



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

# KONCEPČNÍ POPIS NÁVRHU KOREČKOVÉHO ELEVÁTORU

CONCEPTUAL DESCRIPTION OF THE DESIGN OF BUCKET ELEVATOR

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**LIBOR DOČKAL**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. JAROSLAV KAŠPÁREK, Ph.D.**

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Libor Dočkal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Koncepční popis návrhu korečkového elevátoru**

v anglickém jazyce:

### **Conceptual description of the design of bucket elevator**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vytvořte výukovou koncepci postupu pro návrh korečkového elevátoru. Zpracujte tuto koncepci jako podklad pro výukový materiál studentů bakalářského studia.

Cíle bakalářské práce:

Proveďte:

Rešeršní rozbor konstrukce korečkového elevátoru dle dostupné literatury a norem. Uveďte postup při návrhu korečkového elevátoru. Uveďte základní funkční výpočty a schématické detaily konstrukce.

Seznam odborné literatury:

ČSN 26 2008 :Svislé korečkové elevátory, Základní parametry a rozměry, 8s., Praha, 1993

ČSN 26 2001 :Zařízení pro plynulou dopravu nákladů, Korečkové a lavičkové elevátory , 10s., Praha, 1994

DRAŽAN, F. JEŘÁBEK, K.: Manipulace s materiálem, SNTL/ALFA, 456 s., Praha, 1979

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 8.11.2011

L.S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty



---

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá koncepčním popisem návrhu korečkového elevátoru. Cílem je vytvořit výukovou verzi postupu pro návrh korečkového elevátoru jako podklad pro studenty bakalářského studia. Obsahuje popis jednotlivých součástí i s funkčními výpočty.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

korečkový elevátor, odstředivé vyprazdňování, dopravovaný materiál, pohon, konstrukce

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the description of the conceptual design bucket elevator. The aim is to create an educational version of the procedure for the design of bucket elevator as a base for students of bachelor study. It contains a description of any of its parts including functional calculations.

## **KEYWORDS**

bucket elevator, centrifugal-launching, transported material, drive, design



---

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DOČKAL, L. *Koncepční popis návrhu korečkového elevátoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 42 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.



---

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2012

.....  
Libor Dočkal



---

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Jaroslavovi Kašpárkovi, Ph.D., za cenné rady a připomínky při zpracovávání mé práce. Dále pak Ing. Pavlovi Pavlíčkovi ze společnosti Moza s.r.o. za poskytnutí informací při postupu k návrhu korečkového elevátoru.



# OBSAH

ÚVOD.....	10
1 ROZDĚLENÍ KOREČKOVÝCH ELEVÁTORŮ .....	12
2 JEDNOTLIVÉ ČÁSTI KOREČKOVÉHO ELEVÁTORU .....	13
2.1 TAŽNÝ ORGÁN .....	13
2.1.1 Pryžový pás .....	13
2.1.2 Řetěz .....	14
2.2 KOREČKY .....	15
2.2.1 Uspořádání korečků.....	16
2.2.2 Rozteč korečků .....	17
2.2.3 Typy korečků.....	17
2.3 NOSNÁ KONSTRUKCE.....	18
2.3.1 Otevřená .....	18
2.3.2 Uzavřená.....	18
2.4 POHON A NAPÍNÁNÍ.....	19
3 POHYB MATERIÁLU .....	21
3.1 PLNĚNÍ KOREČKŮ.....	21
3.1.1 Nasypáváním .....	21
3.1.2 Hrabáním .....	21
3.1.3 Kombinovaný způsob .....	21
3.2 VYPRAZDŇOVÁNÍ KOREČKŮ .....	22
3.2.1 Gravitační vyprazdňování.....	23
3.2.2 Odstředivé vyprazdňování.....	24
4 FUNKČNÍ VÝPOČTY .....	25
4.1 PŘEDBĚŽNÝ VÝPOČET .....	25
4.1.1 Výkon motoru.....	25
4.1.2 Obvodová síla .....	25
4.1.3 Volba tažného orgánu a korečků .....	26
4.1.4 Stanovení tahů v tažném orgánu.....	26
4.2 PŘESNÝ VÝPOČET .....	28
4.2.1 Stanovení statických odporů proti pohybu .....	28
4.2.2 Stanovení dynamických odporů proti pohybu.....	31
4.2.3 Celkový součet odporů .....	32
4.2.4 Stanovení výkonu hnacího motoru .....	32
4.2.5 Určení napínací síly i přídatné napínací síly a tahů v jednotlivých větvích .....	32
4.2.6 Odstředivá síla na hnacím bubnu.....	33
4.2.7 Pevnostní kontrola tažného prostředku .....	33
5 POSTUP PŘI NÁVRHU .....	35
6 JINÉ KONSTRUKCE ELEVÁTORŮ .....	36
6.1 KAPSOVÉ (TAŠKOVÉ) ELEVÁTORY .....	36
6.2 KONVEYORY.....	36
6.3 LAVIČKOVÉ (POLICOVÉ) ELEVÁTORY.....	37
ZÁVĚR.....	38



---

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	39
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	40



## ÚVOD

Korečkové elevátory začaly být nezbytnou součástí jak zemědělského, tak i stavebního, nebo chemického průmyslu. Už i v dřívějších dobách byla potřeba přepravovat sypký materiál svisle vzhůru, avšak nároky na produktivitu nebyly tak velké a stačilo přepravovat materiál pomocí lidské síly. Postupem času se ale začaly nároky zvyšovat a nestačilo již přepravovat pouze malé množství materiálu pomalou rychlostí. V návaznosti na tyto požadavky vznikly korečkové elevátory (viz obr. 1). Díky možnosti přepravovat větší množství materiálu vyšší rychlostí se zvýšila produktivita. Samozřejmě už nebylo potřeba využívat lidské síly pro dopravu materiálu. Spolu se vznikem automatizované výroby byl i pohon, a s ním celý proces spojený s plněním elevátorů, plně automatizován.



*Obr. 1 Korečkový elevátor [9]*

Korečkové elevátory jsou mechanické dopravníky sloužící pro přepravu sypkého materiálu, a to jemnozrnného nebo drobně kusového, se sypaným úhlem 15 až 60°. Materiál je přepravován v korečcích vertikálně. Jedná se o nádobu z plechu, popř. z plastu, pevně přichycenou k tažnému orgánu [2].

Dopravník je někdy potřeba umístit, kvůli prostorovým požadavkům a místě plnění i vyprazdňování korečků, kromě svislé polohy také do šikmé polohy se sklonem 55 až 70° [7]. Může být ale použit i sklon větší, tj. 60 až 90°. Šikmé poloze elevátoru se raději vyhýbáme, jelikož vyžaduje poměrně nákladné podpírání a vedení šikmých větví tažného orgánu s korečky [1]. Dopravní výška závisí na pevnosti tažného orgánu, tj. na pevnosti řetězu nebo



---

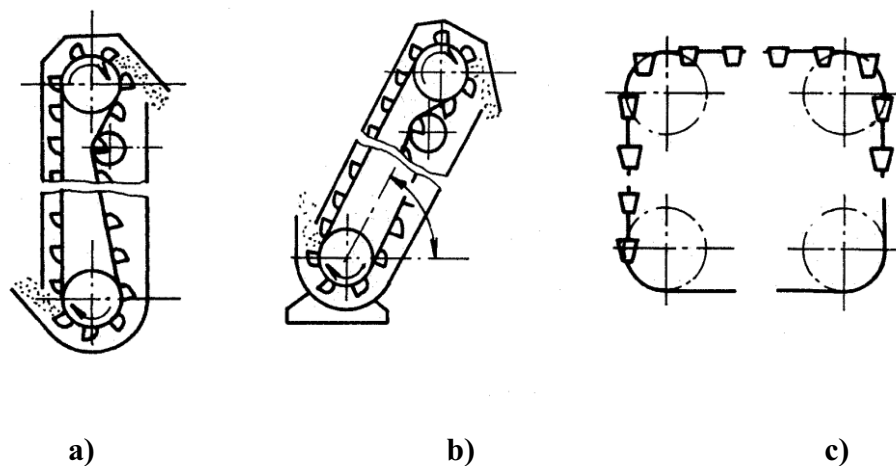
pryžového pásu. Řetězové elevátory mohou dopravovat materiál až trojnásobně výš než pásové [2]. Kromě korečků a tažného orgánu, je ještě dopravník tvořen v horní části poháněcím ústrojím s hnacím bubnem a samotným pohonem, a v dolní části umístěným napínacím ústrojím s napínacím bubnem. Celý mechanismus elevátoru se nachází v prachotěsné šachtě, odolné vůči vniknutí cizích těles dovnitř [3]. Korečkové elevátory jsou vyrobeny z materiálů odolných vůči poškození a lze je uplatnit jak pro vnitřní prostory, tak pro venkovní provoz [9].

Již v úvodu jsou zřejmé přednosti obou nejčastěji používaných tažných orgánů v elevátorech. Pro správný chod je potřeba, aby byl dopravovaný materiál nelepivý, dávkování plynulé a materiál nebyl přiváděn pod tlakem.

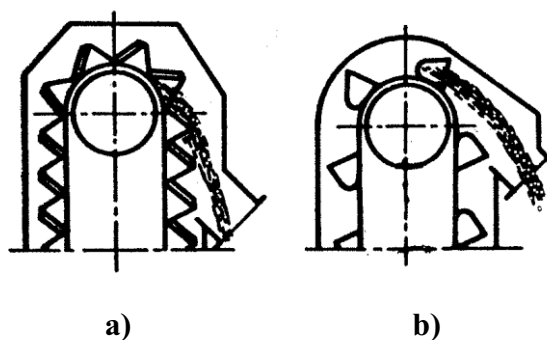
Ve své práci se zaměřím na popis jednotlivých součástí dopravníků, jejich vlastnosti a technické parametry, dále na funkční výpočty od výkonu motoru z předběžného výpočtu až po pevnostní kontrolu tažného prostředku obsaženou v přesném výpočtu. Poté se budu zabývat postupem při navrhování korečkového elevátoru a prostor věnuji i zvláštním konstrukcím elevátorů.

