



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

KOREČKOVÉ ELEVÁTORY

BUCKET ELEVATORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZDENĚK ŽÁK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. JIŘÍ MALÁŠEK, PH.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Zdeněk Žák

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:

Korečkové elevátory

v anglickém jazyce:

Bucket elevators

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor konstrukčních řešení korečkových elevátorů, dopravníků, rypadel, bagrů, včetně příslušných výrobců.

Popsat teoretický i technický přístup k výpočtům.

Uvést přehled dopravovaných materiálů včetně některých dostupných technických parametrů.

Cíle bakalářské práce:

1. část technické zprávy - rozbor konstrukčních řešení korečkových elevátorů, dopravníků, rypadel, bagrů, včetně příslušných výrobců.
2. část technické zprávy - teoretický rozbor i technický přístup k výpočtům.
3. část technické zprávy - přehled dopravovaných materiálů včetně některých dostupných technických parametrů.

Seznam odborné literatury:

1. Shigley J.E., Mischke Ch.R., Budynas R.G.: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
2. Ondráček, E., Vrbka, J., Janíček, P.: Mechanika těles - pružnost a pevnost II. VUT Brno, 1988.
3. Jančík, L.: Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha, 2004.
4. Klimeš P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003.
5. Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992.
6. Gajdůšek, J., Škopán, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, skript VUT Brno 1988.
7. Dražan, F. a kol.: Teorie a stavba dopravníků.
8. Kolář, D. a kol.: Části a mechanismy strojů.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 11.11.2013

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

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



ABSTRAKT

Tato rešeršní bakalářská práce pojednává o dopravních zařízeních využívajících jako hlavní dopravní element koreček. Pro upřesnění se jedná o zařízení typu elevátor, dopravník, rypadlo a bagr, včetně příslušných firem vyrábějících tyto zařízení. Dále je práce zaměřena na teoretický a technický přístup k výpočtům, kde v teoretické části se práce zabývá matematickým vyjádřením tvaru hladin a logaritmickou spirálou a v technické části výpočty potřebných pro návrh a určení parametrů zařízení. Poslední částí práce je přehled dopravovaných materiálů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Koreček, elevátor, dopravník, bagr, rypadlo, dopravované materiály, popis výpočtů korečkových elevátorů, logaritmická spirála

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the transport equipment using as the main transport element buckets. To specify this is a device type of elevator, conveyor, digger and excavator, including companies producing these devices. Further work is focused on theoretical and technical approach to calculate where the theoretical part of the thesis deals with the mathematical expression shape layers and logarithmic spiral and in the technical part calculations required to design and determine the parameters of devices. The last section is an overview of transported materials.

KEYWORDS

Bucket, elevator, conveyor, excavator, digger, transported materials, a description of the calculation of bucket elevators, logarithmic spiral



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŽÁK, Z. *Korečkové elevátory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 56 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 30. května 2014

.....

Zdeněk Žák



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracování mé bakalářské práce.



OBSAH

Úvod	10
1 Korečkové elevátory a dopravníky	11
1.1 TRANSYS spol. s.r.o.	11
1.1.1 Korečkový řetězový elevátor	11
1.2 Kešner a.s.	12
1.2.1 Korečkový elevátor pásový (KEP)	12
1.2.2 Korečkový elevátor řetězový (KER)	13
1.3 MOZA s.r.o.	14
1.3.1 Korečkové elevátory typ ME 01	15
1.4 ByaS s.r.o.	16
1.4.1 Korečkový elevátor BW 250 – BW 800	17
1.5 KONGSKILDE INDUSTRIES a.s.	18
1.5.1 Korečkové elevátory - KBE	18
1.6 Meyer industries, inc.	19
1.6.1 Vysoká kapacita řada 482	19
1.6.2 Střední kapacita řada 462	20
1.6.3 Nízká kapacita řada 452	21
1.7 Agrico s.r.o.	21
1.7.1 Korečkové dopravníky NBEL a NBE HD	22
2 Korečková rypadla	23
2.1 Sandvik AB Sandvik Construction	23
2.1.1 Korečkové rypadlo PE100-1600/1.5x20	23
2.1.2 Korečkové rypadlo PE100-1500/1.5x24.4	24
2.1.3 Korečkové rypadlo PE200-1400/2x30	24
2.2 TAKRAF GmbH	25
2.2.1 Korečkové rypadlo SRs 8000 [20]	26
2.2.2 Korečkové rypadlo SRs 4000.36/2,5.0+VR [21]	27
2.2.3 Korečkové rypadlo SRs(H) 1050.23/2.0 [22]	28
2.2.4 Korečkové rypadlo SRs 6300 [23]	29
3 Korečkové bagry	30
3.1 Takraf GmbH	30
3.1.1 Korečkový bagr ERs (K) 800 [24]	30
3.1.2 Korečkový bagr ERs 500 [25]	31
3.2 Pro Sand Engineering s.r.o.	31
3.2.1 Korečkový bagr plovoucí [27]	32



3.3	Rohde nielsen a.s.	32
3.3.1	Korečkový bagr Ajax R.....	33
3.3.2	Korečkový bagr Frigg R.....	34
4	Technický přístup k výpočtům [31]	35
4.1	Přibližný výpočet	35
4.2	Přesný výpočet.....	36
5	Teoretický přístup k výpočtům.....	41
5.1	Korečky.....	41
5.2	Vyprazdňování koreček [31]	42
5.3	Odvození rovnice křivky hladiny pro ideální kapalinu [32].....	42
5.4	Rovnice křivky hladiny pro partikulární materiál [33]	44
6	Přehled dopravovaných materiálů	48
6.1	Charakteristiky materiálů.....	48
6.1.1	Dokonale sypké a nesoudržné partikulární materiály.....	48
6.1.2	Partikulární materiály s kohezí.....	49
6.2	Vybrané technické parametry partikulárních materiálů.....	49
	Závěr.....	51
	Použité informační zdroje.....	52
	Seznam použitých zkratk a symbolů	55



ÚVOD

Korečkové elevátory a dopravníky slouží k dopravě kusového nebo sypkého materiálu a mají uplatnění především v potravinářském, zemědělském a chemickém odvětví, zatímco korečkové bagry a rypadla se používají v těžebním průmyslu a to téměř vždy v povrchových dolech, zejména v pískovnách, štěrkovnách a dolech na těžbu uhlí. V České Republice je mi známo pouze jedno místo, kde je použito korečkové rypadlo a to v Lomu Čs. Armády.

Hlavní částí těchto zařízení je tzv. koreček. Jedná se o speciální nádobu různých tvarů, vyrobené z různých materiálů (např. plast, ocel, keramika), která je upevněna na tažném elementu zařízení, kterým je nejčastěji řetěz nebo pryžový vrstvený pás.

Jedním z cílů méjí bakalářské práce je vytvořit rešeršní rozbor konstrukčních řešení korečkových elevátorů, dopravníků, rypadel a bagrů, včetně příslušných výrobců. Dále pak zpracovat teoretický i technický přístup k výpočtům. A jako poslední bod je zpracovat a uvést přehled dopravovaných materiálů včetně některých jejich dostupných technických parametrů.



1 KOREČKOVÉ ELEVÁTORY A DOPRAVNÍKY

Korečkové elevátory a dopravníky slouží k svislé dopravě sypkých (zrnatých) nebo menších kusových materiálů, zejména pak obilovin, osiv, obilních šrotů a krmných směsí v zemědělství a zpracovatelských závodech anebo v dalších průmyslových odvětvích pro dopravu například suchých stavebních směsí, minerálních látek, dřevěných granulí a pilin.

1.1 TRANSYS SPOL. S.R.O.

Umístění společnosti v centru České republiky je ideální pro tuzemské, ale i zahraniční dodávky.

Společnost TRANSYS a její projekty dávají zákazníkům jednoznačnou jistotu včetně případných bankovních garancí v následujících službách:

- koncepční projekty
- prováděcí projekty
- dodávky a montáže
- autorský dozor a komplexní zkoušky v oblastech
 - technologie
 - ocelových konstrukcí
 - opláštění [1]

1.1.1 KOREČKOVÝ ŘETĚZOVÝ ELEVÁTOR



Obrázek 1 Korečkový elevátor, TRASYs spol. s.r.o.[2]



Parametry: [2]

- Max. kapacita 40 t/h
- Výška 28 m
- Rychlost řetězu 1,6 m/s

Možnosti vybavení: [2]

- pásový nebo řetězový korečkový elevátor
- napínání šroubem nebo gravitační
- inspekční dvířka
- příruby pro odprašování
- zpětná brzda

1.2 KEŠNER A.S.

Společnost Kešner a.s. je výrobní strojírenská firma působící na trhu již od roku 1991, nabízející služby v oblasti technologické dopravy a skladování sypkých a kusových materiálů.

Společnost působí jako dodavatel pro významné tuzemské i zahraniční společnosti v oboru stavebního, energetického, metalurgického a ostatního průmyslu. Součástí nabídky jsou realizace investičních dodávek, rekonstrukce – modernizace, nebo zvýšení výkonu stávajících technologických provozů a výrobních linek.

Pro podporu projekčních návrhů, nabídek a realizace používáme prověřené 3D CAD a informační systémy našich SW partnerů pro zpracování technicky a prostorově náročných zadání i s ohledem na obsluhu, údržbu a především stupňující se požadavky na hygienu a životní prostředí.

Díky tomu bylo dosaženo maximální přehlednosti komunikace v průběhu projektů/zakázek s investory a projekčními organizacemi, dále pak optimální nahrazení projektových a realizačních dokumentů doposud vytvářené v textové formě vizuálním výstupem. [3]

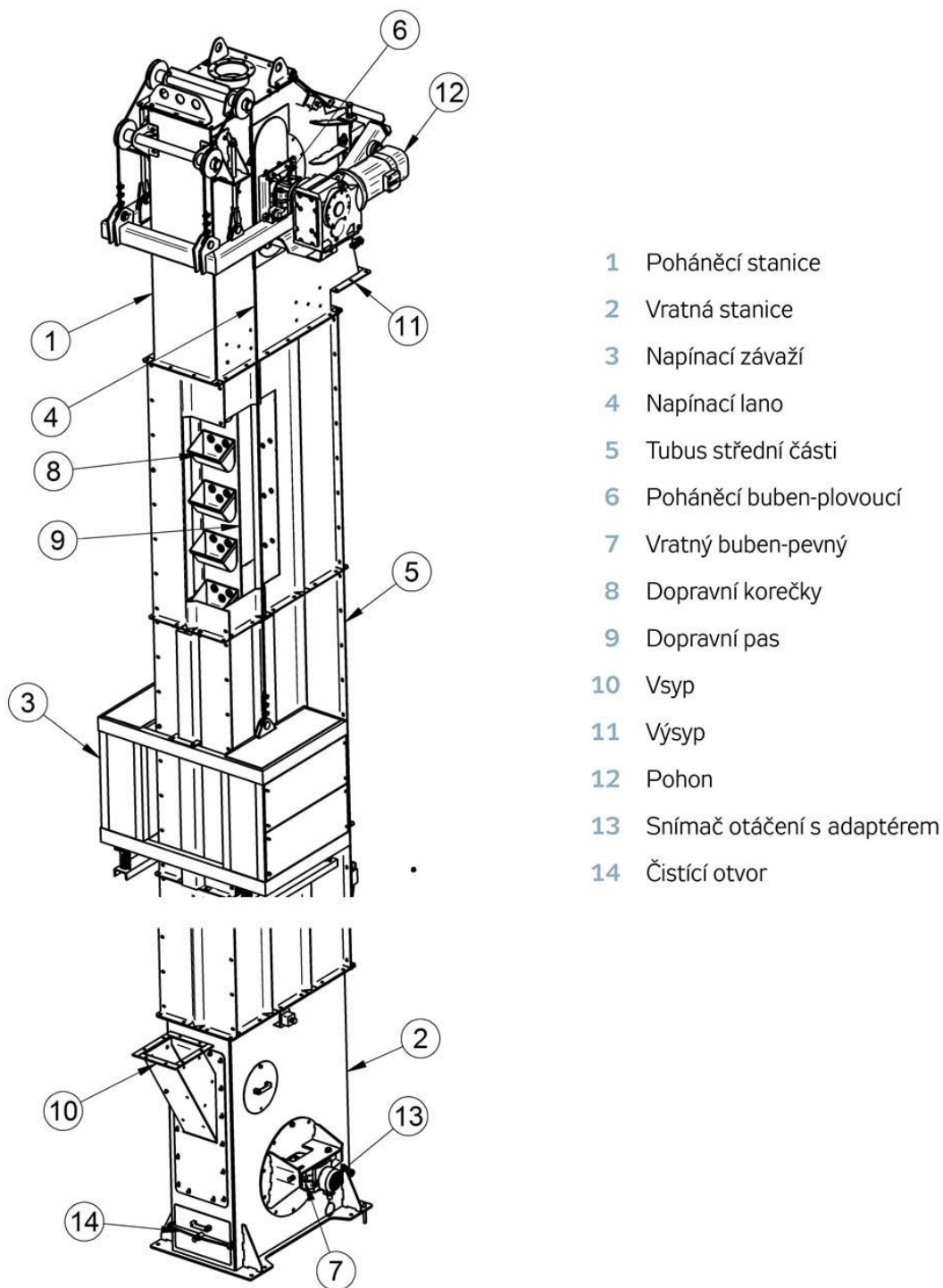
1.2.1 KOREČKOVÝ ELEVÁTOR PÁSOVÝ (KEP)

