



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

KOREČKOVÉ ELEVÁTORY

BUCKET ELEVATORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Štěpán Cajzl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Štěpán Cajzl
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

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

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Celkový přehled a soupis konstrukčních řešení korečkových elevátorů, dopravníků, rypadel, bagrů, jejich parametrů, včetně příslušných výrobců.

Cíle bakalářské práce:

Vypracovat technickou zprávu:

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

Seznam literatury:

Shigley, J.E., Mischke, Ch.R., Budynas, R.G. (2010): Konstruování strojních součástí. ISBN 978-8-214-2629-0.

Bigoš, P., Kulka, J., Kopas, M., Mantič, M. (2012): Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. TU v Košiciach. ISBN 978-80-553-1187-6.

Zegzulka, J. (1999): Vliv mechanicko-fyzikálních vlastností sypkých hmot na konstrukci dopravních, úpravnických a skladovacích zařízení. TU Ostrava.

Malášek, J. (2005): Stroje pro výrobu stavebních materiálů a stavebních dílců. VUT v Brně.

Rozbroj, J. (2013): Simulace (DEM) pohybu partikulární hmoty ve šnekovém dopravníku v aplikaci na konstrukci svislého šneku. Disertační práce. VŠB-TU Ostrava.

Medek, J. (1998): Mechanické pochody. VUT v Brně. ISBN 80-214-1284-x.

Jančík, L. (2004): Části a mechanismy strojů. ČVUT Praha.

Klimeš, P. (2003): Části a mechanismy strojů I, II. VUT v Brně.

Gajdůšek, J., Škopán, M. (1988): Teorie dopravních a manipulačních zařízení. VUT v Brně.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty



ABSTRAKT

Úkolem této rešeršní bakalářské práce je uvést přehled výrobců a jejich zařízení využívající korečků k dopravě nebo získávání materiálu. Jedná se o korečkové dopravníky, kolesová rypadla a korečková rypadla. V další části se práce zabývá teoretickým přístupem k výpočtům, kdy tvar hladiny partikulárního materiálu tvoří logaritmická spirála. V technické části výpočtů se práce věnuje návrhovým výpočtům jednotlivých částí elevátoru. V poslední části práce je uveden přehled dopravovaných materiálů a jejich parametry.

KLÍČOVÁ SLOVA

koreček, korečkový elevátor, vyprazdňování, dopravník, dopravovaný materiál

ABSTRACT

The aim of this research thesis is to provide an overview of manufacturers that are using buckets for transportation or acquisition of material and the equipment of these manufactures. It is the bucket conveyors, bucket wheel excavators and bucket chain excavators. The next part of this thesis focuses on the theoretical approach towards the calculation when the shape of the surface of the particular material forms a logarithmic spiral. Within the technical part of the calculation this thesis focuses on forms of calculation of individual parts of the elevator. The last part is an overview of transportation materials and their characteristics.

KEYWORDS

bucket, bucket elevator, emptying, conveyor, conveyed material



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CAJZL, Š. Korečkové elevátory. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 61 s. Vedoucí diplomové 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 25. května 2016

.....

Štěpán Cajzl



PODĚKOVÁNÍ

Tímto chci poděkovat vedoucímu bakalářské práce, panu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při jejím zpracování. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a trpělivost po celou dobu studia.



OBSAH

Úvod	11
1 Korečkový elevátor.....	12
1.1 Tažný orgán	13
1.1.1 Řetěz	13
1.1.2 Pás.....	13
1.2 Korečky.....	14
1.2.1 Plnění korečků	15
1.2.2 Rozteč korečků	16
1.2.3 Vyprazdňování korečků.....	16
1.3 Napínací zařízení	18
1.4 Pohon	18
1.5 Nosná konstrukce.....	19
2 Výrobci korečkových elevátorů.....	20
2.1 MOZA, s.r.o.....	20
2.1.1 Korečkové elevátory typ ME 01.....	20
2.2 Taurus, s.r.o.	22
2.2.1 Korečkový elevátor EO	22
2.3 Denis	23
2.3.1 Průmyslová řada N	23
2.4 SKANDIA	26
2.4.1 Elevátory SE.....	26
3 Výrobci kolesových rypadel.....	28
3.1 PRODECO, a.s.	28
3.1.1 Kolesové rypadlo K 10 000 / K 74	28
3.1.2 Kolesové rypadlo kk 1300/ K 111	30
3.2 Sandvik Mining and Construction	32
3.2.1 Kolesové rypadlo PE 100-1600/ 1.5x20.....	32
3.2.2 Kolesové rypadlo PE 200-700/ 5x20.....	33
4 Výrobci korečkových rypadel	34



4.1	PRODECO, a.s.	35
4.1.1	Korečkové rypadlo RK 5000.....	35
4.2	TAKRAF GmbH.....	36
4.2.1	Korečkové rypadlo ERs 500.....	37
4.2.2	Pro Sand Engineering s.r.o.	37
4.2.3	Korečkový bagr plovoucí	38
5	Teoretický přístup k výpočtům.....	39
5.1	Odvození rovnice křivky hladiny pro ideální materiál	41
5.2	Rovnice křivky hladiny pro partikulární materiál.....	43
6	Technický přístup k výpočtům	46
6.1	Předběžný výpočet	46
6.2	Přesný výpočet	47
7	Přehled dopravovaných materiálů	51
	Závěr	54
	Seznam použitých zkratk a symbolů	59
	Seznam příloh.....	61



ÚVOD

Korečkové dopravníky neboli elevátory jsou manipulační zařízení sloužící k dopravě sypkých materiálů ve svislém i šikmém směru. Jejich uplatnění najdeme v zemědělství, potravinářství, v chemickém průmyslu nebo stavebnictví. Materiál je dopravován pomocí korečků, které jsou připevněny k tažnému orgánu ze spodní hlavy (nejčastěji s napínacím ústrojím) do horní (pohonové) hlavy, kde se odstředivě nebo gravitačně vyprazdňují. Korečkové bagry a rypadla mají uplatnění v těžebním průmyslu (pískovny, šterkovny, povrchové doly) k dobývání uhelných a nerudných ložisek.

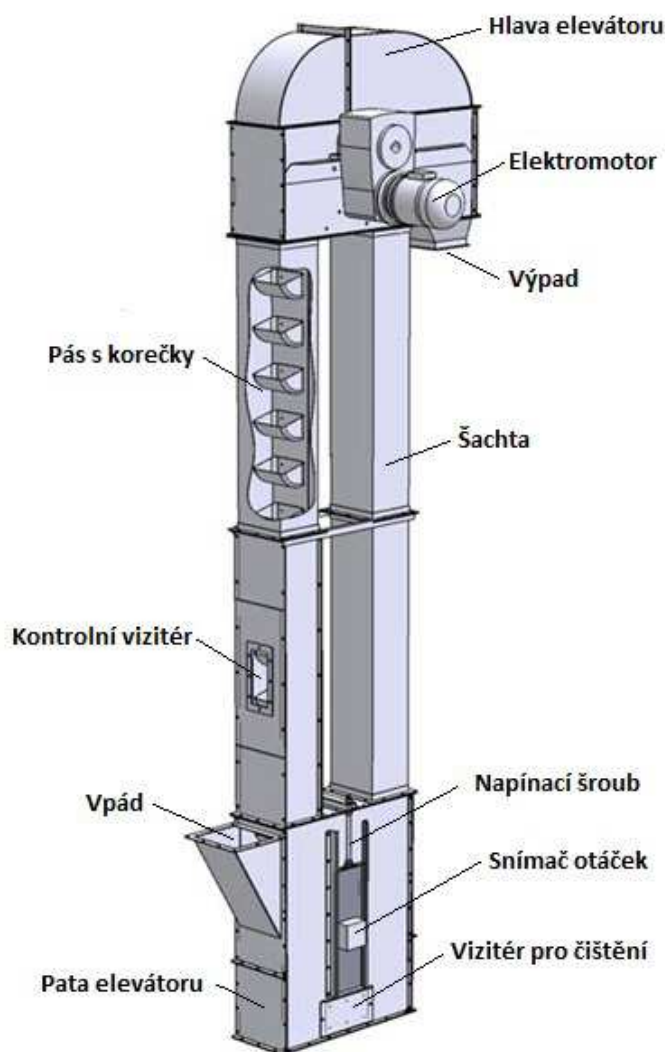
Jeden z cílů mé bakalářské práce je vytvořit rozbor konstrukčních řešení korečkových elevátorů, dopravníků, rypadel, bagrů, včetně příslušných výrobců. Dále pak uvést teoretický i technický přístup k výpočtům a alespoň částečný přehled dopravovaných materiálů včetně dostupných technických parametrů.



1 KOREČKOVÝ ELEVÁTOR

Korečkové elevátory jsou určeny k přepravě sypkých látek nejrůznějších druhů (cement, písek, uhlí, popel, různé chemikálie, obilí, mouka atd.) ve svislém nebo strmém směru (úhel stoupání $< 60^\circ$). Dopravní výška je omezena pouze pevností tažného orgánu. Běžně se užívají pro malá a střední dopravní množství (do $160 \text{ m}^3/\text{hod}$) a dopravní výšky do 40 m. Při užití dopravního pásu jako tažného orgánu je možné dosáhnout vysokých rychlostí a tím i dopravního výkonu až $1000 \text{ m}^3/\text{hod}$ a dopravních výšek až 200 m. [3]

Tažným orgánem mohou být buď řetězy (pro dopravní rychlosti $v = 0,3$ až $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) nebo gumový dopravní pás (pro $v = 1$ až $3,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Korečkový elevátor je uzavřen v prachotěsné šachtě. Poháněcí stanice je umístěna nahoře, napínací ústrojí dole. [3]



Obr. 1 Hlavní části korečkového elevátoru [7]

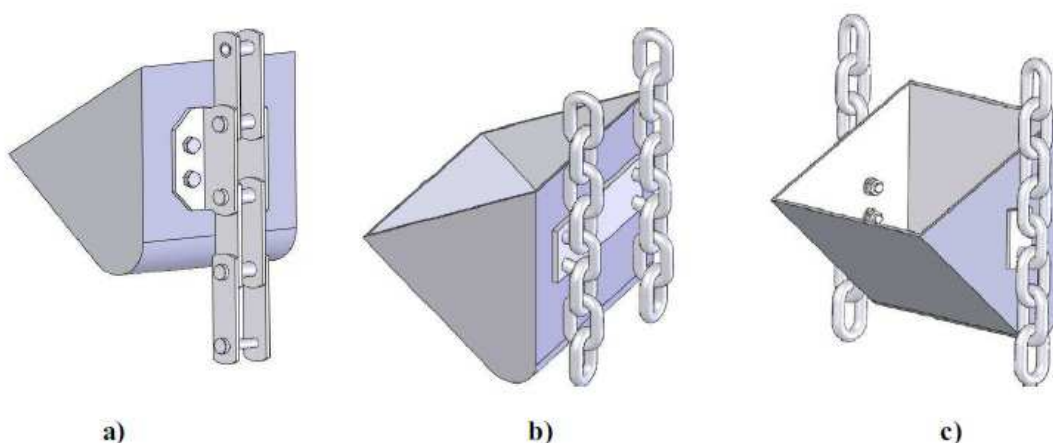


1.1 TAŽNÝ ORGÁN

Jako tažný orgán se používá řetěz nebo pryžový pás.

1.1.1 ŘETĚZ

Využívá se pro malé dopravní výšky a pro nízké dopravní rychlosti. Řetěz volíme v případě, že chceme dopravovat materiál abrazivní nebo o vysoké teplotě. Rozdělujeme je na řetězy článkové a pouzdrové. Uchycení korečků k řetězu je pomocí šroubů.