# 1 ROZDĚLENÍ KOREČKOVÝCH ELEVÁTORŮ

Základní rozdělení jednotlivých elevátorů je dáno podle konstrukčního provedení a dráhy korečků (svislé, šikmé, výsypné elevátory), které je zobrazeno na obr. 1.1. Dále podle způsobu vykládky (odstředivé, gravitační), jež je vidět na obr. 1.2, nebo podle nosných prostředků (řetězové, pásové) [7].



Obr. 1.1 Druhy elevátorů; a) svislý, b) šikmý, c) výsypný [7]

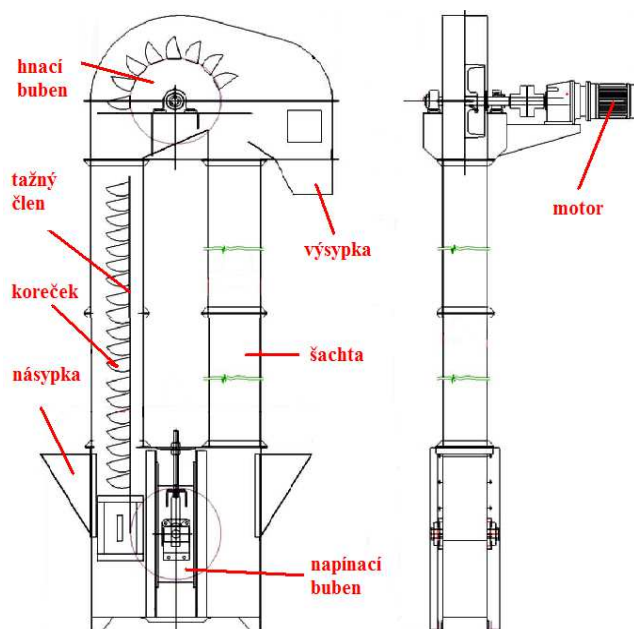


Obr. 1.2 Způsob vykládky elevátorů; a) gravitační, b) odstředivé



## 2 JEDNOTLIVÉ ČÁSTI KOREČKOVÉHO ELEVÁTORU

Jednotlivé části elevátoru jsou zobrazeny na obr. 2. a dále jsou popsány v následujících kapitolách.



Obr. 2 Schéma korečkového elevátoru [11]

### 2.1 TAŽNÝ ORGÁN

Známe více druhů tažných orgánů, nejčastěji se však používá pryžový pás a článkový řetěz. U článkového řetězu je menší dopravní rychlost než u pryžového pásu, a to až dvojnásobně. Avšak tomu tak není u dopravovaného množství řetězovými elevátory, které přepraví dvojnásobné množství materiálu oproti pásovým elevátorům [2].

#### 2.1.1 PRYŽOVÝ PÁS

Využívá se pro velké dopravní množství a velké dopravní výšky. Upevnění korečků je prováděno speciálními talířovými šrouby, navulkanizováním nebo speciálními segmenty [3].

Kromě pryžového pásu lze použít i ještě tkaného, pletivového nebo z polyvinylchloridu. PVC se uplatňuje např. v potravinářském a chemickém průmyslu. Pletivo je zase využíváno pro silné tepelné a mechanické namáhání. Pryžový pás se skládá, stejně jako u pásového dopravníku, z vložky (textilní, z umělých vláken nebo ocelových lan) a pryžového obalu (viz obr. 2.1). Může být vystavován teplotám až 130 °C. Nejlepší vlastnosti, co se týče minimálního prodloužení pásu a co nejmenšího namáhání hnacího ústrojí vlivem natahování pásu, má pás s vložkou z ocelových lan [2].



## Volba šířky pásu

Šířku pásu vypočítáváme v závislosti na šířce korečků ze vztahu:

$$B = b + (0,03 \text{ až } 0,1) \quad [\text{m}] \quad (1)$$

kde:  $B$  – šířka pásu [m]  
 $b$  – šířka korečků [m]



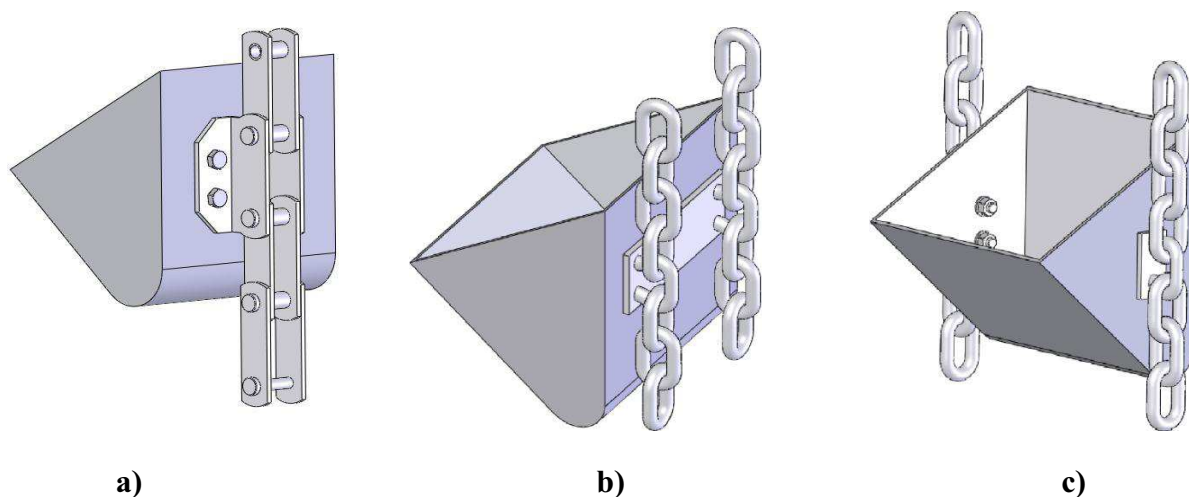
Obr. 2.1 Pryžový pás (vlastní foto)

### 2.1.2 ŘETĚZ

Řetěz může být buď svařovaný článkový dle ČSN 02 3211, nebo pouzdrový dle ČSN 26 0401 (viz obr. 2.2 a). Řetězu jako tažného orgánu se zvolí v případě, chceme-li přepravovat abrazivní materiál, materiál o vysoké teplotě nebo do značné dopravní výšky. Obecně se ale využívá pro malé dopravní výšky a pouze nízké dopravní rychlosti.

U pouzdrového řetězu je pohon uskutečněn záběrem zubů hnacích řetězek s čepy řetězů. Zavěšení je provedeno pevně k řetězu na středu korečku i při jejich značných šířkách (až do 630 mm).

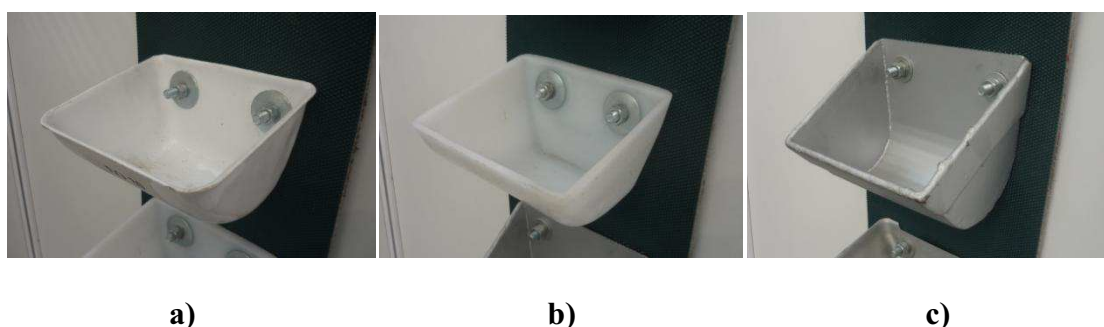
Svařovaný článkový nekalibrovaný řetěz je přichycen ke korečkům odnímatelně a to pomocí šroubů. Přichycení na korečkách může být buď čelní (viz obr. 2.2 b), nebo boční (viz obr. 2.2 c). Z důvodu stability je koreček zavěšený na dvou větvích řetězu, tak jak je vidět na obrázcích. Článkový řetěz je tepelně zpracovaný pro zvýšení odolnosti proti otěru, nebo je použito řetězu s vysokou pevností (až 850 MPa) [3] [1].



Obr. 2.2 Druhy řetězů; a) pouzdrový, b) člankový (čelní), c) člankový (boční) [4]

## 2.2 KOREČKY

Korečky se vyrábějí z ocelového plechu (viz obr. 2.3 a), nerezů nebo plastů (viz obr. 2.3 b). Ve speciálních případech bývají lité z různých slitin. Převážně se však vyrábějí z ocelového plechu o tloušťce 1 až 8 mm lisováním a svařováním. Pro vyztužení při větších šířkách korečků se používá na přední straně příčka, jelikož korečky mohou dosahovat šířky  $b$  až 1000 mm. Pro dopravu abrazivního materiálu je horní okraj přední stěny zesílen lemováním z ploché oceli (viz obr. 2.3 c). Korečky pro dopravu praných materiálů jsou děrované, pro případný odtok vody [1].