Konstrukční provedení dopravníku je moderní koncepce s napínáním na poháněcí stanici, což umožňuje optimálně utěsnit vratnou stanici na vstupu dopravovaného materiálu. Maximální teplota dopravovaného materiálu je do 150 °C. [4]



1.2.2 KOREČKOVÝ ELEVÁTOR ŘETĚZOVÝ (KER)

Konstrukční provedení dopravníku je moderní koncepce s napínáním na poháněcí stanici, což umožňuje optimálně utěsnit vratnou stanici na vstupu dopravovaného materiálu. Maximální teplota dopravovaného materiálu je do 250 °C. [5]



Obrázek 2 Korečkový elevátor, Kešner a.s. [4][5]



Tabulka 1 Rozměry a parametry [4][5]

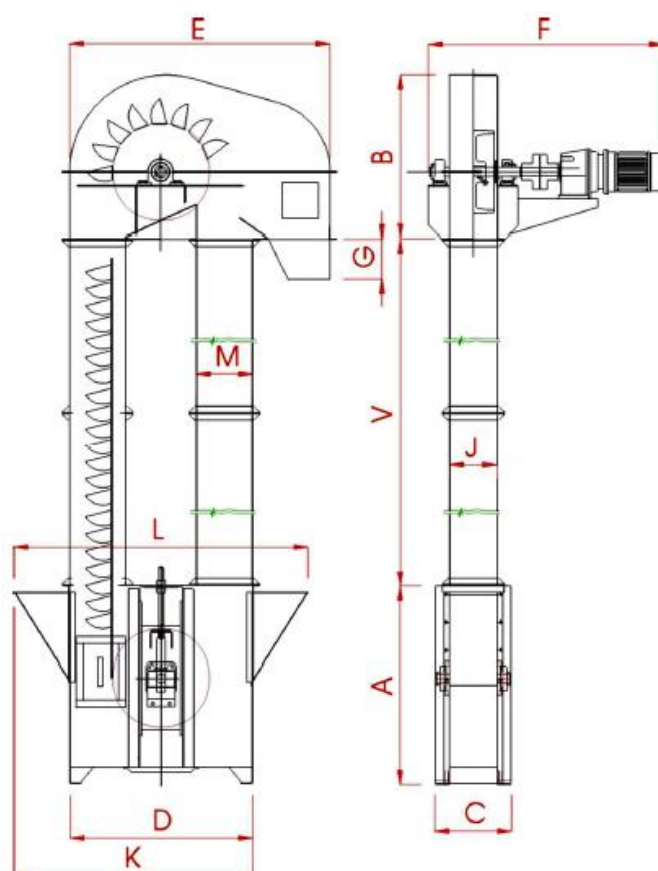
šířka korečku (mm)	dopravní výkon (m ³ /hod.)	rozměr zrna (mm)
150	20	v závislosti na výběru z typové řady a na základě výpočtu
200	31	
250	41	
320	62	
360	70	
400	78	
450	88	
500	109	
550	120	
630	157	
700	174	
800	208	

1.3 MOZA s.r.o.

Společnost MOZA s.r.o. byla založena v roce 1992 a přes 20 let působí v oblasti projekce, dodávek a montáží zařízení pro zemědělství a potravinářský průmysl jak v řadě míst v České republice, tak i v zahraničí. [6]



1.3.1 KOREČKOVÉ ELEVÁTORY TYP ME 01



Obrázek 3 Korečkový elevátor typ ME, MOZA s.r.o. [7]

Tabulka 2 Základní rozměry dle typu [7]

TYP	ME 01-30.12	ME 01-40.16	ME 01-56.20	ME 01-56.25
A	770	1073	1000	1000
B	645	791	1042	1042
C	196	260	384	434
D	634	774	1104	1104
E	938	1205	1753	1753
F	Podle velikosti pohonu			
G ¹⁾	100	165	200	200
J	150	213	253	303
K			1344	1344
L	984	1250	1584	1584
M	178	227	315	315
V ²⁾	Podle celkové výšky elevátoru			
1) Standardní velikost výpadového košíku				
2) Potrubí je ve standardních délkách 2000				

[mm]



Tabulka 3 Základní technické údaje [7]

	Průměr řemenice	Rychlost pásu	Počet otáček	Šířka korečku	Max. počet korečků	Max. kapacita
ME 01- 30.12	300 [mm]	1,5 [m/s]	95 [ot/min]	105 [mm]	15 [ks/m]	17 [m ³ /h]
		2,5 [m/s]	159 [ot/min]			28 [m ³ /h]
		3,1 [m/s]	197 [ot/min]			35 [m ³ /h]
ME 01- 40.16	400 [mm]	1,5 [m/s]	71 [ot/min]	130 [mm]	11 [ks/m]	29 [m ³ /h]
		2,5 [m/s]	119 [ot/min]			49 [m ³ /h]
		3,1 [m/s]	148 [ot/min]			61 [m ³ /h]
ME 01- 56.20	560 [mm]	1,5 [m/s]	51 [ot/min]	185 [mm]	10 [ks/m]	51 [m ³ /h]
		2,5 [m/s]	85 [ot/min]			86 [m ³ /h]
		3,1 [m/s]	106 [ot/min]			109 [m ³ /h]
ME 01- 56.25	560 [mm]	1,5 [m/s]	51 [ot/min]	205 [mm]	9,5 [ks/m]	65 [m ³ /h]
		2,5 [m/s]	85 [ot/min]			107 [m ³ /h]
		3,1 [m/s]	106 [ot/min]			135 [m ³ /h]

Doporučené rychlosti dopravního korečkového pásu:

- 1,5 m/s – pro osiva
- 2,5 m/s – pro potravinářské obiloviny a krmné směsi
- 3,1 m/s – pro krmné obiloviny a pokrutiny

1.4 BYAS S.R.O.

Novodobá historie společnosti *ByaS s.r.o.* byla zahájena 1. 7. 2000. Restrukturalizací společnosti *BYaS*, která vznikla v roce 1991.

Společnost *ByaS s.r.o.* je zaměřena především na výrobu a montáž vysoce kvalitních a spolehlivých strojních zařízení pro průmysl, sklárství, recyklaci a zemědělství a dále na výrobu ocelových konstrukcí a montovaných hal. Tomu odpovídá i strojní vybavení naší společnosti.



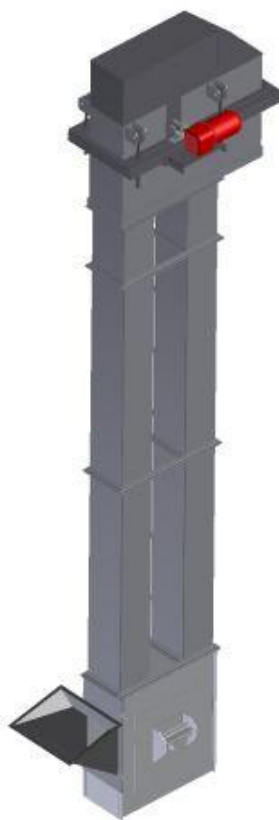
Cílem společnosti je prezentovat se jako spolehlivý partner s dlouhodobým působením na tuzemském i zahraničním trhu. [8]

1.4.1 KOREČKOVÝ ELEVÁTOR BW 250 – BW 800

Konstrukce korečkového elevátoru je sestavena ze základní patní sekce s vratným bubnem se snímačem chodu a násypkou, dále z dvoukomorových šachet vertikálně stavěných na sebe, z nichž jeden je opatřen velkým montážním otvorem a hnací sekci s hnacím bubnem a pohonem elektro-převodovkou. Hnací sekce je zároveň výsypkou a napínací stanicí dopravního pásu. Konstrukce korečkového elevátoru je samonosná. [9]

Technické údaje: [9]

- | | |
|--|---------------------------------------|
| • Typ | BW 250 – BW 800 |
| • Rozměr základny d x š /dle typu/ | 1356 x (461/506/581/756/906) [mm] |
| • Výška, závisí na zadání zákazníka | do 45 [m] |
| • Výkon | 10 – 160 [t/hod] |
| • Instalovaný příkon, závisí na dopravní výšce | 1,5 – 20 [kW] |
| • Hmotnost | závisí na výšce korečkového elevátoru |



Obrázek 4 Korečkový elevátor BW 250 - BW 800, ByaS s.r.o.[9]



1.5 KONGSKILDE INDUSTRIES A.S.

Společnost byla založena v roce 1949 v Dánsku dvěma švagry Hansem Tyndeskovem a Mogensem Petersenem. Prvními výrobky byly dmýchadla obilí, které byly následovány kultivátory a mobilními ohříváči. V 90. letech pak Kongskilde rozšířila svou činnost na pneumatickou dopravu pro průmyslové aplikace, především dopravu papíru a plastů. Kongskilde je známý pro svoji tradici a inovaci. Dnes má kompletní nabídku strojů pro přípravu půdy, louky a pastviny, manipulačních zařízení s obilím a pneumatických dopravníků v odvětví plasty, papír a obalový průmysl. Společnost má dceřiné společnosti v třinácti zemích světa a vyrábí v pěti z nich.

1.5.1 KOREČKOVÉ ELEVÁTORY - KBE

KBE korečkové elevátory jsou vyráběny v pevném a pozinkovaném provedení. Kongskilde korečkové elevátory jsou navrženy tak, aby byly sestavitelné z typizovaných částí, takže je snadná montáž a instalace. Jsou určeny pro energeticky úspornou a šetrnou a svislou dopravu obilí atd. až do výšky 25 metrů s kapacitou mezi 20 až 120 tunami za hodinu.



Obrázek 5 Korečkový elevátor - KBE, Kongskilde industries a.s. [10]



Tabulka 4 Technické specifikace [11]

	KBE 20	KBE 40	KBE 60	KBE 80	KBE 100	KBE 120
Kapacita při hustotě 700 [kg/m ³] a obsahu vody 15%, [t/h]	20	40	60	80	100	120
Tloušťka materiálu krytu středních dílů [mm]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Tloušťka materiálu krytu hlavy a paty [mm]	3	3	3	3	4/3	4/3
Délky standardního prodloužení [m]	2,5 – 1,0 – 0,5 – 0,25					
Rychlost pásu [m/s]	2,8	2,8	2,8	2,8	3,2	3,0
Šířka pásu [mm]	150	150	200	200	230	230
Počet korečků [m ⁻¹]	6	12	8	10,5	7,5	9
Výkon motoru [kW]	1,1-3,0	2,5-5,5	3,0-7,5	4,0-9,2	5,5-15	7,5-15

1.6 MEYER INDUSTRIES, INC

Meyer industries poskytuje více než jen zařízení. Nabízí integrované, vlastní řešení a kompletní manipulaci s materiálem a systémy pro zpracování potravin. Zabývá se projektováním efektivní, hygienické manipulace s materiálem a systémem zpracování potravin. Meyer industries nabízí širokou škálu řešení zařízení pro řadu průmyslových odvětví, se speciálním vybavením.

1.6.1 VYSOKÁ KAPACITA ŘADA 482

Tyto stroje jsou navrženy, aby vyhověly nejnáročnějším požadavkům. Používají ozubená kola velkých průměrů, aby zajistili vyšší životnost řetězu. Celková konstrukce je větší a robustnější než většina strojů nabízených na současném trhu.

Vlastnosti:

- Široká škála korečků velikosti od 30,48 do 121,92 [cm]
- Kapacita 23,786 až 107,038 [m³/h]
- Pevná konstrukce
- K dispozici v "S", "Z", "C", šikmé a horizontální konfiguraci
- Měkká nebo nerezová ocel



Obrázek 6 Řada 482, Meyer industries, inc. [12]

1.6.2 STŘEDNÍ KAPACITA ŘADA 462

Jsou určeny pro střední až vysoké požadavky na kapacitu.

