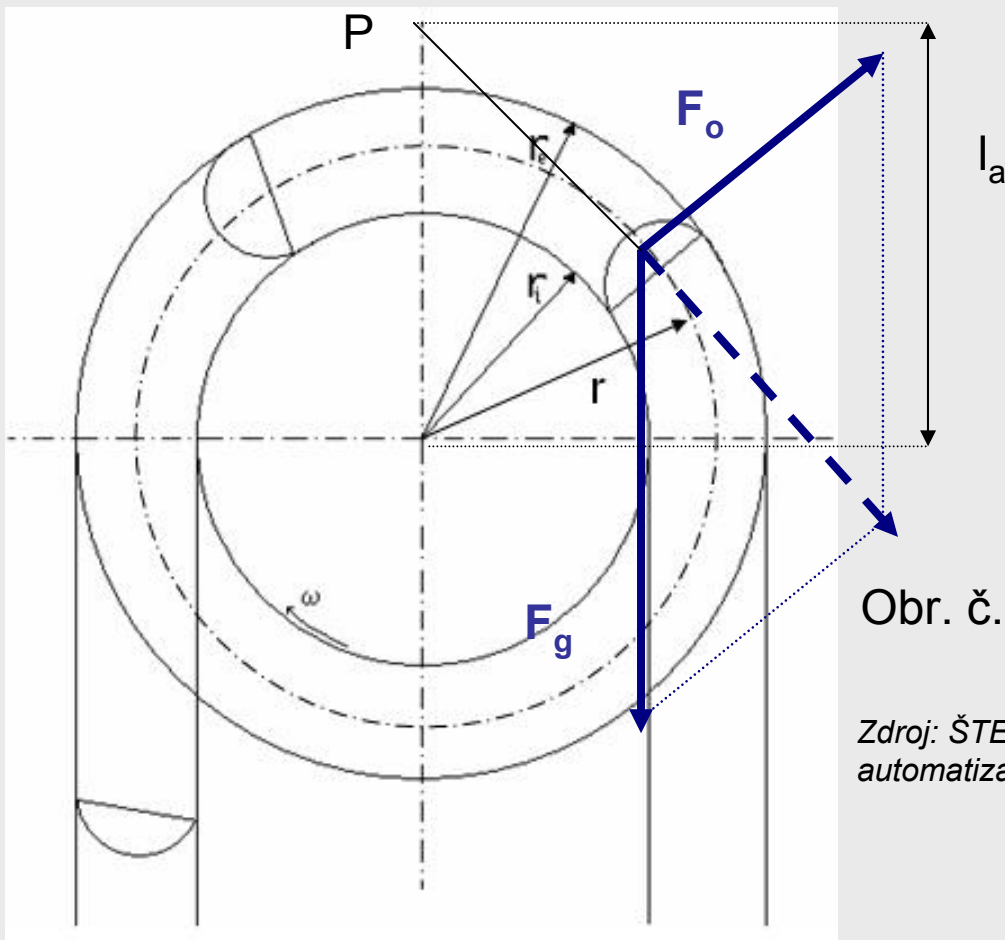


$$l_a < r_B(i)$$

Obr. č.22 Rozklad sil při odstředivém vyprazdňování

Zdroj: ŠTENCL J., FRYČ J., *Mechanizace a automatizace živočišné výroby* (1989)

Gravitační vyprazdňování



$$r_A(e) < l_a$$

Obr. č.23 Rozklad sil při gravitačním vyprazdňování

Zdroj: ŠTENCL J., FRYČ J., *Mechanizace a automatizace živočišné výroby* (1989)

Výpočet rychlosti otáčení korečků

- Vycházíme z podobnosti trojúhelníků

$$\frac{l_a}{r} = \frac{F_g}{F_o} \quad \frac{l_a}{r} = \frac{m \cdot g}{m \cdot r \cdot \omega^2}$$

$$l_a = \frac{g}{\omega^2} = \frac{g}{\left(\frac{v_d}{r}\right)^2} \quad v_d = r \cdot \omega$$

Kde:

l_a - vzdálenost od pólu elevátoru

F_o - odstředivá síla

F_G -tíhová síla

ω -úhlová rychlost vyprazdňování

r -poloměr otáčení

odstředivé vyprazdňování

$$\omega > \sqrt{\frac{g}{r_B}}; \Rightarrow v_d > r \cdot \sqrt{\frac{g}{r_B}}$$

gravitační vyprazdňování

$$\omega < \sqrt{\frac{g}{r_A}}; \Rightarrow v_d < r \cdot \sqrt{\frac{g}{r_A}}$$

Výpočet intenzity dopravy

- Rozteč korečků závisí na požadované intenzitě dopravy i , tedy:

$$i = \frac{v_d}{l_k} \left[s^{-1} \right]$$

v_d – rychlost dopravy materiálu [m.s-1]

l_k – vzdálenost mezi korečky [m]

Výkonnost korečkového dopravníku

Pro výkonnost korečkového dopravníku platí:

$$Q_d = V_k \cdot \rho_m \cdot k_\psi \cdot i \left[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \right]$$

Kde:

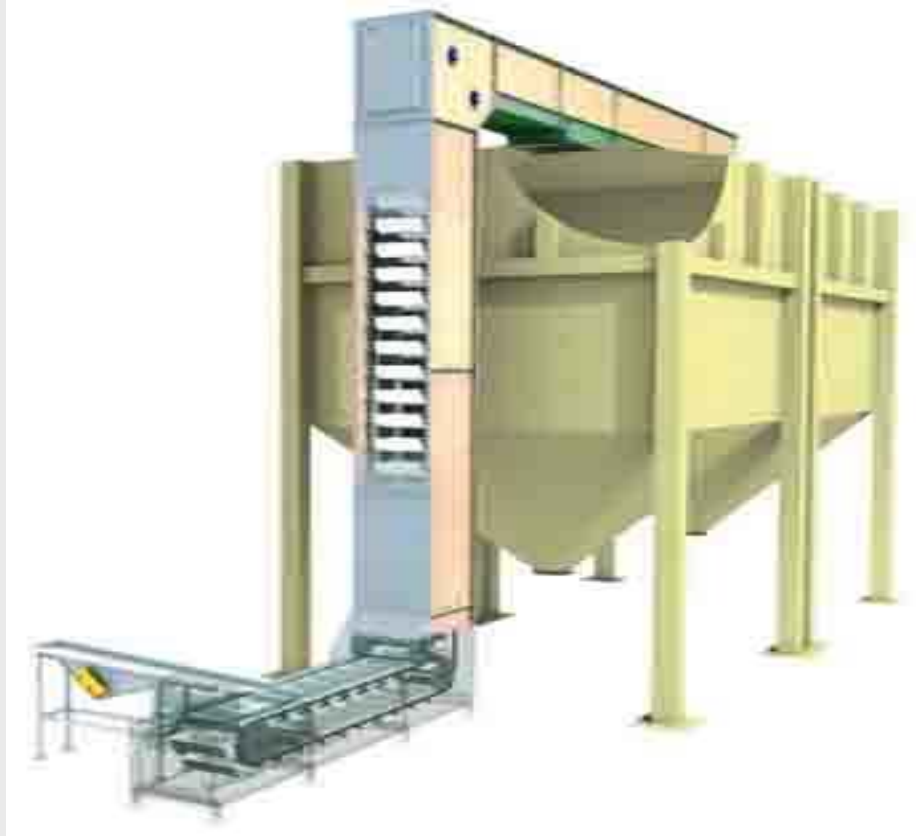
V_k -geometrický objem jednoho korečku[m³]

k_ψ -součinitel zaplnění korečku

i - intenzita dopravy

ρ_m -objemová hmotnost dopravovaného materiálu

Využití korečkových dopravníků



Obr. č.24 Plnění zásobníku na krmivo pomocí korečkových dopravníků

Zdroj: <http://www.sila-nadrze.cz/doprava-obili.html>

Využití korečkových dopravníků

- Animace-spust' šipkou



2.5 Profilové dopravníky (redlery)

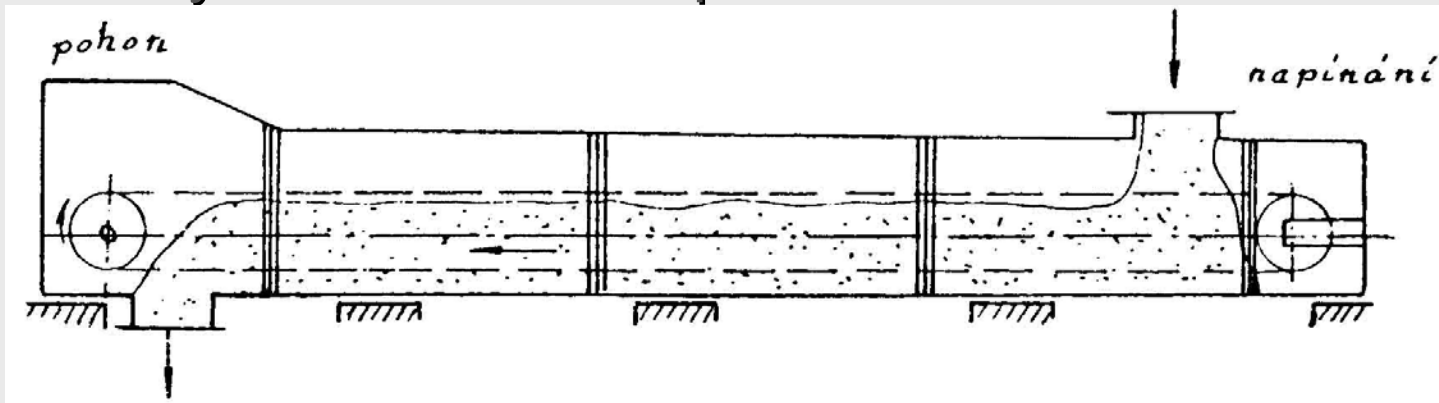
- Pro dopravu sypkých a zrnitých materiálu
- Doprava materiálu ve směru:
 - Vodorovném
 - Svislém
 - Šikmém
 - Mohou být i lomené
 - L- redlery (vodorovný do svislého)
 - Z- redlery (ze svislého do vodorovného)
- Uplatňují se hlavně
 1. plnění skladových prostor
 2. Ve stacionárních krmných systémech

- **Výhody redlerů**
 - Při stejné výkonnosti mají nejmenší průřez
 - Jediným plynulým dopravním zařízením ve svislem směru
 - Rovnoměrná doprava materiálu bez podavačů
- **Nevýhoda redlerů**
 - Nevhodné pro dopravu
 - vlhkých materiálů
 - abrazivních materiálu (ucpávání)

Funkční části

1. Dopravní žlab

- Složen z několika sekcí
- K vyprazdňování opatřen otvory
 - Šoupátkový uzávěr
- U svislých redlerů žlab upraven na šachtu

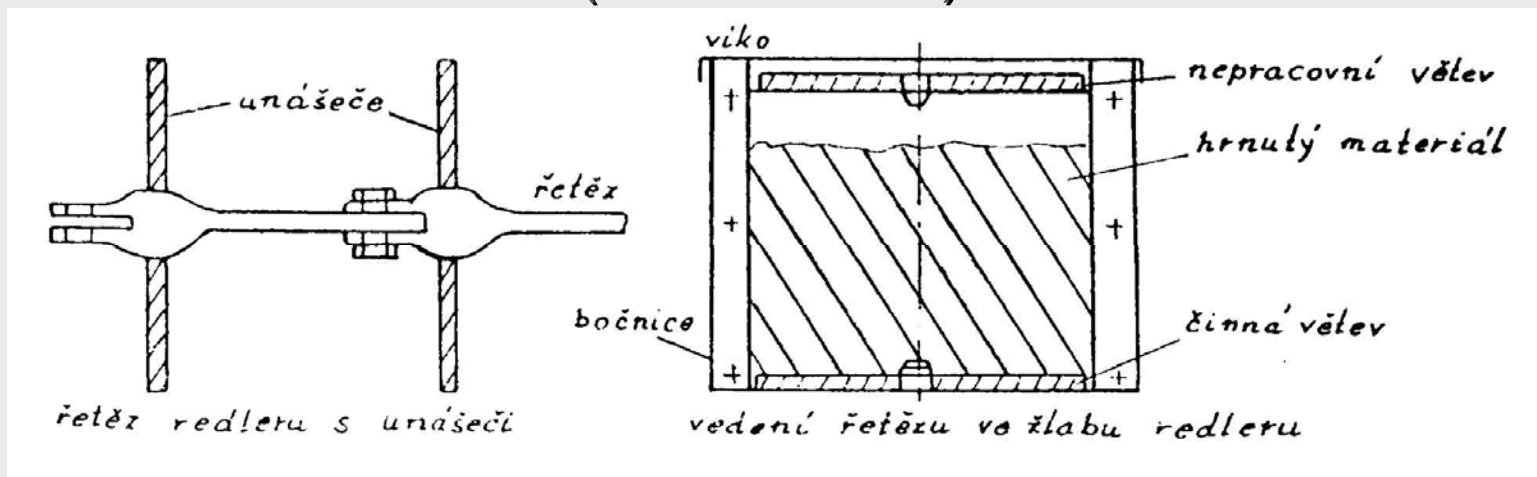


Obr. č.25 Schéma vodorovného profilového dopravníku

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

2. Dopravní řetěz

- Sestaven do nekonečného okruhu
 - Složen z kloubových navzájem spojených článků
 - Rozteč článků (100-250mm)