Obr. 2.3 Materiály korečků; a) koreček vyrobený lisováním ocelového plechu, b) koreček z plastu, c) koreček zesílen lemováním z ploché oceli (vlastní foto)

Tvar a materiál korečků volíme zejména podle fyzikálních vlastností dopravovaného materiálu. Korečky je výhodné opatřit ochrannou vrstvou, a to u ocelových pozinkování nebo povlakem z pryže. Objem korečků je 0,63 až 80l, může však být až 150l. Vyložení korečků  $c$  volíme podle kusovitosti dopravovaného materiálu. Proto pro zvolené vyložení v rozsahu:

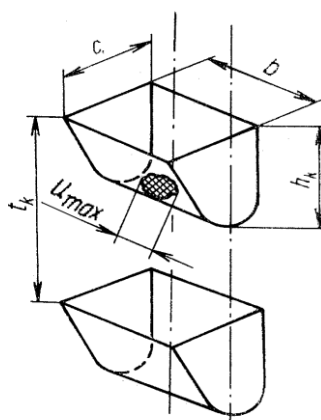
$$1. \quad c > (2,0 \text{ až } 2,5) \cdot u_{max} \quad [m]$$

je hmotnostní podíl kusů s maximálním rozměrem 10 až 25 %,

$$2. \quad c > (4,0 - 5,0) \cdot u_{max} \quad [m]$$

je hmotnostní podíl kusů s maximálním rozměrem 50 až 100 %,

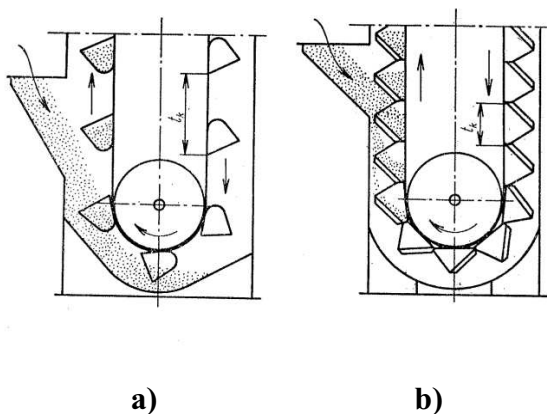
kde:  $u_{max}$  je největší velikost kusů [m] (viz obr. 2.4).



Obr. 2.4 Parametry korečků [1]

### 2.2.1 USPOŘÁDÁNÍ KOREČKŮ

Uspořádání korečků je úzce svázáno se způsobem plnění a dopravovaným materiálem. Uspořádání také závisí na rozteči korečků. Ta může být pro nepřetržité uspořádání buď malá (zobrazeno na obr. 2.5 b) nebo pro přetržité uspořádání velká (viz obr. 2.5 a) [1].



Obr. 2.5 Uspořádání korečků; a) přetržité, b) nepřetržité [1]



### 2.2.2 ROZTEČ KOREČKŮ

Rozteč korečků je zobrazena na obr. 2.4. Určujeme ji při jejich přetržitém uspořádání:

$$t_k = (2,2 \text{ až } 3,0) \cdot h_k \quad [\text{m}] \quad (2)$$

kde:  $h_k$  je výška korečků [m], volíme ji z řady: 0,16; 0,2; 0,25; 0,28; 0,32; 0,36; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 0,9 [3].

### 2.2.3 TYPY KOREČKŮ

Korečky volíme hlavně podle charakteristických vlastností dopravovaného materiálu. Dále pak podle způsobu vyprazdňování, uspořádání na tažném orgánu (přetržité, nepřetržité) a také podle zvoleného tažného orgánu. Dle normy ČSN 26 2008 [6] je rozdělení podle typů od A do F, kde se také nachází jednotlivé rozměrové parametry korečků na obr. 2.6 ( $h_1$ ,  $h_2$ ,  $a$ ) [3] [6].

#### Korečky typu A (mělký přímý)

Dopravovaný materiál:	lehký, jemný náklad (mouka, krupice, šrot)
Vyprazdňování:	odstředivé i gravitační
Uspořádání korečků:	přetržité
Tažný orgán:	pás i řetěz
Součinitel plnění:	0,4 – 0,8

#### Korečky typu B (mělký oblý)

Dopravovaný materiál:	lehký, zrnitý náklad (obilí, olejnatá semena, luštěniny)
Vyprazdňování:	odstředivé i gravitační
Uspořádání korečků:	přetržité
Tažný orgán:	pás i řetěz

#### Korečky typu C (středně hluboký)

Dopravovaný materiál:	lepkavý náklad (surový cukr, vlhké jemné uhlí)
Vyprazdňování:	gravitační
Uspořádání korečků:	přetržité
Tažný orgán:	řetěz i pás
Součinitel plnění:	0,6 – 0,8

#### Korečky typu D (hluboký přímý)

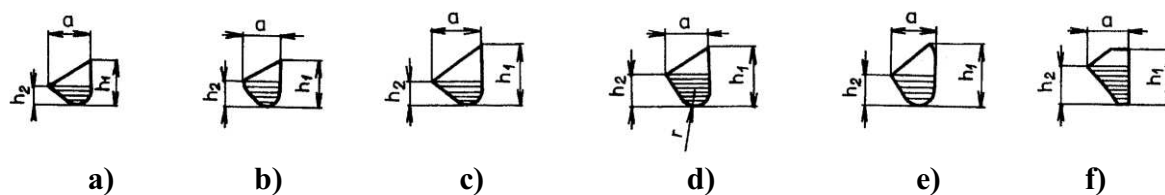
Dopravovaný materiál:	těžký práškovitý, kusovitý (písek, cement, uhlí)
-----------------------	--

#### Korečky typu E (hluboký s ohnutou zadní stěnou)

Dopravovaný materiál:	lehce tekoucí nebo odvalující se náklad (popílek, brambor)
-----------------------	--

## Korečky typu F (hluboký ostroúhlý)

Dopravovaný materiál:	černé uhlí, drtě, šterk (nelepkavý, snadno se vysypávající)
Vyprazdňování:	gravitační pomaluběžné
Uspořádání korečků:	nepřetržité
Tažný orgán:	pás
Součinitel plnění:	0,6 – 0,8



Obr. 2.6 Typy korečků; a) mělký přímý, b) mělký oblý, c) středně hluboký, d) hluboký přímý, e) hluboký s ohnutou zadní stěnou, f) hluboký ostroúhlý [6]

## 2.3 NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosnou konstrukci známe buď otevřenou, nebo uzavřenou. Z praktického hlediska volíme častěji konstrukci uzavřenou.

### 2.3.1 OTEVŘENÁ

Nosnou část tvoří zpravidla ocelová konstrukce z jednoduchých konstrukčních profilů, většinou příhradová.

### 2.3.2 UZAVŘENÁ

Nosnou konstrukcí je šachta, která slouží i jako prachotěsný obal, který chrání dopravník a přepravovaný materiál před vnějšími vlivy. Šachta je buď společná pro obě větve tažného orgánu, nebo samostatná pro každou větev. Šachta může být buď postavená, a tudíž zakotvená ve spodní části na patě, nebo pověšená a uchycená v horní části na hlavě elevátoru. Pro snadnou manipulaci před konečnou montáží jsou šachty dělené, čímž se docílí i jejich vyšší tuhosti. Celkově vyšší tuhost šachty lze zajistit i podélně konstrukčním profilem [4].



## 2.4 POHON A NAPÍNÁNÍ

Pohon je umístěn v hlavě elevátoru (viz obr. 2.7), která slouží k výsypu materiálu, jeho usměrnění a odvedení. Převodový motor se používá u menších výkonů. U větších se dnes již používá převodovka s dutým výstupním hřídelem, který je navlečen na hřídel hnacího bubnu nebo řetězového kola a tvoří současně pevný závěs převodovky. Druhý závěs je pružný a zachytává momenty od převodovky.



*Obr. 2.7 Hlava elevátoru s pohonem [8]*

Plynulý rozběh umožňuje hydrodynamická spojka. Pro tlumení rázů se ve vybraných případech při rozběhu využívá pružná spojka. Při revizích nebo opravách je na prvním předlohovém hřídeli umístěn malý pomocný motor pro pomalý chod, který zvládá pouze překonávat odpory prázdného dopravníku. Na stejném hřídeli se nachází i volnoběžka (válečková zdrž) zabráňující zpětnému chodu vlivem tíhy materiálu v zatížené větvi při vypnutí pohonu, např. při výpadku proudu. U volnoběžky musí být zajištěno přednostní mazání i před mazáním cirkulačním, a to olejem nízké viskozity. Volnoběžka musí být dobře vystředěna, a proto je umístěna až na volný konec hřídele, kde je malý průhyb od zatížení [4]. Místo volnoběžky se dříve využívaly mechanické brzdy, a to většinou pásové, ale z důvodu časté údržby bylo jejich využívání nepraktické. Dnes už se s nimi setkáváme jenom zřídka. V případě zvláštních požadavků je možno elevátor vybavit převodovkou s blokadí směru otáčení vzad nebo dvourychlostním elektromotorem [11].

Řetězové elevátory s velkými výkony, které mají řetězová kola hladká (bez ozubení), mají řešení přenosu hnací síly třením., což je umocněno značnou tíhou větví tažného řetězu s



korečky, stejně jako u pásových elevátorů. Výhodou je rovnoměrné opotřebení věnce hnacího kola [1].

Napnutí tažného orgánu se pro snazší přístup většinou nachází ve spodní části elevátoru (viz obr. 2.8), kde je vratný buben nebo řetězové kolo, uložené ve valivých ložiskách. Ložisková pouzdra mají svislé vedení umožňující napnutí. Napnutí může být realizováno pomocí přídavného závaží nebo pomocí šroubů. Přídavné závaží se zatím v praxi moc neuplatňuje, neboť vlivem chodu elevátoru dochází ke kmitům závaží a tím i k vibracím celého elevátoru. Negativní vliv měly i nadměrné rozměry tohoto mechanismu [4]. Kvůli tepelné dilataci je někdy potřeba vložit do napínacího mechanismu přídavné pružiny pro automatické předpětí. Síla předpětí u řetězových elevátorů s nuceným záběrem je 500 až 2000 N. Napnutí tažného orgánu se ovšem nemusí realizovat pomocí žádného šroubového systému, může tak být uskutečněno samočinně. U tohoto druhu napnutí se využívá vlastní tíha vratné stanice zavěšené na tažném orgánu [1].