Obr. 2 Upevnění korečků a), b) čelní, c) boční [5]

1.1.2 PÁS

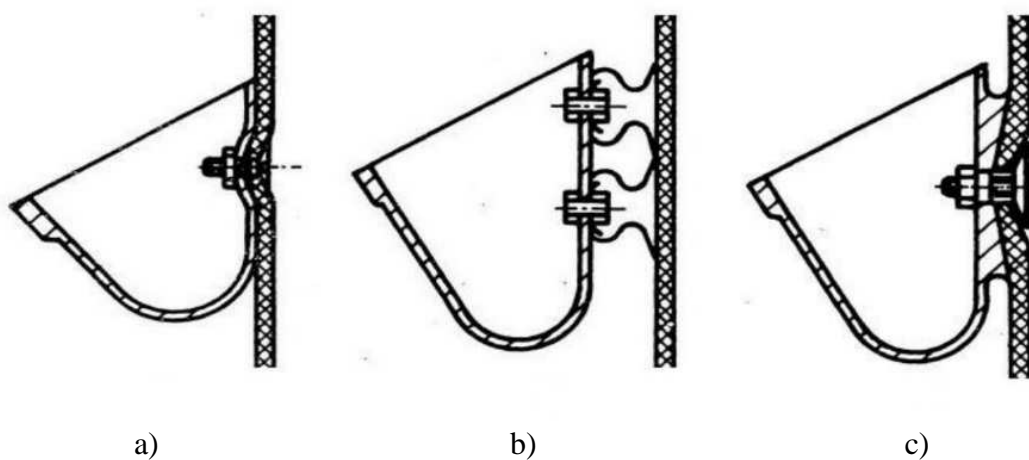
Pás u korečkového elevátoru může být pryžový, polyvinylchloridový, tkaný nebo pletivový. Nejčastěji jsou používány pásy pryžové jako u pásových dopravníků. Tyto pásy mohou mít vložky textilní, z umělých vláken nebo z ocelových lan. Vložky z ocelových lan snižují prodloužení pásu vlivem působících sil, a tím i potřebný chod napínacího ústrojí. Pryžové pásy odolávají teplotám do 80 °C, ve speciálním provedení až do 130 °C. V potravinářském, chemickém nebo farmaceutickém průmyslu se používají pásy s krycí vrstvou nebo celé z PVC. V případech, kde se vyskytuje velké mechanické, tepelné nebo chemické namáhání, se používají pásy pletivové. Šířka pásu se volí v závislosti na šířce korečku dle vzorce. [2]

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

kde: B – šířka pásu [m]

b – šířka korečků [m]

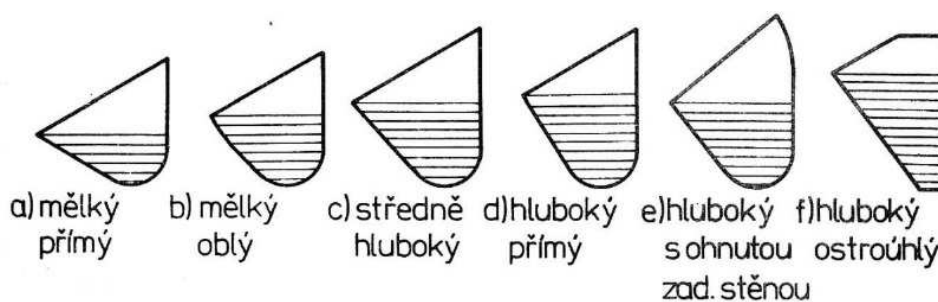
Korečky se k pásu nejčastěji upevňují pomocí šroubů se zvětšenou kuželovou hlavou, přičemž zadní strana korečku musí být vhodně upravena (obr. 3), aby se zajistil náležitý styk pásu s bubny a nedocházelo k odtržení korečku. [3]



Obr. 3 Upevnění korečků na pás a) speciální talířové šrouby b) navulkanizováním c) speciálními segmenty [3]

1.2 KOREČKY

Účelem korečků je doprava materiálu. Tvar a volba materiálu korečků je dána přepravovaným materiálem. Vyrábějí se převážně z ocelového plechu tloušťky 1 až 8 mm lisováním a svařováním. Ve speciálních případech mohou být z plastu či lité z různých slitin. Objem korečků se pohybuje od 0,63 do 80 litrů, výjimečně i do 150 litrů a více. [2]



Obr. 4 Profily korečků dle normy ČSN 26 2008 [1]

Korečky jsou normalizované normou ČSN 26 2008, která udává šest základních profilů, označených velkými písmeny A až F, a základní rozměry. [3]



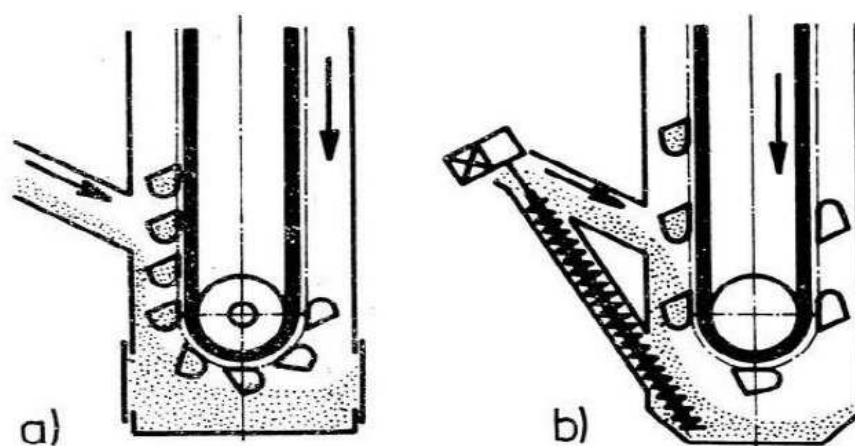
1.2.1 PLNĚNÍ KOREČKŮ

Způsob plnění může být třemi způsoby – nasypávací, hrabací nebo smíšený.

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. [2]

NASYPÁVACÍ ZPŮSOB

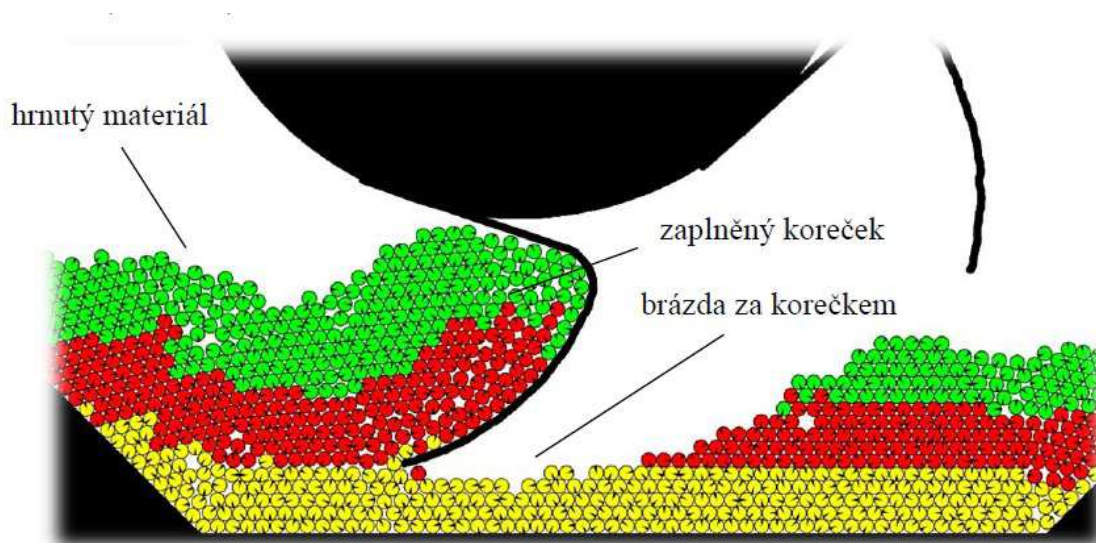
Nasypávání se používá pro kusovitý a silně abrazivní materiál (ruda, hrubozrnné uhlí, koks, struska atd.), kdy je sníženo opotřebení korečků i odpor pro nabírání. Aby se korečky dobře naplnily, pohybují se rychlostí do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jako tažný orgán se téměř výhradně používá řetěz. [3]



Obr. 5 Plnění korečků: a) hrabací způsob, b) nasypávací způsob [3]

HRABACÍ ZPŮSOB

U tohoto způsobu je materiál přiváděn do paty elevátoru, kde se hromadí a pomocí korečků je nabírán. Hrabání je vhodné pro jemně kusovité až jemně práškovité sypké materiály. Pro materiály se zrnitostí do 10 mm není ovlivněna maximální rychlost elevátoru. [3]



Obr. 6 Plnění korečku při hrabacím způsobu [6]

SMÍŠENÝ ZPŮSOB

Je kombinací dvou předchozích způsobů. Provedení odpovídá hrabacímu způsobu při větším přísunu materiálu. [3]

1.2.2 ROZTEČ KOREČKŮ

U gravitačního vyprazdňování elevátorů musíme kontrolovat rozteč korečků. Při malé vzdálenosti korečků by mohl materiál dosáhnout koreček předchozí a došlo by k jeho tříštění.[3]

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

kde: h_K je výška korečků [m],

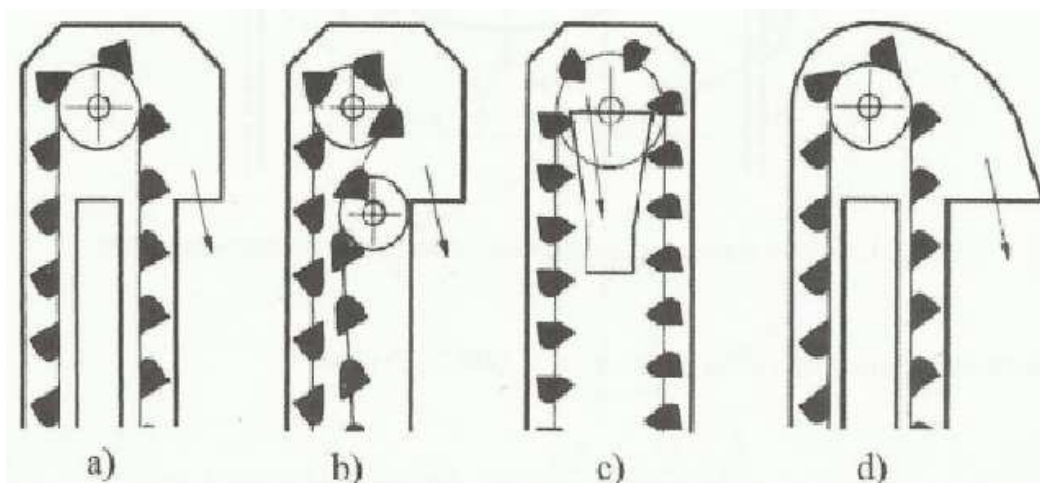
volíme z řady: 0,16; 0,2; 0,25; 0,28; 0,32; 0,36; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 0,9 [3]

1.2.3 VYPRAZDŇOVÁNÍ KOREČKŮ

Podle způsobu vyprazdňování materiálu dělíme elevátory na odstředivé a gravitační. Většina elevátorů bývá odstředivá. Umožňují dosažení větších dopravních rychlostí a tím tedy větších dopravních výkonů. Materiál je vysypáván přes vnější hranu korečku. Odstředivé elevátory se

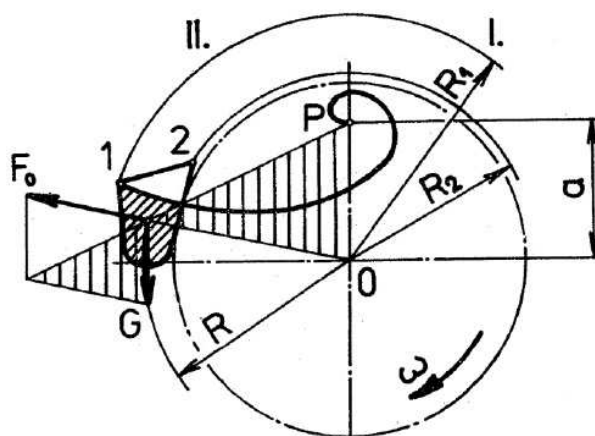


používají hlavně na lehčí sypké nelepivé materiály, jako jsou například různé druhy obilí. Gravitační elevátory dosahují nižších dopravních rychlostí a materiál je vysypáván přes vnitřní hranu korečku. Gravitační elevátory se používají na těžší a abrazivnější materiály, jako je například kamení nebo uhlí. Díky nižším rychlostem je právě účinek abraze snížen. [3]



Obr. 7 Vyprazdňování korečků: a) gravitační přes vnitřní hranu, b) gravitační s odklonem vratné větve, c) gravitační přes střed, d) odstředivou silou [3]

Rozhodujícím kritériem o způsobu vyprazdňování je poloha pólu P, který leží buď uvnitř kružnice R_2 , potom je vyprazdňování odstředivé. Pokud je vzdálenost pólu P od středu větší jak poloměr R_1 , jedná se o vyprazdňování gravitační. Bod P vznikne průsečíkem nositelky výslednice vnějších sil působících na obsah korečku s vertikální osou, tedy síly tíhové $G = m \cdot g$ a síly odstředivé $F_o = m \cdot R \cdot \omega^2$. [3]



Obr. 8 Poloha pólu P [3]

Výpočtu vyprazdňování korečků se více věnuji v kapitole 5.