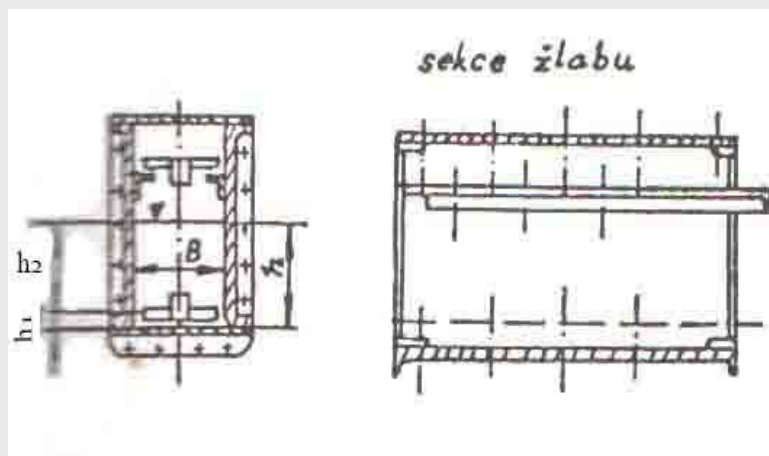


Obr. č.26 Schéma řetězu s unašeči a jeho vedení ve žlabu u profilových dopravníků

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

Posuv materiálu

- Posuv řetězu s unášeči zabezpečuje elektromotor
 - Přes převodovou skříň a hnací kolo
 - Rychlost posuvu menší než u hrabiček ($0,006-0,014\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- Výška vrstvy hrnutého materiálu h_2
 - Několikrát vyšší než výška unášečů h_1
- Materiál ve spodní části posouván:
 - řetězem a unášeči
- Materiál nad touto vrstvou unášen
 - na principu pásového dopravníku



Obr. č.27 Schéma detailu sekce profilového dopravníku

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

Rozdělení redlerů

- Podle tvaru dopravní trasy
 - Přímé (vodorovné, skloněné)
 - Vodorovné
 - Skloněné
- Podle počtu tažných řetězů
 - Jednořetězové
 - Dvouřetězové
- Podle směru dopravy
 - Jednosměrné
 - Obousměrné



Obr. č.28 Příjmový redler pro dopravu sypkých materiálů

Zdroj: <http://www.sila-nadrze.cz/reference-naskladneni-vyskladneni-obili.html>

Využití redlerů



Obr. č.29 Detail řetězu



Obr. č.30 Hradítka profilového dopravníku

Zdroj: Fotodokumentace, Jan Kudělka



Obr. č.31 Dopravní řetěz s unašeči

Zdroj: <http://www.tyma.cz/aktuality/clanek-trh-a-technika/>

2.6 Pohyblivé dopravní žlaby

- Zvláštní typ dopravních žlabů, jemuž je udělován kmitavý pohyb
 - Převládá účinek setrvačných sil
 - Síly vyvolány zrychlením dopravního žlabu
 - Předány materiálu pomocí tření
 - Zařazují do stacionárních systémů:
 - Horizontálním uspořádáním článků

Základní typy dopravních žlabů

2.6.1 Posuvné žlaby

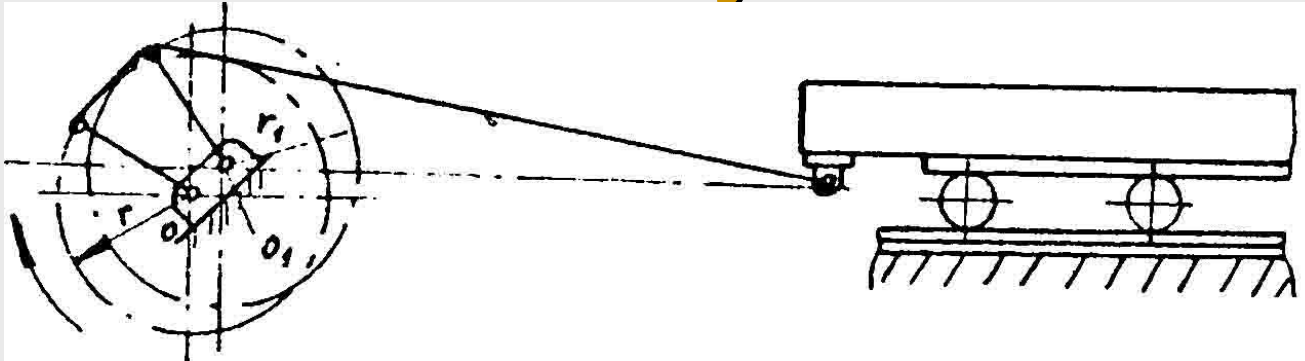
2.6.2 Třasadla

2.6.3 Vibrační dopravníky

2.6.1 Posuvné žlaby

- Uloženy na základu jen posuvně
- Konají přímočarý vratný pohyb
 - Ve směru osy dopravního žlabu
 - Počet frekvencí $n < 1 \text{ s}^{-1}$
 - Amplituda kmitu je maximální (100mm)

2.6.1 Posuvné žlaby



Obr. č.32 Schéma posuvného dopravního žlabu

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

- Žlab poháněn nesymetricky:
 - Klikovým mechanismem
 - Vykonává nesinusový kmitavý pohyb
 - Z počátku pohybu částice o tíhové síle: $G = m \cdot g$
 - spočívají volně na dně žlabu

Posuvné žlaby

- Částice do pohybu uvede:
 - Třecí síla na styčné ploše
 - Maximální velikost třecí síly bude:

- Kde značí:
$$F_T = G \cdot f_1 = m \cdot g \cdot f_1$$
 - f_1 - součinitel tření mezi dopravovaným materiálem a styčnou plochou

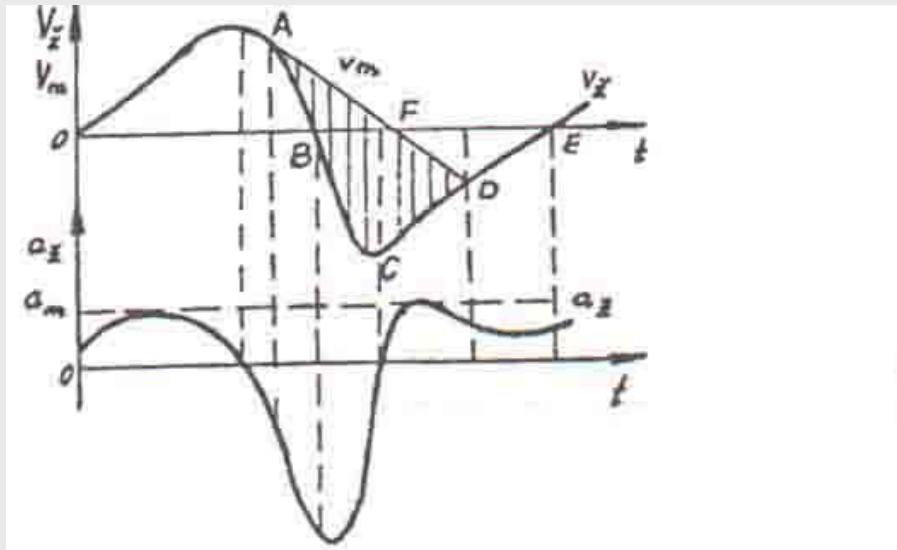
- Třecí síla musí být v rovnováze s dynamickou silou:
 - Z této rovnice lze vypočítat zrychlení materiálu

$$m \cdot a_m = m \cdot g \cdot f_1$$

$$a_m = g \cdot f_1$$

Posuvné žlaby

- nesinusový kmitavý pohyb, lze vyjádřit graficky:

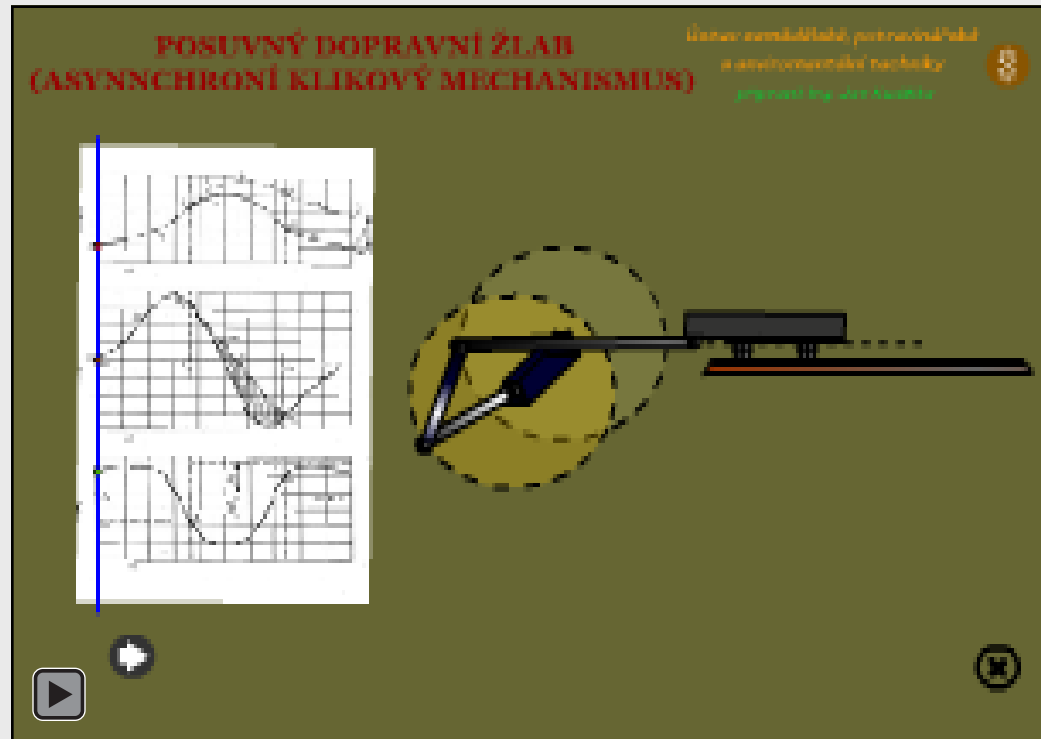


Obr. č.33 Graf časového průběhu rychlosti a zrychlení

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

Animace posuvného dopravního žlabu

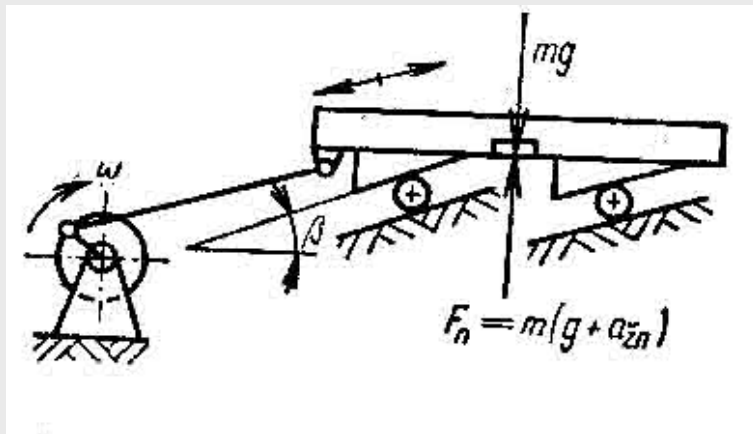
- Animaci-spust' šipkou



Zdroj: Výuková animace k projektu FRVŠ, autor: Jan Kudělka

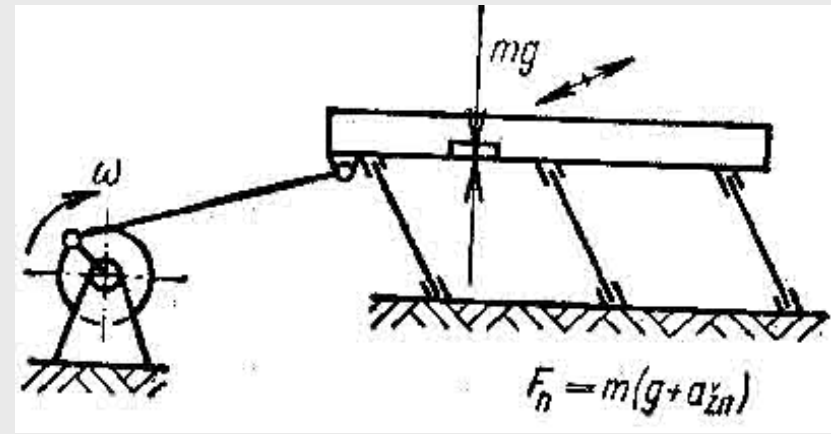
2.6.2 Dopravní třasadla

- Žlab uložen:
 - Na vzpěrných ramenech
 - Na nakloněné rovině
 - Počet frekvencí se pohybuje 2 až 10s^{-1}
 - Amplituda kmitu 10-20 mm