*Obr. 2.8 Spodní část elevátoru s napínáním (vlastní foto)*

## 3 POHYB MATERIÁLU

### 3.1 PLNĚNÍ KOREČKŮ

Plnění korečků je velmi důležité pro správnou funkci celého elevátoru. Materiál by měl být přiváděn rovnoměrně, plynule a malou rychlostí, aby nedocházelo k přeplňování korečků. Materiál by neměl být přiváděn ani pod tlakem, proto je nutné zabezpečit dokonalý skluz materiálu, což je možné provést kypřením, vibracemi nebo pomocí šnekového dopravníku. Způsob plnění může být násypný, hrabací nebo smíšený (kombinovaný) [2].

#### 3.1.1 NASYPÁVÁNÍM

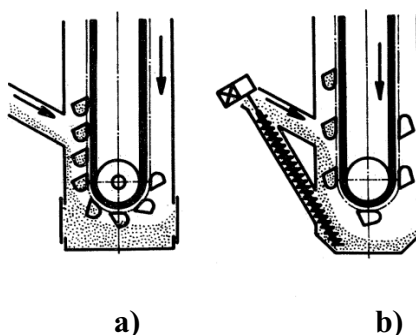
Přestože tento způsob vyžaduje větší rozteče korečků, protože materiál je nasypáván do korečků přímo, kvůli čemu vyžaduje delší dobu naplňování, dáváme mu přednost. Nasypávání se využívá pro hrubě kusovité nebo silně abrazivní materiály (ruda, uhlí), u kterých by při jiném způsobu plnění docházelo k silnému opotřebení korečků (např. při hrabání). Pro rovnoměrnou dávku můžeme předřadit podavač nebo dávkovací zařízení. Je ale vhodné ještě doplnit elevátor dalším dopravníkem materiálu, který propadá do spodní části elevátoru (viz obr. 3 b). Při tomto způsobu plnění se využívá výhradně řetěz jako tažný orgán.

#### 3.1.2 HRABÁNÍM

Tento způsob je vhodný pro jemně kusovité, lehké až práškovité materiály. Princip spočívá v propadání materiálu do spodní části šachty, kde je nabírán korečkem (zobrazeno na obr. 3 a). To ale vede k většímu opotřebení korečků než u nasypávání, jelikož při hrabání materiálu je nejvíce namáhán hlavně horní okraj přední stěny korečku. Při tomto způsobu plnění je i větší spotřeba energie. Naopak výhodou je variabilitnost volby tažného orgánu mezi řetězem a pásem.

#### 3.1.3 KOMBINOVANÝ ZPŮSOB

Jedná se o kombinaci obou předchozích způsobů, a to při větším množství dopravovaného materiálu. Dopravník nestihá naplňovat korečky násypným způsobem, nebo materiál kolem korečků pouze propadá, čímž se dostává do spodní části šachty, kde je nabírán hrabáním. Tento způsob plnění, ale nastává pouze při nedokonalém násypném způsobu [1] [3].



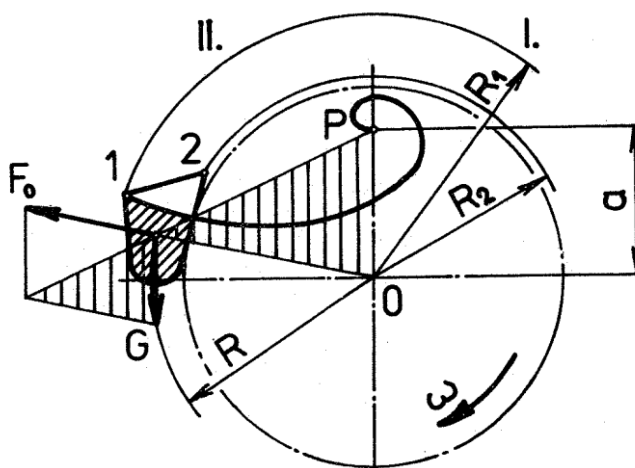
Obr. 3 Způsoby plnění; a) hrabáním, b) nasypáváním [3]



### 3.2 VYPRAZDŇOVÁNÍ KOREČKŮ

Způsob vyprazdňování závisí především na rychlosti korečků. Můžeme říci, že dělicím mezníkem je síla, která zapříčiňuje pohyb materiálu po opuštění korečku. To znamená, že materiál bude přepadat buď přes vnitřní, nebo vnější hranu korečku, díky tzv. pólu vyprazdňování  $P$  (viz obr. 3.1), jež je průsečíkem nositelky výslednice vnějších sil působících na korečku (tíhová, odstředivá) s vertikální osou. Jestliže pól leží uvnitř kružnice  $R_2$  jedná se o vyprazdňování odstředivé a materiál je z korečku vysypáván vlivem odstředivé síly. Naopak jestliže vzdálenost  $a$  od středu  $O$  je větší než poloměr  $R_1$ , pak se jedná o vyprazdňování gravitační. Materiál potom přepadá přes vnitřní hranu korečku [3]. Může však nastat i smíšený způsob vyprazdňování, což znamená, že se jedná o kombinaci obou zmíněných způsobů [10].

Při navrhování elevátoru je potřeba dávat pozor, aby výpadová část hlavy elevátoru nezasahovala do dráhy pohybu materiálu při vyprazdňování. To je většinou zapříčiněno špatným způsobem vyprazdňování. Tomu můžeme předejít tvarem hlavy elevátoru a tvarem a roztečí korečků [4].



Obr. 3.1 Zobrazení polohy pólu vyprazdňování [3]

**Odstředivá síla  $F_0$  působící na obsah korečku:**

$$F_0 = m \cdot R \cdot \omega^2 [\text{N}] \quad (3)$$

kde:  $m$  – hmotnost materiálu v korečku [kg]

$R$  – poloměr dráhy těžiště obsahu korečku [m]

$\omega$  – úhlová rychlost korečku [ $s^{-1}$ ]

**Tíhová síla  $G$  (tíhový účinek obsahu korečku):**

$$G = m \cdot g \quad [\text{N}] \quad (4)$$

kde:  $g$  – tíhové zrychlení [ $m \cdot s^{-2}$ ]

**Pólová vzdálenost  $a$ :**

$$a = \frac{g}{\omega^2} \quad [\text{m}] \quad (5)$$

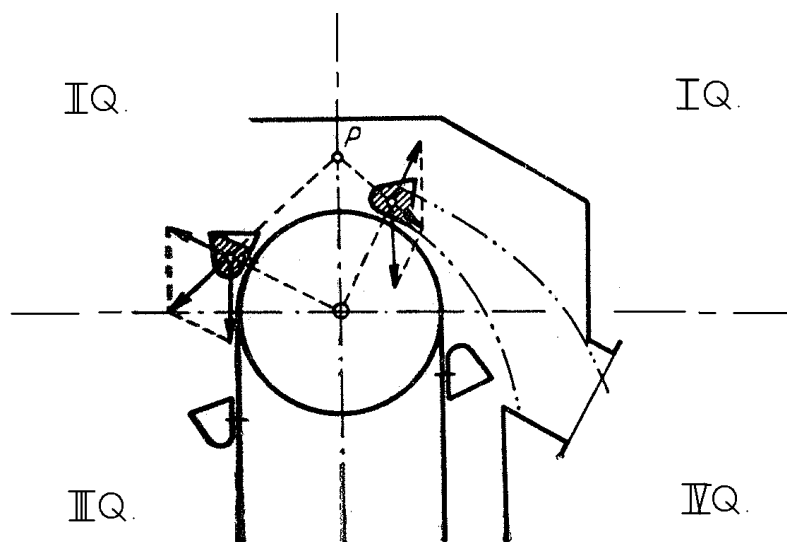
### 3.2.1 GRAVITAČNÍ VYPRAZDŇOVÁNÍ

U gravitačního vyprazdňování (viz obr. 3.2) převládají gravitační síly. Materiál by měl tedy volně přepadat pomocí své vlastní tíhy přes vnitřní hranu korečku [12]. Dopravní rychlosti se u tohoto způsobu vyprazdňování pohybuje kolem  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Gravitační vyprazdňování je šetrnější k materiálu, proto se využívá pro křehčí materiály. Jako tažný element se většinou využívá pás. Vhodná volba tvaru korečku je s menším vyložением  $c$ , aby se snáze dosáhlo větší vzdálenosti pólu  $P$  od středu  $O$ . Vhodné je také upevnit korečky co nejvýše z hlediska výsypu, pro zmenšení rozdílu mezi rozměry  $R_1$  a  $R_2$ . To ale není dobré pro uchycení korečků, kde to vyvolává velký ohybový moment. Tím samozřejmě dochází k většímu namáhání spoje [4].

Při gravitačním vyprazdňování je potřeba zkontrolovat rozteče korečků, aby materiál po opouštění korečku v I. kvadrantu nedostihl koreček předchozí a nedocházelo tak k tříštění materiálového toku [3].

Volné gravitační vyprazdňování při použití šikmého elevátoru je voleno, jestliže místa podávání a odebírání materiálu se nenachází na stejné straně elevátoru. Systém volného vyprazdňování může být ještě středem elevátoru. To ale vyžaduje použití korečků s nízkou zadní stěnou, zavěšených na dvou postranních řetězech. Které jsou vedeny dvojicí řetězových kol nebo koly velkého průměru. Je volena malá rychlost tažného orgánu, aby materiál stihl opustit korečky.

Řízené gravitační vyprazdňování je použito, pokud jsou požadavky na dopravování velkého množství těžkého materiálu. Je tedy potřeba volit malé rozteče korečků. Ty mívají bočnice zabraňující pádu materiálu do šachty elevátoru. Obecně oproti odstředivému vyprazdňování materiál neopouští elevátor kontinuálně, ale po sekvencích, což znamená, že pulsuje a to záleží na rozteči korečků [1].