Vlastnosti:

- Široká škála korečků velikosti od 22,86 do 60,96 [cm]
- Kapacita 7,136 – 30,384 [m³/h]
- Pevná konstrukce
- K dispozici v "S", "Z", "C", šikmé a horizontální konfiguraci
- Měkká nebo nerezová ocel



Obrázek 7 Řada 462, Meyer industries, inc.[13]



1.6.3 NÍZKÁ KAPACITA ŘADA 452

Jsou určeny pro nízké až střední požadavky na kapacitu.

Vlastnosti:

- Široká škála korečků velikosti od 15,24 do 45,72 [cm]
- Kapacity 3,823 – 18,123 [m³/h]
- Pevná konstrukce
- K dispozici v "S", "Z", "C", šikmé a horizontální konfiguraci
- Měkká nebo nerezová ocel



Obrázek 8 Řada 452, Meyer industries, inc.[14]

1.7 AGRICO S.R.O.

Firma AGRICO vznikla v roce 1991 a své působení započala v pronajatých prostorách Státního statku Třeboň se dvěma stálými zaměstnanci.

Hlavní náplní firmy byla v té době dodávka a montáž počítačově řízených krmných technologií pro prasata. Současně se utvářela myšlenka, která se později stala obchodním sloganem podniku - "Vše pro chov a výkrm prasat". K montážní a servisní činnosti se přidala vlastní výroba, nejprve plastových koryt a dalších dílů především pro vzduchotechniku, následně pak kovovýroba stájového hrazení, boxů a dalších technologických prvků pro farmy.

Prvotní soustředění na jeden segment zemědělské výroby se později rozšířilo na kompletní sortiment tak, aby chovatel ve firmě našel vše, co potřebuje - od stájových objektů přes



krmné technologie, větrací systémy, stájová hrazení, sklady obilí, mícháreny krmných směsí až po velkokapacitní sila na skladování kejdy a stroje pro její ekonomickou aplikaci. [15]

1.7.1 KOREČKOVÉ DOPRAVNÍKY NBEL A NBE HD



Obrázek 9 Korečkový dopravník, Agrico s.r.o. [16]

Tabulka 5 Přehled kapacit a délek korečkových dopravníků [16]

Typ	Maximální kapacita [t/h]	Celková výška [m]
NBEL 25	20	5 – 25
NBEL 40	40	
NBEL 60	60	
NBE 425 HD	25	5 – 21
NBE 440 HD	40	
NBE 60 HD	60	
NBE 5080 HD	80	



2 KOREČKOVÁ RYPADLA

Korečkové rypadlo je velkostroj, který pracuje nepřetržitě a je využíván v povrchových dolech, zejména k těžbě uhlí, písků, cihlářské suroviny a štěrkopísků. Korečky jsou upevněny na konci výložníku na kole a následně jsou vysypávány na dopravník umístěný uvnitř kostry výložníku.

2.1 SANDVIK AB SANDVIK CONSTRUCTION

Firma Sandvik byla založena v roce 1862. Za uplynulou dobu je Sandvik synonymem kvality a soustředění na zákazníka. Sandvik Construction je součástí tohoto globálního průmyslového koncernu. Nabídka produktů poskytuje řešení pro prakticky jakoukoliv aplikaci stavebnictví. Sortiment zahrnuje vrtné soupravy, drtící a třídící stroje a manipulační systémy na přepravu materiálu.

Standardní sortiment kompaktních kolesových rýpadel (PE100) je určena pro malé až středně velké povrchové doly. Všechny modely jsou robustní, racionální konstrukce, vysoce produktivní kvůli jejich velikosti a hmotnosti a také velmi spolehlivé. Modely s vyšší kapacitou jsou konstrukce C-rámu (PE200).

2.1.1 KOREČKOVÉ RYPADLO PE100-1600/1.5x20

- Obvykle s protizávažím pod vykládacím výložníkem a dvoupásovým podvozkem
- Zdvih výložníku pomocí hydraulických válců



Obrázek 10 Korečkové rypadlo PE100-1600, Sandvik AB Sandvik Construction[17]

Základní parametry: [17]

- zpracovávané materiály skryvka, uhlí
- jmenovitá kapacita 6700 [m³/h]
- objem korečku 1,6 [m³]
- výška bloku 20 [m]
- délka výložníku 28,8 [m]

2.1.2 KOREČKOVÉ RYPADLO PE100-1500/1.5x24.4

- Obvykle s protizávažím pod vykládacím výložníkem a dvoupásovým podvozkem
- Zdvih výložníku pomocí hydraulických válců



Obrázek 11 Korečkové rypadlo PE100-1500, Sandvik AB Sandvik Construction[18]

Základní parametry: [18]

- zpracovávané materiály skryvka
- jmenovitá kapacita 7100 [m³/h]
- objem korečku 1,5 [m³]
- výška bloku 24,5 [m]
- délka výložníku 27,8 [m]

2.1.3 KOREČKOVÉ RYPADLO PE200-1400/2x30

- C - rámový systém pro ocelové konstrukce s výložníkem s protizávažím nad vykládacím výložníkem
- pro vyšší rychlosti
- větší výška bloku (začíná asi na 30 m) a delší výložník korečkového kola
- lankový výložníkový zdvihací



Obrázek 12 Korečkové rypadlo PE200-1400, Sandvik AB Sandvik Construction [19]

Základní parametry: [19]

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| • zpracovávané materiály | skrývka |
| • jmenovitá kapacita | 6500 [m ³ /h] |
| • objem korečku | 1,4 [m ³] |
| • výška bloku | 30 [m] |
| • délka výložníku | 32 [m] |

2.2 TAKRAF GMBH

Tenova TAKRAF je kvalifikovaný partner pro vývoj, plánování, projektování, výrobu a dodávky strojů a technologických zařízení všeho druhu, zejména systémy a zařízení v oblasti povrchové těžby a manipulaci sypkých materiálů.

Zařízení pro manipulaci sypkých materiálů se používá především v přístavech, elektrárnách, ocelárnách, v odvětví výroby cementu a mnoho dalších.

Těžební společnosti z celého světa se spoléhají na spolehlivost zařízení, jako jsou korečková rypadla, rozmetadla, drtírny a pásové dopravníky vyrobených firmou Tenova TAKRAF jako oporu jejich těžby.



2.2.1 KOREČKOVÉ RYPADLO SRs 8000 [20]



Obrázek 13 Korečkové rypadlo SRs 8000, Takraf GmbH

Základní parametry:

• Kapacita	14 520 [m ³ /h]	• Počet korečků	18 [-]
• Těžební výška	51 [m]	• Objem korečku	6,6 [m ³]
• Těžební hloubka	17 [m]	• Průměrný tlak na půdu	17,5 [N/cm ³]
• Maximální dosah korečkového kola	72,2 [m]	• Šířka pásu	32 [m]
• Průměr korečkového kola	21,6 [m]	• Délka	502 [m]
• Výkon motoru korečkového kola	3x 1 120 – 1 680 [kW]	• Servisní hmotnost	14 200 [t]

2.2.2 KOREČKOVÉ RYPADLO SRs 4000.36/2,5.0+VR [21]



Obrázek 14 Korečkové rypadlo SRs 4000, Takraf GmbH

Základní parametry:

• Kapacita	11 000 [m ³ /h]	• Výkon motoru korečkového kola	2x 1 000 [kW]
• Těžební výška	36 [m]	• Počet korečků	16 [-]
• Těžební hloubka	2,5 [m]	• Objem korečku	3,2 [m ³]
• Maximální dosah korečkového kola	42 [m]	• Šířka pásu	2,4 [m]
• Průměr korečkového kola	16 [m]	• Servisní hmotnost	5 100 [t]



2.2.3 KOREČKOVÉ RYPADLO SRs(H) 1050.23/2.0 [22]



Obrázek 15 Korečkové rypadlo SRs(H) 1050, Takraf GmbH

Základní parametry:

• Kapacita	4 800 [m ³ /h]	• Výkon motoru korečkového kola	900 [kW]
• Těžební výška	23 [m]	• Počet korečků	17 [-]
• Těžební hloubka	2 [m]	• Objem korečku	1,005 [m ³]
• Maximální dosah korečkového kola	27 [m]	• Šířka pásu	1,8 [m]
• Průměr korečkového kola	10,5 [m]	• Servisní hmotnost	1 200 [t]

2.2.4 KOREČKOVÉ RYPADLO SRs 6300 [23]



Obrázek 16 Korečkové rypadlo SRs 6300, Takraf GmbH

Základní parametry:

• Kapacita	14 000 [m ³ /h]	• Počet korečků	18 [-]
• Těžební výška	50 [m]	• Objem korečku	3,3 [m ³]
• Těžební hloubka	15 [m]	• Šířka pásu	2,5 [m]
• Maximální dosah korečkového kola	50 [m]	• Celková délka	243 [m]
• Průměr korečkového kola	17,1[m]	• Celková výška	63 [m]
		• Servisní hmotnost	6 852 [t]

3 KOREČKOVÉ BAGRY

Korečkové bagry jsou použity pro podobné materiálové podmínky jako rypadla. Jsou to spojité řezací stroje se schopností hloubení pod úroveň, v případě nestabilního podloží jámy nebo vysokou hladinou spodní vody, dokonce je možná těžba i z vody. Korečky, které nabírají materiál, jsou vsazeny do dlouhého vodiče, kterým se pohybuje řetěz, a na něj jsou připevněny korečky.

3.1 TAKRAF GMBH

Podrobnosti o společnosti viz kapitola 2.2

3.1.1 KOREČKOVÝ BAGR ERs (K) 800 [24]



Obrázek 17 Korečkový bagr ERs (K) 800, Takraf GmbH

Základní parametry:

• Kapacita	1 400 [m ³ /h]	• Počet korečků	36 [-]
• Těžební výška	19 [m]	• Objem korečku	0,8 [m ³]
• Těžební hloubka	16 [m]	• Rychlost korečků	1,22 [m/s]
• Délka korečkového ramene	23,5 [m]	• Délka vykládacího výložníku	35 [m]
• Výkon poháněcího motoru	630 [kW]	• Servisní hmotnost	1 150 [t]



3.1.2 KOREČKOVÝ BAGR ERs 500 [25]



Obrázek 18 Korečkový bagr ERs 500, Takraf GmbH

Základní parametry:

• Kapacita	1 300 [m ³ /h]	• Objem korečku	0,5 [m ³]
• Těžební hloubka	5 [m]	• Rychlost korečků	1,17 [m/s]
• Délka korečkového ramene	11,5 [m]	• Délka vykládacího výložníku	24 [m]
• Výkon poháněcího motoru	160 [kW]	• Servisní hmotnost	270 [t]
• Počet korečků	28 [-]		

3.2 PRO SAND ENGINEERING S.R.O.

Společnost Pro Sand Engineering se zaměřuje na vývoj, výrobu a dodávky strojů a zařízení pro obory přímo související s:

- těžbou a zpracováním štěrkopísků a kameniva
- stavby ocelových konstrukcí
- dodávkami zařízení do cukrovarů

Kompletní řešení pro klíčové dodávky je zabezpečeno vlastním zpracováním strojní projektové dokumentace, dokumentace elektro vč. automatizovaného systému řízení popř. stavební části.

Výroba strojů a zařízení, jejich přeprava, montáž a uvedení do provozu je zabezpečena jejich vlastními pracovníky a prostředky. [26]



3.2.1 KOREČKOVÝ BAGR PLOVOUCÍ [27]

Plovoucí korečkový bagr je plovoucí stroj určený k těžbě z vody na uzavřených vodních plochách s klidnou hladinou – šterkopískovnách a řekách šterkopísku o zrnitosti 0/32 mm z vody s ojedinělým výskytem zrn do 100 mm.

Vytěžený materiál v korečcích při pohybu po lafetě nad vodní hladinou se samovolně odvodňuje. Na horní řetězové kladce jednotlivé korečky materiál vysypou na šikmou plochu spodního skluzu, kterým je usměrněn na odtahový pásový dopravník.



Obrázek 19 Korečkový bagr plovoucí, Pro Sand Engineering s.r.o.