Obr. č.34 Třasadlo se skloněnou drahou

Zdroj: ĎURKOVIČ O, Dopravní a manipulační stroje (1995)



Obr. č.35 Třasadlo s listovými pružinami

Zdroj: ĎURKOVIČ O, Dopravní a manipulační stroje (1995)

Dopravní třasadlo

- Poháněno přes klikový mechanismus
 - Jehož osa je kolmá ke směru vzpěrných ramen
 - Ramena postavena od svislice pod úhlem $\beta=20^\circ$
- Kmitavý pohyb má složku vodorovnou a svislou
- Síla ryze harmonický pohyb:
 - lze vyjádřit vztahem:

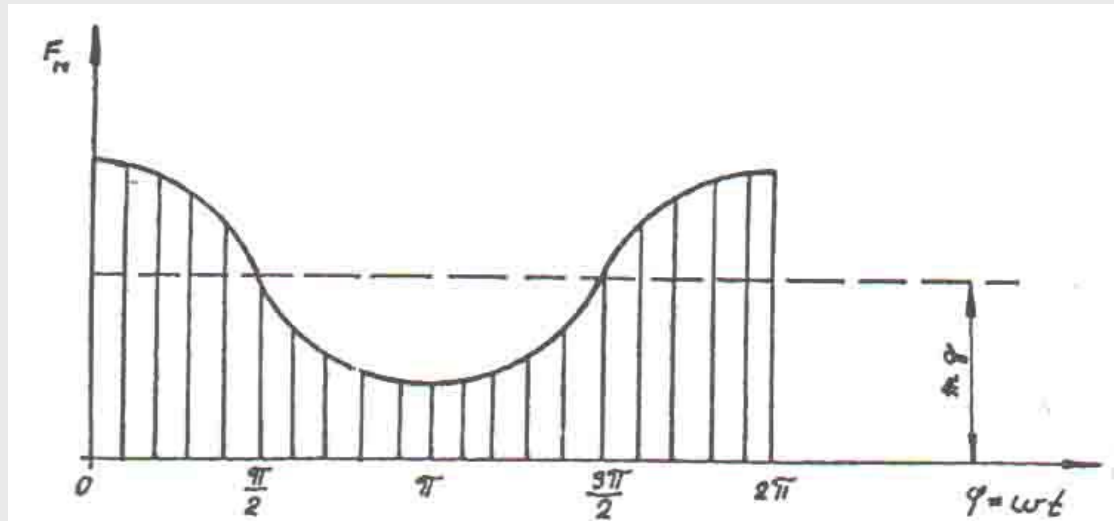
$$F_N = m \cdot (g + r\omega^2 \cdot \cos \omega \cdot t \cdot \sin \beta)$$

- Správně pracující třasadlo musí mít vždy kladnou hodnotu reakce F_N

Dopravní třasadlo

- Lze vyčíslit maximální přípustnou frekvenci otáček n_{\max}

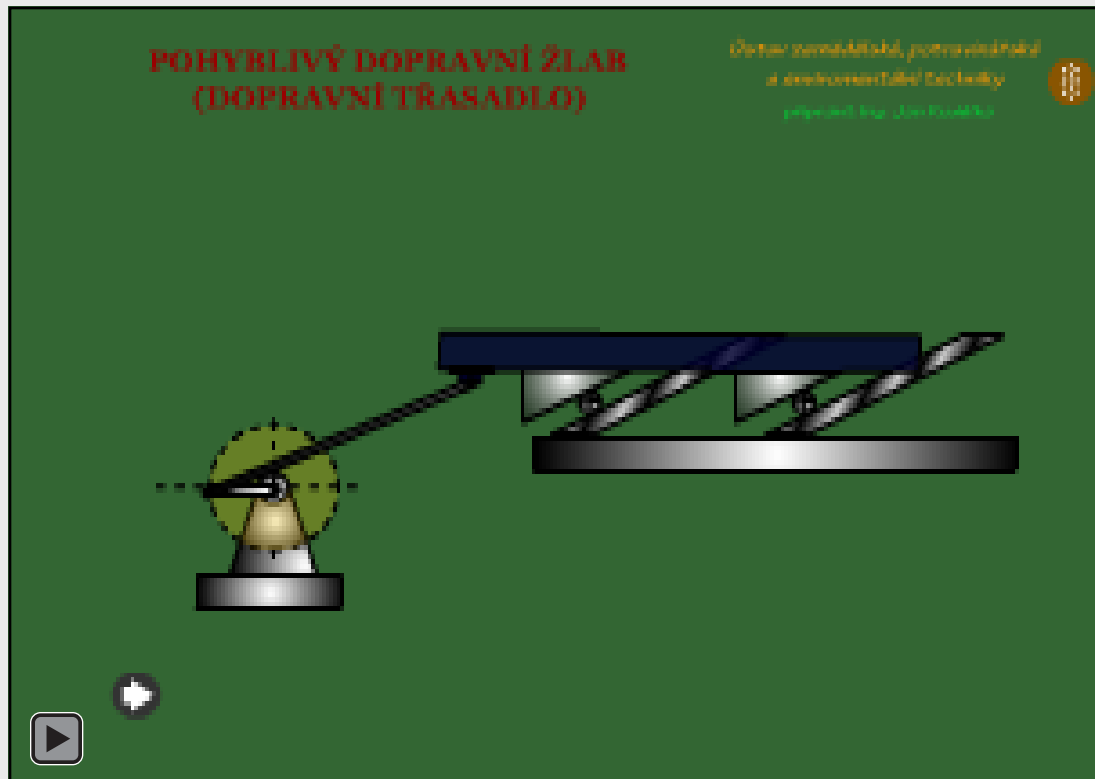
$$n_{\max} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\sin \beta}}$$



Obr. č.36 Graf průběhu kolmé silové reakce F_N na žlab dopravního třasadla

Animace pohybu dopravního třasadla

- Animaci-spust' šipkou



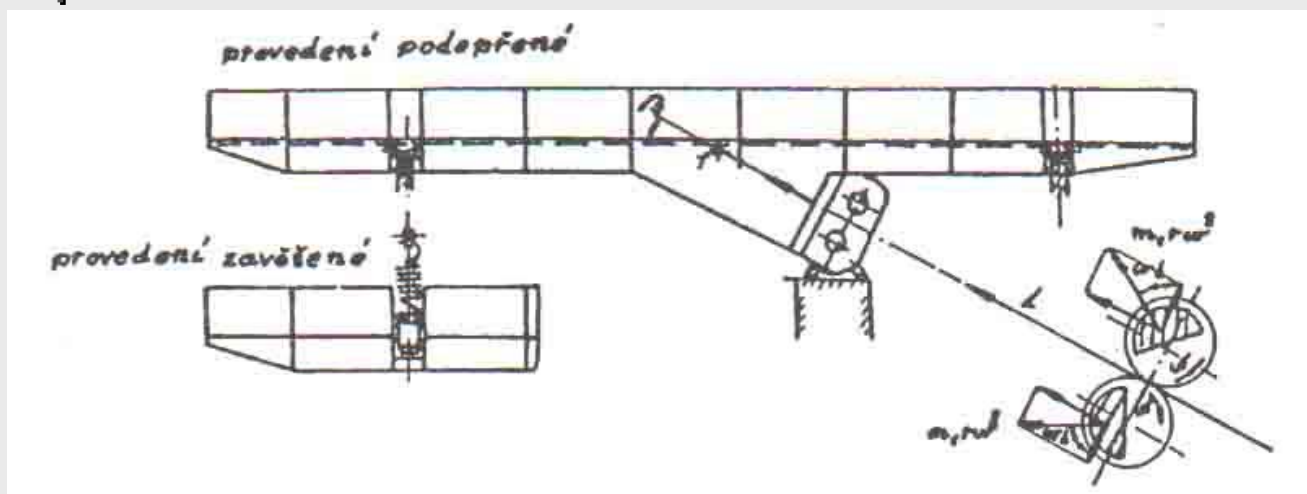
Zdroj: Výuková animace k projektu FRVŠ, autor: Jan Kudělka

2.6.3 Vibrační dopravníky

- Dopravní žlab:
 - Žlab zavěšen nebo podepřen na pružinovém závěsu
- Do kmitavého pohybu:
 - Uváděny budiči kmitů
 - Vysoký počet frekvencí (20-100 s⁻¹)
 - Amplituda kmitů minimální (0,05-10mm)
 - Tím dosahují zvýšení průměrné rychlosti v_s

Vibrační dopravníky

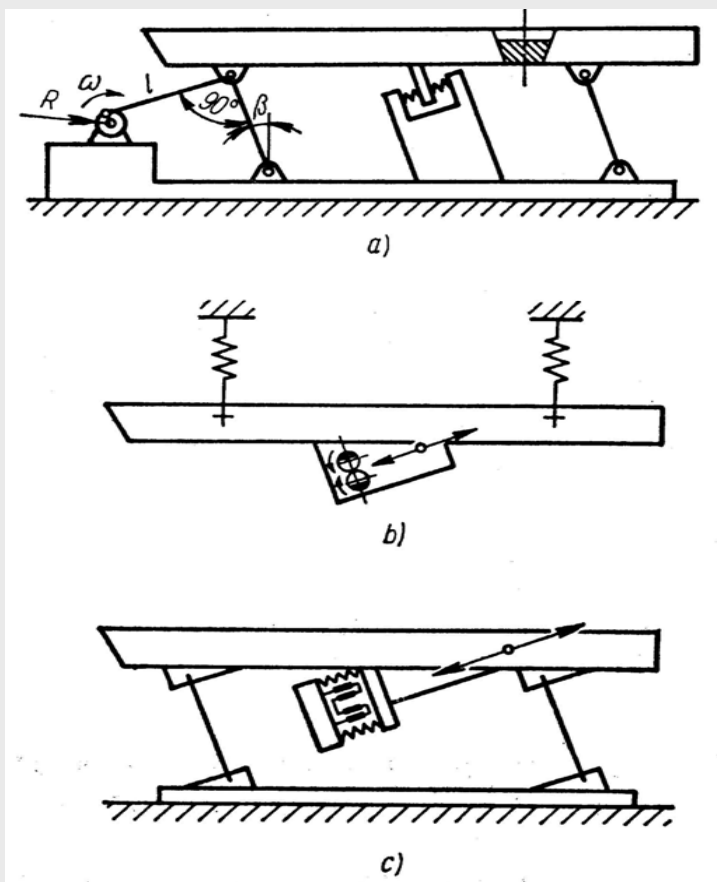
- Vhodné pro dopravu materiálu na kratší vzdálenosti (20 m)
- Přípustný sklon žlabu $\pm 20^\circ$ od vodorovné roviny
 - Doprava materiálu i směrem nahoru



Obr. č.37 Schéma vibračního dopravníku s budičem kmitů

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

Vibrační dopravníky



Obr. č.38 Pohony vibračních dopravníků s mikrovřhem

- a) Nucený pohon
- b) Pohon mechanickým budičem kmitů
- c) Pohon elektromagnetickým budičem

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

Vibrační dopravníky



Obr. č.39 Vibrační dopravník s budičem kmitů

Zdroj: <http://www.sg-stroj.cz/trasadlove-dopravniky>

3. Zvedací zařízení

- Určeny ke zvedání a přemísťování:
 - kusových materiálů
 - výrobků
 - břemen na kratší vzdálenosti
 - Sortiment této skupiny strojů je velmi rozmanitý
- Patří sem:
 - 3.1 Pomocné manipulační prostředky
 - 3.2 Jeřáby
 - 3.3 Výtahy