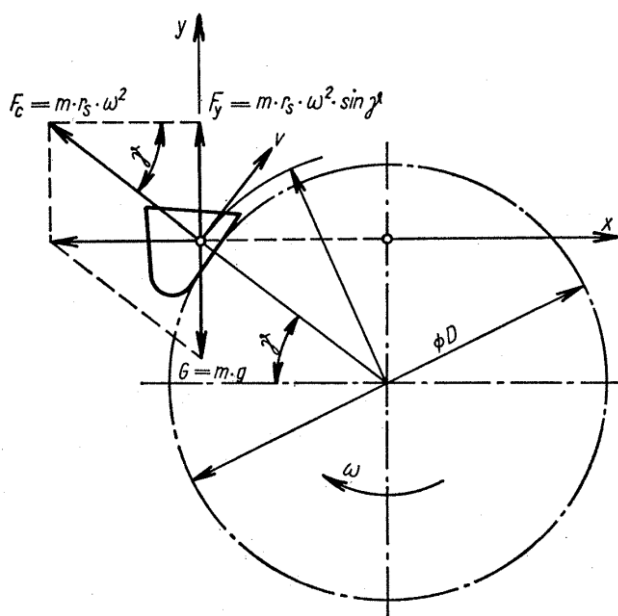


Obr. 3.2 Gravitační vyprazdňování [1]

### 3.2.2 Odstředivé vyprazdňování

Dochází k němu zpravidla při rychlostech tažného orgánu  $v > 1,0 - 1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , což znamená, že rychlosti jsou vyšší než u gravitačního vyprazdňování. Vlivem odstředivé síly materiál přepadá přes vnější hranu korečku a dále se pak pohybuje po balistické křivce. Může však, ale dojit k tomu, že materiál začne narážet o stěny hlavy elevátoru nebo propadat šachtou zpět do její dolní části. To většinou zapříčiňuje výrazná změna vlastností materiálů, a tím dojde ke změně úhlu, při kterém materiál opouští koreček a samozřejmě i následně ke změně balistické křivky. Toto vyprazdňování je vhodné pro materiály, které si zachovávají sypaný úhel i při změně zrnitosti a vlhkosti. Začátek vyprazdňování určuje poloha korečku, kdy jsou vertikální složky odstředivé síly  $F_y$  a tíhové síly  $G$  v rovnováze (viz obr. 3.3). Poloha korečků, při níž začíná vyprazdňování, je určena úhlem  $\gamma$  [4], kde pro něj platí vztah:

$$\delta = \arcsin \frac{g}{R \cdot \omega^2} \quad [\text{N}] \quad (6)$$



Obr. 3.3 Odstředivé vyprazdňování [1]



## 4 FUNKČNÍ VÝPOČTY

Výpočty jsou prováděny nejdříve předběžné. Na jejich základě ne navržen tažný orgán, rozměry řetězových kladek (bubnů) a velikost napínací síly. Z těchto zjištěných údajů je pak prováděn přesný a kontrolní výpočet, podle kterého se ověří správnost původního návrhu [3].

### 4.1 PŘEDBĚŽNÝ VÝPOČET

Jsou v něm zohledněny souhrnně všechny odpory působící proti pohybu elevátoru, které se vyskytují při jeho provozu, a to za nejneprůzračnějších podmínek. Odpory se zahrnou do jednoho součinitele celkového odporu  $\mu_1$ , který se nachází ve vztahu (7). Tento součinitel odporu je uveden v publikaci Gajdůšek [3, s. 188]. V tabulce je zobrazena závislost jeho velikosti na dopravním výkonu, dopravovaném materiálu a výšce elevátoru. Hodnoty platí pro smíšený způsob plnění korečků, proto při jiném způsobu plnění je potřeba změnit tento součinitel a to např. u způsobu hrabacího navýšit o 10%. Naopak při nasypávání tuto hodnotu snížit. Z předběžného výpočtu stanovíme přibližně výkon elektromotoru, tahy ve větvích a napínací sílu.

#### 4.1.1 VÝKON MOTORU

Jedná se o předběžné určení výkonu motoru pro pohon elevátoru. Předběžný výpočet výkonu by měl být vyšší než přesný výpočet výkonu, ale nemělo by dojít k velké odchylce. Což znamená, že po předběžném výpočtu výkonu motoru vybereme elektromotor s nejbližší vyšším jmenovitým výkonem podle příslušné řady dle ČSN 35 0025 [5]. V dalších výpočtech pak počítáme s tímto zvolením výkonem motoru  $P_z$  [3].

$$P = \mu_1 \cdot Q_m \cdot H \cdot g \quad [\text{W}] \quad (7)$$

kde:  $\mu_1$  – celkový součinitel odporu [-] dle [3]  
 $Q_m$  – dopravní výkon (dpravované množství) [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ]  
 $H$  – maximální dopravní výška [m]

Pro maximální dopravní výšku pak platí vztah (8), kde  $H_0$  [m] je výška mezi středy horních a dolních kladek.  $D_1$  a  $D_2$  [m] jsou průměry kladek (bubnů).

$$H = H_0 + \frac{D_1 + D_2}{2} \quad [\text{m}] \quad (8)$$

#### 4.1.2 OBVODOVÁ SÍLA

Jedná se o sílu vyvolanou na hnacím bubnu nebo řetězových kolech.

$$F = \frac{P_z \cdot \eta}{v} \quad [\text{N}] \quad (9)$$

kde:  $\eta$  – účinnost převodů od motoru k poháněcímu hřídeli [%]  
 $v$  – volená rychlost korečků [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]  
 $P_z$  – výkon dle zvoleného motoru  $P_z > P$  [W] (viz kap. 4.1.1)



Rychlost korečkového pásu volíme z doporučených hodnot dle normy ČSN 26 2008 [6], a to z řady: 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0 ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

#### 4.1.3 VOLBA TAŽNÉHO ORGÁNU A KOREČKŮ

Volba je prováděna podle vlastností dopravovaného materiálu, způsobu vyprazdňování, druhu tažného orgánu a součinitele plnění (viz kapitola 2.2.3). Můžeme vycházet i z normy ČSN 26 2008 [6] (Tabulka 2 – Doporučené základní rozměry a tvary korečků).

K určení obsahu korečků nám slouží rovnice pro hodinový dopravní výkon:

$$Q_m = \frac{V_k \cdot v \cdot \varphi \cdot \gamma}{t_k} \quad [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (10)$$

z níž si určíme potřebný objem korečku:

$$V_k = \frac{Q_m \cdot t_k}{v \cdot \gamma \cdot \varphi} \quad [\text{m}^3] \quad (11)$$

kde:  $\gamma$  – sypná hmotnost dopravovaného materiálu [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]  
 $\varphi$  – součinitel plnění [-]

Součinitel plnění je volen podle kapitoly 2.2.3. Typy korečků nebo dle normy ČSN 26 2008 [6].

K určení teoretického objemu poslouží kapalina, kterou je plněn koreček po vrchol předního okraje s podmínkou, že zadní stěna se nachází ve svislé poloze.

#### 4.1.4 STANOVENÍ TAHŮ V TAŽNÉM ORGÁNU

Jedná se o síly na nabíhající a sbíhající větví hnací řetězky (bubnu). Potom pro elevátory řetězové s řetězovými koly platí vztah [3]:

$$T_1 = F + H \cdot (q_2 + q_3) + \frac{m_b}{2} \cdot g \quad [\text{N}] \quad (12)$$

kde:  $m_b$  – hmotnost napínacího bubnu nebo řetězového kola s příslušenstvím [ $\text{kg}$ ]  
 $q_2$  – délkové zatížení tažného prostředku od vlastní tíhy [ $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ ]  
 $q_3$  – délkové zatížení tažného prostředku od hmotnosti korečku [ $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ ]



Ze zvoleného korečku je vypočítáno zatím neznámé délkové zatížení  $q_3$ , a to pomocí vztahu:

$$q_3 = \frac{m_k \cdot g}{t_k} \quad [\text{N} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (13)$$

kde:  $m_k$  – hmotnost prázdného korečku [kg]

Pro elevátory pásové nebo řetězové s hladkými řetězovými koly platí vztah [3]:

$$T_1 = \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1} \cdot F \quad [\text{N}] \quad (14)$$

kde:  $f$  – součinitel tření mezi tažným prostředkem a bubnem nebo hladkým řetězovým kotoučem [-], zobrazeno v Tab. 4.1  
 $\alpha$  – úhel opásání [rad]

Tab. 4.1 Součinitel tření [3]

Hnací element		Provozní podmínky	Součinitel smykového tření $f$
Hladký řetězový kotouč			0,15
Buben	hladce soustružený	za vlhka	0,20
		za sucha	0,30
	obložený dřevem		0,35
	potažený tkaninou	za sucha	0,40

Pro tah ve sbíhající větvi pak platí vztah:

$$T_2 = T_1 - F \quad [\text{N}] \quad (15)$$



## 4.2 PŘESNÝ VÝPOČET

### 4.2.1 STANOVENÍ STATICKÝCH ODPORŮ PROTI POHYBU

Jedná se o součet odporů způsobených chodem elevátoru, který musí motor překonat. Jejich součet je pak nazýván obvodovou silou. Odpory jsou též známy pod pojmem složky obvodové síly, potom ale mluvíme o sumě složek obvodových sil. Mezi hlavní odpory patří:

- odpor způsobený plněním korečků (neboli složka obvodové síly potřebná k nabírání materiálu)
- odpor proti zvedání materiálu (neboli složka obvodové síly potřebná ke zvedání materiálu)
- pohybový odpor

Dále se vyskytují odpory, které ve většině případů zanedbáváme, anebo se jedná pouze o rozšíření odporů hlavních [1] [3].