Tabulka 6 Hlavní technické parametry jednotlivých bagrů

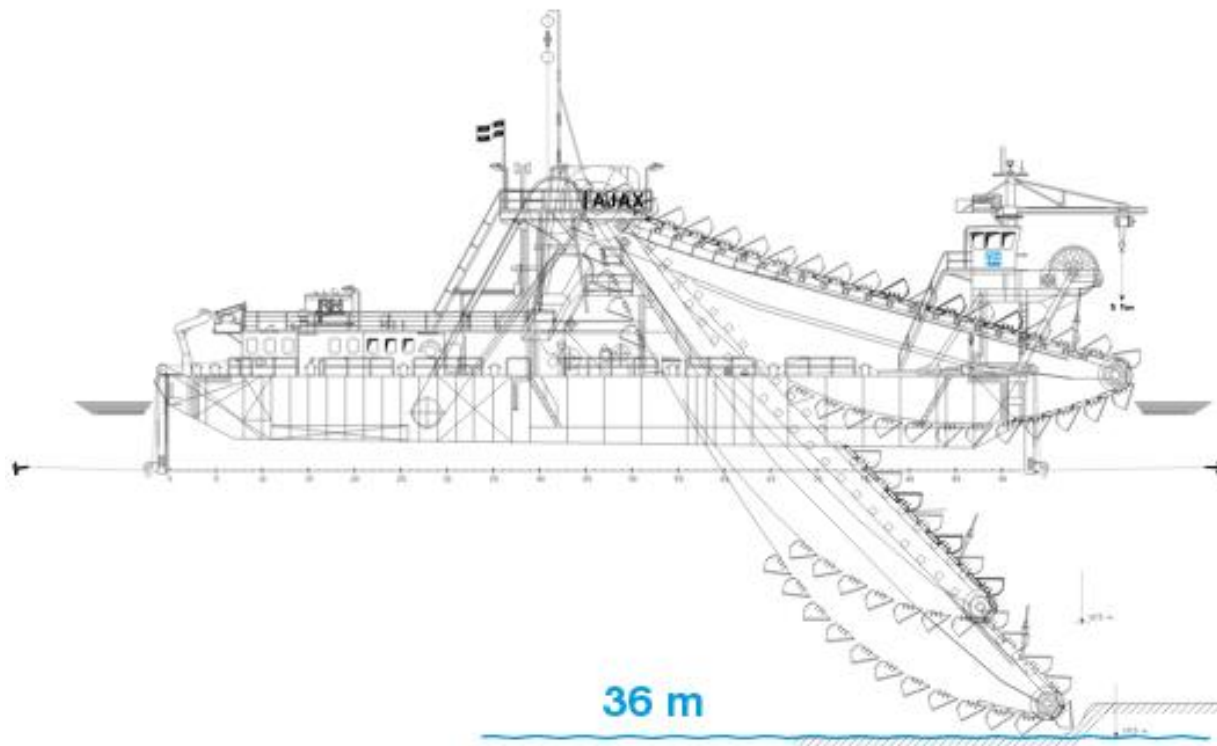
Označení stroje - typ	KB 50	KB 80	PKE 150	PKR 150
Max. hloubka těžby [m]	8 – 15	8 – 15	8 – 15	8 – 15
Obsah korečku [m ³]	50	80	250	250
Průměrný výkon [t/h]	90	150	300	300
Příkon hlavního pohonu bagru [kW]	15 – 22	22	2x 22	2x 30

3.3 ROHDE NIELSEN A.S.

Rohde Nielsen a.s. je ve Skandinávii největší společnost dodávající bagry. Moderní flotila se skládá z celé řady přívěsných bagrů, vodních bagrů, korečkových bagrů, nákladních člunů, remorkérů, vlečných člunů a průzkumných lodí.

3.3.1 KOREČKOVÝ BAGR AJAX R

Bagr je vybaven špičkovým hardwarem a softwarem pro optimální kontrolu bagrovacího procesu.



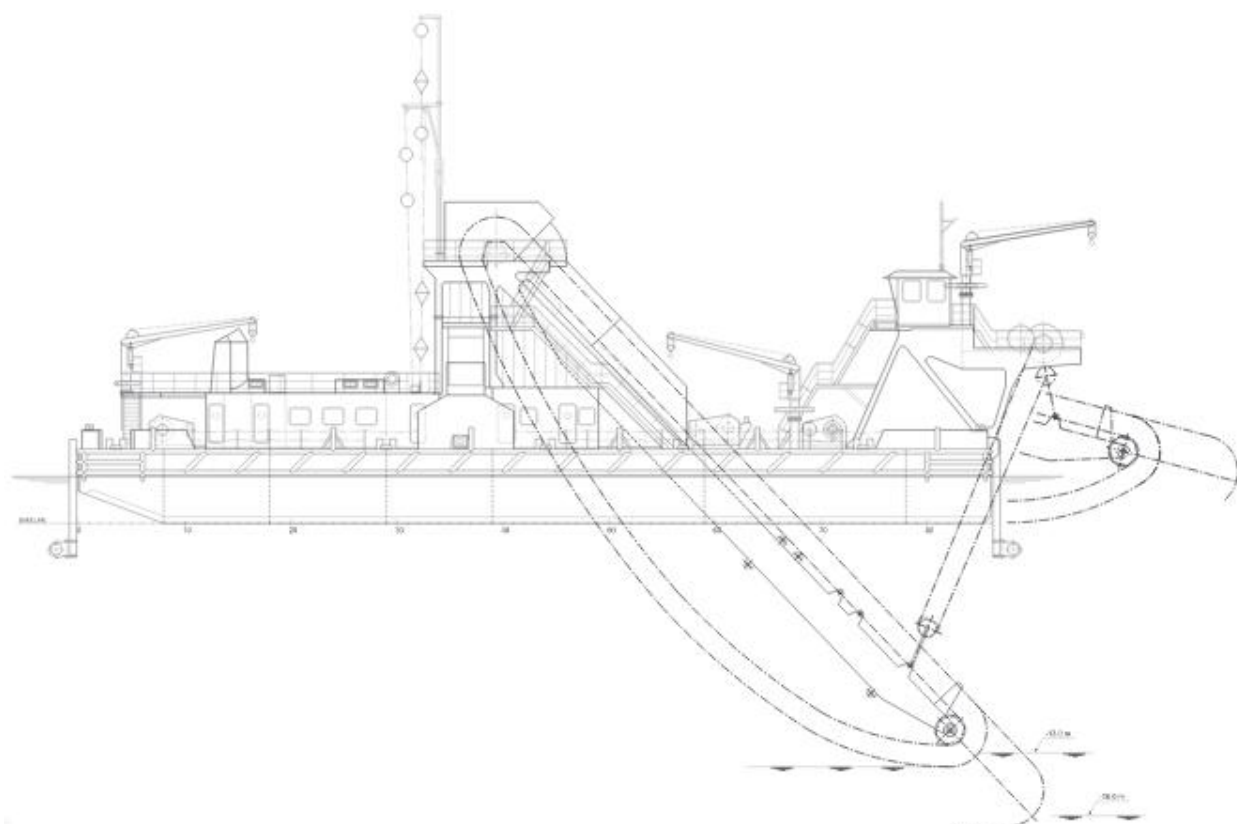
Obrázek 20 Korečkový bagr Ajax R, Rohde Nielsen a.s. [29]

Základní parametry: [29]

- | | | | |
|---------------------|-----------|----------------------|-----------------------|
| • Hloubka | 3,57 [m] | • Objem korečku | 0,7 [m ³] |
| • Ponor | 2,68 [m] | • Příkon | 560 [kW] |
| • Celková délka | 51,26 [m] | • Maximální rychlost | 27 [korečků/s] |
| • Šířka | 11,75 [m] | • Obsluha | 7 [-] |
| • Bagrovací hloubka | 36 [m] | | |

3.3.2 KOREČKOVÝ BAGR FRIGG R

Frigg R má nízký ponor, který ho činí obzvláště vhodný pro operace v mělkých vodách.



Obrázek 21 Korečkový bagr Frigg R, Rohde Nielsen a.s. [30]

Základní parametry: [30]

- Celková délka 43 [m]
- Šířka 10 [m]
- Bagrovací hloubka 18 [m]



4 TECHNICKÝ PŘÍSTUP K VÝPOČTŮM [31]

V této kapitole budou shrnuty návrhové výpočty korečkových elevátorů potřebných pro jejich konstrukci.

Objemové dopravní množství:

$$Q_v = 3600 \cdot \frac{v_k}{t_k} \cdot v \cdot \psi \quad [m^3/h] \quad (1)$$

Hmotnostní dopravní množství:

$$Q_h = 3600 \cdot \frac{v_k}{t_k} \cdot v \cdot \psi \cdot \rho \quad [kg/h] \quad (2)$$

4.1 PŘIBLIŽNÝ VÝPOČET

Výkon motoru:

$$P = \mu_1 \cdot Q_h \cdot H \cdot g \cdot 10^{-3} \quad [kW] \quad (3)$$

podle rovnice (3) se volí elektromotor s nejbližším vyšším výkonem P_z [kW]

Obvodová síla na hnacím bubnu (pásové elevátory), na řetězovém kole, respektive na hladkých řetězových kotoučích (řetězové elevátory) se určí:

$$F_o = \frac{1000 \cdot P_z \cdot \eta}{v} \quad [N] \quad (4)$$

Tah v nabíhající větvi tažného prostředku:

- a) pro elevátory pásové a řetězové s hladkými řetězovými kotouči:

$$T_1 = \frac{e^{\mu \cdot \beta}}{e^{\mu \cdot \beta} - 1} \cdot F_o \quad [N] \quad (5)$$

- b) pro elevátory řetězové s řetězovými koly:

$$T_1 = F_o + H \cdot (q_2 + q_3) + \frac{m_b}{2} \cdot g \quad [N] \quad (6)$$

Délkové zatížení tažného prostředku od hmotnosti korečků:

$$q_3 = \frac{m_k \cdot g}{t_k} \quad [N/m] \quad (7)$$

Tah v sbíhající větvi tažného prostředku:

$$T_2 = T_1 - F_o \quad [N] \quad (8)$$

kde T_1 - hodnota podle rovnice (5) nebo (6)

F_o - hodnota podle rovnice (4)



Napínací síla F_N a přídatná napínací síla F'_N :

a) pro elevátory pásové a řetězové s hladkými řetězovými kotouči:

- v případě, že hodnota T_1 z rovnice (5) je větší než hodnota z rovnice (6) platí:

$$F_N = 2 \cdot (k \cdot T_2 - H \cdot (q_2 + q_3)) \quad [N] \quad (9)$$

kde $k = 1,1$

a

$$F'_N = F_N - m_b \cdot g \quad [N] \quad (10)$$

- v případě, že hodnota T_1 z rovnice (5) je menší než hodnota z rovnice (6) platí:

$$F_N = m_b \cdot g \quad [N] \quad (11)$$

a podle rovnice (10)

$$F'_N = 0 \quad [N] \quad (12)$$

b) pro elevátory řetězové s řetězovými koly:

určíme z rovnic (10) a (11)

4.2 PŘESNÝ VÝPOČET

Celková obvodová síla F_o se určí jako součet složek sil F_1 až F_{10} :

$$F_o = \sum_{i=1}^8 F_i \quad [N] \quad (13)$$

složka obvodové síly F_1 potřebná k překonání odporu při nabírání dopravovaného materiálu:

$$F_1 = c_1 \cdot q_1 \quad [N] \quad (14)$$

kde

$$q_1 = \frac{Q_h \cdot g}{3600 \cdot v} \quad [N/m] \quad (15)$$

složka obvodové síly F_2 potřebná k zdvihání materiálu při plnění korečků:

$$F_2 = q_1 \cdot H \quad [N] \quad (16)$$

složka obvodové síly F_3 potřebná k překonání odporu při ohýbání tažného prostředku:

a) na napínacím bubnu pásových elevátorů:

$$F_3 = c_2 \cdot \left(\frac{F_N}{2} + F_D \right) \quad [N] \quad (17)$$



- b) na napínacím řetězovém kole resp. na hladkém řetězovém kotouči řetězových elevátorů:

$$F_3 = \mu_2 \cdot \frac{d_1}{D_2} \cdot F_N \quad [N] \quad (18)$$

kde F_N - hodnota podle rovnice (9) respektive (11)

$\mu_2 = 0,1$ až $0,3$ v kloubech pouzdrového řetěze

$\mu_2 = 0,4$ u svářených řetězů

složka obvodové síly F_4 potřebná k překonání odporu při ohýbání tažného prostředku:

- a) na hnacím řetězovém kole nebo na hladkém řetězovém kotouči řetězových elevátorů:

$$F_4 = \mu_2 \cdot \frac{d_1}{D_1} \cdot (T_1 + T_2) \quad [N] \quad (19)$$

- b) na hnacím bubnu pásových elevátorů:

$$F_4 = c_2 \cdot (T_1 + F_D) \quad [N] \quad (20)$$

kde T_1 - hodnota z rovnice (30) nebo z rovnic (5), (6)

T_2 - hodnota z rovnic (31), (32) nebo z rovnice (8)

složka obvodové síly F_5 potřebná k překonání odporu tření ložisek napínacího hřídele:

$$F_5 = \mu_3 \cdot \frac{d_2}{D_2} \cdot F'_N \quad [N] \quad (21)$$

kde $\mu_3 = 0,15$ pro kluzné uložení

$\mu_3 = 0,05$ pro valivé uložení

předběžně se volí $\frac{d_2}{D_2} = \left(\frac{1}{10} \text{ až } \frac{1}{16}\right)$

složka obvodové síly F_6 potřebná k překonání odporu tření ložisek poháněcího hřídele:

$$F_6 = \mu_3 \cdot \frac{d_3}{D_1} \cdot (T_1 + T_2) \quad [N] \quad (22)$$

předběžně se volí $\frac{d_3}{D_1} = \left(\frac{1}{5} \text{ až } \frac{1}{8}\right)$