1.3 NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Zpravidla bývá umístěno ve spodní hlavě elevátoru. Tažný člen se postupem času vytahuje, a proto je pro správný přenos sil i pro montáž nutností možnost napínání. Není-li tření mezi tažným členem a bubnem dostatečné, je třeba jej zvýšit pomocí stavěcích šroubů nebo výjimečně přídatným závažím.

U pásů činí potřebný zdvih 200 až 500 mm nebo u řetězů minimálně 2 rozteče řetězu. Velikost napínací síly F_N je zpravidla v rozmezí 500 až 2000 N. [2]

1.4 POHON

Zpravidla bývá uložen v horní hlavě elevátoru. Výkon elektromotoru je závislý na velikosti elevátoru, jeho kapacitě a na dopravní výšce. Pro menší výkony do 12 kW se používají převodové motory umístěné na konzole, která je součástí horní hlavy elevátoru. U větších výkonů se dnes používají převodovky s výstupním dutým hřídelem, který je navlečen na hřídel hnacího bubnu nebo řetězového kola a tvoří současně pevný závěs převodovky. Druhý závěs je pružný pro plynulý rozběh a zachycuje momenty působící na převodovku.

Proti zpětnému pohybu jsou pohonné jednotky vybaveny elektromotorem s brzdou nebo mechanickou brzdou na spojce.



Obr. 9 Uchycení motoru pomocí konzoly [8]



1.5 NOSNÁ KONSTRUKCE

Konstrukce může být otevřená nebo uzavřená. Častěji se setkáváme s uzavřenými konstrukcemi, které jsou seskládány z jednotlivých šachet. Výhodou tohoto řešení je prachotěsnost a izolace od povětrnostních vlivů. Šachta může být společná nebo pro každou větev elevátoru samostatná. Pokud není konstrukce samonosná, je třeba ji ukotvit k budově nebo k jiné konstrukci. Otevřenou nosnou konstrukci nejčastěji tvoří příhradová konstrukce. Vzhledem ke značným délkám konstrukce je nutné pamatovat na tepelnou dilataci nosné konstrukce. [2]



2 VÝROBCI KOREČKOVÝCH ELEVÁTORŮ

V této kapitole uvádím několik tuzemských i zahraničních výrobců korečkových elevátorů a rozbor jejich konstrukčních řešení.

2.1 MOZA, S.R.O.

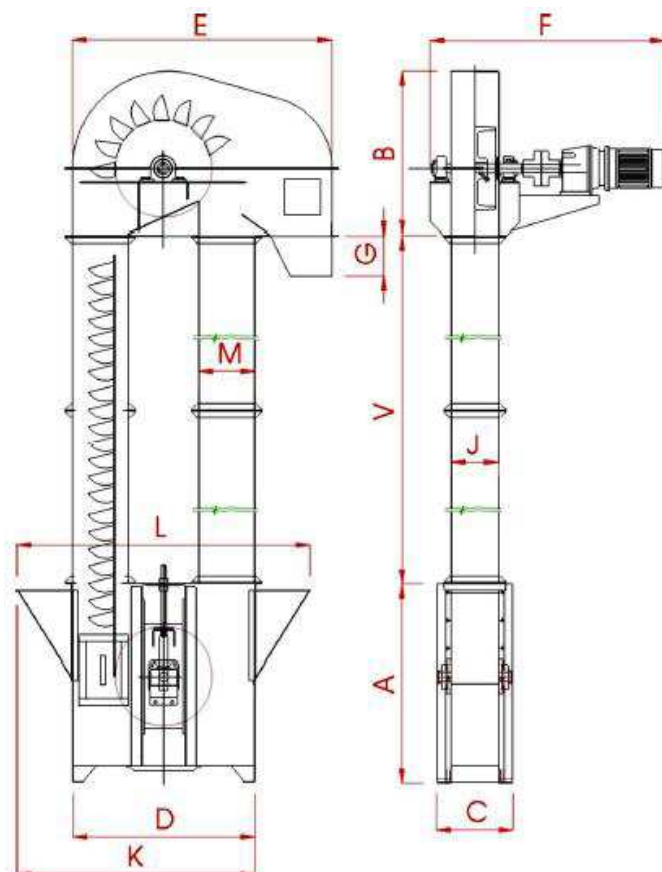
Společnost MOZA, s.r.o. byla založena v roce 1992 a přes 20 let působí v oblasti projekce, dodávek a montáží zařízení pro zemědělství a potravinářský průmysl jak v řadě míst v České republice, tak i v zahraničí. [10]

2.1.1 KOREČKOVÉ ELEVÁTORY TYP ME 01

Jsou vyráběny ve čtyřech typech o výkonu od 17 do 135 t/hod. Tyto elevátory pohání elektromotory a převodovky značky NORD, dle výkonu přímo nebo přes pružnou spojku. Blokaci zpětného chodu zajišťuje elektromotor s brzdou nebo mechanická brzda na spojce. Pro zamezení sjíždění pásu do strany je pohonový buben opatřen bombírováním. Jedná se o odstředivé elevátory, kde tažným členem je vrstvený PVC pás s korečky lisovanými z oceli. Na přání zákazníka je možné dodat korečky nerezové, plastové nebo se zvýšenou odolností proti abrazi. Napínání bubnu je zajištěno pomocí šroubů. Standardně se elevátory dodávají jako nesamonosné, vyrobené z oceli třídy 11 se základním nátěrem, pozinkované, ve zvláštních případech jako nerezové. Nýtované šachty se s výjimkou doměrků dodávají v dvoumetrových délkách. Součástí elevátorů je snímač otáček instalovaný na hřídeli spodní hlavy. Čištění spodní hlavy je možné pomocí vizitérů v bočnicích.[11]

Tabulka 1: Technické údaje korečkových elevátorů firmy MOZA [11]

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



Obr. 10 Korečkový elevátor ME firmy MOZA [11]

Tabulka 2: Rozměry korečkových elevátorů ME. Rozměry jsou v mm. [11]

	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			
G¹⁾	100	165	200	200
J	150	213	253	303
K			1344	1344
L	984	1250	1584	1584
M	178	227	315	315
V²⁾	podle celkové výšky elevátoru			
¹⁾ Standardní velikost výpadového košíku				
²⁾ Potrubí je ve standardních délkách 2000 mm				



2.2 TAURUS, S.R.O.

Chrudimská společnost Taurus, s.r.o. byla založena v roce 1992 se záměrem vyrábět vertikální šrotovnik. Postupem času firma rozšířila výrobu o další zařízení, jako jsou dopravníky, separátory, zásobníky, atd. [25]

2.2.1 KOREČKOVÝ ELEVÁTOR EO

Vyrábí se ve 4 provedeních s výkonem 7 až 180 m³/hod. Dodávané elektromotory jsou Siemens nebo Nord. Tažným členem odstředivých elevátorů jsou PVC pásy, na kterých jsou připevněny ocelové nebo plastové korečky. Napínání pásu je umístěno ve spodní hlavě a je realizováno pomocí šroubů. Na přání zákazníka je možné dodat snímače vybočení pásu. Elevátor je samonosný, ale nejméně každých 6 m nebo při každém průchodu podlažím musí být kotven do stran kvůli možnému vybočení šachet. Standardní délky šachet jsou 2000 mm. Aspirační nástavek upevněný mezi šachtami slouží k odprášení provozu. Výrobce udává pro nejlepší dopravní výkon orientovat vpád surovin po směru otáčení koreček. V opačném případě může dopravní výkon klesnout až o 30 %. Elevátor musí být vybaven STOP tlačítkem, které umožňuje okamžité zastavení stroje nebo dalších strojů v technologické lince. Pro odvedení statického náboje musí být jednotlivé díly spojeny minimálně dvěma šroubovými spoji s vějířovými podložkami. [38]



Obr. 11 Pohonová hlava korečkového elevátoru firmy TAURUS [26]



Tabulka 3: Technické údaje korečkových elevátorů firmy TAURUS [27]

	Průřez šachty [mm]	Max. výška [mm]	Rozteč korečků [mm]	Výkon [kW]	Výkonnost [m ³ /hod]
EO 7	160 x 160	21 350	200	0,55 – 1,1	7
			120	0,75 – 2,2	13
EO 20	220 x 220	21 760	200	1,1 – 2,2	20
			120	3 - 4	43
EO 50	250 x 250	25 272	200	2,2 – 4	50
			120	4 – 7,5	100
EO 100	320 x 370	27 440	200	3 – 7,5	100
			120	7,5 - 15	180

2.3 DENIS

Tento francouzský výrobce kompletní technologie posklizňových linek je v České republice zastoupen mj. firmou Romill s.r.o. Výrobky této firmy jsou zásobníky, čističky, elevátory, redlery, šnekové nebo pásové dopravníky. [9]

Tabulka 4: Technické údaje korečkových elevátorů firmy Denis řady N [19]

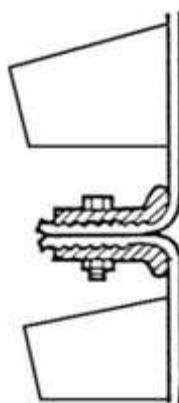
	Korečky [n/m]	Dopravní výkon [m ³ /hod]	Rychlost pásu [m/ s]	Ø bubnu [mm]	Brždění pásu/napnutí [N/mm]	Příkon [kW]
10N	8	26	2,8	300	250	1,1 - 4
	12,5	40				
14N	8	40	2,8	400	315 - 400	1,5 - 9
	11	66				
20N	6	66	2,8	500	315 - 630	3 – 18,5
	9	133				
24N	7	133	2,8	600	315 - 800	5,5 - 30
	9	200				
30N	3,75	200	2,8	630	400 - 800	11,45
	4,75	233				
37N	5,55	400	3	800	400 - 800	18,5 - 55

2.3.1 PRŮMYSLOVÁ ŘADA N

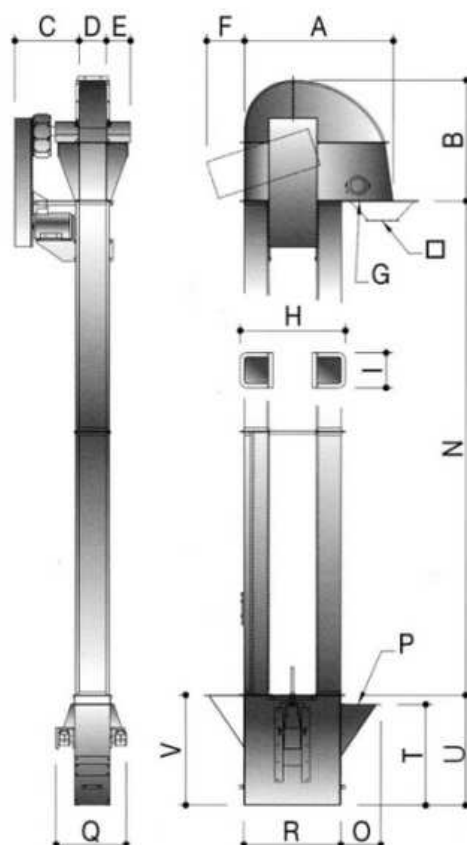
Zajímavostí pohonové hlavy je použití klínového převodu. Hřídel elektromotoru je osazena řemenicí a pomocí klínových řemenů je přenášen krouticí moment na hnanou řemenici a následně do převodovky, která je nasazena na hřídeli horní hlavy elevátoru. Napínání klínových řemenů je prováděno pomocí torzní tyčky upevněné mezi konzolou hlavy a převodovkou. Je možná i varianta s motorem v ose hřídele a pružnou spojkou. Dále je horní hlava vybavena vyměnitelnými deskami chránícími vlastní kryt proti otěru. Horní víko je dělené pro snazší manipulaci. Tažným členem je ohnivzdorný a antistatický PVC pás



s ocelovými korečky. Alternativou jsou korečky nerezové nebo se zesíleným okrajem. Elevátorové šachty jsou vyráběné jako jednodílné, na přání zákazníka vybavené elementem omezujícím výkon, přídatnými kontrolními nebo odsávacími otvory. Mezi každou dvojicí šachet je nutné upevnit rozpěrný plech pro lepší stabilitu. Napínání pásu je realizováno pomocí dvou šroubů, u velmi vysokých nebo velkokapacitních elevátorů pomocí pneumatického napínáku, který stále udržuje pás napnutý. Správná pozice vpádu do paty je po směru otáčení korečeků, ale je možný i proti směru. Další možností jsou vpády oba dva. Vpády jsou opatřeny vyměnitelnými deskami. Čištění paty elevátoru je možné po vytažení hradítek. Pro minimalizování zbytků surovin v patě je za příplatek možné dodat tvarovanou patu. Mezi další příslušenství patří: čidlo nízké rychlosti pásu, čidla vyrovnání pásu v hlavě i patě, utěsněné hřídele, speciální vstup s násypkou pro jemné produkty nebo podpěrné nohy ke zvýšení paty. [37]