#### Odpor způsobený plněním korečků

Záleží na způsobu plnění korečků. Násypné plnění má menší odpor, proto je méně energeticky náročné a nedochází k tak velkému opotřebením korečků jako u hrabacího způsobu. Z tohoto důvodu je volen přednostně. Přiváděcí rychlost by měla být malá. Odpor při nabírání materiálu vyjadřuje vztah:

$$F_S = V_k \cdot \varphi \cdot \rho_v \cdot (v + v_1) \cdot \frac{v}{t_k} \quad [\text{N}] \quad (16)$$

kde:  $\rho_v$  – objemová hmotnost [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (16a)$$

$h_1$  – padací výška materiálu [m]

$v_1$  – dopadová rychlost materiálu [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

#### Odpor proti zvedání materiálu

Jedná se o největší složku ze všech odporů, působících proti pohybu elevátoru. Je dána vztahem:

$$F_z = q_1 \cdot g \cdot H = \frac{Q_m \cdot \rho_v}{3600 \cdot v} \cdot g \cdot H_m \quad [\text{N}] \quad (17)$$

kde:  $q_1$  – délkové zatížení tažného prostředku od hmotnosti dopravovaného materiálu [ $\text{Nm}^{-1}$ ]

$H_m$  – svislý průmět délky tažného prostředku zatíženého materiálu (vzdálenost od násypky po horní řetězový kotouč) [m]

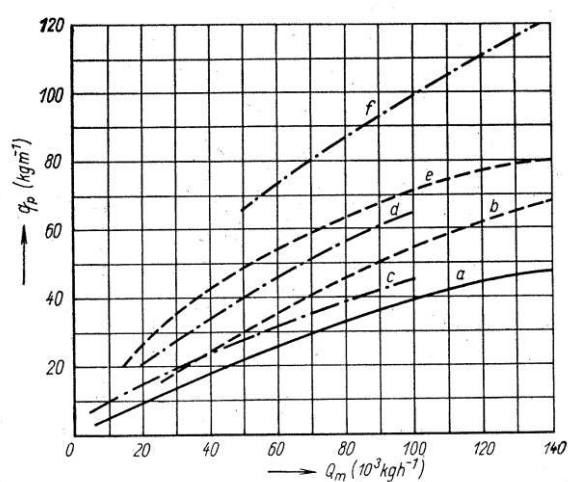


## Pohybový odpor

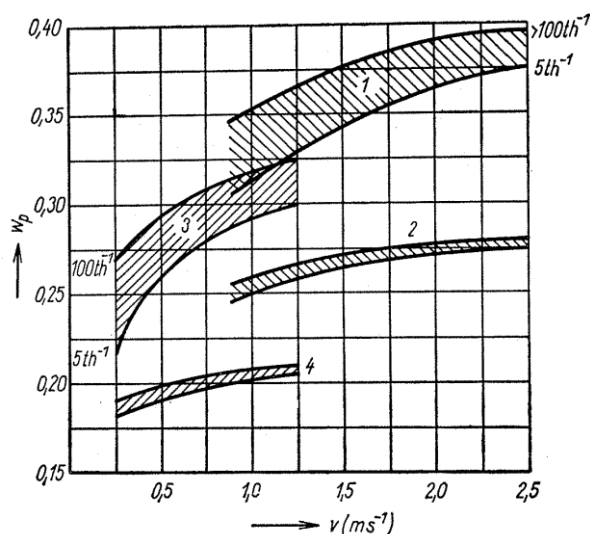
Pohybový odpor se vypočítává pouze pro šikmé korečkové elevátory, tudíž jej nepoužíváme pro výpočet svislých elevátorů.

$$F_w = w_p \cdot \left( \frac{Q_m \cdot \rho_v}{3600 \cdot v} \cdot g \cdot H + 2 \cdot q_p \cdot g \cdot H \right) \quad [\text{N}] \quad (18)$$

kde:  $q_p$  – délková hustota, tj. hmotnost délkové jednotky tažného orgánu s korečky [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ]  
jeho závislost na dopravovaném množství je zobrazena na Obr. 4  
 $w_p$  – součinitel pohybového odporu [-], určuje se pro různé elevátory (viz Obr. 4.1)



Obr. 4 Graf závislosti dopravovaného množství na délkové hustotě; a - pásové elevátory (korečky tvaru A a B), b - pásové elevátory (korečky tvaru C a D), c - řetězové elevátory (korečky tvaru A a B s jedním tažným řetězem), d - řetězové elevátory (korečky tvaru C a D), e - řetězové elevátory (korečky tvaru A a B se dvěma tažnými řetězy), f - řetězové elevátory (korečky tvaru C a D) [1]



Obr. 4.1 Graf závislosti rychlosti korečků na součiniteli valivých odporů; 1 – pásové elevátory (korečky typu A a B), 2 – pásové elevátory (korečky typu C a D), 3 – řetězové elevátory (korečky typu A a B), 4 – řetězové elevátory (korečky typu C a D) [1]

### Odpor způsobený ohýbáním tažného prostředku

Vztahy se rozlišují pro druh tažného orgánu.

a) na napínacích řetězových kotoučích nebo kolech (pro řetěz):

$$F_{rn} = \mu_2 \cdot \frac{d_1}{D_2} \cdot F_n \quad [\text{N}] \quad (19)$$

kde:  $\mu_2$  – součinitel tření [-],  
 v kloubech pouzdrových řetězů (0,1-0,3) u svařovaných řetězů 0,4  
 $d_1$  – průměr čepu u pouzdrových řetězů nebo tloušťka článku řetězu [m]  
 $D_2$  – průměr napínacího řetězového kola nebo kotouče [m]  
 $F_n$  – napínací síla [N]

b) na napínacím bubnu pásových elevátorů (pro pás):

$$F_{bn} = c_2 \cdot \left( \frac{F_n}{2} + F_{dov} \right) \quad [\text{N}] \quad (20)$$

Kde určení napínací síly:

$$F_n = 2 \cdot (k \cdot T_2 - H \cdot (q_2 + q_3)) \quad [\text{N}] \quad (21)$$

kde:  $k$  – součinitel bezpečnosti, proti prokluzování (volíme  $k=1,1$ ) [-]  
 $F_{dov}$  – dovolené zatížení pásu uvádí výrobce [N]  
 $c_2$  – součinitel odporu ohýbání pásu [-]



## Odpor v ložiskách

Vyjadruje se stejně jako čepové tření v ložiskách.

$$F_{cn} = \mu_3 \cdot \frac{d_2}{D_2} \cdot F_n \quad [N] \quad (22)$$

kde:  $\mu_3$  – součinitel odporu tření ložisek ( $\mu_3 = 0,15$  kluzné uložení,  $\mu_3 = 0,5$  valivé uložení) [-]  
 $F_n$  – přídatná napínací síla (viz kap. 4.2.4) [N]  
 $d_2$  – průměr čepu pod ložiskem [m]

## Odpor proti zvedání tažného prostředku

Vzcházíme ze vztahu (23).

$$F_{zr} = p \cdot q_2 \cdot H \quad [N] \quad (23)$$

kde:  $p$  – počet tažných prostředků (řetězů) jedné větve ( $p=1$  nebo 2) [-]

## Odpor způsobený zvedáním korečku

Obvodovou sílu zvedáním korečku vypočítáme pomocí vztahu:

$$F_{zk} = q_3 \cdot H \quad [N] \quad (24)$$

### 4.2.2 STANOVENÍ DYNAMICKÝCH ODPORŮ PROTI POHYBU

Odpor při rozběhu elevátoru a odpor způsobený nabírání materiálu jsou důležitými dvěma dynamickými odpory působícími proti pohybu korečkového elevátoru.

## Odpor při rozběhu elevátoru

Hlavním dynamickým odporem, je odpor působící při rozběhu elevátoru. Jedná se o setrvačnou sílu potřebnou pro rozběh elevátoru při naplněných korečkách. Tento stav nastane např. při výpadku proudu. Pro výpočet setrvačné síly při rozběhu platí vztah:

$$F_{SROZ} = m_n \cdot (g + a_{ROZ}) \quad [N] \quad (25)$$

z něhož je určena hmotnost naplněných korečků v tažné větvi:

$$m_n = V_k \cdot \rho_v \cdot n_k \quad [kg] \quad (26)$$

kde:  $n_k$  – počet korečků v tažné větvi [-]

dále vypočítáno zrychlení při rozběhu:

$$a_{ROZ} = \left( \frac{v - 0}{t} \right) \quad [m \cdot s^{-2}] \quad (27)$$

kde:  $t$  – doba rozběhu [s]



## Odpor způsobený nabíráním materiálu

Mezi dynamické odpory patří kromě odporu při rozběhu elevátoru ještě i odpor způsobený nabíráním materiálu. Tento dynamický odpor je počítán pouze pro případ hrabacího způsobu plnění korečků a je vycházeno ze vztahu:

$$F_{\text{NAB}} = F_{\text{ZAPLŇ}} + F_{\text{HRNUTÍ}} \quad [\text{N}] \quad (28)$$

kde:  $F_{\text{ZAPLŇ}}$  – odpor působící při zaplňování korečku [N]

$F_{\text{HRNUTÍ}}$  – odpor způsobený hrnutím materiálu [N]

### 4.2.3 CELKOVÝ SOUČET ODPORŮ

Pro statické odpory se jedná o obvodovou sílu, která je dána součtem odporů vypočítaných pomocí vztahů (16) až (24).

$$F_{\text{stat}} = \sum_{i=1}^7 F_i \quad [\text{N}] \quad (29)$$

Dynamické odpory se určují součtem odporu při rozběhu elevátoru a odporu způsobeného nabíráním materiálu, a platí pro něj vztah:

$$F_{\text{dyn}} = \sum_{i=1}^2 F_i \quad [\text{N}] \quad (30)$$

Celkový odpor způsobený chodem korečkového elevátoru je dán součtem statických a dynamických odporů, a platí pro něj vztah:

$$F_{\text{celk}} = F_{\text{stat}} + F_{\text{dyn}} \quad [\text{N}] \quad (31)$$