T_1 - hodnota z rovnice (30) nebo z rovnic (5), (6)

T_2 - hodnota z rovnic (31), (32) nebo z rovnice (8)

složka obvodové síly F_7 potřebná k překonání odporu tření válečků nebo vedení od hmotnosti materiálu u šikmých a lomených elevátorů:

$$F_7 = \mu_4 \cdot q_1 \cdot L \quad [N] \quad (23)$$



kde $\mu_4 = 0,15$ pro kluzné uložení

$\mu_4 = 0,05$ pro valivé uložení

složka obvodové síly F_8 potřebná k překonání odporu tření válečků nebo vedení od hmotnosti tažného prostředku a korečků nabíhající a sbíhající větvi tažného prostředku u šikmých a lomených elevátorů:

$$F_8 = 2 \cdot \mu_4 \cdot (q_2 + q_3) \cdot L \quad [N] \quad (24)$$

složka obvodové síly F_9 potřebná k zdvihání tažného prostředku:

$$F_9 = p \cdot q_2 \cdot H \quad [N] \quad (25)$$

kde $p = 1$ pro pás nebo jednořetězové provedení

$p = 2$ pro dvojřetězové provedení

složka obvodové síly F_{10} potřebná k zdvihání korečků:

$$F_{10} = q_3 \cdot H \quad [N] \quad (26)$$

Výkon hnacího motoru:

$$P = \frac{F_o \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad [kW] \quad (27)$$

kde F_o - hodnota podle rovnice (13)

na základě vypočítaného výkonu podle rovnice (27) se vypočítá pro nejbližší zvolený výkon P_z obvodová síla:

$$F_o = \frac{1000 \cdot P_z \cdot \eta}{v} \quad [N] \quad (28)$$

Napínací síla F_N a přídatná napínací síla F'_N :

a) pro elevátory pásové a řetězové s hladkými řetězovými kotouči:

$$F_N = 2 \left(\frac{k}{e^{\mu \cdot \beta} - 1} \cdot F_o + \frac{F_8}{2} - F_9 - F_{10} \right) \quad [N] \quad (29)$$

kde $k = 1,1$

F_o – hodnota podle rovnice (28)

a podle rovnice (10)

$$F'_N = F_N - m_b \cdot g \quad [N]$$

když bude hodnota F'_N podle rovnice (10) záporná nebo rovná nule, napínací síla je podle rovnice (11):

$$F_N = m_b \cdot g \quad [N]$$



a

$$F'_N = 0 \quad [N]$$

b) pro elevátory řetězové s řetězovými koly:

podle rovnice (11)

$$F_N = m_b \cdot g \quad [N]$$

a podle rovnice (10)

$$F'_N = 0 \quad [N]$$

Tah v nabíhající větvi tažného prostředku:

$$T_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_5 + F_7 + \frac{F_8}{2} + F_9 + F_{10} + \frac{F_N}{2} \quad [N] \quad (30)$$

kde F_N - hodnota podle rovnice (29) nebo (11)

a) u nepodepřené větve:

$$T_2 = F_9 + F_{10} + \frac{F_N}{2} \quad [N] \quad (31)$$

b) u podepřené větve:

$$T_2 = F_9 + F_{10} + \frac{F_8}{2} + \frac{F_N}{2} \quad [N] \quad (32)$$

Celková odstředivá síla na hnacím bubnu, řetězovém kole nebo hladkém řetězovém kotouči:

$$F_c = (q_1 + q_2 + q_3) \cdot \frac{v^2}{g} \quad [N] \quad (33)$$

Napětí tažného prostředku:

a) od tahu v nabíhající větvi:

$$\sigma_t = \frac{T_1}{S} \quad [Pa] \quad (34)$$

kde T_1 - hodnota podle rovnice (30)

b) od celkové odstředivé síly na hnacím bubnu:

$$\sigma_c = \frac{F_c}{S} \quad [Pa] \quad (35)$$

kde F_c - hodnota podle rovnice (33)

c) od ohybu pásu při přechodu přes buben:

$$\sigma_o = E \cdot \frac{h}{D} \quad [Pa] \quad (36)$$



Výsledné napětí řetězu musí splňovat podmínku:

$$\sigma = \sigma_t + \sigma_c \leq \sigma_D \quad [Pa] \quad (37)$$

Výsledné napětí pásu musí splňovat podmínku:

$$\sigma = \sigma_t + \sigma_c + \sigma_o \leq \sigma_D \quad [Pa] \quad (38)$$



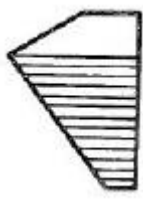
5 TEORETICKÝ PŘÍSTUP K VÝPOČTŮM

5.1 KOREČKY

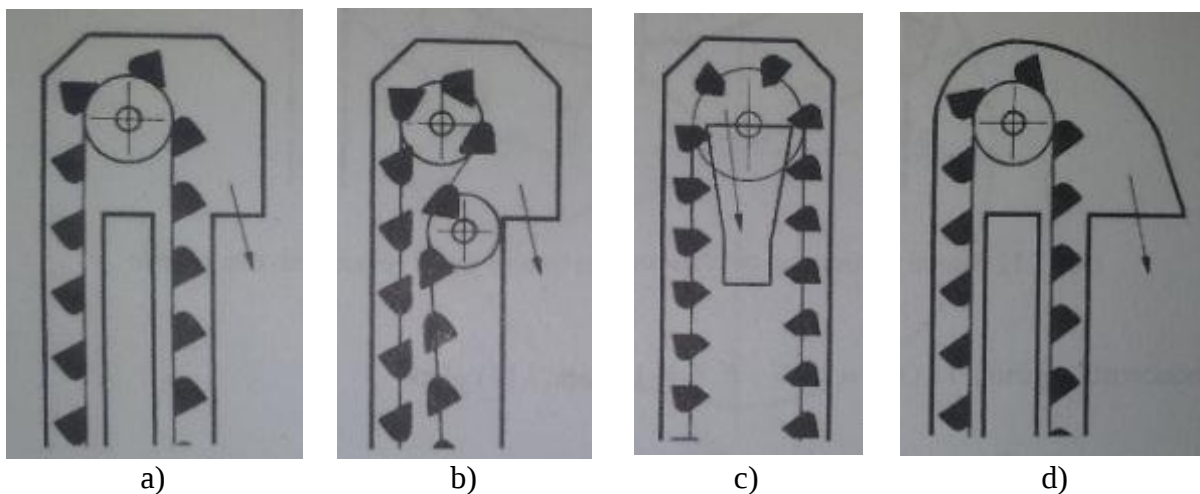
Tabulka 7 Volba profilu korečku [31]

Typ korečku podle STN 26 2008	Použití	Příklad použití
A – mělký přímý	Lehký, jemný náklad	mouka, krupice, šrot
B – mělký oblý	Lehký, zrnitý náklad	obilí, olejnatá semena, luštěniny
C – středně hluboký	Lepivý náklad	surový cukr, vlhké jemné uhlí
D – hluboký přímý	Těžký práškovitý až hrubě kusový náklad	písek, cement, uhlí
E – hluboký s ohnutou zadní stěnou	Lehce tekoucí nebo odvalující se náklad	brambory, popílek
F – hluboký ostroúhlý		černé uhlí

Tabulka 8 Tvary korečků [34]

A – mělký přímý	B – mělký oblý	C – středně hluboký
		
D – hluboký přímý	E – hluboký s ohnutou zadní stěnou	F – hluboký ostroúhlý
		

5.2 VYPRAZDŇOVÁNÍ KOREČKŮ [31]

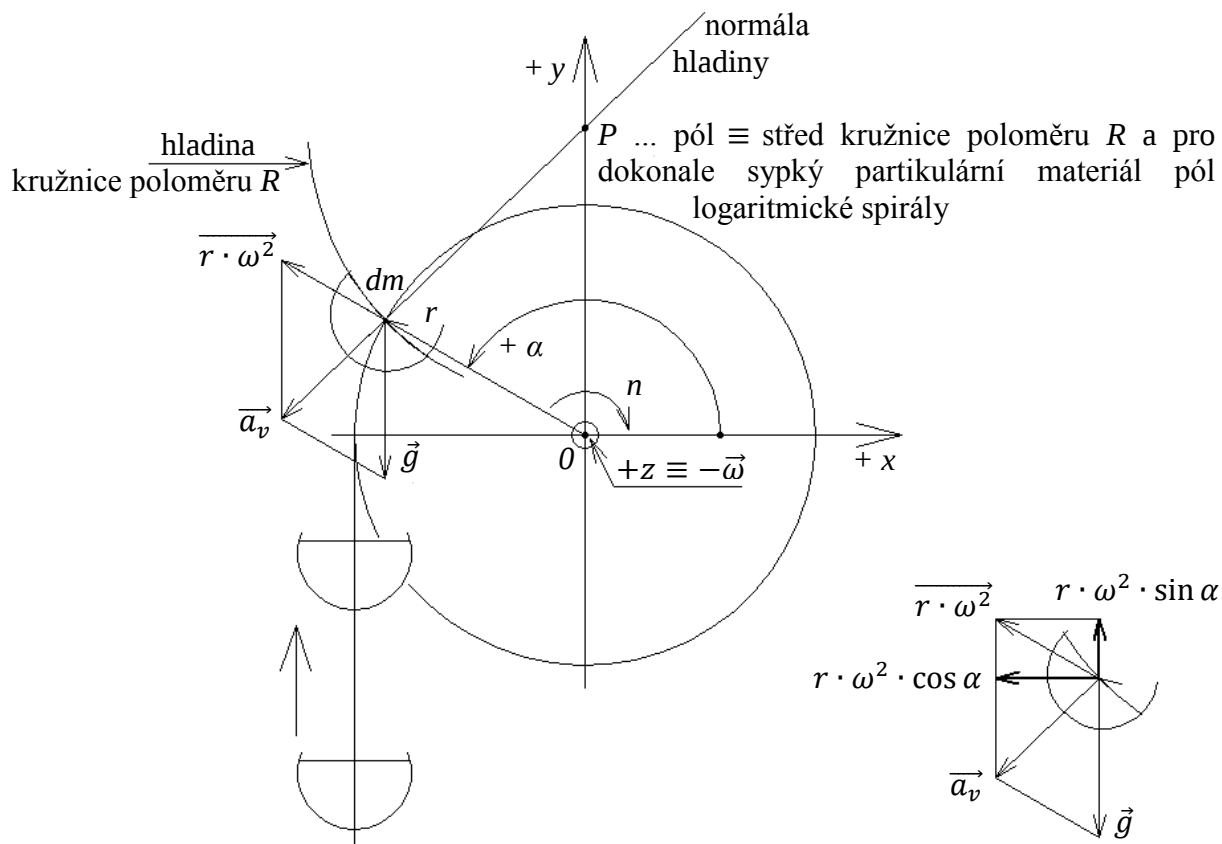


Obrázek 22 Způsoby vyprazdňování

a - gravitační řízené přes zadní stěnu korečku, b - gravitační s odklonem vratné větve, c - gravitační středem, d - odstředivou silou

5.3 ODVOZENÍ ROVNICE KŘIVKY HLADINY PRO IDEÁLNÍ KAPALINU [32]

Hladinu tvoří kružnice - průvodič s tečnou svírá vždy úhel $(\pi/2)$.



Obrázek 23 Tvar hladiny ideální kapaliny



Coriolisovo zrychlení $a_c = 2 \cdot \vec{\omega} \cdot x \cdot \vec{v}_r$ závislé též na tvaru korečku, je zde zanedbáno.

Ideální kapalina (s nulovým třením) v korečku obecného tvaru vlivem odstředivého zrychlení $r \cdot \omega^2$ a tíhového zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ vytvoří hladinu ($p [\text{Pa}] = \text{konst.}$) ve tvaru válce. dm je element hmoty ideální kapaliny

Změna úhlu natočení korečku $\Delta\alpha = \omega \cdot t$, zde ω má hodnotu zápornou (viz Obrázek 23 Tvar hladiny ideální kapaliny), tedy proti kladnému směru osy z .