Obr. 12 Spojení konců pásu pomocí příložek [37]



Obr. 13 Korečkový elevátor firmy Denis [19]

Tabulka 5: Rozměry korečkových elevátorů firmy Denis řady N[mm]. [19]

Typ	10N	14N	20N	24N	30N	37N
A	850	1115	1420	1640	1835	1966
B	690	910	1170	1290	1500	1750
C	270	425	525	655	740	700
D	155	206	276	325	450	608
E	110	185	235	280	350	232
F				730	800	615
G	240x150	315x200	400x270	500x318	500x440	500x540
□	160	160 200	200 250	250 350	350	400
H	610	788	994	1128	1266	1454
I	212	266	332	386	540	640
N	dle přání (dílky 250mm)					
O	255	300	348	432	492	542
P	160x160	200x200	250x250	324x324	356x356	400x400
Q	270	320	485	565	760	924
R	555	730	938	1072	1220	1370
T	740	840	1110	1250	1300	1400
U	740	840	1110	1250	1500	1750
V	740	840	1110	1250	1500	1750



2.4 SKANDIA

Švédské elevátory firmy SKANDIA patří mezi nejkvalitnější v Evropě a jsou určeny především k přepravě obilovin, krmných směsí a šrotů. Elevátory jsou rozděleny do tří skupin, dle dopravního výkonu. Mimo výroby elevátorů se tato firma zabývá i výrobou redlerů, a to lomených nebo i zakřivených. [12]

2.4.1 ELEVÁTORY SE

Tři řady elevátorů (L-Line, I-Line a H-Line) umožňují široký výběr dopravního výkonu, od 30 až po 600 t/hod. Elevátory jsou vyráběny z galvanizované oceli a jednotlivé díly jsou nýtovány nebo sešroubovány. Nejvíce namáhané spoje jsou utěsněny gumovými pásy a silikonem. Uvnitř krytu pohonové hlavy jsou instalovány vyměnitelné plastové otírající povrchy, stejně jako v čele výpadu. Řada H-Line má kryt půlený pro snazší manipulaci. Dále je horní hlava vybavena řemenicí s frikční pryží odpuzující materiál. Všechny dopravníky používají pohony NORD. Elektromotor s převodovkou je montován přímo, u řady H-Line je navíc pohon podpírán konzolou. Blokace zpětného chodu je zajištěna pomocí volnoběžky nebo elektromotorem s brzdou. Elevátory jsou samonosné, v nýtovaných šachtách obíhá antistatický pás s ocelovými korečky, volitelně s korečky plastovými. Další možnou variantou je pás odolný vůči působení oleje, maziv a teplotě. Montážní šachta obsahuje dva inspekční otvory, jeden s kontrolním sklem. Seřízení napnutí pásu je možné provádět v patě i hlavě elevátoru. Pro lepší chod pásu je dolní řemenice lehce zakřivená a dle typu elevátoru může být, stejně jako horní řemenice, samočisticí. Další možností jak kontrolovat napnutí pásu je jeho indukční kontrola ve spodní hlavě. Zvláštní možností, jak napnout pás je pomocí zařízení umístěného mimo jednoho z korečků, tzv. řehtačky. Případné přetržení pásu kontroluje hlídač otáček na spodní hřídeli. Mimo již uvedené příslušenství i tento zahraniční výrobce nabízí další volitelné prvky. Stříšku pro motor převodovky, pojistný bezpečnostní panel, nátokové trychtýře, boční lištu nátoku, vyvýšenou spodní hlavu pro pohodlnější přístup obsluhy, spodní klapku pro čištění s bezpečnostním spínačem nebo ochranný kryt elevátoru s nasávacím spojem ke snížení prašnosti provozu. Do výbušného prostředí mohou být vybaveny protivýbuchovými klapkami. [12], [34]



Tabulka 6: Technické parametry korečkových elevátorů SKANDIA [12]

	Kapacita [m ³ /hod]	Rychlost pásu [m/s]	Ø řemenice [mm]	Šířka korečku [mm]	Šířka pásu [mm]	Rozměry šachty [mm]	Tloušťka plechu hlavy [mm]
SEL 140	27 až 80	3,1	360	130	140	200x160	2
SEI 35-14	27 až 80	3,1	360	140	160	200x160	2
SEI 50-18	80 až 133	3,1	500	180	200	250x200	3
SEI 50-23	133 až 200	3,1	500	230	250	300x220	3
SEH 50-18	80 až 133	3,1	500	180	200	250x200	3
SEH 50-23	133 až 200	3,1	500	230	250	300x220	3
SEH 63	266 až 400	3,1	630	280 až 330	300 až 350	400x270	4
SEH 80	533 až 800	3,0	800	280 až 330	600 až 700	850x325	4



Obr. 14 Elevátorová věž SKANDIA [12]



3 VÝROBCI KOLESOVÝCH RYPADEL

Kolesová rypadla jsou nepřetržitě pracující velkstroje sloužící v povrchových dolech k těžbě hnědého uhlí, skrývky, písku a cihlářské suroviny. Hornina je odebírána pomocí korečků osazených na kolese stroje a následně je vysypávána na pásový dopravník. Koleso je umístěno na konci výložníku příhradové konstrukce. Výložník se může naklápět ve vertikálním směru pomocí lan nebo hydraulických pístů a ve směru horizontálním pomocí kulové dráhy. Ve střední části rypadla se nachází kulová dráha a drtič, který rozdrtí větší kusy skrývky. Z drtiče je materiál dopravován soustavou gumových dopravních pásů na skládku nebo do úpravny. Další částí rypadla je výložník s protizávažím, kde se nachází strojovna nebo zázemí pro obsluhu. Pohyb kolesového rypadla zajišťuje pásový nebo kráčivý podvozek.

3.1 PRODECO, A.S.

Tato tuzemská společnost patřící do skupiny Severočeské doly se specializuje na dodávky vlastních velkstrojů a dalších zařízení pro povrchovou těžbu. Dále společnost zajišťuje servis v podobě dodávky náhradních dílů nebo generálních oprav. [13]

3.1.1 KOLESOVÉ RYPADLO K 10 000 / K 74



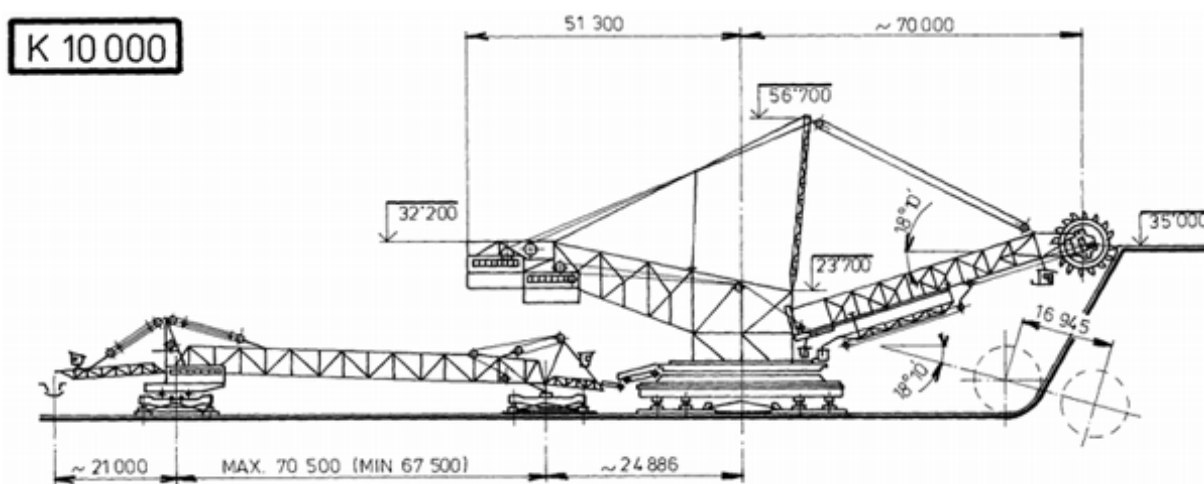
Obr. 15 Kolesové rypadlo K 10 000 [14]



Toto rypadlo s teoretickým výkonem $10\,000\text{ m}^3/\text{h}$ je součástí technologického celku TC3 dolu Bílina od roku 1978 a díky svým konstrukčním řešením i monstrózností bylo unikátní. Z důvodu sklonu terénu byl volen hydraulický kráčivý podvozek umožňující kráčet v libovolném směru. Dále byly použity dvě kulové dráhy, pro určování směru kráčení o průměru 29 m a pro otáčení horní stavby 23 m. Pro splnění plánované těžby byl mezi kolesový dopravník a spojovací most navržen vynášecí talíř neboli kruhový dopravník. Tento talíř tvoří 89 segmentů, které se v místě výsypu sklopí a za pomoci stěracího pluhu se materiál snadno vyprázdní. Koleso o průměru 14,5 m je osazeno 16 korečky, každý o objemu $2,1\text{ m}^3$. Kolesový výložník lze vysunout až o 16,9 m. Provoz zajišťuje osmičlenná posádka. [32]

Technické parametry rypadla K 10 000/ K 74 [14]

- teoretický výkon $10\,000\text{ m}^3/\text{hod}$
- měrná rozpojovací síla 90 kN/m
- výška řezu 35 m
- hloubka řezu 4 m
- maximální horizontální dosah (od osy stroje) 70 m
- výkon kola 2x 800 kW
- specifický tlak na podloží 0,1 MPa
- instalovaný příkon 10 000 kW
- celková hmotnost včetně spojovacího mostu 6088 t



Obr. 16 Rozměry kolesového rypadla K 10 000/ K 74 [14]



3.1.2 KOLESOVÉ RYPADLO KK 1300/ K 111

Je nejmladším rypadlem v České republice, v provozu je od srpna 2011 po pěti letech montáže. Rypadlo je speciálně konstruované do extrémně tvrdých podmínek spodních skrývkových řezů Dolů Bílina. Zemina je charakteristická vysokou hustotou materiálu (až $2,2 \text{ t/m}^3$) a vysokými pevnostními parametry. Roční výkon by měl být min. 10 mil. m^3 zeminy. Pohyb zajišťuje trojice housenicových podvozků, napínání i řízení housenic je pomocí hydraulických válců. Ve spodní stavbě stroje je uložena kulová dráha o průměru 16 m s koulemi o průměru 200 mm, dvurotorový drtič, manipulátor pro případ oprav a na obvodu je umístěna elektrorozvodna, trafokobka, dílna a jídelna se sociálním zázemím. Nad střední částí stroje je umístěno protizávaží. Rypadlo ovládá dvou až čtyřčlenná posádka pomocí joysticku a obrazovek. Hornina je dobývána kolesem o průměru 13 m osazeným 15 korečky se speciálními břity. Materiál je z koreček předáván na gumotextilní pás uložený v nevýsuvném kolesovém výložníku. Teleskopický spojovací most je na předávacím konci uložen na podpěrném voze vybaveném nakládacím výložníkem, kterým je natěžená zemina předávána na dálkovou pásovou dopravu. Zásadní pozornost byla věnována zamezení přenášení kmitů z horní na spodní stavbu obsahující strojovnu. [28]



Obr. 17 Korečky s rohovými břity[39]



Technické parametry rypadla KK 1300/ K 111 [15]

- teoretický výkon 5 500m³ sypané zeminy/ hod
- výška řezu 30 m (bez převisu)
- hloubka řezu 4 m
- max. vodorovný dosah kolea a teleskopického nakládacího výložníku 191 m
- rozdíl mezi vysunutým a zasunutým nakládacím výložníkem 37m
- výkon pohonu kolea 2x 1150 kW
- rychlost pojezdu 2,5 – 10 m/min
- střední tlak stroje na podložku 0,125 MPa
- celková hmotnost včetně spojovacího mostu 4977 t



Obr. 18 Detail kulové dráhy [33]



3.2 SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION

Tato společnost patří mezi světové výrobce strojů a vybavení v oblasti hornictví a stavebních strojů. Sortiment tvoří stacionární i mobilní drtiče a třídící stroje, vrtné soupravy, kolesová a korečková rypadla a kompletní vybavení pro důlní průmysl. [20]

3.2.1 KOLESOVÉ RYPADLO PE 100-1600/ 1.5x20

Rypadlo bylo spuštěno v roce 2009 v Bükkrabany v Maďarsku. Typické provedení spočívající v hydraulicky ovládaném zdvihu kolesového výložníku, s protizávažím umístěným pod vykládacím výložníkem snižující těžiště stroje a s dvoupásovým podvozkem. Pro malou až středně velkou těžbu skrývky nebo uhlí. [21]