3.1 Pomocné manipulační prostředky

- Nejednodušší zdvihadla
- Zařazujeme:

3.1.1 Manipulační pomůcky

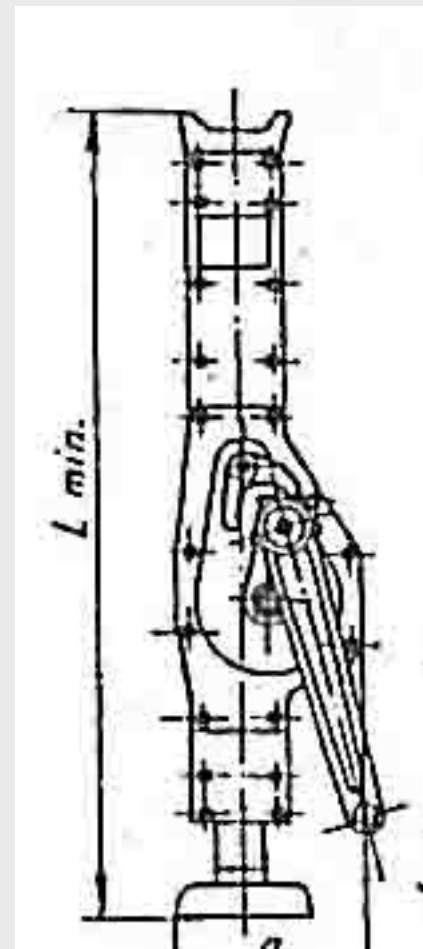
- Háky, oka svěrky
- Sochory, klíny
- Posunováky
- Přísavky
- Posuvné válečky

3.1.2 Zvedáky

- Slouží ke zvedání břemen do menších výšek:
- Rozdělení:
 - Mechanické, hydraulické, pneumatické
- Mechanické:
 - Hřebenové
 - Šroubové

Hřebenové zvedací zařízení

- Složen z dvojdílného plechového pláště:
 - Pohybuje se axiálně po ozubené tyči s patkou
- K plášti je:
 - Ve spodní části přivařena opěra
 - Na hoře je na čepu otočena hlavice
 - Slouží jako opěry pro zvedací těleso
 - Převod není samosvorný
 - Břemeno je drženo pomocí zápatky a rohatky

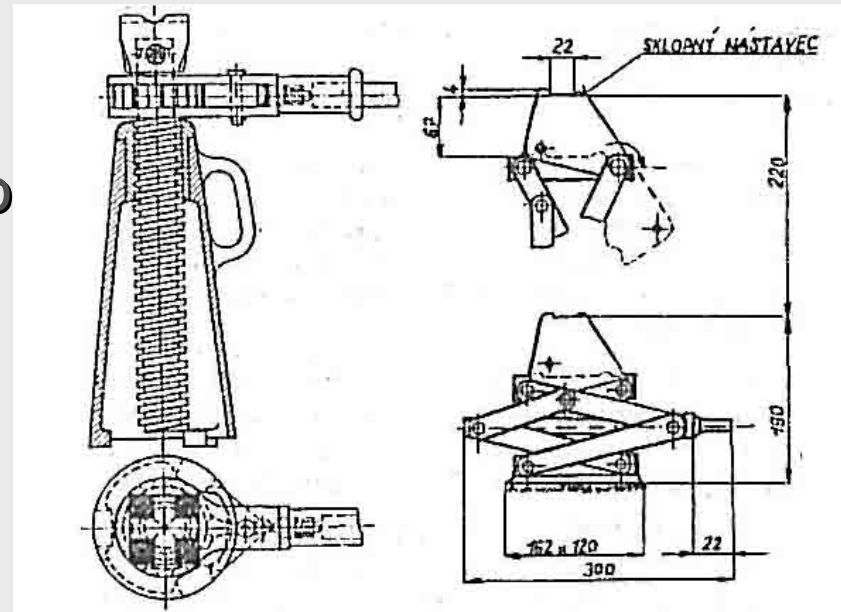


Obr. č.40 Hřebenový zvedák

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

Šroubové zvedací zařízení

- Složeno:
 - ze stojanu s maticí a zvedacího šroubu s otočnou hlavou
- Otáčení šroubu pomocí páky:
 - Šroub se zvedá (spouští)
 - Otáčení šroubu se počítá tak, aby byl zvedák samosvorný



Obr. č.41 Šroubový zvedák ruční

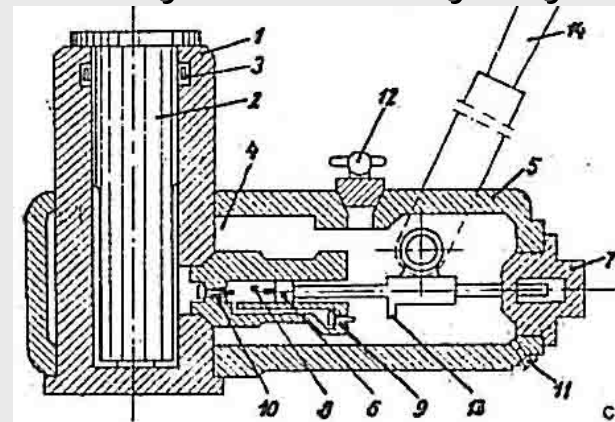
Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

Hydraulické zvedáky

- Složeny:
 - Tělesa (válce)
 - Pístu - v těle se pohybuje vlivem tlaku kapaliny (svisle)
 - Zvedá břemeno
- Tlaková kapalina:
 - Nejčastěji hydraulický olej dodáván:
 - Vysokotlakou hadicí (vnější zdroj)
 - Jednočinným čerpadlem v pístu tělesa zvedáku
- Používají:
 - Zvedání nejtěžších břemen

Hydraulické zvedáky

- Nevýhody:
 - Malý zdvih
 - Proto se využívá šroubu, který lze vytočit do výšky před samotným zvedáním



(legenda k pozici c: válec 1, nosný píst 2, těsnicí manžeta 3, kapalina 4, skříň 5, píst 6, víko skříně 7, válec čerpadla 8, sací ventil 9, výtlační ventil 10, vypouštěcí ventil 11, zátka 12, zářezka 13, ruční náka 14)

Obr. č.42 Hydraulický zvedák

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

Pneumatické zvedáky

- Pracují za nízkých provozních tlaků vzduchu – (do 500kPa)
- Ke zvedání břemen:
 - Použito pryžových měchů
 - Vysoký zdvih, bezhlučný provoz



Obr. č.43 Pneumatický měchový zvedák

Zdroj: <http://www.profo.cz/mechove-zvedaky-cattini-yak-132-1836.html>

3.1.3 Kladkostroje

- Jednoduché zdvihací stroje, nebo součástí složitějších :
 - Jeřábu aj.
- Břemeno zavěšeno:
 - Jednolanově, dvoulanově, čtyřlanově, šestilanově atd.
 - Počtem lan se snižuje síla potřebná ke zdvihu
 - Pro hodnotu lanového zavěšení platí:

$$F = \frac{Q}{n \cdot \eta} \quad [N]$$

Q- tíha břemene včetně dolní kladnice

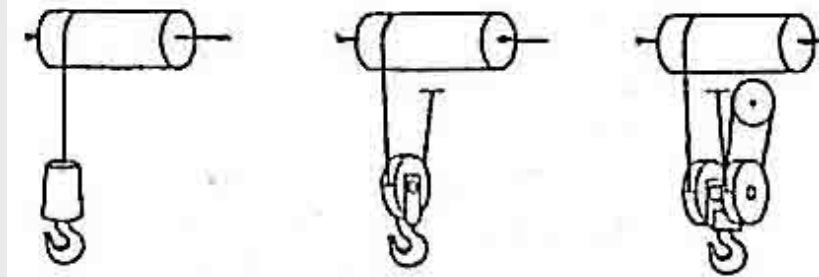
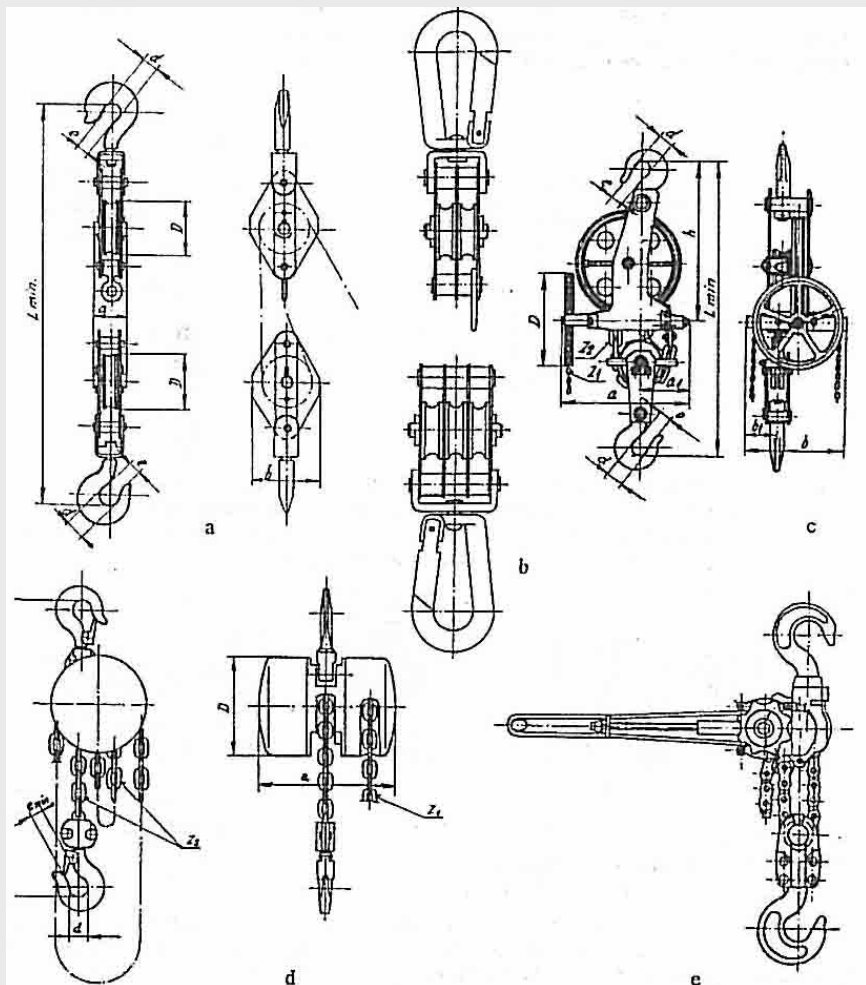
n- počet nosných průřezů lana

η - celková mechanická účinnost kladkostroje

- Celková účinnost se vypočte ze vztahu:

$$\eta = \frac{\eta_1 + \eta_1^2 + \eta_1^3 \cdots + \eta_n^n}{n}$$

Kladkostroje



Obr. č.44 Jedno,dvoj. a čtyřlanové zavěšení břemene

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

Obr. č.45 Ruční mechanické kladkostroje

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

3.1.4 Navijáky (vrátky)

- Vyvozují tažnou, zvedací sílu navíjením na buben
- Lano se na buben navíjí:
 - Celé (provedení navíjecí)
 - Jen několik závitů a zase se odvíjí (třecí)
- Navijáky: zařízení s vodorovným tahem
- Vrátky: zařízení se svislým tahem

Využití navijáků (vrátek)



Obr. č.46 Elektrický lanový vrátek

Zdroj: <http://eshop.elkotex.cz/zbozi/3375/Elektricky-lanovy-navijak-EH-500-250.htm>



Obr. č.47 Elektrický lanový naviják

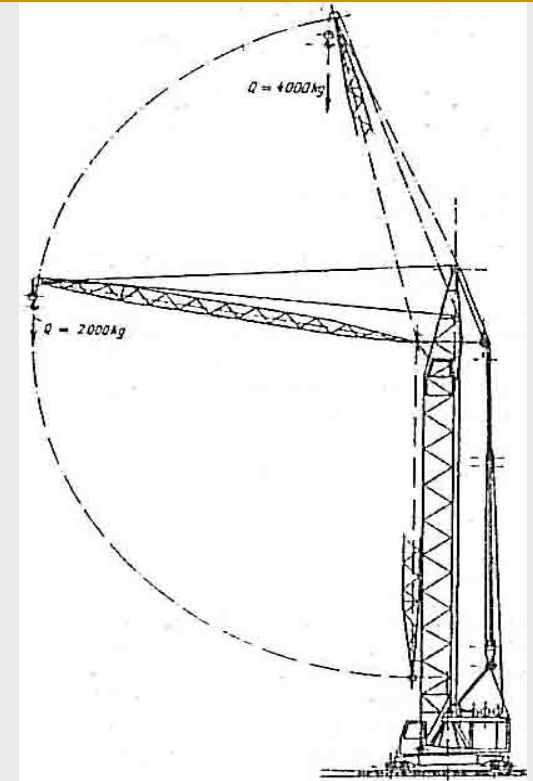
Zdroj: Fotodokumentace, Jan Kudělka

3.2 Jeřáby

- Určeny pro zdvihací a přemísťovací práce
- Pracují:
 - V otevřených i uzavřených prostorech
- Volba druhu jeřábu závisí:
 - Na průměrné a maximální hmotnosti břemene
 - Na tvaru břemene
 - Na požadovaném výkonu
 - Na dispozičním řešení