### 4.2.4 STANOVENÍ VÝKONU HNACÍHO MOTORU

$$P = \frac{F_{\text{celk}} \cdot v}{\eta} \quad [\text{W}] \quad (32)$$

### 4.2.5 URČENÍ NAPÍNACÍ SÍLY I PŘÍDAVNÉ NAPÍNACÍ SÍLY A TAHŮ V JEDNOTLIVÝCH VĚTVÍCH

a) napínací síla  $F_n$ :

$$F_n = 2 \cdot \left( \frac{k}{e^{f\alpha} - 1} \cdot F_z + \frac{F_{\text{cn}}}{2} - F_{\text{zr}} - F_{\text{zk}} \right) \quad [\text{N}] \quad (33)$$



Pokud ale je  $F_n > m_b \cdot g$   
tak je potřeba zvýšit napínací sílu vyvolanou pouze tíhovými účinky napínacího bubnu s příslušenstvím ( $m_b \cdot g$ ) o přídavnou napínací sílu.

b) přídavná napínací síla  $'F_n$ :

$$'F_n = F_n - m_b \cdot g \quad [\text{N}] \quad (34)$$

Pro řetězové elevátory s řetězovými koly se bere:

$$F_n = m_b \cdot g \quad \text{a} \quad 'F_n = 0$$

c) tah v nabíhající větvi  $T_1$ :

Pro řetězové elevátory je určen vztah:

$$T_1 = F_s + F_z + F_{rn} + \frac{F_{cn}}{2} + F_{zr} + F_{zk} + \frac{F_n}{2} \quad [\text{N}] \quad (35)$$

Pro pásové elevátory určen vztah:

$$T_1 = F_s + F_z + F_{bn} + \frac{F_{cn}}{2} + F_{zr} + F_{zk} + \frac{F_n}{2} \quad [\text{N}] \quad (36)$$

d) tah ve sbíhající větvi  $T_2$ :

$$T_2 = F_{zr} + F_{zk} - \frac{F_{cn}}{2} + \frac{F_n}{2} \quad [\text{N}] \quad (37)$$

#### 4.2.6 ODSTŘEDIVÁ SÍLA NA HNACÍM BUBNU

$$F_c = (q_1 + q_2 + q_3) \cdot \frac{v^2}{g} \quad [\text{N}] \quad (38)$$

#### 4.2.7 PEVNOSTNÍ KONTROLA TAŽNÉHO PROSTŘEDKU

a) pro tažný orgán jako řetěz počítáme výsledné napětí pomocí vztahu:

$$\sigma = \sigma_t + \sigma_c = \frac{T_1}{S} + \frac{F_c}{S} \leq \sigma_d \quad [\text{MPa}] \quad (39)$$

kde:  $\sigma_t$  – tahové napětí [MPa]

$\sigma_c$  – tahové napětí od odstředivé síly [MPa]

$\sigma_d$  – dovolené napětí tažného prostředku [MPa]

$S$  – plocha průřezu tažného prostředku v nejslabším místě [mm<sup>2</sup>]



---

b) pro pásový tažný orgán, přibude ještě složka vznikající při ohýbání pásu přes buben. Výsledný vztah pak bude vypadat následovně:

$$\sigma = \sigma_t + \sigma_c + \sigma_o = \frac{T_1}{S} + \frac{F_c}{S} + E \cdot \frac{h}{D} \leq \sigma_d \quad [\text{MPa}] \quad (40)$$

kde:  $E$  – modul pružnosti pásu v tahu [MPa]  
 $h$  – funkční tloušťka pásu [mm]



## 5 POSTUP PŘI NÁVRHU

U postupu při návrhu korečkového elevátoru vycházíme nejdříve z požadavků na dopravovaný materiál, tzn. jaký materiál je přepravován (např. písek), sypnou hmotnost, zrnitost, teplotu materiálu a jeho vlhkost. Dále musíme samozřejmě brát v úvahu požadavky zákazníka, pro kterého je elevátor navrhován. Prostředí provozu elevátor, tzn., zda bude potřeba použít jiný materiál pro elevátor než ocel třídy 11 a korečky lisované z oceli. Pro zvláštní případy je možné si zvolit elevátor z nerezové oceli třídy 17 s korečky z nerezové oceli, nebo plastické hmoty. Nerez se nejčastěji využívá v potravinářském průmyslu. Dále mohou být požadavky zákazníka na vpád, výpad, typ a ukotvení nosné konstrukce. Jelikož se elevátory standardně nedodávají jako samonosné, je potřeba je v místě provozu ukotvit. Buď k nějaké ocelové konstrukci, nebo ke konstrukci budovy.

Ze získaných údajů se určí technické parametry elevátoru. Nejdříve však je prováděn prvotní návrh parametrů, se kterým je spojen předběžný výpočet elevátoru (viz kap. 4.1), který vychází z volby parametrů dle normy ČSN 26 2008 [6].

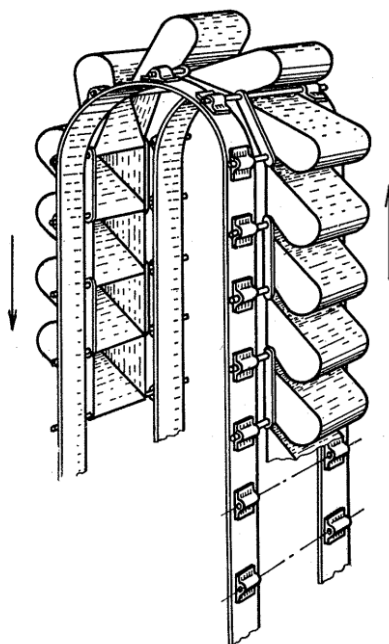
Zde je vypočítán předběžný výkon motoru (vybere se motor s nejbližším vyšším jmenovitým výkonem), určí se řetězové kladky (bubny), rychlost pásu (voleno podle jmenovitých rychlostí korečkového pásu), zkontroluje se způsob vyprazdňování (aby nedošlo ke střetu materiálu s výpadovou částí hlavy elevátoru). Na konci prvotního návrhu parametrů provedeme volbu korečků, a to také dle zmíněné normy. Zde se určí rozteč korečků (počet korečků na 1m), jejich vyložení a šířku. S volbou korečků je spojena také volba tažného orgánu (vhodné zvolení řetězu nebo pásu).

Poté následuje přesný výpočet, podle kterého se stanoví jednotlivé odpory (sumu odporů způsobených chodem elevátoru). Tato suma odporů slouží pro výpočet přesného výkonu motoru. Z něj si určíme vhodný motor a převodovku. Nakonec je provedena kontrola motoru na rozběh. Jestliže je motor schopen rozjezdu v zatíženém stavu (tzn. s plnými korečky), zvolíme motor o 25% vyššího výkonu. Volbu vyššího výkonu motoru provádíme z důvodu překonání statických a dynamických odporů. Dynamické odpory jsou menší, a jedná se většinou o setrvačné síly, nebo o síly při nabírání materiálu (viz kap. 4.2.2). Přesný výpočet obsahuje však ještě další výpočty (viz kap. 4.2) [4] [11].

## 6 JINÉ KONSTRUKCE ELEVÁTORŮ

### 6.1 KAPSOVÉ (TAŠKOVÉ) ELEVÁTORY

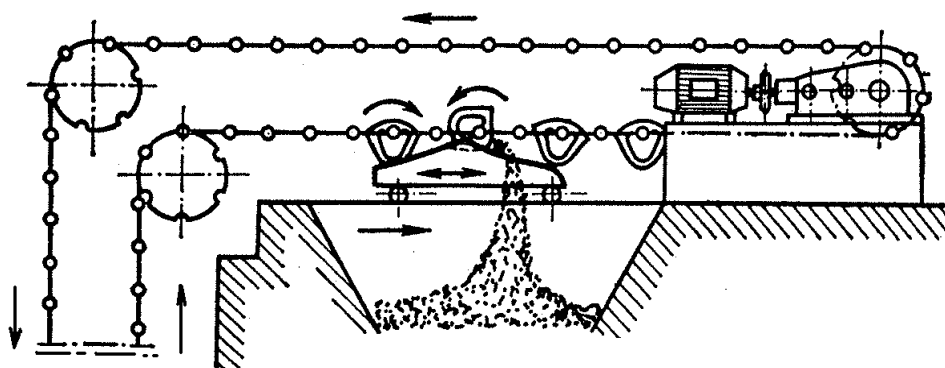
Jejich použití je vhodné tam, kde se neuplatnilo klasické provedení elevátoru, tzn. pro materiály silně abrazivní nebo choulostivé na rozdrcení. Jako tažný orgán se používají dva paralelní pásy, mezi kterými jsou upevněny kapsy (viz obr. 6). Ty lze vytvořit také pomocí nepřerušovaného měkkého pryžového pásu. Šířka kapes se pohybuje mezi 200 a 1600 mm, rozteče od 250 do 650 mm. Husté uspořádání kapes umožňuje zvládnout značné dopravní výkony.



Obr. 6 Kapsovitý elevátor [1]

### 6.2 KONVEYORY

Jedná se o korečkové elevátory, s tím rozdílem, že korečky nemají pevné přichycení k tažnému orgánu, kterým bývá vždy řetěz, ale mají přichycení výkyvné, což umožňuje realizovat libovolné dopravní trasy, bez hrozícího rizika vysypání materiálu. Nevýhodou je však velká hlučnost celého dopravníku, proto se volí menší dopravní rychlost, a to mezi 0,3 až 0,5 m·s<sup>-1</sup>. Menší dopravní rychlost se volí i z důvodu nadměrného opotřebení. Při obsahu korečků 25 až 500l lze dosáhnout dopravního výkonu 20 až 800 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>. K naplnění korečků je výhradně použit násypný způsob. V místě potřeby vyprázdnění korečků je nastražena vhodná narážka, pomocí níž se koreček překlopí a tím nastane jeho vyprázdnění (viz obr. 6.1). Kyvné uchycení korečků umožňuje, po vyklopení materiálu, samočinné navrácení do původní polohy, a to pomocí jejich zavěšení nad těžištěm [2].