Obr. 19 Kolesové rypadlo PE 100-1600/ 1.5x20 [21]

Technické parametry rypadla PE 100-1600/ 1.5x20 [21]

- jmenovitá kapacita 6700 m³/ h
- objem korečku 1600 l
- výška bloku 20 m
- délka kolesového výložníku 28,8 m



3.2.2 KOLESOVÉ RYPADLO PE 200-700/ 5x20

Rypadlo bylo dodáno v roce 2007 do oblasti Neyveli v Indii a bylo vyvinuto pro těžbu skryvky. Rám rypadla je tzv. C-rám, protizávaží je umístěno nad vykládacím výložníkem a kolesový výložník je příhradové konstrukce. Je určeno pro vyšší těžební kapacity. Větší výška bloku začínající okolo 30 m a zároveň má delší kolesový výložník. Zdvih kolesového výložníku je pomocí lanového systému. [22]



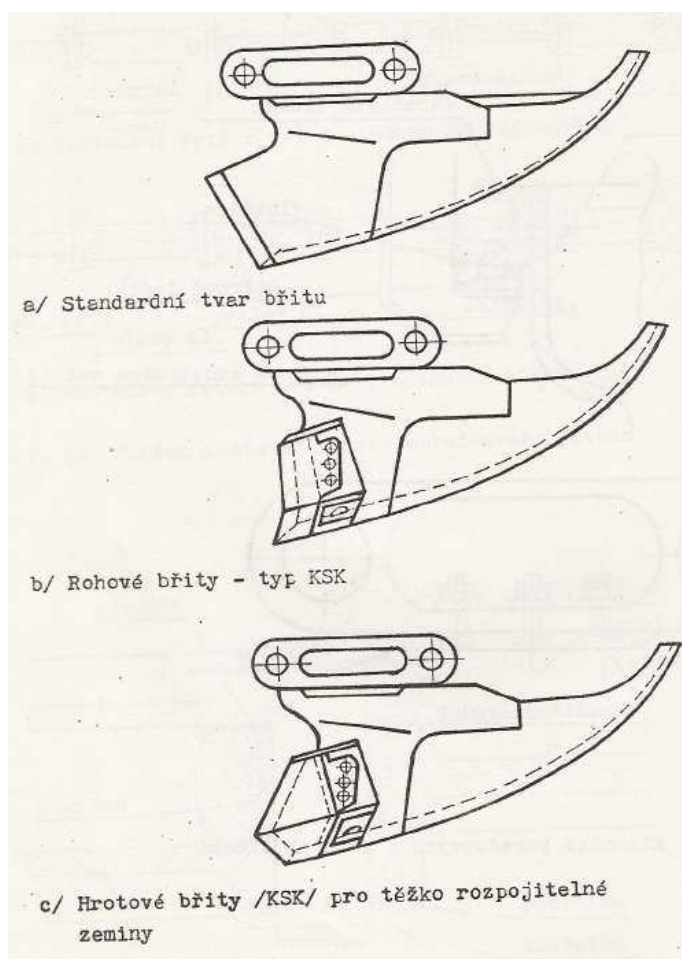
Obr. 20 Kolesové rypadlo PE 200-700/5x20 [22]

Technické parametry rypadla PE 200-700/ 5x20 [22]

- jmenovitá kapacita 3500 m³/h
- objem korečku 700 l
- výška bloku 20 m
- délka kolesového výložníku 30 m

4 VÝROBCI KOREČKOVÝCH RYPADEL

Používají se v lomech pro těžení uhlí a dalších nerudných ložisek jako jsou šterkopísky nebo cihlářská surovina. Zvláštním případem korečkového rypadla je plovoucí bagr. Jsou to kontinuálně pracující stroje, ale oproti kolesovým rypadlům působí rypná síla téměř do těžiště stroje, a proto nemusí mít tak velké protizávaží. Výhodou je, že při stejné tuhosti jako rypadla kolesová dosahují několikanásobně vyšších rypných sil. Nevýhodou jsou značné pasivní odpory působící na řetěz s korečky. Další potíží je vyvinout dostatečný tlak na korečkový řetěz. Dobývacím ústrojím jsou korečky upevněné na korečkovém řetězu. Korečková rypadla bývají vybavena pneumatickým nebo hydraulickým bezpečnostním zařízením proti přetížení. Ve střední části bývá umístěn kruhový dopravník. Pojezd je řešen pomocí housenicových, kráčivých nebo kolejových podvozků. Otáčení rypadla umožňuje kulová dráha umístěná ve střední části a zdvih korečkového výložníku obstarává soustava zdvihových ústrojí.



Obr. 21 Tvary břitů korečku [33]



4.1 PRODECO, A.S.

První korečkové rypadlo s označením D 800 této tuzemské firmy bylo uvedeno do provozu již v roce 1952. Dále má společnost zkušenosti s vývojem a výrobou zakladačů nebo dálkovou pásovou dopravou. Společnost PRODECO, a.s. vlastní i řadu patentů. [13]

4.1.1 KOREČKOVÉ RYPADLO RK 5000

Jedná se o rypadlo s teoretickým výkonem 5500 m³/h sypané zeminy. Korečkový řetěz je osazen 38 korečky, každý o objemu 3600 l. Disponuje rozpojovací silou 120 kN/m, krátkodobě o 180 kN/m. Pohyb rypadla obstarávají dva hydraulické kráčivé podvozky. Hlavní o průměru 33 m a podpěrný o průměru 10 m. Mezi podvozkem a horní stavbou je otoč o průměru 16 m. Z horní stavby vyčnívá příhradový výložník, který nese soustavu lanových závěsů. Dále je ve střední části umístěna strojovna, rozvodny, dílny a zázemí pro obsluhu. V zadní části rypadla jsou umístěny vrátky lanových závěsů, protizávaží a manipulační jeřáb. Provoz rypadla nyní zajišťuje pět členů posádky. [33]

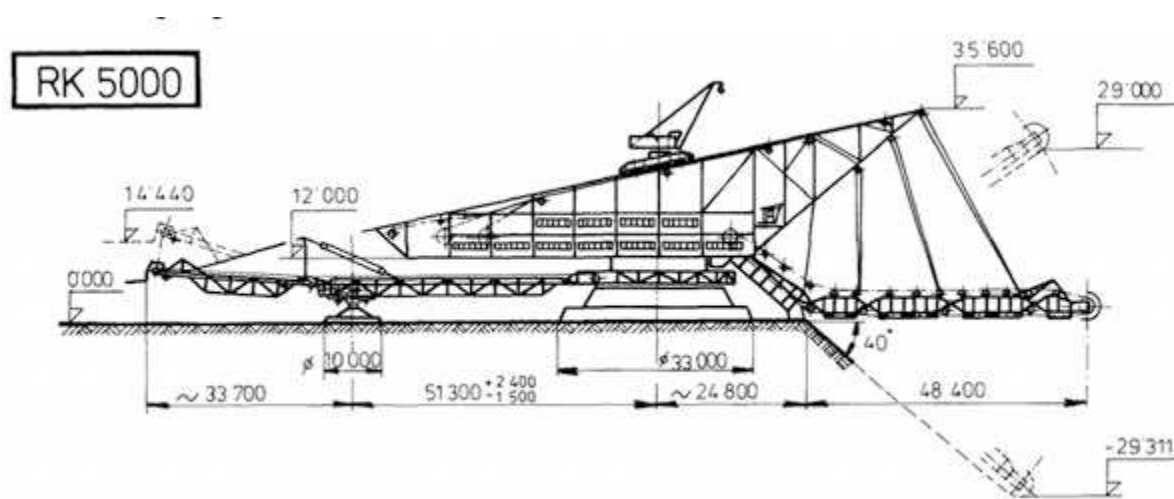


Obr. 22 Korečkové rypadlo RK 5000 [16]



Technické parametry rypadla RK 5000 [16]

- teoretický výkon 5500 m³/h
- výška řezu 30 m
- hloubka řezu 24,5 m
- maximální horizontální rozsah (od osy stroje) 73,2 m
- rozsah otáčení ±145°
- specifický tlak na podloží 1,22 MPa
- instalovaný výkon 6200 kW
- provozní hmotnost 3858 t



Obr. 23 Rozměry rypadla RK 5000 [16]

4.2 TAKRAF GMBH

V Německu sídlící společnost Tenova TAKRAF je integrovaný poskytovatel globálních řešení v oblasti hornictví, povrchové těžby a manipulaci sypkých materiálů. Jeho zařízení se ukázala jako robustní a spolehlivé v nepříznivých geologických podmínkách, v extrémních klimatických podmínkách s teplotami až -45 °C, v prachu, větru nebo extrémní vlhkosti, stejně jako v seizmických zónách a nadmořské výšce až 5000 m nad mořem nebo v podzemní aplikaci. [23]



4.2.1 KOREČKOVÉ RYPADLO ERS 500

Rypadlo bylo uvedeno do provozu v roce 2000 v tepelné elektrárně v Bulharsku. Díky dvoupásovému podvozku rypadlo působí nízkým tlakem na půdu v úložišti popela tepelné elektrárny. Popel je dobýván blokovým způsobem v režimu hlubokého řezu. Dále je rypadlo vybaveno odprašovací systémem a 28 korečky každý o objemu 500 l. [24]



Obr. 24 Korečkové rypadlo ERs 500 [24]

Technické parametry rypadla ERs 500 [24]

- kapacita 1300 m³/h
- těžební hloubka 5 m
- délka korečkového ramene 11,5 m
- výkon pohonu 160 kW
- délka vykládacího výložníku 24 m
- průměrný tlak na podloží 6 kPa

4.2.2 PRO SAND ENGINEERING S.R.O.

Tuzemská společnost zaměřující se na projekci, konstrukci, dodávku, montáž a pozáruční servis těžebních strojů vč. plovoucí pásové dopravy. Dále se zabývá výrobou rotačních odjílovačů, vibračních třídíčů, nožových praček nebo korečkových dehydrátorů. [17]



4.2.3 KOREČKOVÝ BAGR PLOVOUCÍ

Je určen pro těžbu štěrkopísku o zrnitosti do 32 mm, extrémně až do 100 mm, ve vodách s klidnou hladinou – typicky štěrkopískovny. Plovoucí bagr nemá vlastní pohon, takže je buď ukotven, nebo se pohybuje vlečnými čluny. Materiál se ze dna dobývá pomocí pásu s korečky, nad hladinou se částečně odvodní a v horní části se koreček vysype na šikmou plochu spodního skluzu. Dále materiál putuje na odtahový pásový dopravník. [18]



Obr. 25 Plovoucí korečkový bagr [18]

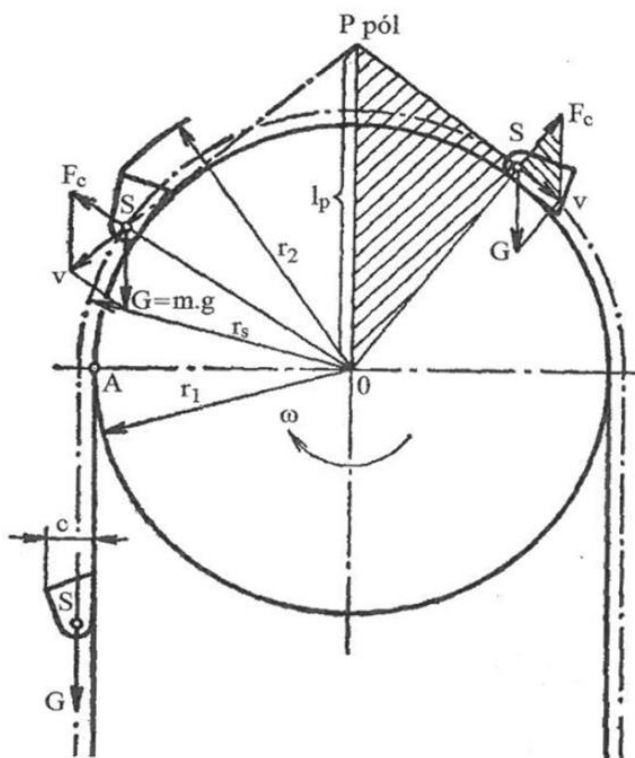
Tabulka 7: Technické údaje plovoucích bagrů firmy Pro Sand Engineering [18]

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 [l]	50	80	250	250
Průměrný výkon [t/h]	90	150	300	300
Příkon hl. pohonu bagru [kW]	15 - 22	22	2x 22	2x 30



5 TEORETICKÝ PŘÍSTUP K VÝPOČTŮM [1]

K určení o jaké vyprazdňování korečků se bude jednat, zda gravitační, odstředivé nebo smíšené, můžeme použít pólovou metodu.