3.2.1 Věžové jeřáby

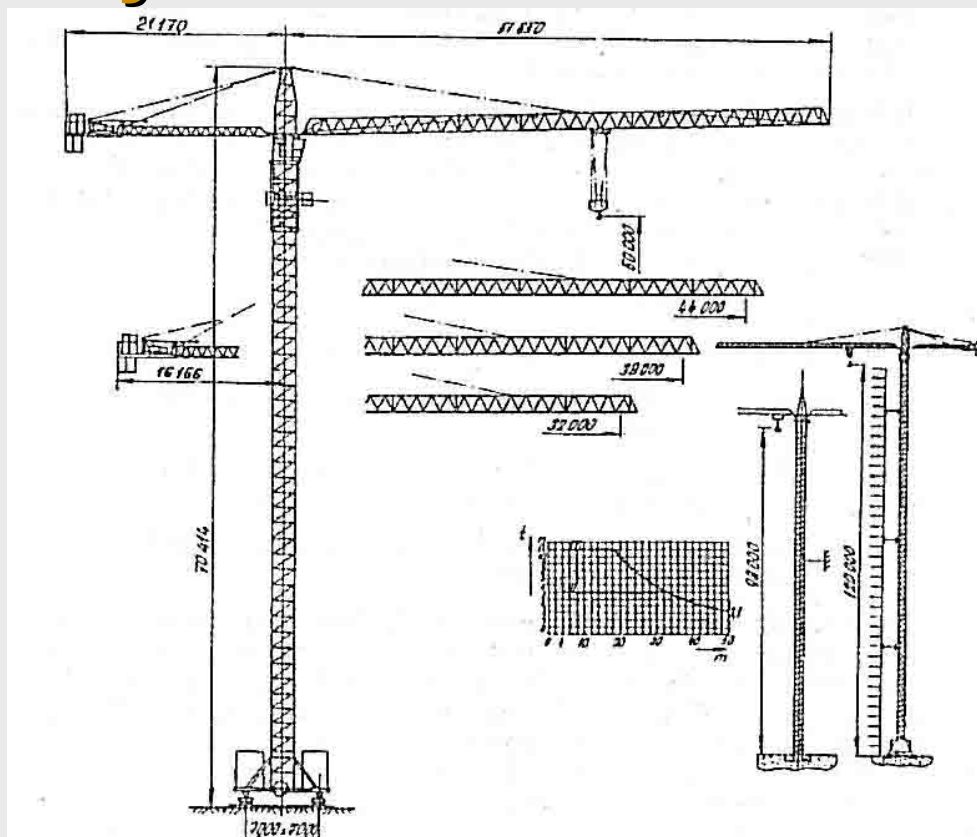
- Nejčastěji ve stavebnictví
- Dělí se dle provedení věže:
 - Otočná, neotočná
 - Jednodílná, Vícedílná
- Dělení dle provedení výložníku
 - Sklopný
 - Vodorovný s pojízdou vlečnou kočkou
 - Kočka i kladnice jsou přizpůsobeny pro dvojité i čtyřnásobný závěs lana
 - Na kočku lze připojit plošinu pro údržbu jeřábu



Obr. č.48 Věžový otočný jeřáb

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

Věžové jeřáby



Obr. č.49 Jeřáb s vodorovným výložníkem

Zdroj: ĎURKOVIČ O, Dopravní a manipulační stroje (1995)

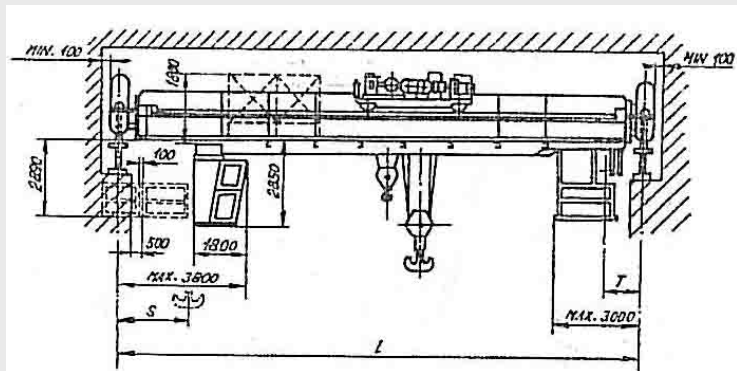
3.2.2 Mostové jeřáby

- Využívají:
 - Zdvihací a přemísťovací operace ve skladech, opravárenských provozech
 - Manipulace na velkých prostorech
 - Dány rozpětím jeřábu, délkou jeřábové dráhy
 - Práce:
 - Uvnitř hal, ve venkovních prostorech

Mostové jeřáby

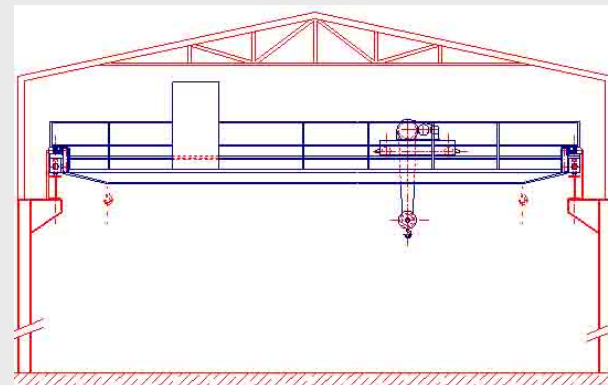
- Rozdělení podle:
 - uložení na jeřábové dráze:
 - počtu hlavních nosníků:
 - Jednonosníkové, dvojnosičkové
 - použitého zdvihadího zařízení
 - S kočkou, s kladkostrojem
 - Druhu pohonu
 - Ruční, elektrické, kombinované

Využití mostového jeřábu



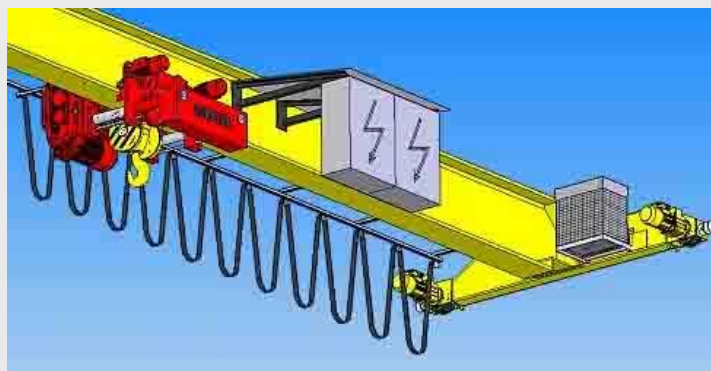
Obr. č.50 Dvounosníkový mostový jeřáb

Zdroj: ĎURKOVIČ O, Dopravní a manipulační stroje (1995)



Obr. č.51 Nákras dvounosníkového jeřábu

Zdroj: <http://www.vitcrane.cz/katalog.php?sheet=5>



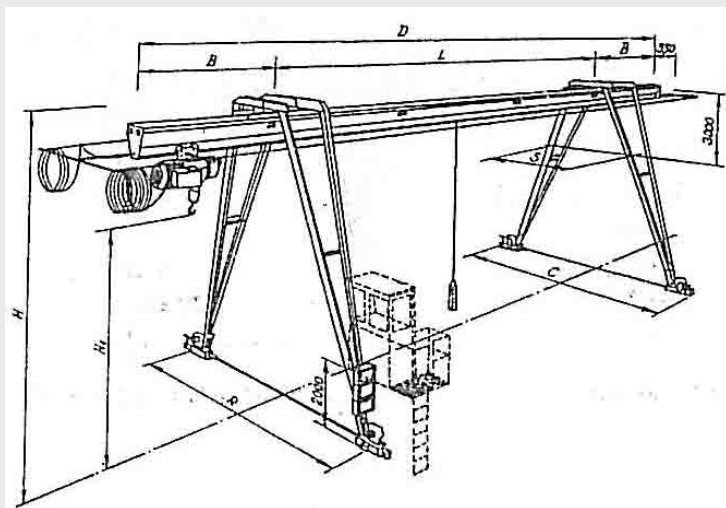
Obr. č.52 Model mostového jeřábu

Zdroj: <http://www.gigasro.cz/podvesne-mostove-jeřaby.html>

3.2.3 Portálové jeřáby

- Konstrukce svařena z válcových profilů
 - Elektrický kladkostroj pojíždí po spodní přírubě nosníku
 - Ovládaní:
 - Ze země, tlačítkovým ovladačem
 - K pojezdu jeřábu po kolejích:
 - Slouží 4 hnací podvozky

Využití portálových jeřábů



Obr. č.53 Elektrický portálový pojízdný jeřáb
(schéma)

Obr. č.54 Elektrický portálový pojízdný
jeřáb

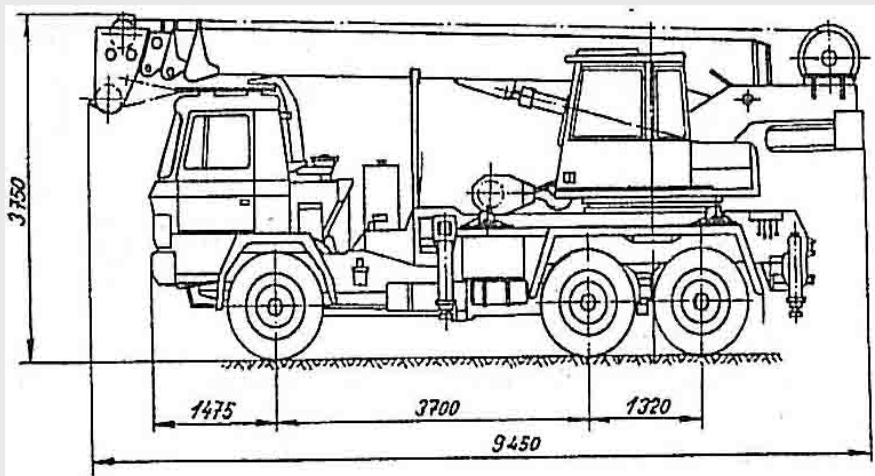
Zdroj: ĎURKOVIČ O, Dopravní a manipulační stroje (1995)

Zdroj: Fotodokumentace, Jan Kudělka

3.2.4 Autojeřáby

- Montovány jako nástavby nákladních automobilů
 - Pohon zajišťuje vznětový motor
 - Výložník je několikadílný
 - Uložen na válečkovém ložisku (spolu s kabinou)
 - Funkce stroje jsou řešeny :
 - Hydrostatickým pohonem, který umožňuje:
 - Širokou regulaci pracovních rychlostí

Využití autojeřábů



Obr. č.55 Schéma autojeřábu AD 20T

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)



Obr. č.56 Autojeřáb Man AD 10

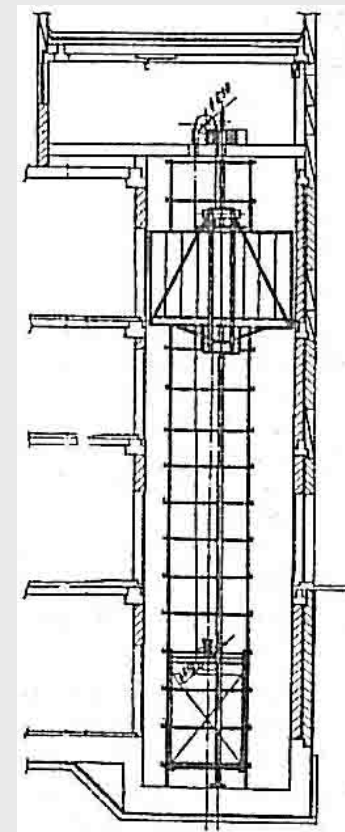
Zdroj: *Fotodokumentace, Jan Kudělka*

3.3 Výtahy

- Manipulační prostředky pro:
 - svislou přepravu materiálů a osob
- Části výtahů
 - Nosné orgány
 - Výtahový stroj
 - Klec, protizávaží a vodítka
 - Zachycovací ústrojí
 - Řídicí systém
- Rozdělení výtahů dle pohonu:
 - Elektrické
 - Pneumatické
 - hydraulické