Obr. 6.1 Konveyor [1]

### 6.3 LAVIČKOVÉ (POLICOVÉ) ELEVÁTORY

Elevátory s lavičkami jsou vhodné pro zvedání libovolného typu balíků, beden, nebo pytlů. Jako tažný orgán je zde použit jeden pár řetězu. Na něj je upevněna lavička pomocí čepových klínů, které umožňují volné otáčení lavičky. Břemeno však musí být umístěno pod čepy, aby se odstranilo riziko vyklopení nákladu. Způsob nakládání a vykládání může být proveden automaticky [10].

Další z konstrukcí elevátorů jsou popsány v normě ČSN 26 2001 [7], kde se, mimo jiné, nachází i lavičkové elevátory. Zde je jejich rozdělení podle nosných prostředků, podle počtu nosných prostředků, podle způsobu nakládky a také podle druhu laviček [7].



---

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit výukovou koncepci postupu pro návrh korečkového elevátoru a zpracovat tuto koncepci jako podklad pro výukový materiál studentů bakalářského studia. Práce byla provedena jako rešeršní rozbor konstrukce dle dostupné literatury a norem. Dále byl uveden postup při navrhování, základní funkční výpočty a schematické detaily konstrukce.

Na začátku své práce jsem se zaměřil na popis jednotlivých součástí korečkového elevátoru. Zde jsem čerpal z dostupných literatur zmíněných v seznamu použitých zdrojů. Výpočty se v literaturách lišily v některých detailech, ale ve většině případů šlo o dosazování v jiných jednotkách. Vycházel jsem hlavně z *Teorie dopravních a manipulačních zařízení [3]*, kde jsem usoudil, že jednotlivé výpočty jsou systematictěji řazeny. Tyto výpočty jsem doplnil o některé další složky ze seznamu použitých zdrojů. V postupu při návrhu jsem čerpal ze zkušeností firmy Moza s.r.o., která mi vstřícně poskytla všechny potřebné informace a podklady. Díky této firmě jsem se mohl podívat, jak se postupuje při návrhu a zpracování jednotlivých součástí korečkového elevátoru. Některé obrázky jsem získal při osobní návštěvě veletrhu zemědělské techniky. Nakonec jsem svoji práci doplnil o zvláštní konstrukce elevátorů, se kterými se tak často nesetkáváme, avšak jejich použití se čím dál víc rozšiřuje.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DRAŽAN, F. a JEŘÁBEK, K. *Manipulace s materiálem*. 1. vydání. Praha: SNTL, 1979. 456 s. ISBN.
- [2] DRAŽAN, F., VOŠTOVÁ, V., JEŘÁBEK, K., BRAND, M. *Teorie a stavba dopravníků*. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické, 1983. 290s
- [3] GAJDŮŠEK, J. a ŠKOPÁN, M. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické, 1988. 277 s. ISBN.
- [4] HRDINA, Martin. *Korečkový elevátor*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007. 85 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Malášek, Ph.D.
- [5] ČSN 35 0025. *ELEKTRICKÉ STROJE TOČIVÉ. Řady jmenovitých výkonů, napětí a kmitočtů elektrických strojů točivých*. Praha: Český normalizační institut, 1993. 16s.
- [6] ČSN 26 2008. *SVISLÉ KOREČKOVÉ ELEVÁTORY: Základní parametry a rozměry*. Praha: Český normalizační institut, 1993. 8 s.
- [7] ČSN 26 2001. *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů: KOREČKOVÉ A LAVIČKOVÉ ELEVÁTORY, Třídění*. Praha: Český normalizační institut, 1994. 12 s.
- [8] ADAPT dopravníky: Výrobní program. *Elevátory – korečkové dopravníky* [online]. [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <<http://www.adaptdopravniky.cz/vyrobniprogram/elevatory-koreckove-dopravniky.htm>>.
- [9] CIMBRIA: Produkty. *Korečkové elevátory* [online]. [cit. 2012-02-22]. Dostupné z: <<http://www.cimbria.cz/?page=produkty/dopravniky/koreckove-elevatory-ec-ed-ee>>.
- [10] ERIKS s.r.o.: Produkty. *Řetěz pro lavičkový elevátor* [online]. [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <<http://www.eriks.cz/eriks.asp?title=%D8et%ECz-pro-lavi%E8kov%FD-elev%E1tor&pageid=1724>>.
- [11] MOZA s.r.o.: Výrobky. *Korečkové elevátory* [online]. [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <<http://www.moza.cz/vyrobky/1-koreckove-elevatory>>.
- [12] SPŠS: Výuka. *Dopravníky* [online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <[http://www.spssol.cz/~vyuka/PREDMETY/SPS/Zdvihadla/str\\_50.pdf](http://www.spssol.cz/~vyuka/PREDMETY/SPS/Zdvihadla/str_50.pdf)>.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[m]	pólová vzdálenost
$a_{ROZ}$	[m·s <sup>-2</sup> ]	zrychlení při rozběhu
B	[m]	šířka pásu
b	[m]	šířka korečků
c	[m]	vyložení korečků
$c_2$	[-]	součinitel odporu ohýbání pásu
$D_1$	[m]	průměry kladek (bubnů)
$D_2$	[m]	průměry kladek (bubnů)
$d_1$	[m]	průměr čepu u pouzdrových řetězů nebo tloušťka článku řetězu
$d_2$	[m]	průměr čepu pod ložiskem
E	[MPa]	modul pružnosti pásu v tahu
F	[N]	obvodová síla
f	[-]	součinitel tření mezi tažným prostředkem a bubnem nebo hladkým řetězovým kotoučem
$F_{bn}$	[N]	odpor způsobený ohýbáním tažného prostředku (na napínacím bubnu pásových elevátorů)
$F_c$	[N]	odstředivá síla na hnacím bubnu
$F_{celk}$	[N]	celkový součet odporů
$F_{cn}$	[N]	odpor v ložiskách
$F_{dov}$	[N]	dovolené zatížení pásu
$F_{dyn}$	[N]	dynamické odpory
$F_{HRNUTÍ}$	[N]	odpor způsobený hnutím materiálu
$F_{NAB}$	[N]	odpor způsobený nabíráním materiálu
$F_n$	[N]	napínací síla
$\overset{\sim}{F}_n$	[N]	přídavná napínací síla
$F_o$	[N]	odstředivá síla
$F_{rm}$	[N]	odpor způsobený ohýbáním tažného prostředku (na napínacích řetězových kotoučích nebo kolech)
$F_S$	[N]	odpor způsobený plněním korečků
$F_{SROZ}$	[N]	odpor při rozběhu elevátoru
$F_{stat}$	[N]	statický odpor



$F_w$	[N]	pohybový odpor
$F_y$	[N]	vertikální složky odstředivé síly
$F_{ZAPLŇ}$	[N]	odpor působící při zaplňování korečku
$F_z$	[N]	odpor proti zvedání materiálu
$F_{zk}$	[N]	odpor způsobený zvedáním korečku
$F_{zr}$	[N]	odpor proti zvedání tažného prostředku
$G$	[N]	tíhový účinek obsahu korečku
$g$	[m·s <sup>-2</sup> ]	tíhové zrychlení
$H$	[m]	maximální dopravní výška
$H_0$	[m]	výška mezi středy horních a dolních kladek
$H_m$	[m]	svislý průmět délky tažného prostředku zatíženého materiálu (vzdálenost od násypky po horní řetězový kotouč)
$h$	[mm]	funkční tloušťka pásu
$h_1$	[m]	padací výška materiálu
$h_k$	[m]	výška korečků
$k$	[-]	součinitel bezpečnosti
$m$	[kg]	hmotnost materiálu v korečku
$m_b$	[kg]	hmotnost napínacího bubnu neb řetězového kola s příslušenstvím
$m_k$	[kg]	hmotnost prázdného korečku
$m_n$	[kg]	hmotnost naplněných korečků v tažné větvi
$n_k$	[-]	počet korečků v tažné větvi
$P$	[W]	výkon motoru
$P_Z$	[W]	zvolený výkon motoru
$p$	[-]	počet tažných prostředků (řetězů) jedné větve
$Q_m$	[kg·s <sup>-1</sup> ]	dopravní výkon
$q_1$	[N·m <sup>-1</sup> ]	délkové zatížení tažného prostředku od hmotnosti dopravovaného materiálu
$q_2$	[N·m <sup>-1</sup> ]	délkové zatížení tažného prostředku od vlastní tíhy
$q_3$	[N·m <sup>-1</sup> ]	délkové zatížení tažného prostředku od hmotnosti korečku
$q_p$	[kg·m <sup>-1</sup> ]	délková hustota, tj. hmotnost délkové jednotky tažného orgánu s korečky
$R$	[m]	poloměr dráhy těžiště obsahu korečku
$S$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha průřezu tažného prostředku v nejslabším místě



---

$T_1$	[N]	tah v tažném orgánu
$T_2$	[N]	tah ve sbíhající větvi
$t$	[s]	doba rozběhu
$t_k$	[m]	rozteč korečků
$u_{\max}$	[m]	největší velikost kusů
$V_k$	[m <sup>3</sup> ]	objem korečku
$v$	[m·s <sup>-1</sup> ]	rychlost tažného orgánu (korečků)
$v_1$	[m·s <sup>-1</sup> ]	dopadová rychlost materiálu
$w_p$	[-]	součinitel pohybového odporu
$\alpha$	[rad]	úhel opásání
$\gamma$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	sypná hmotnost dopravovaného materiálu
$\delta$	[rad]	úhel začátku vyprazdňování
$\eta$	[%]	účinnost převodů od motoru k poháněcímu hřídeli
$\mu_1$	[-]	celkový součinitel odporu
$\mu_2$	[-]	součinitel tření
$\mu_3$	[-]	součinitel odporu tření ložisek
$\rho_v$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	objemová hmotnost
$\sigma_c$	[MPa]	tahové napětí od odstředivé síly
$\sigma_d$	[MPa]	dovolené napětí tažného prostředku
$\sigma_t$	[MPa]	tahové napětí
$\varphi$	[-]	součinitel plnění