Obr. 26 Silové poměry na hnacím bubnu [1]

Z podobnosti trojúhelníku OPS a sil G , F_c a v platí:

$$\frac{l_p}{r_s} = \frac{G}{F_c} = \frac{m \cdot g}{m \cdot r_s \cdot \omega^2} \quad (3)$$

$$l_p = \frac{g}{\omega^2} \quad [\text{m}] \quad (4)$$

$l_p > r_2$ – bude vyprazdňování korečků gravitační,

$l_p < r_1$ – bude vyprazdňování korečků odstředivé,

pokud je $r_1 < l_p < r_2$ jsou podmínky vyprazdňování neurčité.

Kde l_p – pólová vzdálenost [m]

G – tíhový účinek obsahu korečku [N]

F_c – odstředivá síla působící na obsah korečku [N]

m – hmotnost materiálu v korečku [kg]

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



r_1 – poloměr opsaný vnější hranou korečku [m]

r_2 – poloměr opsaný vnitřní hranou korečku [m]

Pokud je tíhová a gravitační síla v rovnováze, můžeme napsat:

$$m \cdot r_s \cdot \omega^2 \cdot \sin \alpha = m \cdot g \quad (5)$$

Z této podmínky rovnováhy můžeme odvodit úhel počátku vyprazdňování:

$$\alpha = \arcsin \frac{g}{r \cdot \omega^2} \quad [\text{rad}] \quad (6)$$

Částice materiálu, které opustily koreček, se pohybují po parabolách, jejichž parametrické rovnice jsou:

$$x = v \cdot \sin \alpha \cdot t \quad (7)$$

$$y = v \cdot \cos \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (8)$$

kde x – vodorovná souřadnice částice materiálu [m]

y – svislá souřadnice částice materiálu [m]

v – dopravní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

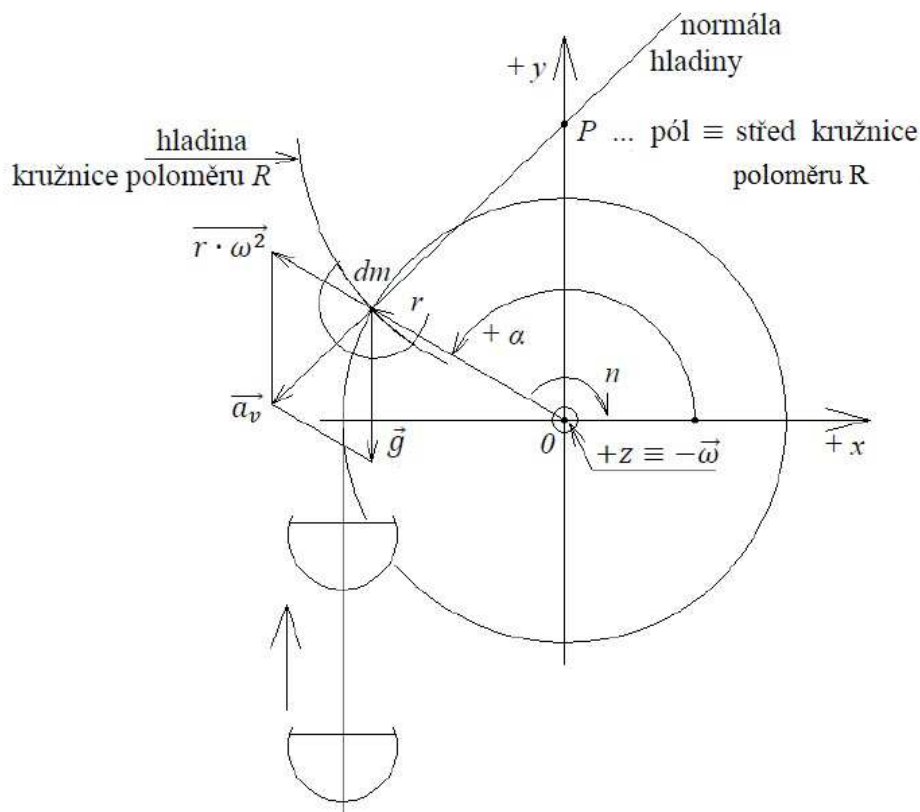
α – úhel začátku vyprazdňování korečku [rad]

t – čas [s]



5.1 ODVOZENÍ ROVNICE KŘIVKY HLADINY PRO IDEÁLNÍ MATERIÁL [35]

Hladinu materiálu v korečku tvoří kružnice – průvodič s tečnou svírá vždy úhel $(\pi/2)$.



Obr. 27 Tvar hladiny ideální kapaliny [35]

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 Obr. 27 Tvar hladiny ideální kapaliny), tedy proti kladnému směru osy z .

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

Výsledné zrychlení

$$\vec{a}_v = \vec{g} + \vec{r} \cdot \omega^2 \quad (9)$$

$$\vec{a}_v \equiv \{a_{vx}; a_{vy}\} \equiv \{r \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha; -g + r \cdot \omega^2 \cdot \sin \alpha\} \quad (10)$$



působí na element hmoty dm . Platí:

$$\sin \alpha = \sin(\pi - \alpha) \quad (11)$$

$$\cos \alpha = -\cos(\pi - \alpha) \quad (12)$$

tedy

$$a_{vx} = r \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha = \frac{x}{\cos \alpha} \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha = x \cdot \omega^2 \quad (13)$$

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

$$a_{vy} = -g + r \cdot \omega^2 \cdot \sin \alpha = -g + \frac{y}{\sin \alpha} \cdot \omega^2 \cdot \sin \alpha = -g + y \cdot \omega^2 \quad (14)$$

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

Směrnice normály hladiny v souřadném systému x, y :

$$k_n = \frac{-g + y \cdot \omega^2}{x \cdot \omega^2} = \frac{a_{vy}}{a_{vx}} \quad (15)$$

Směrnice tečny hladiny v souřadném systému x, y :

$$k_t = -\frac{1}{k_n} = \frac{x \cdot \omega^2}{g - y \cdot \omega^2} = \frac{dx}{dy} \quad (16)$$

Integrací rovnice směrnice tečny dostaneme funkci – rovnici křivky k této tečně

$$(g - y \cdot \omega^2) \cdot dy = x \cdot \omega^2 \cdot dx \quad (17)$$

$$\int (-g + \omega^2 \cdot y) \cdot dy + \int \omega^2 \cdot x \cdot dx = 0 \quad (18)$$

$$-g \cdot y + \frac{\omega^2}{2} \cdot y^2 + \frac{\omega^2}{2} \cdot x^2 = C_1 / \cdot \frac{2}{\omega^2} \quad (19)$$

$$x^2 + y^2 - \frac{2 \cdot g}{\omega^2} \cdot y = C \quad (20)$$

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

$$P \equiv \left\{ 0; \frac{g}{\omega^2} \right\} \quad (21)$$



$$\left(y^2 - \frac{2 \cdot g}{\omega^2} \cdot y + \frac{g^2}{\omega^4}\right) - \frac{g^2}{\omega^4} + x^2 = C \quad (22)$$

Rovnice kružnice s posuvem středu do y_s :

$$(y - y_s)^2 + x^2 = R^2 \quad (23)$$

$$\left(y - \frac{g}{\omega^2}\right)^2 + x^2 = C + \frac{g^2}{\omega^4} = R^2 \quad (24)$$

5.2 ROVNICE KŘIVKY HLADINY PRO PARTIKULÁRNÍ MATERIÁL [31]

Křivku hladiny materiálu v korečku 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:

$$r_s = a \cdot e^{b \cdot \varphi_s} \quad (25)$$

kde r_s je poloměr – vektor spojující pól spirály P a bod ležící na spirále – A ; (r je funkce $r(\varphi)$)

φ_s je úhel příslušný příslušnému bodu A spirály (Obr. 28 úhel φ)

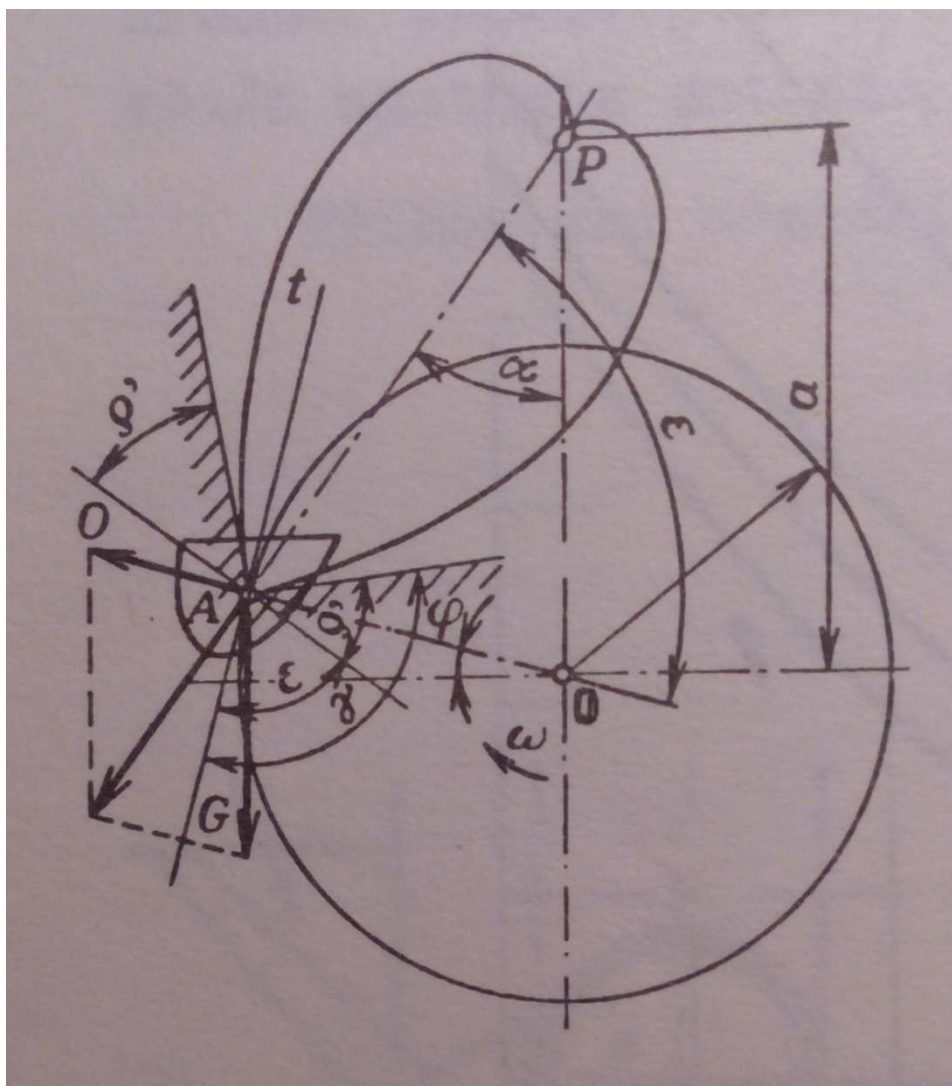
a, b jsou konstantní parametry.

Tečný úhel τ je úhel, který svírá pro daný bod spirály průvodič s tečnou ve stejném bodě. (Obr. 28 úhel $\tau = 90^\circ - \varepsilon$).

Další možné vyjádření rovnice logaritmické spirály získáme úpravou:

$$\ln \frac{r_s}{a} = b \cdot \varphi_s \quad (26)$$

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



Obr. 28 Logaritmická spirála [2]

Rovnici této křivky lze vyjádřit také parametricky:

$$x = r_s \cdot \cos \varphi_s = a \cdot e^{b \cdot \varphi_s} \cdot \cos \varphi_s \quad (27)$$

$$y = r_s \cdot \sin \varphi_s = a \cdot e^{b \cdot \varphi_s} \cdot \sin \varphi_s \quad (28)$$

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

$$x = a \cdot \cos \varphi_s \quad (29)$$

$$y = a \cdot \sin \varphi_s \quad (30)$$

tedy rovnici kružnice s poloměrem a .



Růst poloměru r_s můžeme vyjádřit jako:

$$\frac{dr_s}{d\varphi_s} = a \cdot b \cdot e^{b \cdot \varphi_s} = b \cdot r_s \quad (31)$$

Pro tečný úhel τ , který svírá průvodič s tečnou pro daný bod A (r_s, φ_s) platí:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{r_s \cdot d\varphi_s}{dr_s} = \frac{r_s}{\frac{dr_s}{d\varphi_s}} = \operatorname{konst} \quad (32)$$

tedy

$$\tau = \operatorname{arctg} \frac{r_s}{\frac{dr_s}{d\varphi_s}} = \operatorname{arctg} \frac{1}{b} \quad (33)$$

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 vektorem o poloměru příslušejícímu danému bodu úhel $\frac{\pi}{2}$.