3.3.1 Elektrické výtahy

- Lze rozdělit:
 - Výtahy nákladní klecové
 - Výtahy výsypné (skipy)
 - Výtahy stavební
- a) Klecové nákladní výtahy
 - Využití:
 - Průmyslové skladovací, vícepodlažní budovy
 - Doprava materiálu s doprovodem, bez doprovodu osob
 - Užitečné zatížení i rychlost zdvihu musí být voleny:
 - Dle normy ČSN 27401



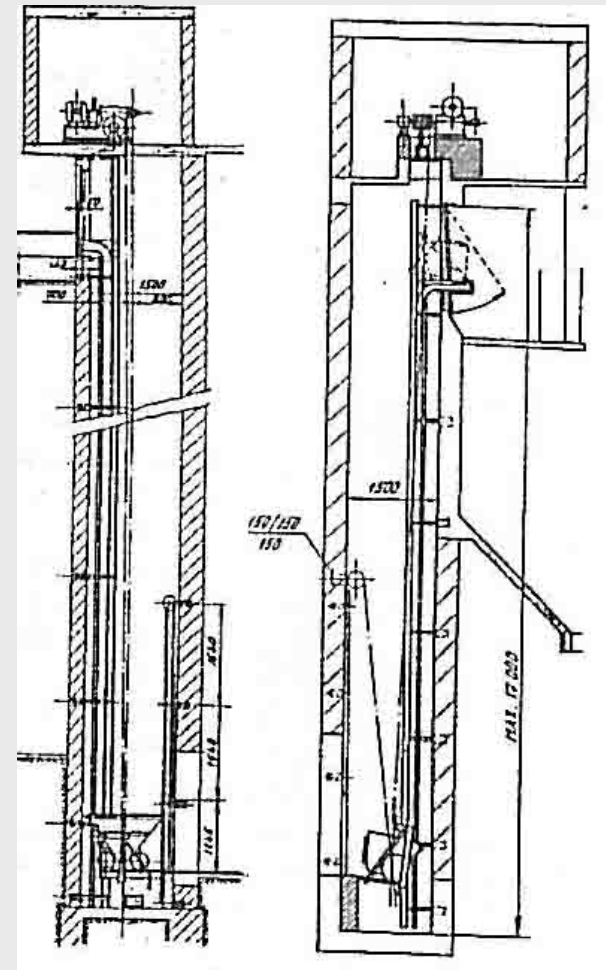
Obr. č.57 Schéma klecového výtahu

Zdroj: ĎURKOVIČ O, Dopravní a manipulační stroje (1995)

Elektrické výtahy

b) Výsypné výtahy (skipy)

- Pro přepravu sypkých materiálu
- Ve svislém směru



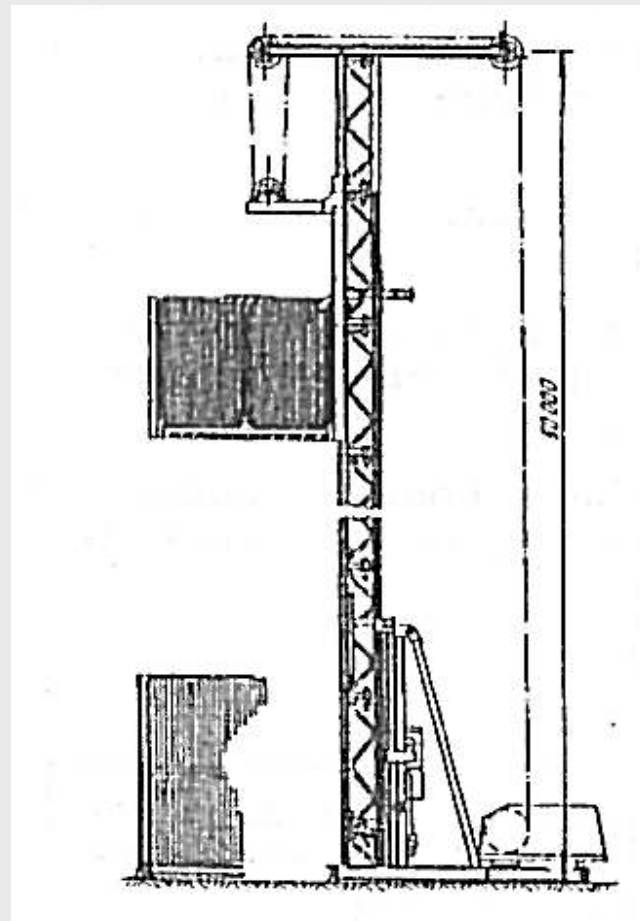
Obr. č.58 Schéma výsypných výtahu

Zdroj: ĎURKOVIČ O, Dopravní a manipulační stroje (1995)

Elektrické výtahy

c) Stavební výtahy

- Svislá doprava na stavbách
- Složení:
 - Rám
 - Plošina
 - Díly stožáru
 - Horní nosník
 - Stabilizační rám
 - Kotva
 - Závaží



Obr. č.59 Schéma stavebního stožárového výtahu

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

4 Pneumatická doprava

- Doprava různorodých materiálů
 - Sypké, zrnité, vláknité, stébelnaté
- Využívají aerodynamických účinků proudícího vzduchu
 - Rychlost vzduchu je udělována dmychadlem, ventilátorem
- Výhody pneumatických dopravníků:
 - Materiál dopravují ve všech rovinách
 - Doprava bez ztrát i na značné vzdálenosti (až do 2000 m)
 - Dobré dálkové ovládání (automatizace provozu)

Pneumatická doprava

- **Nevýhody pneumatické dopravy**
 - Větší spotřeba energie na jednotku materiálu
 - Při vyšších rychlostech se mohou poškozovat materiály
 - Narážením na stěny potrubí
 - Nejsou schopny dopravovat materiály s větší měrnou hmotností a materiály se sklonem ke koagulaci a nalepování

Pneumatická doprava

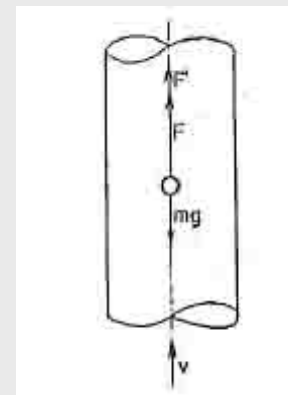
- Rozhodujícím vlivem pro pohyb materiálu je směr dopravy
 - Ve svislém a vodorovném podtrubí jsou jiné dopravní poměry

Pneumatická doprava

- Svislé potrubí:
 - Při zanedbání třecí síly F_t působí v potrubí:
 1. Tíhová síla F_G (vyvolaná hmotností částic materiálu)
 - Kde: m - hmotnost dopravovaných částic materiálu [kg]
 - V_m - objem dopravovaných částic materiálu
 2. Aerodynamická síla proudícího vzduchu
 - Vyjadřuje jeho unášecí schopnost
 - Podle Newtona činí:
 - kde:
 - k - koeficient čelního odporu vzduchu, který podle tvaru částic materiálu má hodnotu 0,23-0,72
 - S - plocha kolmého průřezu částic materiálu, která je vystavena působení vzdušného proudu [m^2]
 - ρ_v - měrná hmotnost proudícího vzduchu
 - v - rychlost proudícího vzduchu [ms^{-1}]
 - v_m - rychlost pohybu částic ve vzdušném potrubí
 - Obě síly působí v tomto potrubí v ose vzdušného proudu
 - Má charakter laminárního proudění
 - Síly mají proti sobě opačný směr

$$F_G = m \cdot g = V_m \cdot \rho \cdot g$$

$$F = k \cdot S \cdot \rho_v \frac{(v - v_m)^2}{2}$$



Obr. č.60 Schéma sil, působících na částici materiálu ve svislém potrubí

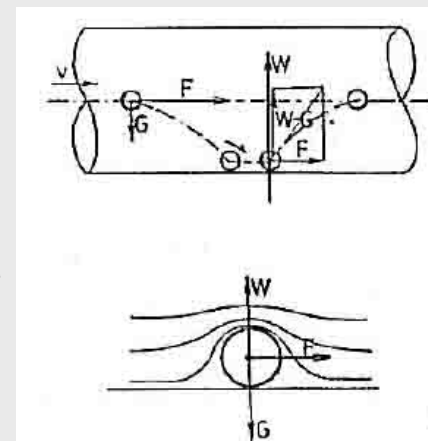
Pneumatická doprava

- Vodorovné podtrubí
 - Pod účinkem aerodynamické síly F a tíhové síly F_G
 - Částice vykonávají pohyb ve směru výslednice:
 - Po parabolické dráze až ke dnu podtrubí
 - Pohyb částic je provázen třením částic o sebe
 - Kolem částic vzniká:
 - Turbulentní proudění
 - Síla aerodynamického vztlaku
 - Volba provozní rychlosti v_v v dopravním potrubí musí být vyšší než vnosná rychlost materiálu v_{vz}
 - Poměr je závislý na hmotnostní koncentraci vzduchové dopravy

$$\mu = \frac{Q_m}{Q_v}$$

Kde: Q_m - hmotnostní množství materiálu [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]

Q_v - hmotnostní množství vzduchu [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]



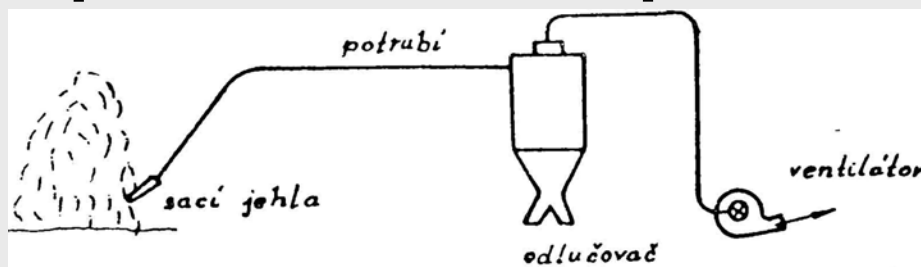
Obr. č.61 Schéma sil, působících na částici materiálu ve vodorovném potrubí

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

4.1 Podtlaková pneumatická doprava

- Přemísťování sypkého a zrnitého materiálu
 - Doprava z různých skladovacích prostorů na jedno místo vyskladnění
 - Odsávání materiálu ze špatně přístupných míst
- Materiál:
 - Nasáván podtlakem pomocí sací jehly
 - Spolu ze vzduchem odváděn do odlučovače
 - Odsávání materiálu rychlostí ($15-27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) zajišťuje ventilátor

4.1 Podtlaková pneumatická doprava

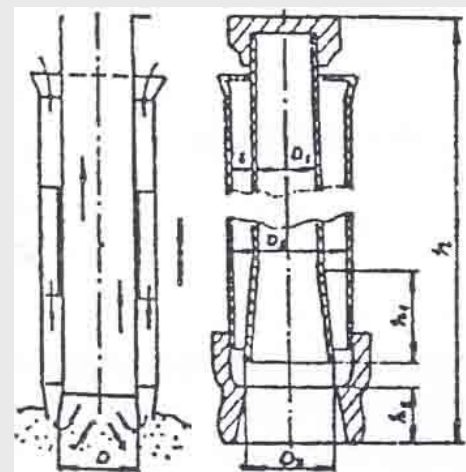


Obr. č.61 Schéma podtlakového pneumatického dopravníku

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

• Sací jehla

- Dva soustředné válce
 - vnitřní – savice propojená s dopravním potrubím
 - vnější – otvory v horní části pro nasávání vzduchu
- proudění vzduchu
 - mezi vnitřním a vnějším pláštěm
 - obrát o 180°
 - strhávání materiálu a mísení
 - proudění dopravním potrubím