Výsledné zrychlení

$$\vec{a}_v = \vec{g} + \overrightarrow{r \cdot \omega^2} \quad (39)$$

$$\vec{a}_v \equiv \{a_{vx}; a_{vy}\} \equiv \{r \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha; -g + r \cdot \omega^2 \cdot \sin \alpha\} \quad (40)$$

působí na element hmoty dm . Platí:

$$\sin \alpha = \sin (\pi - \alpha) \quad (41)$$

$$\cos \alpha = -\cos(\pi - \alpha) \quad (42)$$

tedy

$$a_{vx} = r \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha = \frac{x}{\cos \alpha} \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha = x \cdot \omega^2 \quad (43)$$

hodnota je záporná, a_{vx} směřuje proti ose $+x$

$$a_{vy} = -g + r \cdot \omega^2 \cdot \sin \alpha = -g + \frac{y}{\sin \alpha} \cdot \omega^2 \cdot \sin \alpha = -g + y \cdot \omega^2 \quad (44)$$

hodnota je záporná, a_{vy} směřuje proti ose $+y$

Směrnice normály hladiny v souřadném systému x, y :

$$k_n = \frac{-g + y \cdot \omega^2}{x \cdot \omega^2} = \frac{a_{vy}}{a_{vx}} \quad (45)$$

Směrnice tečny hladiny v souřadném systému x, y :

$$k_t = -\frac{1}{k_n} = \frac{x \cdot \omega^2}{g - y \cdot \omega^2} = \frac{dy}{dx} \quad (46)$$

Integrací rovnice směrnice tečny dostaneme funkci - rovnici **křivky** k této tečně

$$(g - y \cdot \omega^2) \cdot dy = x \cdot \omega^2 \cdot dx \quad (47)$$

$$\int (-g + \omega^2 \cdot y) \cdot dy + \int \omega^2 \cdot x \cdot dx = 0 \quad (48)$$



$$-g \cdot y + \frac{\omega^2}{2} \cdot y^2 + \frac{\omega^2}{2} \cdot x^2 = C_1 / \cdot \frac{2}{\omega^2} \quad (49)$$

$$x^2 + y^2 - \frac{2 \cdot g}{\omega^2} \cdot y = C \quad (50)$$

P - pól $\equiv$ střed kružnice o poloměru R , má vždy souřadnice:

$$P \equiv \left\{0; \frac{g}{\omega^2}\right\} \quad (51)$$

$$\left(y^2 - \frac{2 \cdot g}{\omega^2} \cdot y + \frac{g^2}{\omega^4}\right) - \frac{g^2}{\omega^4} + x^2 = C \quad (52)$$

Rovnice kružnice s posuvem středu do y_s :

$$(y - y_s)^2 + x^2 = R^2 \quad (53)$$

$$\left(y - \frac{g}{\omega^2}\right)^2 + x^2 = C + \frac{g^2}{\omega^4} = R^2 \quad (54)$$

5.4 ROVNICE KŘIVKY HLADINY PRO PARTIKULÁRNÍ MATERIÁL [33]

Křivku hladiny tvoří logaritmická spirála – průvodič s tečnou svírá vždy úhel $\tau = \frac{\pi}{2} - \varphi = \text{konstatní}$.

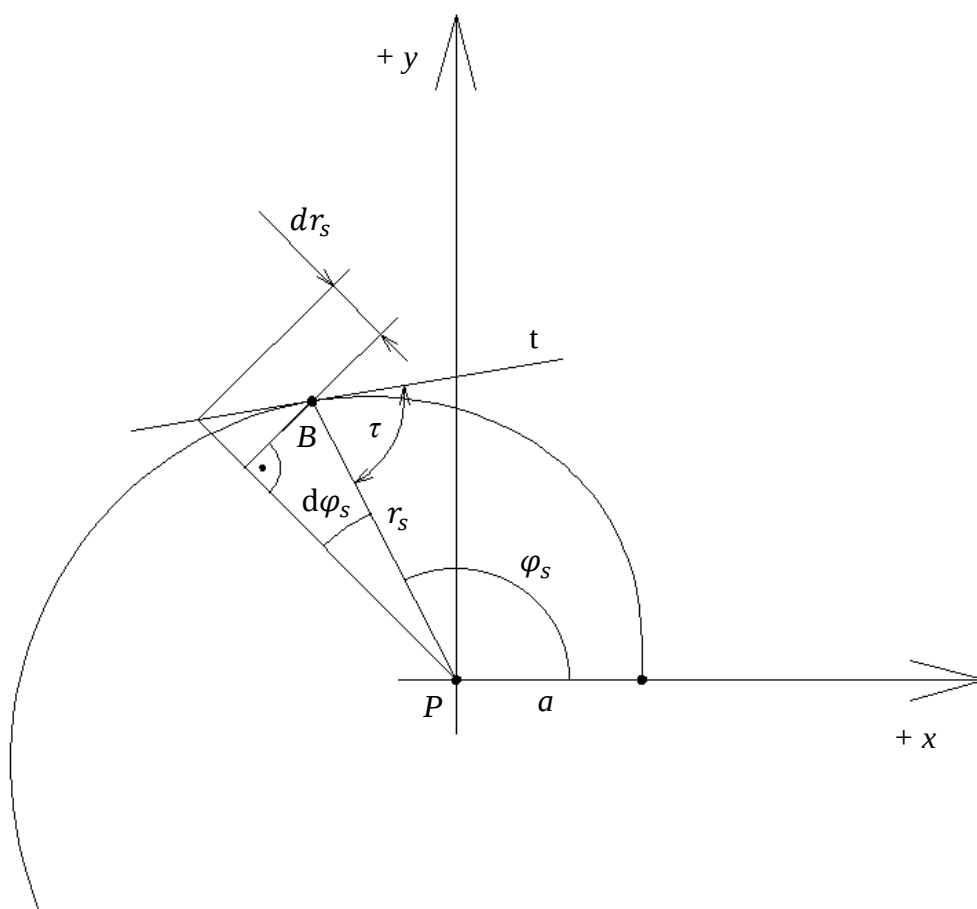
Logaritmická spirála je křivka, jejíž poloměr r_s roste exponenciálně s velikostí úhlu φ . Polární rovnice logaritmické spirály je:

$$r_s = a \cdot e^{b \cdot \varphi_s} \quad (55)$$

Tečný úhel τ je úhel, který svírá pro daný bod spirály průvodič s tečnou ve stejném bodě (viz Obrázek 24 Logaritmická spirála). Další možné vyjádření rovnice logaritmické spirály získáme úpravou:

$$\ln \frac{r_s}{a} = b \cdot \varphi_s \quad (56)$$

Z tohoto vztahu také vznikl název křivky „logaritmická spirála“.



Obrázek 24 Logaritmická spirála

Rovnici této křivky lze vyjádřit také parametricky:

$$x = r_s \cdot \cos \varphi_s = a \cdot e^{b \cdot \varphi_s} \cdot \cos \varphi_s \quad (57)$$

$$y = r_s \cdot \sin \varphi_s = a \cdot e^{b \cdot \varphi_s} \cdot \sin \varphi_s \quad (58)$$

Pro hodnoty $b \rightarrow 0$ se bude tvar spirály blížit kružnici. Pro $b=0$ dostáváme:

$$x = a \cdot \cos \varphi_s \quad (59)$$

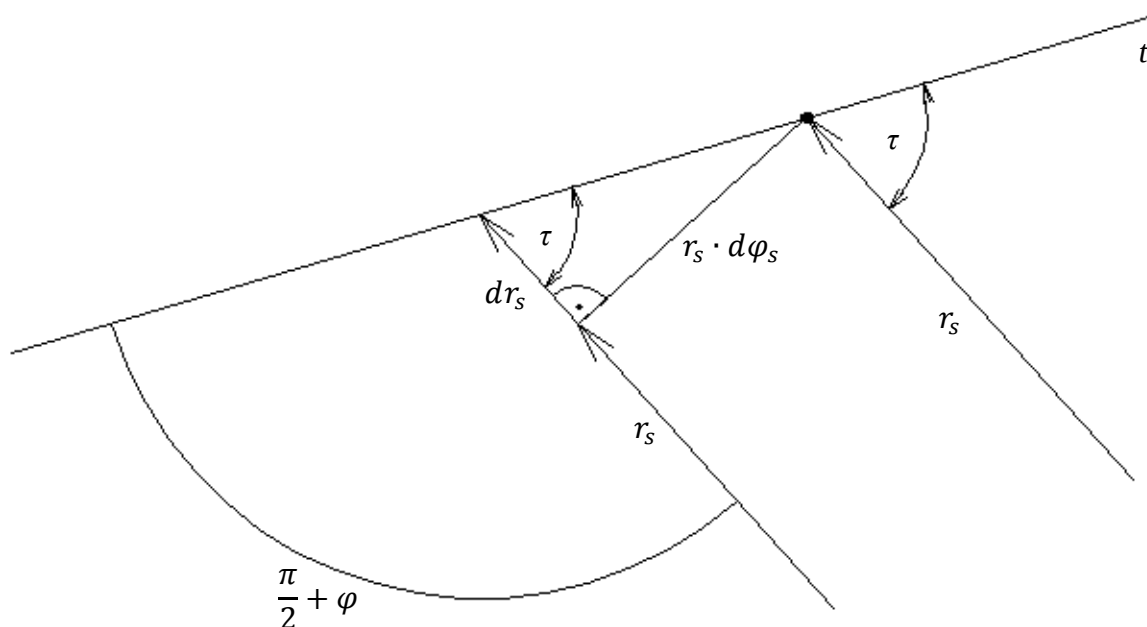
$$y = a \cdot \sin \varphi_s \quad (60)$$

tedy rovnici kružnice s poloměrem a .

Růst poloměru r_s můžeme vyjádřit pomocí derivace rovnice (55) kde derivujeme r_s podle φ_s :

$$r_s = a \cdot e^{b \cdot \varphi_s}$$

$$\frac{dr_s}{d\varphi_s} = a \cdot b \cdot e^{b \cdot \varphi_s} = b \cdot r_s \quad (61)$$



Obrázek 25 Schéma přírůstku poloměru

Pro tečný úhel τ , který svírá průvodič s tečnou pro daný bod B (r, φ) platí:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{r_s \cdot d\varphi_s}{dr_s} = \frac{r_s}{\frac{dr_s}{d\varphi_s}} = \operatorname{konst.} \quad (62)$$

tedy

$$\tau = \operatorname{arctg} \frac{r_s}{\frac{dr_s}{d\varphi_s}} \quad (63)$$

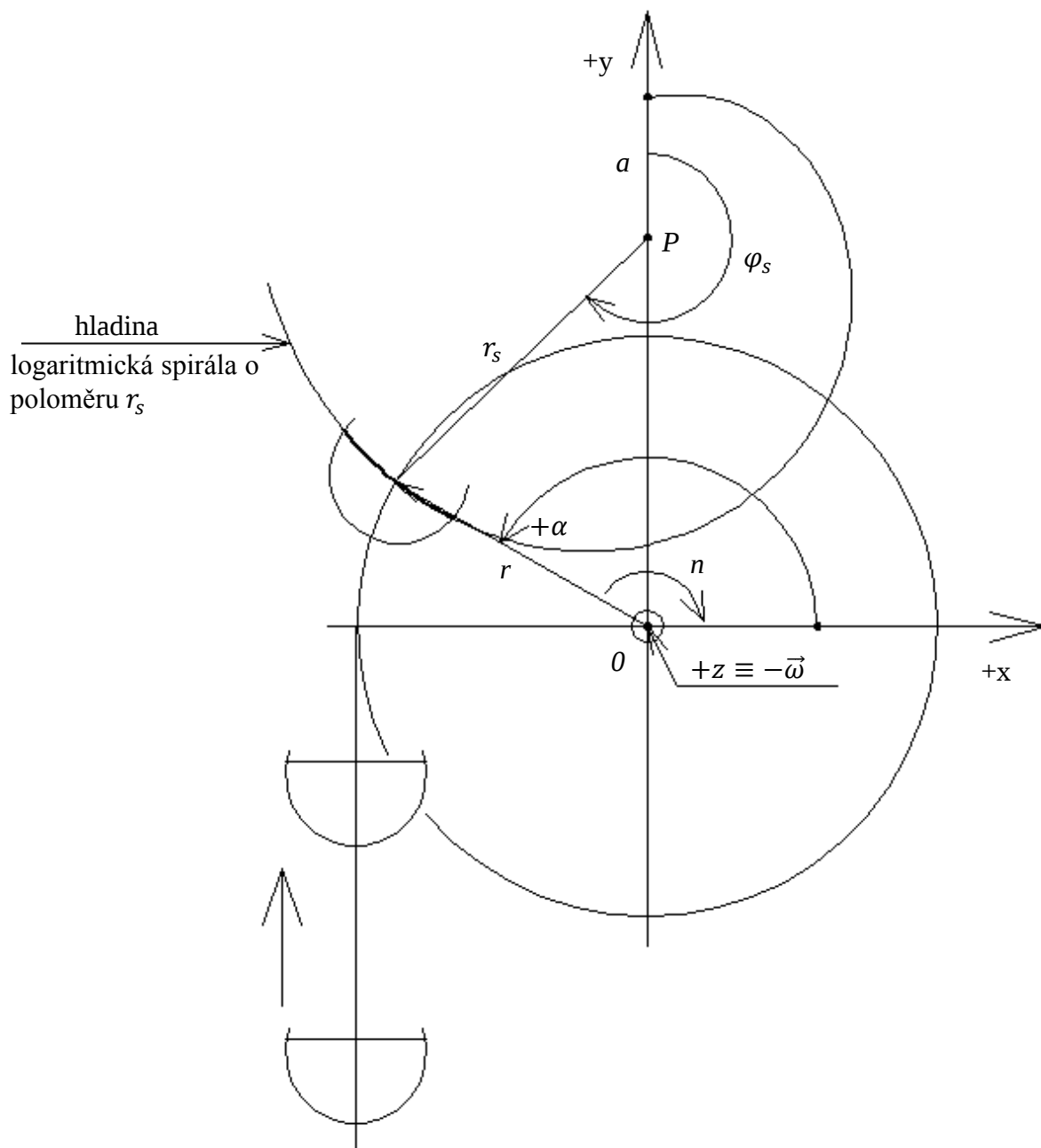
po dosazení za $\frac{dr_s}{d\varphi_s}$ z rovnice (61) dostaneme výsledek:

$$\tau = \operatorname{arctg} \frac{1}{b} \quad (64)$$

Odtud je opět vidět, že když $b \rightarrow 0$, pak $\frac{1}{b} \rightarrow \infty$ a $\operatorname{arctg} \frac{1}{b} \rightarrow \frac{\pi}{2}$. Tedy tvar spirály se blíží kružnici (tečna kružnice v každém bodě svírá s průvodičem příslušným danému bodu úhel $\frac{\pi}{2}$). Také je z tohoto vztahu zřejmé a bylo tímto ověřeno tvrzení v úvodu této kapitoly, že tečný úhel τ je konstantní, tedy roven $\frac{\pi}{2} - \varphi$, pro každý bod spirály, protože parametr b je konstantní.



Po posunutí pólu logaritmické spirály na souřadnice $P \equiv \left\{0; \frac{g}{\omega^2}\right\}$ (posunutí odvozeno a vysvětleno v kapitole 5.3) dostáváme tvar hladiny v korečku, který je naplněn partikulárním materiálem.



Obrázek 26 Aplikace logaritmické spirály



6 PŘEHLED DOPRAVOVANÝCH MATERIÁLŮ

6.1 CHARAKTERISTIKY MATERIÁLŮ

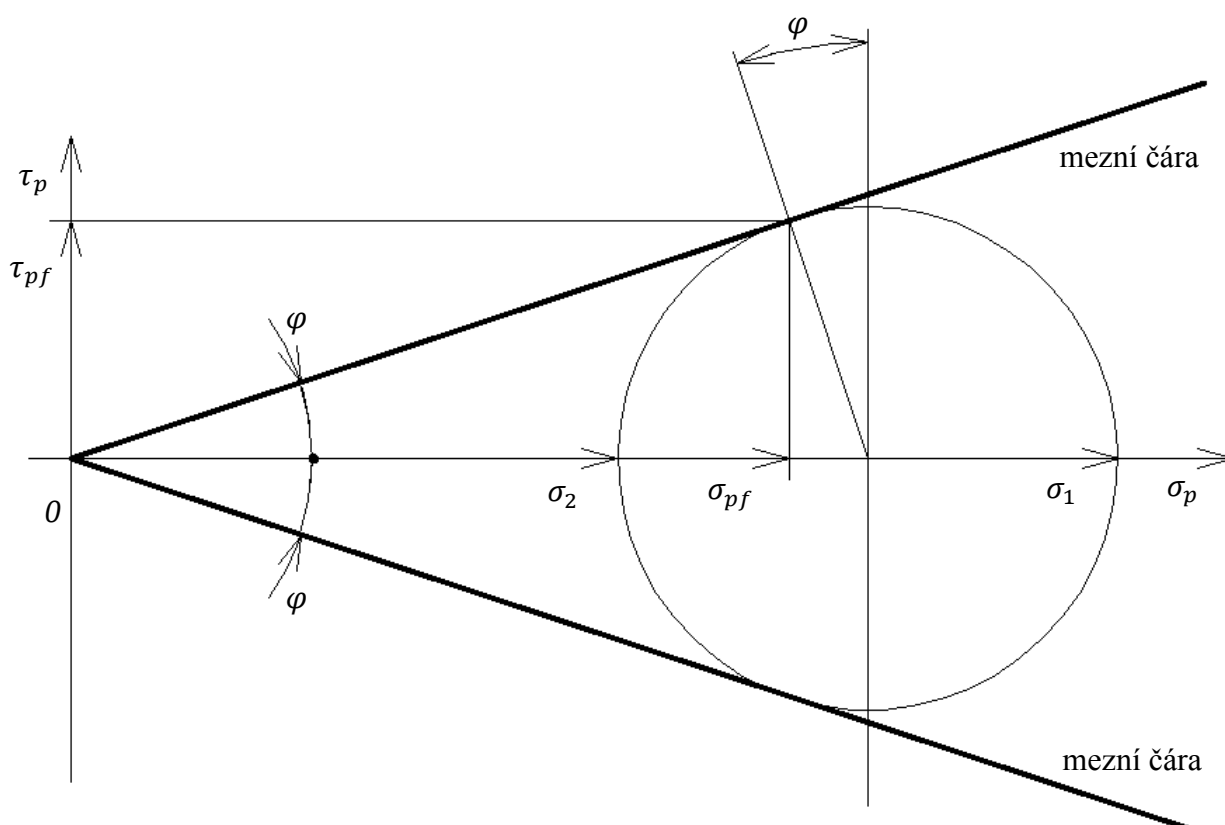
Tzv. mezní stavy přetvářených materiálů existují při napjatosti na mezi plastického a někdy existujícího (nezanedbatelného) pružného přetvoření.

Mezní Mohrova kružnice je dána hodnotami σ_1 a σ_2 - obsahuje alespoň dva body, ve kterých je mezní stav napjatosti dán hodnotami mezních napětí τ_f , σ_f .

Mezní čára leží v Mohrově rovině a je obalovou křivkou (přímkou) všech mezních Mohrových kružnic. Její tvar závisí na fyzikálně mechanických a základních vlastnostech materiálu. Určuje se experimentálně.

6.1.1 DOKONALE SYPKÉ A NESOUDRŽNÉ PARTIKULÁRNÍ MATERIÁLY

U ideálních materiálů je mezní čára tvořena přímkou, respektive dvěma přímkami, které prochází počátkem Mohrovy roviny.

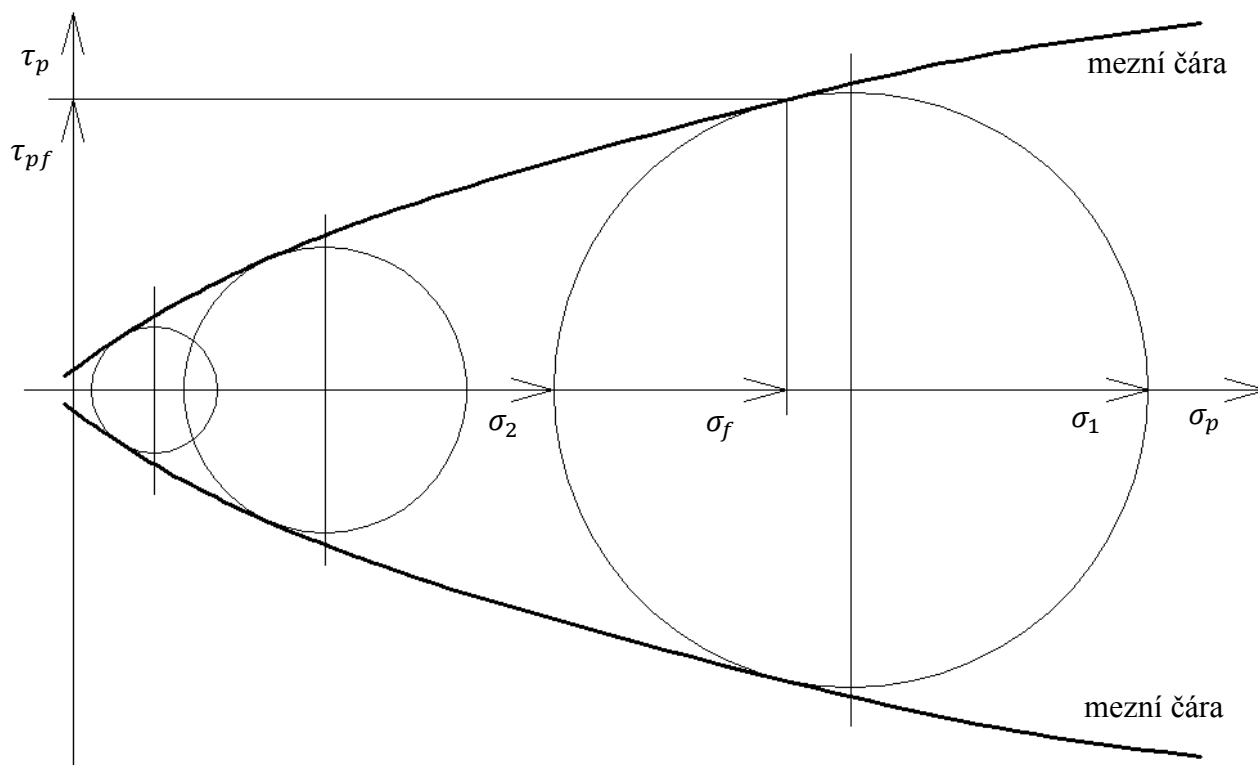


Obrázek 27 Mezní čára dokonale sypké a nesoudržné partikulární látky



6.1.2 PARTIKULÁRNÍ MATERIÁLY S KOHEZÍ

U většiny materiálů nelze materiálovou charakteristiku, tedy mezní čáru, popsat jako lineární závislost a proto tuto závislost tvoří křivky, které neprocházejí počátkem Mohrovy roviny



Obrázek 28 Mezní čára partikulární látky s kohezí

6.2 VYBRANÉ TECHNICKÉ PARAMETRY PARTIKULÁRNÍCH MATERIÁLŮ

Tabulka 9 Frakce zeminy [37]

Název frakce		Velikost zrn [mm]
Jíl		< 0,002
Prach		0,002 – 0,06
Písek	jemný	0,06 – 0,2
	střední	0,2 – 0,6
	hrubý	0,6 – 2
Štěrk	drobný	2 – 6
	střední	6 – 20
	hrubý	20 – 60
Kameny		60 – 200
Balvany		> 200



Tabulka 10 Pórovitost zemin [37]

Druh zeminy	Písky	Hlíny	Jílovité zeminy	Jíly
Pórovitost [%]	25 – 38	36 – 44	40 – 48	46 – 55

Tabulka 11 Objemové hmotnosti dopravovaných materiálů [34]

Dopravovaný materiál		Objemová sypná hmotnost [kg/m³]	Objemová hmotnost [kg/m³] [35]	Úhel vnitřního tření φ [°] [36]	Sypný úhel [°]
Hnědé uhlí těžené z dolů		800 – 1000	600 – 800	35	20
Černé uhlí těžené z dolů		850 – 1100	700 – 900		
Koks kusový		350 – 500	380 – 600	40	
Štěrka kopaná		1800 – 2000	1500 – 2000	35	
Obilná zrna, mouka, škrob		400 – 800	600 – 800, 600, 1500	25,40,35	
Písek suchý smíšený, se štěrkem		1300 – 1600	1350 – 1650	35	30
Hlína	hroudý	1400 – 1500	1600	28	
	suchá jemná	1600			
Kámen drcený		1500 – 2000	1500 – 2000	35	
Struska, škvára do zrnění 100 mm		600 – 1000	650 – 750	30-35,45	
Vlhký písek		2000	1700 – 2050	35	35



ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat rozbor konstrukčních řešení korečkových elevátorů, dopravníků, rypadel, bagrů, včetně příslušných výrobců. V druhé části popsat teoretický i technický přístup k výpočtům. A na závěr uvést přehled dopravovaných materiálů včetně některých dostupných technických parametrů.

V první části se podařilo najít velké množství výrobců daných korečkových zařízení s některými hlavními parametry, nicméně problémem této části bylo nalézt potřebnou dokumentaci k nalezeným typům zařízení jednotlivých výrobců. Velké množství informací bylo nutné vyhledávat u zahraničních firem, které ve většině poskytovaly podrobnější informace.