6 TECHNICKÝ PŘÍSTUP K VÝPOČTŮM [1]

V této kapitole se budu zabývat návrhovým výpočtem korečkového elevátoru.

Objemové dopravní množství:

$$Q_V = \frac{V_K}{t_K} \cdot v \cdot \psi \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (34)$$

Hmotnostní dopravní množství:

$$Q_h = \frac{V_K}{t_K} \cdot v \cdot \psi \text{ [kg/s]} \quad (35)$$

6.1 PŘEDBĚŽNÝ VÝPOČET

Výkon motoru:

$$P = \mu_1 \cdot Q_H \cdot H \cdot g \text{ [W]} \quad (36)$$

podle rovnice (36) 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:

$$F_o = \frac{1000 \cdot P_z \cdot \eta}{v} \text{ [N]} \quad (37)$$

Tah v nabíhající větvi tažného prostředku:

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

$$T_1 = \frac{e^{\mu \cdot \beta}}{e^{\mu \cdot \beta} - 1} \cdot F_o \text{ [N]} \quad (38)$$

- b) pro elevátory řetězové s řetězovými koly:

$$T_1 = F_o + H \cdot (q_2 + q_3) + \frac{m_b}{2} \cdot g \text{ [N]} \quad (39)$$

Délkové zatížení tažného prostředku od hmotnosti korečků:

$$q_3 = \frac{m_k \cdot g}{t_k} \text{ [N/m]} \quad (40)$$

Tah v sbíhající větvi tažného prostředku:

$$T_2 = T_1 - F_o \text{ [N]} \quad (41)$$

kde T_1 – hodnota podle rovnice (38) nebo (39)

F_o – hodnota podle rovnice (37)



Napínací síla F_N a přídatná napínací síla F'_N :

a) pro elevátory pásové a řetězové s hladkými kotouči:

- v případě, že hodnota T_1 z rovnice (38) je větší než hodnota z rovnice (39) platí:

$$F_N = 2 \cdot (k \cdot T_2 - H \cdot (q_2 + q_3)) \quad [N] \quad (42)$$

kde $k = 1,1$

a

$$F'_N = F_N - m_b \cdot g \quad [N] \quad (43)$$

- v případě, že hodnota T_1 z rovnice (38) je menší než hodnota z rovnice (39) platí:

$$F_N = m_b \cdot g \quad [N] \quad (44)$$

a podle rovnice (43)

$$F'_N = 0 \quad [N] \quad (45)$$

b) pro elevátory řetězové s řetězovými koly:

- určíme z rovnic (44) a (43)

6.2 PŘESNÝ VÝPOČET

Celková síla F_0 se určí jako součet složek sil F_1 až F_{10} :

$$F_0 = \sum_i^8 F_i \quad [N] \quad (46)$$

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

$$F_1 = c_1 \cdot q_1 \quad [N] \quad (47)$$

$$\text{kde } q_1 = \frac{Q_h \cdot g}{3600 \cdot v} \quad [N/m] \quad (48)$$

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

$$F_2 = q_1 \cdot H \quad [N] \quad (49)$$

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

a) na napínacím bubnu pásových elevátorů:



$$F_3 = c_2 \cdot \left(\frac{F_N}{2} + F_D \right) \quad [N] \quad (50)$$

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

$$F_3 = \mu_2 \cdot \frac{d_1}{D_2} \cdot F_N \quad [N] \quad (51)$$

kde F_N - hodnota podle rovnice (42) respektive (44)

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

$\mu_2 = 0,4$ u svařovaných 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:

$$F_4 = \mu_2 \cdot \frac{d_1}{D_2} \cdot (T_1 + T_2) \quad [N] \quad (52)$$

- b) na hnacím bubnu pásových elevátorů:

$$F_4 = c_2 \cdot (T_1 + F_D) \quad [N] \quad (53)$$

kde T_1 – hodnota z rovnice (63) nebo z rovnic (38), (39)

T_2 – hodnota z rovnic (64), (65) nebo z rovnice (41)

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

$$F_5 = \mu_3 \cdot \frac{d_2}{D_2} \cdot F'_N \quad [N] \quad (54)$$

kde $\mu_3 = 0,15$ pro kluzné uložení

$\mu_3 = 0,05$ pro valivé uložení

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

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

$$F_6 = \mu_3 \cdot \frac{d_3}{D_1} \cdot (T_1 + T_2) \quad [N] \quad (55)$$

kde T_1 – hodnota z rovnice (63) nebo z rovnic (38), (39)

T_2 – hodnota z rovnice (64), (65) nebo z rovnice (41)

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

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



$$F_7 = \mu_4 \cdot q_1 \cdot L \text{ [N]} \quad (56)$$

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 nabíhajících a sbíhajících větví tažného prostředku u šikmých a lomených elevátorů:

$$F_8 = 2 \cdot \mu_4 \cdot (q_2 + q_3) \cdot L \text{ [N]} \quad (57)$$

složka obvodové síly F_9 potřebná k zdvihání tažného prostředku:

$$F_9 = p \cdot q_2 \cdot H \text{ [N]} \quad (58)$$

kde $p = 1$ pro pás nebo jednořetězové provedení

$p = 2$ pro dvojřetězové provedení

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

$$F_{10} = q_3 \cdot H \text{ [N]} \quad (59)$$

Výkon hnacího motoru:

$$P = \frac{F_o \cdot v}{1000 \cdot \eta} \text{ [N]} \quad (60)$$

kde F_o – hodnota podle rovnice (46)

na základě vypočítaného výkonu podle rovnice (60) se vypočítá pro nejbližší zvolený výkon P_z obvodová síla:

$$F_o = \frac{1000 \cdot P_z \cdot \eta}{v} \text{ [N]} \quad (61)$$

Napínací síla F_N a přídatná napínací síla F'_N :

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

$$F_N = 2 \left(\frac{k}{e^{\mu \cdot \beta} - 1} \cdot F_o + \frac{F_8}{2} - F_9 - F_{10} \right) \text{ [N]} \quad (62)$$

kde $k = 1,1$

F_o – hodnota podle rovnice (61) a podle rovnice (43)

$$F'_N = F_N - m_b \cdot g \text{ [N]}$$

Když bude hodnota F'_N podle rovnice (43) záporná nebo rovna nule, napínací síla je podle rovnice (44):

$$F_N = m_b \cdot g \text{ [N]}$$



$$F'_N = 0 \text{ [N]}$$

b) pro elevátory řetězové s řetězovými koly:

podle rovnice (44)

$$F_N = m_b \cdot g \text{ [N]}$$

a podle rovnice (45)

$$F'_N = 0 \text{ [N]}$$

Tah v nabíhající větvi tažného prostředku:

$$T_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_5 + F_7 + \frac{F_8}{2} + F_9 + F_{10} + \frac{F_N}{2} \text{ [N]} \quad (63)$$

kde F_N – hodnota podle rovnice (62) nebo (42)

a) u nepodepřené větve:

$$T_2 = F_9 + F_{10} + \frac{F_N}{2} \text{ [N]} \quad (64)$$

b) u podepřené větve:

$$T_2 = F_9 + F_{10} + \frac{F_8}{2} + \frac{F_N}{2} \text{ [N]} \quad (65)$$

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

$$F_c = (q_1 + q_2 + q_3) \cdot \frac{v^2}{g} \text{ [N]} \quad (66)$$

Napětí tažného prostředku:

a) od tahu v nabíhající větvi:

$$\sigma_t = \frac{T_1}{S} \text{ [Pa]} \quad (67)$$

kde T_1 – hodnota podle rovnice (63)

b) od celkové odstředivé síly na hnacím bubnu:

$$\sigma_c = \frac{F_c}{S} \text{ [Pa]} \quad (68)$$

kde F_c – hodnota podle rovnice (66)

c) od ohybu pásu při přechodu přes buben:

$$\sigma_o = E \cdot \frac{h}{D} \text{ [Pa]} \quad (69)$$

Výsledné napětí řetězu musí splňovat podmínku:

$$\sigma = \sigma_t + \sigma_c \leq \sigma_D \text{ [Pa]} \quad (70)$$

Výsledné napětí pásu musí splňovat podmínku:

$$\sigma = \sigma_t + \sigma_c + \sigma_o \leq \sigma_D \text{ [Pa]} \quad (71)$$



7 PŘEHLED DOPRAVOVANÝCH MATERIÁLŮ

Sypká partikulární hmota je tvořena částicemi různého tvaru a velikosti, ovšem stejné objemové hmotnosti. Částice tvoří statistický soubor, a proto je chování hmoty nepředvídatelné.

Z hlediska konstrukce strojních součástí jsou nedůležitější následující fyzikálně-mechanické vlastnosti dopravovaného materiálu:

- zrnitost
- hustota
- sypná hmotnost
- sypný úhel
- tekutost
- vlhkost
- abrazivnost
- hydroskopičnost

Zrnitost

V závislosti na velikosti částic se sypký materiál dělí do skupin. Jedna z možností jak zjistit zrnitost sypké látky je pomocí sítové analýzy.

Tabulka 8: Označení velikosti zrn [4]

Velikost zrna (mm)	Kategorie zrnitosti materiálu
< 0,05	jemně práškovitý
0,05 ÷ 0,5	práškovitý
0,5 ÷ 1	jemně zrnitý
1 ÷ 5	středně zrnitý
5 ÷ 10	hrubo zrnitý
10 ÷ 50	drobno kusovitý
50 ÷ 150	středně kusovitý
150 ÷ 200	hrubo kusovitý
> 200	velmi hrubo kusovitý až balvanitý

Hustota

Udává hmotnost objemové jednotky zkoušeného materiálu.



Sypná hmotnost

Hmotnost objemové jednotky rozpojeného, volně sypaného materiálu, tj. ve stavu v jakém se dopravuje.

Sypný úhel

Představuje úhel, pod kterým se ustálí povrch volně nasypané látky vzhledem k vodorovné podložce. Jeho velikost závisí na součiniteli vnitřního tření. Je-li podložka v klidu, jedná se o statický sypný úhel. Pokud se podložka pohybuje, uvažujeme kvůli vibračním sypný úhel dynamický.

Tekutost

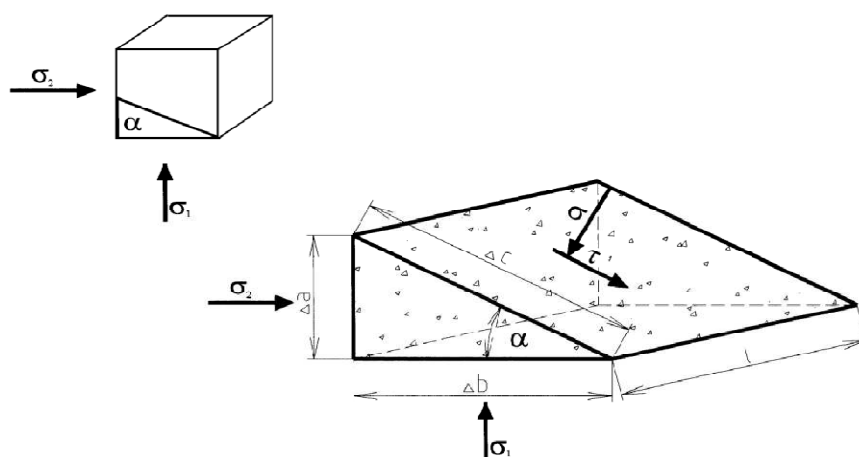
Z hlediska vnitřních mezičásticových vazeb tekutost závisí na adhezních a kohézních vlastnostech dané sypké hmoty. Je funkcí tlaku vyvozeného na zkoušený materiál v dutém válci a tlaku, který rozdrťí vzorek bez válce.