Obr. č.62 Schéma sací jehly u podtlakových dopravníku

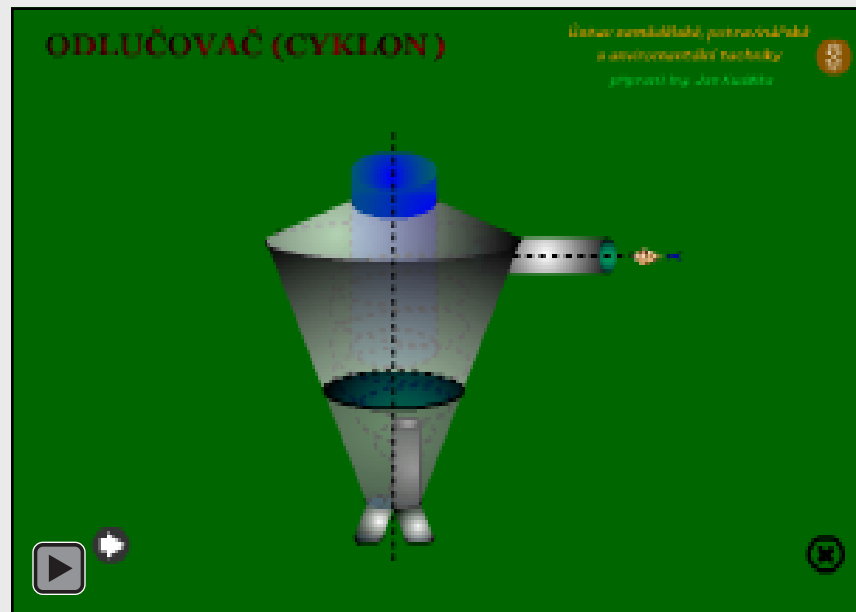
Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

4.1 Podtlaková pneumatická doprava

- Cyklon (odlučovač)
 - Svislá válcová nádrž
 - ve spodní části kuželová
 - K oddělení materiálu využívá
 - Tíhové síly
 - Třecí síly- vzniká odstředivou silou
 - V horní části:
 - přívod vzduchu s materiálem
 - Tangenciální připojení
 - Umožňuje otáčení proudu vzduchu s materiálem
 - vznik odstředivé síly
 - vytlačování těžších částic na plášť cyklonu
 - brzdění a skluz materiálu do spodní části
 - vzduch vystupuje nahoru a do výstupu z odlučovače v horní části

Animace činnosti cyklonu (odlučovače)

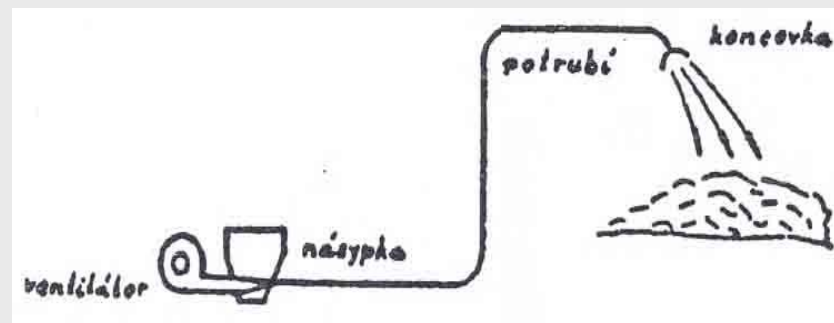
- Animaci-spust' šipkou



Zdroj: Výuková animace k projektu FRVŠ, autor: Jan Kudělka

4.2 Přetlakové pneumatické dopravníky

- Určeny k dopravě:
 - sypkých zrnitých, stébelnatých materiálů
- Oproti podtlakovým dopravníkům:
 - Doprava do větší výšky
 - Doprava na větší vzdálenosti
- Materiál se vpravuje do potrubí násypkou pomocí Venturiho podavače
 - Mísí se vzduchem
 - Je dopravován na místo vyskladnění
 - Předtlakový vzduch vhání do potrubí radiální ventilátor ($v=15-30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
 - Umístěn před Venturiho podavačem

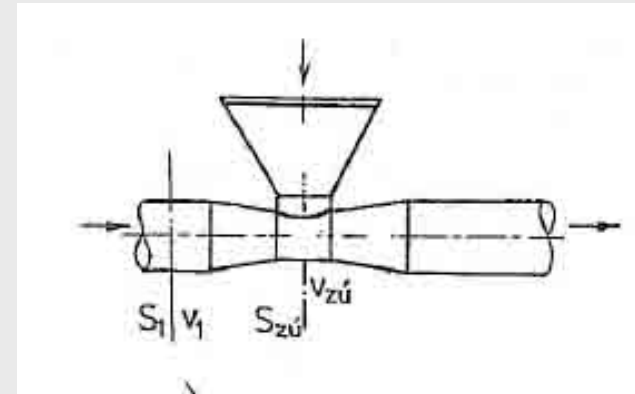


Obr. č.63 Schéma předtlakového pneumatického dopravníku

Zdroj: KEJIK C, Provoz stacionární techniky I., (1996)

4.2 Přetlakové pneumatické dopravníky

- Optimální dopravní poměry závisí:
 - Správné činnosti Venturiho podavače
 - Využívá tzv. Venturiho efektu
 - Založeno na působení zákona kontinuity a Bernoulliho rovnice
 - Proudící vzduch prochází zúženým potrubím
 - Aby prošlo stejné množství vzduchu musí se zvýšit rychlost (Rovnice kontinuity)
 - Zároveň se musí snížit tlak, aby zůstal součet energie rychlostí konstantní.



Obr. č.64 Schéma Venturiho podavače

Zdroj: ĎURKOVIČ O, *Dopravní a manipulační stroje* (1995)

4.2 Přetlakové pneumatické dopravníky

- Rovnice kontinuity: $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$

- Bernoulliho rovnice: $\frac{p_{s1}}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_{s2}}{\rho} + \frac{v_2^2}{2}$

S_1 – průřez dopravního potrubí před vstupem do Venturiho podavače [m²]

S_2 – průřez zúžené části dopravního potrubí [m²]

v_1 – rychlost proudění vzduchu v dopravním potrubí [m.s⁻¹]

v_2 – rychlost proudění vzduchu v místě vpravování materiálu [m.s⁻¹]

p_s – celkový statický tlak proudícího vzduchu vyvinutý ventilátorem dopravníku [Pa]

p_{s2} – tlak proudícího vzduchu v místě vpravování materiálu [Pa]

4.2 Tlakové pneumatické dopravníky

- Z těchto podmínek lze vyjádřit:

- Požadovanou rychlost v_2 zúženém potrubí
- Následně odvodit potřebné snížení průměru difuzoru d_2

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho}} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

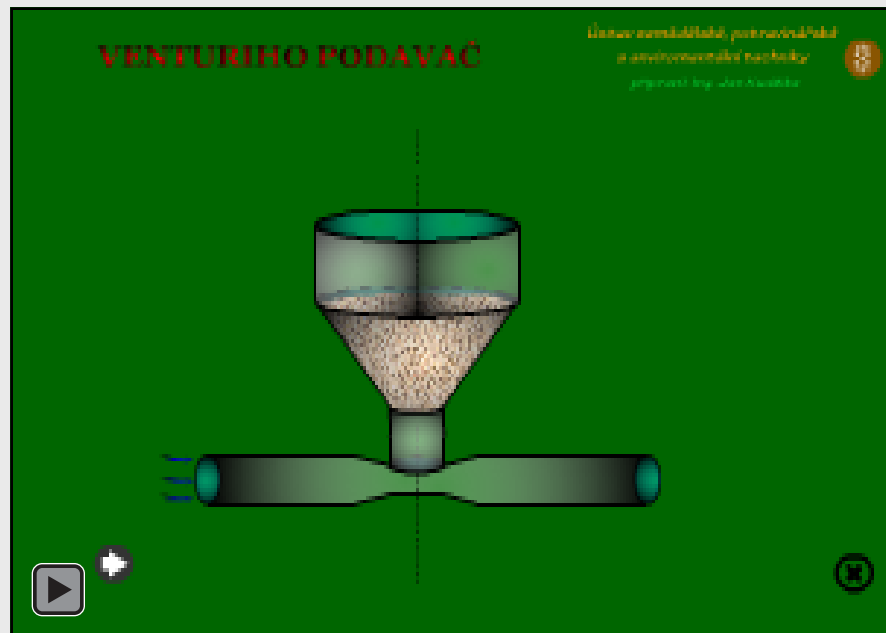
$$Q_v = S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = S_n \cdot v_n \quad [m^3 \cdot s^{-1}]$$

$$Q_v = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot v_1 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot v_2 \quad [m^3 \cdot s^{-1}]$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot v_2}} \quad [m]$$

Animace činnosti Venturiho podavače

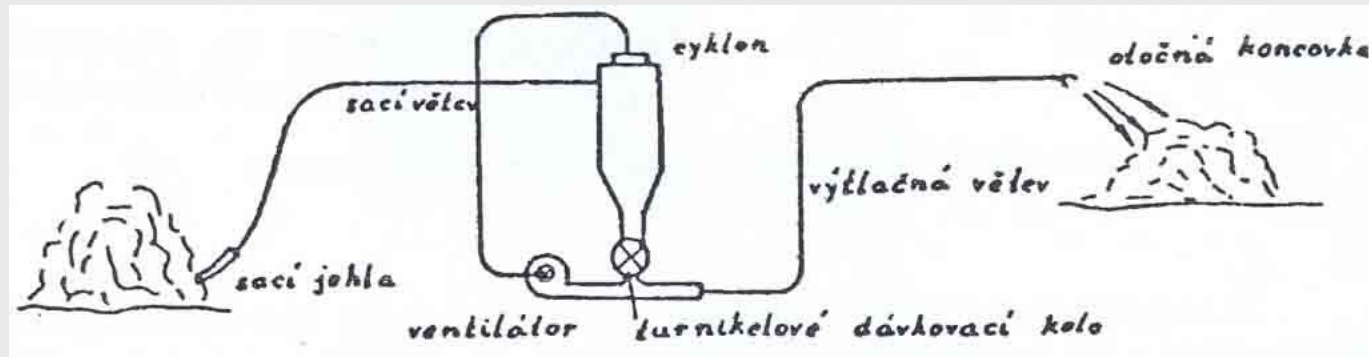
- Animaci-spust' šipkou



Zdroj: Výuková animace k projektu FRVŠ, autor: Jan Kudělka

4.3 Kombinované pneumatické dopravníky

- Mají přednosti dvou předešlých dopravníků
 - Umožňují:
 - odsávání materiálu z libovolného místa
 - doprava do jakéhokoli skladovacího prostoru
 - plnou automatizaci provozu



Obr. č.65 Schéma kombinovaného pneumatického dopravníku

Zdroj: ĎURKOVIC O, Dopravní a manipulační stroje (1995)

4.3 Kombinované pneumatické dopravníky

- Princip činnosti:
 - Materiál nasáván sací jehlou do potrubí, odtud do odlučovače
 - V odlučovači je materiál oddělen a hromadí se v jeho spodní části
 - Materiál vlastní tíhou padá do spodní části na turniketové dávkovací kolo
 - Materiál je vpravován do výtlačného potrubí
 - Zdrojem podtlaku a přetlaku je jeden nebo více ventilátorů na rozhraní obou větví

Podmínky pneumatické dopravy

- Při návrhu pneumatického systému jsou výchozími hodnotami:
 - Q_m – množství dopravovaného materiálu
 - Dispozice dopravní trasy
- Předmětem výpočtu je stanovení:
 - Q_v – množství dopravního vzduchu
 - d – průměr dopravního potrubí
 - p_c – celkový tlak dopravy
- Potřebné množství proudícího vzduchu limituje výkonost ventilátoru.
 - Optimální koncentrace je udává vztahem:

$$Q_v = \frac{Q_m}{\mu} \left[m^3 \cdot s^{-1} \right]$$

- kde- μ součinitel koncentrace dopravy

Podmínky pneumatické dopravy

- Průměr podtrubí se při známém Q_v :
 - Odvozuje z rovnice kontinuální dopravy
- Celkový tlak pneumatické dopravy:
 - Musí překonat všechny odpory působící při pohybu materiálu se vzduchem
 - Sumární hodnotu lze vyjádřit součtem dílčích tlaků
 - p_d – dynamický tlak
 - p_{st} – statický tlak
 - p_H – tlak pro překonání dopravní výšky

$$Q_m = S \cdot v \cdot \rho_v \quad [kg \cdot s^{-1}]$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot v \cdot \rho_v}} \quad [m]$$

$$p_c = p_d + p_{st} + p_H \quad [Pa]$$

Dynamický tlak ρ_d [Pa]

- Dán požadovanou kinetickou energií proudícího vzduchu ve směsi s dopravovaným materiálem: (Einsteinova rovnice)

$$p_d = \frac{\rho_{sm} \cdot v^2}{2} \quad [Pa]$$

- Po vyjádření měrné hmotnosti vzduchu ρ_{sm} lze rovnici upravit pomocí součinitele hmotnostní koncentrace μ upravit na tvar:

Kde:

- ρ_{sm} - měrná hmotnost vzduchu s materiálem
- v_m - rychlost pohybu materiálu
- ρ_v - měrná hmotnost vzduchu
- μ - hmotnostní koncentrace

$$p_d = \frac{\rho_v \cdot v^2}{2} + \frac{\rho_v \cdot v^2}{2} \cdot \frac{\mu \cdot v_m^2}{2} \quad [Pa]$$

$$p_d = \frac{\rho_v \cdot v^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{\mu \cdot v_m^2}{2} \right) \quad [Pa]$$

Statický tlak p_{st} [Pa]

- Vyjadřuje:
 - Tlakové ztráty vznikající třením směsi vzduchu a materiálu o stěny dopravního potrubí
 - Velikost tlaku lze odvodit:
 - ze statického tlaku čistého vzduchu korigovaného opravným součinitelem

$$p_{st} = \frac{\rho_v \cdot v^2}{2} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \cdot (1 + \mu \cdot K) \quad [Pa]$$

- Kde:

λ – součinitel ztrát třením vzduchu o stěny potrubí [-]

závisí na Reynoldsově čísle a pohybuje se v rozmezí 0,018 – 0,035

L – délka dopravního potrubí [m]

d – průměr dopravního potrubí [m]

ξ – součinitel místních vřazených odporů (odboček, kolen, oblouků, apod.)