Ve výpočtech bylo úkolem popsat teoretický i technický přístup k nim. Stěžejní částí bylo teoretické odvození logaritmické spirály, která tvoří hladinu partikulárního materiálu v korečku. Technické výpočty vychází z norem a zabývají se základními výpočty potřebnými pro návrh zařízení.

Ve třetí části byl uveden přehled některých dopravovaných materiálů včetně dostupných technických parametrů.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] TRANSYS spol. s.r.o. *Profil společnosti*. [Online] TRANSYS spol. s.r.o. [Citace: 10.4.2014] <http://www.transys.cz/profil.php>
- [2] TRANSYS spol. s.r.o. *Produkty*. [Online] TRANSYS spol. s.r.o. [Citace: 10.4.2014] <http://www.transys.cz/prod-korec.php>
- [3] Kešner a.s. *O společnosti*. [Online] Kešner a.s. [Citace: 10.4.2014] <http://www.kesner.cz/o-spolecnosti.html>
- [4] Kešner a.s. *Korečkový elevátor pásový (KEP)* [Online] Kešner a.s. [Citace: 10.4.2014] <http://www.kesner.cz/cz/produkt/koreckovy-elevator-pasovy-kep/>
- [5] Kešner a.s. *Korečkový elevátor řetězový (KER)* [Online] Kešner a.s. [Citace: 10.4.2014] <http://www.kesner.cz/cz/produkt/koreckovy-elevator-retezovy-ker/>
- [6] MOZA s.r.o. *Představení firmy*. [Online] MOZA s.r.o. [Citace: 12.4.2014] <http://www.moza.cz/>
- [7] MOZA s.r.o. *Korečkové elevátory typ ME 01*. [Online] MOZA s.r.o. [Citace: 12.4.2014] www.moza.cz/get.php?id=71
- [8] ByaS s.r.o. *O společnosti ByaS s.r.o.* [Online] ByaS s.r.o. [Citace: 12.4.2014] <http://www.byas.cz/skupina-byas/o-spolecnosti-byas-s-r-o/>
- [9] ByaS s.r.o. *Korečkové elevátory*. [Online] ByaS s.r.o. [Citace: 12.4.2014] <http://www.byas.cz/vyroba-a-sluzby/vyrobni-program-byas-s-r-o/elevator/>
- [10] Kongskilde industries a.s. *Bucket elevator – KBE*. [Online] Kongskilde industries a.s. [Citace: 12.4.2014] <http://www.kongskilde.com/Agriculture/Grain/Mechanical%20Grain%20Conveying/Mechanical%20Grain%20Conveying/Bucket%20elevator%20%20%20KBE>
- [11] Kongskilde industries a.s. *Brochures*. [Online] Kongskilde industries a.s. [Citace: 12.4.2014] <http://www.kongskilde.com/~media/DLG/Kongskilde/DownloadLib/Brochures/Grain%20Handling/Mechanical%20Grain%20Conveying/121001824%20EXP%20GB%20Mechanical%20Grain%20Conveying%20BRO%200313.pdf>
- [12] Meyer industries, inc. *High capacity 482 series*. [Online] Meyer industries, inc. [Citace: 13.4.2014] <http://www.meyer-industries.com/bucket-elevators/high-capacity-482-series>
- [13] Meyer industries, inc. *Medium capacity 462 series*. [Online] Meyer industries, inc. [Citace: 13.4.2014] <http://www.meyer-industries.com/bucket-elevators/medium-capacity-462-series>
- [14] Meyer industries, inc. *Low capacity 452 series*. [Online] Meyer industries, inc. [Citace: 13.4.2014] <http://www.meyer-industries.com/bucket-elevators/low-capacity-452-series>



- [15] Agrico s.r.o. *O firmě*. [Online] Agrico s.r.o. [Citace: 20.4.2014] <http://www.agrico.cz/o-firme.html>
- [16] Agrico s.r.o. *Korečkový dopravník – elevátor*. [Online] Agrico s.r.o. [Citace: 20.4.2014] <http://www.agrico.cz/koreckovy-dopravnik-elevator-2-60.html>
- [17] Sandvik AB Sandvik Construction. *PE100-1600/1,5x20*. [Online] Sandvik AB Sandvik Construction [Citace: 20.4.2014] <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/PE100-1600>
- [18] Sandvik AB Sandvik Construction. *PE100-1500/1,5x24,4*. [Online] Sandvik AB Sandvik Construction [Citace: 20.4.2014] <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/PE100-1500>
- [19] Sandvik AB Sandvik Construction. *PE200-1400/2x30*. [Online] Sandvik AB Sandvik Construction [Citace 20.4.2014] <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/PE200-1400>
- [20] Takraf GmbH. *Bucket wheel excavator SRs 8000*. [Online] Takraf GmbH [Citace: 20.4.2014] http://www.takraf.com/Reference-Sheet_SRs-8000_BWE_Hambach.pdf
- [21] Takraf GmbH. *Bucket wheel excavator SRs 4000.36/2,5.0+VR*. [Online] Takraf GmbH [Citace: 20.4.2014] http://www.takraf.com/MediaLibrary/Reference-Sheet_SRs-4000.36_BWE_Trojanowo-North.pdf
- [22] Takraf GmbH. *Bucket wheel excavator SRs(H) 1050.23/2.0*. [Online] Takraf GmbH [Citace: 20.4.2014] http://www.takraf.com/MediaLibrary/Reference-Sheet_SRs-1050_CBWE_Brod-Gneotino.pdf
- [23] Takraf GmbH. *Bucket wheel excavator SRs 6300*. [Online] Takraf GmbH [Citace: 20.4.2014] http://www.takraf.com/Reference-Sheet_SRs-6300_BWE_Nochten.pdf
- [24] Takraf GmbH. *Bucket chain excavator ERs (K) 800*. [Online] Takraf GmbH [Citace: 20.4.2014] http://www.takraf.com/References/Reference-Sheet_ERs-800_BCE_Nasarowo.pdf
- [25] Takraf GmbH. *Bucket chain excavator ERs 500*. [Online] Takraf GmbH [Citace: 20.4.2014] http://www.takraf.com/References/Reference-Sheet_ERs-500_BCE_Maritz-East.pdf
- [26] Pro Sand Engineering s.r.o. *Profil společnosti*. [Online] Pro Sand Engineering s.r.o. [Citace: 20.4.2014] <http://www.prosand.cz/profil-spolecnosti.php>
- [27] Pro Sand Engineering s.r.o. *Korečkový bagr plovoucí*. [Online] Pro Sand Engineering s.r.o. [Citace: 20.4.2014] <http://www.prosand.cz/koreckovy-bagr-plovouci.php>
- [28] Rohde Nielsen a.s. *Company profile*. [Online] Rohde Nielsen a.s. [Citace: 20.4.2014] http://www.rohde-nielsen.dk/Company_Profile_2012_web.pdf
- [29] Rohde Nielsen a.s. *Bucket dredger Ajax R*. [Online] Rohde Nielsen a.s. [Citace: 20.4.2014] <http://www.rohde-nielsen.dk/files/3013/7202/9789/Ajax-R.pdf>



- [30] Rohde Nielsen a.s. *Bucket dredger Frigg R*. [Online] Rohde Nielsen a.s. [Citace: 20.4.2014] <http://www.rohde-nielsen.dk/files/7113/7202/9846/Frigg-R.pdf>
- [31] BIGOŠ, P., J. KUL'KA, M. KOPAS, M. MANTIČ. *Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení*. Košice: TYPOPRESS, 2012. s. 239-246. ISBN 978-80-553-1187-6.
- [32] Soukromé materiály vedoucího práce, doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. Brno: 24.5.2014.
- [33] Fakulta aplikovaných věd ZČU v Plzni. Oddělení geometrie katedry matematiky. *Logaritmická spirála*. [Online] Fakulta aplikovaných věd ZČU v Plzni. [Citace: 2.5.2014] <http://geometrie.kma.zcu.cz/work/KS/LogSpir/LogaritmickaSpirala.pdf>
- [34] GAJDŮŠEK J., ŠKOPÁN M., *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*, VUT Brno, 1988
- [35] Morkus Morava s.r.o. *Objemové hmotnosti skladovaných a přepravovaných komodit v zemědělství a průmyslu*. [Online] Morkus Morava s.r.o. [Citace: 18.5.2014] <http://www.sila-nadrze.cz/objemove-hmotnosti.html>
- [36] Fakulta architektury ČVUT v Praze. Pomůcky. *Objemové hmotnosti*. [Online] Fakulta architektury ČVUT v Praze. [Citace: 18.5.2014] *Objemové hmotnosti*
- [37] VOŠTOVÁ V., *Teorie stavebních strojů I*, ČVUT Praha, 1992



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[mm]	konstantní parametr
a_v	[m/s ²]	výsledné zrychlení působící na obsah korečku
a_{vx}	[m/s ²]	výsledné zrychlení působící na obsah korečku rozložené do směru x
a_{vy}	[m/s ²]	výsledné zrychlení působící na obsah korečku rozložené do směru y
B	[-]	obecný bod logaritmické spirály
b	[mm]	konstantní parametr
c_1	[-]	součinitel odporu při nabírání dopravovaného materiálu
c_2	[-]	součinitel odporu při ohýbání pásu
D	[m]	průměr bubnu
d_1	[m]	průměr čepu u pouzdrových řetězů nebo tloušťka článku u článkových řetězů
D_1	[m]	průměr hnacího bubnu, řetězového kotouče nebo roztečný průměr řetězových kol
D_2	[m]	průměr napínacího bubnu, řetězového kola nebo řetězového kotouče
d_2	[m]	průměr hřídele napínacího bubnu, řetězového kola nebo řetězového kotouče v ložisku
d_3	[m]	průměr hřídele napínacího bubnu, řetězového kola nebo řetězového kotouče
E	[Pa]	modul pružnosti pásu
F_D	[N]	dovolené zatížení pásu
g	[m/s ²]	tíhové zrychlení
H	[m]	výška elevátoru
h	[m]	tloušťka pásu
k	[-]	součinitel bezpečnosti proti prokluzování uvažující vliv zrychlujících sil při rozběhu elevátoru
L	[m]	vodorovná osová vzdálenost bubnů, respektive řetězových kol
m_b	[kg]	hmotnost napínacího bubnu, řetězového kola nebo hladkého řetězového kotouče s příslušenstvím
m_k	[kg]	hmotnost korečku
n	[min ⁻¹]	otáčky horního bubnu korečku
p	[-]	počet tažných prostředků jedné větve
P	[-]	pól spirály
P_z	[kW]	výkon zvoleného elektromotoru
q_1	[-]	délkové zatížení tažného prostředku od hmotnosti dopravovaného materiálu



q_2	[N/m]	délkové zatížení tažného prostředku od vlastní hmotnosti
q_3	[N/m]	délkové zatížení tažného prostředku od hmotnosti korečků
r	[mm]	poloměr trajektorie korečku, se středem v bodě 0
r_s	[mm]	poloměr logaritmické spirály
S	[m ²]	plocha průřezu tažného prostředku v nejslabším místě
t	[-]	tečna
t_k	[m]	rozteč korečků
v	[m/s]	rychlost korečků (dopravní rychlost)
V_k	[m ³]	objem korečku
x	[mm]	souřadnice obecného bodu logaritmické spirály v ose X
y	[mm]	souřadnice obecného bodu logaritmické spirály v ose Y
α	[°]	úhel mezi kladnou osou x a poloměrem trajektorie korečku
β	[rad]	úhel opásání
γ	[°]	úhel vnitřního tření partikulárního materiálu
η	[-]	účinnost převodu od motoru po poháněcí hřídel
μ	[-]	součinitel tření mezi tažným prostředkem a bubnem nebo hladkým řetězovým kolem
μ_1	[-]	celkový součinitel odporu
μ_2	[-]	součinitel tření
μ_3	[-]	součinitel odporu tření ložisek
μ_4	[-]	součinitel odporu tření ložisek
ρ	[kg·m ³]	hustota materiálu
σ_D	[Pa]	dovolené napětí tažného prostředku
τ	[°]	tečný úhel
φ	[°]	úhel vnitřního tření partikulárního materiálu
φ_s	[°]	úhel příslušný příslušnému bodu B logaritmické spirály
ψ	[-]	součinitel plnění $\psi < 1$
ω	[rad/s]	úhlová rychlost
τ_p, τ_{pf}	[MPa]	mezní smykové napětí v kluzné rovině
σ_p, σ_{pf}	[MPa]	mezní normálové napětí v kluzné rovině
σ_1, σ_2	[MPa]	maximální, minimální normálové napětí v Mohrově kružnici