Vlhkost

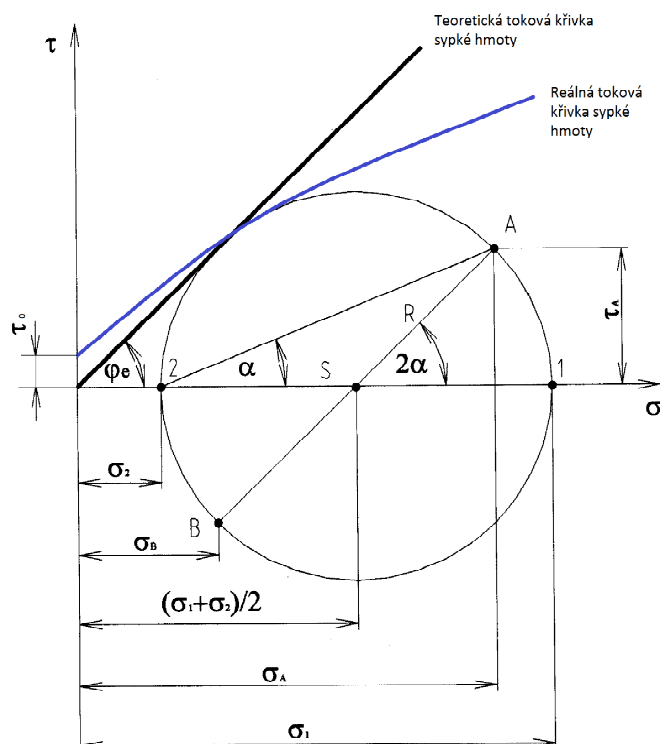
Je vyjádřena obsahem vody ve vzorku v procentech jeho hmotnosti. Obsah vody se během dopravy, manipulace a skladování sypkých hmot neustále mění. Hodnota vlhkosti je důležitá z hlediska ulpívání materiálu na stěnách dopravních systémů.

Abrazivnost

Určité sypké materiály mají při svém pohybu vysoce brusné účinky na stěny dopravních systémů a tím snižují jejich životnost. Nejvíce ji ovlivňují tvrdost, tvar a velikost částic sypké látky.



Obr. 29 Síly působící na element materiálu sypké hmoty [4]



Obr. 30 Mohrova kružnice znázorňující napěťový stav sypké hmoty [30]

Tabulka 9: Mechanicko-fyzikální parametry vybraných sypkých hmot [4]

Materiál	Sypná hmotnost ρ_s [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Dynamický sypný úhel ψ_d [°]	Největší úhel sklonu dopravníku ε_{max} [°]
Antracit drcený	592 až 672	max. 15	18
Bauxit	1100 až 1400	10 až 15	15
Břidlice lámaná	1440 až 1600	10	18
Cement sypaný	1200 až 1400	5	5
Hlína suchá	960 až 1200	20	20
Hlína těžená	1200	20	18
Kámen drcený	1500 až 2100	15	15
Koks	400 až 600	15	17
Obilí	500 až 800	10	12
Písek suchý	1300 až 1600	10 až 15	12 až 15
Popílek vysokopecní	1760 až 2000	20	-
Ruda železná	2100 až 3000	15	18
Skrývka	1300 až 1800	12 až 20	12 až 20
Struska drcená	2080 až 2880	15	18
Škvára	1200 až 1500	10 až 15	18
Štěrka říční	1440 až 1600	25	15
Štěrkopísek	1700 až 1950	18	-
Uhlí černé	850 až 1100	15 až 18	18
Uhlí hnědé	700 až 1000	15 až 20	18
Vápenec drcený	1360 až 1440	15	15
Zemina těžená	1120 až 1280	10 až 20	18 až 20
Zemina s jílem, vlhká	1600 až 1760	25	20



ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo uvést přehled konstrukčních řešení korečkových elevátorů, rypadel a bagrů včetně výrobců. V druhé části popsat teoretický i technický přístup k výpočtům a v poslední části uvést částečný přehled dopravovaných materiálů včetně jejich technických parametrů.

V první části uvádím podrobnější popis korečkových elevátorů dvou tuzemských a dvou zahraničních výrobců. Dopravníky českých výrobců jsou obdobné konstrukce vycházející z osvědčených řešení z minulého století. Zahraniční výrobci oproti tuzemským nabízejí širší nabídku příslušenství, kterými jsou různé snímače nebo bezpečnostní prvky. Dále si u zahraničních výrobců můžeme všimnout nabídky elevátorů s dopravními výkony ve stovkách tun za hodinu potřebných např. v přístavech. K rypadlům vyráběným v ČR je možné najít mnoho informací, ovšem s ohledem na rozsáhlost a složitost těchto strojů není možné je zde podrobněji uvádět.

V části obsahující teoretické výpočty je základem odvození logaritmické spirály, která tvoří tvar hladiny materiálu v korečku při odstředivém vyprazdňování. Technický přístup k výpočtům má původ v desítky let starých normách, které uvádějí základní návrhové výpočty.

Poslední část práce uvádí základní přehled technických parametrů dopravovaných materiálů a napětí působící na sypké hmoty.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] BIGOŠ, Peter, Josef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. *Teorie a stavba zdvihacích a dopravních zařízení*. 1. Košice: TU v Košicích, Strojnická fakulta, 2012. ISBN 978-80-553-1187-6.
- [2] DRAŽAN, František. *Teorie a stavba dopravníků: určeno pro stud. fakulta strojní*. Praha: ČVUT, 1983.
- [3] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: Vysoké učení technické, 1988. Učební texty vysokých škol.
- [4] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 80-248-0043-8.
- [5] 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.
- [6] GELNAR, D. *Verifikace a validace DEM modelů sypkých hmot a aplikaci na korečkové elevátory a možnosti řešení reálné aplikace v praxi*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2015. 166 s. Vedoucí disertační práce prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.
- [7] RŮČKA, M. *Koncepční popis návrhu korečkového elevátoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 52 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Jonák.
- [8] ADAPT dopravníky: Výrobní program. *Elevátory- korečkové dopravníky* [online]. [cit. 2016-03-28]. Dostupné z.: <<http://www.adaptdopravniky.cz/vyrobni-program/elevatory-koreckove-dopravniky/zemedelstvi-1/elevatory-zemedelstvi.html>>.
- [9] Denis: *Prezentace firmy* [online]. [cit. 2016-04-17]. Dostupné z.: www.denis.fr/en/company/
- [10] MOZA: *Představení firmy* [online]. [cit. 2016-03-28]. Dostupné z.: <http://www.moza.cz/>.
- [11] MOZA: *Výrobky. Korečkové elevátory* [online]. [cit. 2016-03-28]. Dostupné z.: <http://www.moza.cz/vyrobky/1-koreckove-elevatory>.



- [12] Pawlica: *Produkty* [online]. [cit 2016-04-24]. Dostupné z.: <http://www.pawlica.cz/produkty/dopravniky-na-obili/obilni-dopravniky-skandia.html>
- [13] PRODECO: *Profil společnosti* [online]. [cit 2016-05-01]. Dostupné z.: <http://www.prodeco.cz/cz/prvni-stranka/profil-spolecnosti>
- [14] PRODECO: *Produkty a služby* [online]. [cit 2016-05-01]. Dostupné z.: <http://www.prodeco.cz/cz/produkty-a-sluzby/rypadla/k-10000>
- [15] PRODECO: *Produkty a služby* [online]. [cit 2016-05-01]. Dostupné z.: <http://www.prodeco.cz/cz/produkty-a-sluzby/rypadla/kk-1300>
- [16] PRODECO: *Produkty a služby* [online]. [cit 2016-05-06] Dostupné z.: <http://www.prodeco.cz/cz/produkty-a-sluzby/rypadla/rk-5000>
- [17] Pro Sand Engineering: *Profil společnosti* [online]. [cit 2016-05-06] Dostupné z.: <http://www.prosand.cz/profil-spolecnosti.php>
- [18] Pro Sand Engineering: *Plovoucí bagry* [online]. [cit 2016-05-06] Dostupné z.: <http://www.prosand.cz/koreckovy-bagr-plovouci.php>
- [19] Romill: *Korečkový dopravník* [online]. [cit 2016-04-24] Dostupné z.: <http://www.romill.cz/cz/koreckovy-dopravnik>
- [20] SANDVIK: *Products* [online]. [cit 2016-05-05] Dostupné z.: <http://mining.sandvik.com/en/products/equipment>
- [21] Sandvik Mining and Construction: *Bulk materials handling equipment* [online]. [cit 2016-05-05] Dostupné z.: <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003715.nsf/GenerateTopFrameset?ReadForm&menu=&view=http%3A//www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/196A235A8D343619C125716D003A30F3&banner=/sandvik/0120/Internet/Global/S003715.nsf/LookupAdm/BannerForm%3FOpenDocument>
- [22] Sandvik Mining and Construction: *Bulk materials handling equipment* [online]. [cit 2016-05-05] Dostupné z.: <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003715.nsf/GenerateTopFrameset?ReadForm&menu=&view=http%3A//www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/BD7EA66DDE0EBCCEC12571AA00557323&banner=/sandvik/0120/Internet/Global/S003715.nsf/LookupAdm/BannerForm%3FOpenDocument>



- [23] TAKRAF TENOVA: *Výrobky* [online]. [cit 2016-05-05] Dostupné z.: <http://www.takraf.tenova.com/en/products/>
- [24] TAKRAF TENOVA: *Korečková řetězová rypadla* [online]. [cit 2016-05-05] Dostupné z.: <http://www.takraf.tenova.com/en/product/bucket-chain-excavators/>
- [25] TAURUS: *Profil firmy* [online]. [cit 2016-04-12]. Dostupné z.: <http://www.taurus-sro.cz/o-firme.html>
- [26] TAURUS: *Galerie* [online]. [cit 2016-04-12]. Dostupné z.: <http://www.taurus-sro.cz/techagro-2010.html>
- [27] TAURUS: *Elevátory* [online]. [cit 2016-04-12]. Dostupné z.: <http://www.taurus-sro.cz/krmivarny-a-mlyny/elevatory.html>
- [28] Diamo: *Hornická Příbram* [online]. [cit 2016-04-12]. Dostupné z.: http://slon.diamo.cz/hpvt/2011/_Technika/H%2003.pdf
- [29] Romill: *Korečkový dopravník* [online]. [cit 2016-04-24]. Dokument ve formátu pdf. Dostupné z.: <http://www.romill.cz/cz/koreckovy-dopravnik>
- [30] VŠB – Technická univerzita Ostrava. *Základy zařízení úpraven*. [online]. Fakulta strojní VŠB - TUV Ostrava. [cit 2016-04-30]. Dostupné z.: <http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2732-2.pdf>
- [31] ZČU v Plzni. Oddělení geometrie katedry matematiky. *Logaritmická spirála*. [online]. Fakulta aplikovaných věd ZČU v Plzni. [cit 2016-04-30]. Dostupné z.: <http://geometrie.kma.zcu.cz/work/KS/LogSpir/LogaritmickaSpirala.pdf>
- [32] Hornické listy. *Stárnoucí gigant K 10 000/K 74 stále v dobré kondici*. [online]. Chomutov: Severočeské doly, 2013, (2) [cit. 2016-05-01]. Dostupné z.: <http://www.hornicke-listy.cz/archiv/HL02-2013.pdf>
- [33] TECHNOLOGIE STROJE A ZAŘÍZENÍ. *Dobývací stroje pro povrchovou těžbu*. [online]. [cit 2016-05-06]. Dostupné z.: http://www.techstroj.g6.cz/U/Dobывaci_stroje_povrch_koreckove.pdf
- [34] AGROING BRNO. *Návod k montáži SEH 50*. Brno, 2016, 32s.
- [35] MALÁŠEK, Jiří. *Tvary hladin – fyzika*. Brno, 2014, 3s. Dokument ve formátu doc.
- [36] MOZA: *Korečkový elevátor ME 01- 40.16* . 2006. Dokument ve formátu dwg.



- [37] Romill. *Montážní návod a údržba: CZ korečkový elevátor No14*. Brno, 2006, 26s.
- [38] TAURUS CHRUDIM. *Původní návod k používání: Elevátor odstředivý EO 20*. Chrudim, 2015, 23 s.
- [39] Bagry.cz – Ondřej Hájek: *Nové české kolesové rýpadlo Prodeco KK1300 se zakousne do skryvky v dolech Bílina* [online]. [cit 2016-05-03]. Dostupné z.: http://bagry.cz/cze/clanky/recenze/nove_ceske_kolesove_rypadlo_prodeco_kk1300_se_za_kousne_do_skryvky_v_dolech_bilina



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A	[-]	obecný bod logaritmické spirály
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	[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
p	[-]	počet tažných prostředků jedné větve
P	[-]	pól logaritmické spirály
P_z	[kW]	výkon zvoleného elektromotoru



q_1	[-]	délkové zatížení tažného prostředku od hmotnosti dopravovaného materiálu
q_2	[N.m ⁻¹]	délkové zatížení tažného prostředku od vlastní hmotnosti
q_3	[N.m ⁻¹]	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 ⁻¹]	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 A logaritmické spirály
ψ	[-]	součinitel plnění $\psi < 1$
ω	[rad.s ⁻¹]	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



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I Sestava: Spodní hlava ME 01 – 40.16 [36]

Příloha II Sestava: Horní hlava ME 01 – 40.16 [36]

Příloha III Sestava: Montážní potrubí ME 01 – 40.16 [36]