μ – součinitel hmotnostní koncentrace dopravy [-]

K – opravný součinitel – vzájemný vliv tření částic materiálu o vzduch [-]

Tlak na překonání dopravní výšky p_H [Pa]

- Bezprostředně závisí na výšce H ,
 - vyjadřuje odpor proti zdvihu tíhové síly materiálu

$$p_H = \mu \cdot \rho_v \cdot g \cdot H \quad [Pa]$$

Na základě stanovení výkonnosti ventilátoru Q_v [m^3s^{-1}] a celkového tlaku p_c [Pa] se nakonec zvolí vhodný typ ventilátoru.

5. Doprava kapalin

- Doprava kapalin se děje jejím prouděním
 - Toho lze dosáhnout:
 1. Gravitačním spádem
 2. Tlakem (způsobený čerpadlem)
 3. Kombinací gravitace a tlakové dopravy

5.1 Gravitační doprava kapalin

- Využívá se tam kde:
 - Hladina zdroje vody má potřebné převýšení H_g [m]
 - Převýšení vyvolává polohovou energii:
 - Způsobuje proudění vody v potrubí
 - Výtoková rychlost je daná vztahem
 - Je-li potrubí delší (členitější)
 - Sníží se hodnota o ztrátový tlak Δh [m]
 - Je součtem ztrát:
 - Dynamických
 - Statických na překonání tření
 - Statických na překonání odporů

$$E_p = V \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad [J]$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

$$\Delta h = h_d + h_{st1} + h_{st2} \quad [m]$$

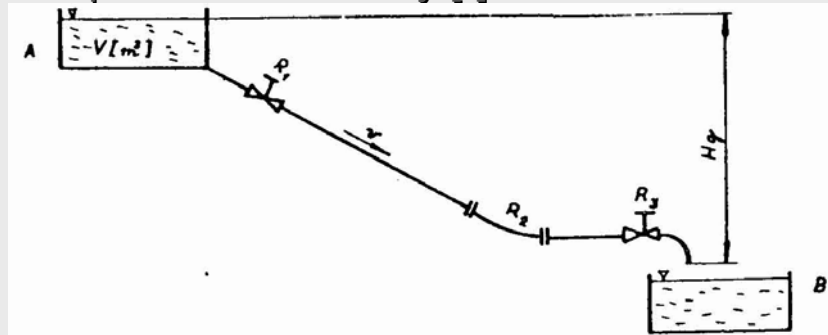
5.1 Gravitační doprava kapalin

- Použitím Bernoulliho rovnice po úpravě:

– Kde:

- V - objem vody v nádrži [m³]
- ρ - objemová hmotnost vody [kg.m³]
- λ - součinitel tření částek vody o sebe [-]
- l - délka přímého potrubí [m]
- d - Vnitřní průměr podtrubí [m]
- ξ - součinitel odporu i- té armatury [-]

$$\Delta h = \frac{v^2}{2g} \left(1 + \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_i \right) \quad [m]$$



Obr. č.66 Schéma gravitační dopravy vody podtrubím

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

5.2 Tlaková doprava kapalin

- Způsobena čerpadly, která vyvolávají rozdíly tlaků před a za sebou
 - Činností čerpadla vzniká:
 - V sacím hrdle podtlak
 - Rozdílem p_a a p_s je voda nasávána
 - p_a - atmosférický tlak
 - p_s - tlak v sacím hrdle

Rozdílem tlaků se překonává:

H_{gs} - geotetická sací výška

Δh - odpory proti proudění

$$\frac{p_a - p_s}{\gamma} = H_{gs} + \Delta h_s$$

$$\frac{p_s}{\gamma} = H_{gs} + \frac{v_s^2}{2gh} \left(1 + \lambda \frac{L_s}{d_s} + \sum \xi\right)$$

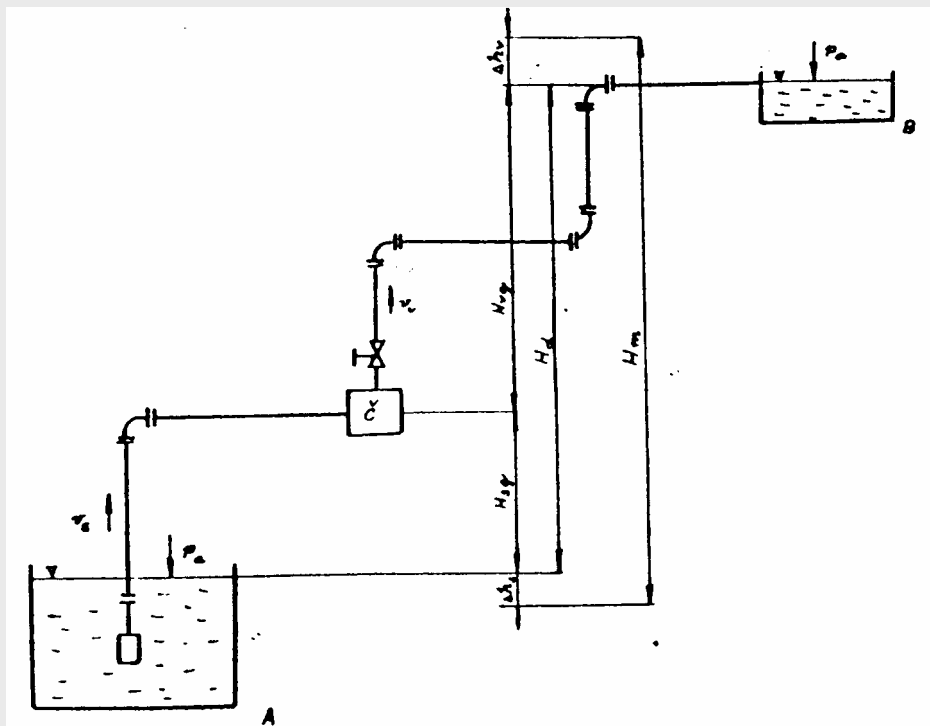
5.2 Tlaková doprava kapalin

- V nichž značí:
 - γ - měrná tíha nasávání vody do čerpadla [N.m⁻³]
 - v_s - rychlost proudění kapaliny v sacím podtrubí [m.s⁻¹]
 - l_s - délka sacího podtrubí [m]
 - d_s - průměr sacího podtrubí [m]

5.2 Tlaková doprava kapalin

- Z čerpadla je voda vyvinutým přetlakem vytlačována do výšky H_{gv}
 - Tedy na geodetickou výšku čerpadla H_d
 - Musí být také překonány odpory ve výtlačném řádu h_v
- Označí-li se p_v jako výtlačný tlak čerpadla:
 - H_{gv} je skutečná vyvinutá výtlačná výška,
 - Pak musí platit:
$$\frac{p_v - p_a}{\gamma} = H_{gv} + \Delta h_v$$
$$\frac{p_v}{\gamma} = H_{gv} + \frac{v^2}{2g} \left(1 + \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_i \right) [m]$$
- Kde:
 - v_v - rychlost proudění vody
 - L_v - délka výtlačného potrubí
 - d_v - Vnitřní průměr výtlačného potrubí

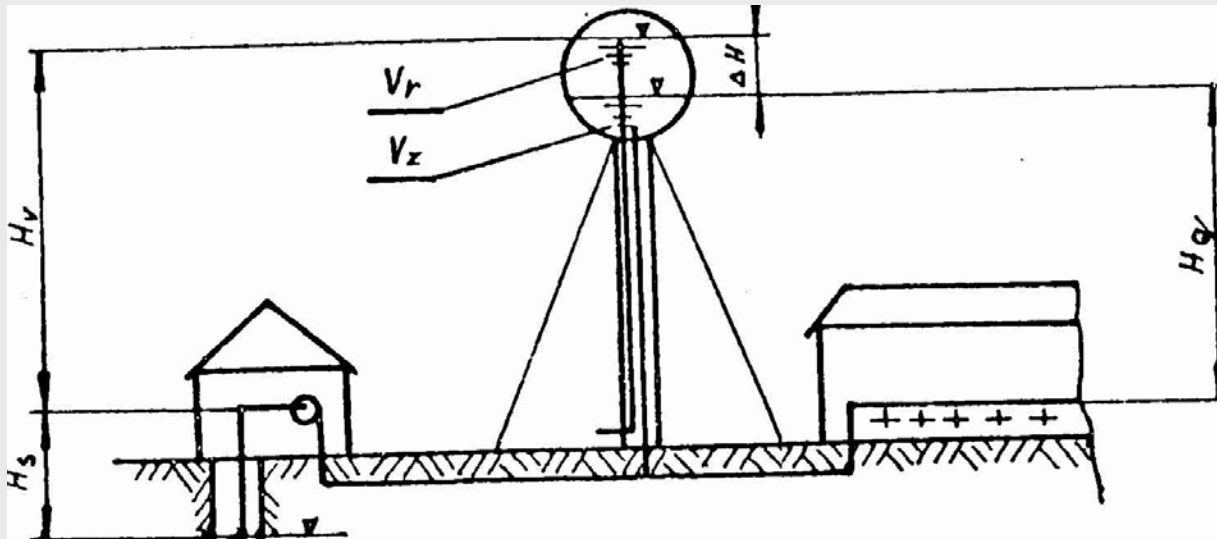
5.2 Tlaková doprava kapalin



Obr. č.67 Schéma tlakové dopravy vody

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*,
(1996)

5.3 Kombinovaná doprava kapalin



Obr. č.68 Schéma kombinované dopravy kapalin

Zdroj: KEJIK C, *Provoz stacionární techniky I.*, (1996)

Seznam zdrojů a použitých odkazů :

1. KEJÍK, Cyril, Luboš SYCHRA a Jan MAREČEK. Provoz stacionární techniky. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996-1997, 2 sv. ISBN 80-7157-260-82.
2. ĎURKOVIČ, Oto. Dopravní a manipulační stroje. 1. vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská, Technická fakulta, 1995, 223 s. ISBN 80-213-0134-1.
3. ŠTENCL, Jiří, FRYČ, Jiří. Mechanizace a automatizace živočišné výroby (cvičení). Brno, Vysoká škola zemědělská, 1989, 117 s.
4. <http://www.cimbria.cz/?page=produkty/dopravniky/pasove-dopravniky-gt-gv>
5. <http://www.agroseznam.cz/cz/agrobazar/detail-inzeratu/25950-dopravnik.html>
6. <http://www.bvv.cz/techagro/techagro-2012/grand-prix/prihlasene-exponaty-grand-prix-techagro-2012/>
7. <http://www.logismarket.cz/adapt-dopravniky/snekovy-dopravnik-pro-drevozpracujici-prumysl/1754277577-1028284949-p.html>
8. <http://www.logismarket.cz/canagroc/zabudovane-snekove-dopravniky-pohanene-elektromotorem/.html>
9. <http://www.sila-nadrze.cz/doprava-obili.html>
10. <http://www.tyma.cz/aktuality/clanek-trh-a-technika/>
11. <http://www.sila-nadrze.cz/reference-naskladneni-vyskladneni-obili.html>
12. <http://www.sg-stroj.cz/trasadlove-dopravniky>
13. <http://www.profo.cz/mechove-zvedaky-cattini-yak-132-1836.html>
14. <http://eshop.elkotex.cz/zbozi/3375/Elektricky-lanovy-navijak-EH-500-250.htm>
15. <http://www.vitcrane.cz/katalog.php?sheet=5>

**Projekt 845/ 2012, vznikl za podpory
FRVŠ 2012**