

Výrobní linka pro zpracování, balení a paletizaci sypkých hmot.

Bc. Libor Zicháček

Diplomová práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Libor Zicháček**

Osobní číslo: **T16628**

Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Výrobní linka pro zpracování, balení a paletizaci sypkých hmot**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie pro dané téma.
2. Vypracování a posouzení návrhů výrobní linky.
3. Zhodnocení a závěr.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Bednařík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **18. května 2018**

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Zicháček Libor

Obor: Výrobní inženýrství

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 14.5.2018

Zicháček

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělěčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, apisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem výrobní linky pro zpracování, balení a paletizace sypkých hmot.

Úvod práce je věnován základní teorii v oblasti skladování a dopravy sypkých hmot v poslední části pak samotného balení a paletizace.

Praktická část se věnuje přímo konstrukčnímu návrhu linky, tedy vhodnému dispozičnímu řešení, technologickému postupu dopravy a zpracování, skladovacích a výkonových kapacit. Následně je provedena ekonomická analýza řešení.

Klíčová slova: skladování sypkých hmot, doprava sypkých hmot, míchání, balení, paletizace, sypký materiál

ABSTRACT

This thesis describes the design of the production line for processing, packaging and palletizing bulk materials.

Introduction is dedicated to basic theory of storage and transport of bulk materials in after-last part, the actual packing and palletizing.

The practical part deals directly engineering design lines, a suitable process layout, technological process of transportation, processing and storage capacity and performance-feeling. Then an economic analysis solution.

Keywords: storage of bulk materials, transportation of bulk materials, mixing, packaging, palletizing, bulk material

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své diplomové práce panu Ing. Martinu Bednaříkovi, Ph.D. za strávený čas při odborném vedení, udělování cenných rad a připomínek, které mi poskytoval v průběhu zpracování mé diplomové práce. Dále děkuji firmě ZK ING, s.r.o. za možnost využití firemních podkladů a zdrojů.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 SUCHÉ STAVEBNÍ SMĚSI	13
1.1 KLASIFIKACE SYPKÝCH MATERIÁLŮ	13
1.1.1 Zrnitost	13
1.1.2 Soudružnost.....	14
1.1.3 Chování materiálu během dopravy	15
1.1.4 Objemová hmotnost	15
1.1.5 Teplota.....	16
2 SKLADOVÁNÍ SYPKÝCH HMOT	17
2.1 ZPŮSOBY SKLADOVÁNÍ SYPKÝCH HMOT.....	17
2.1.1 Skladování v jednotkových obalech.....	17
2.1.2 Skladování volně ložené	17
2.1.3 Intenzivní hromadné skladování	18
2.2 ZÁSOBNÍKY	18
2.2.1 Pravoúhlé zásobníky	19
2.2.2 Zásobníky s kruhových průřezem	20
2.3 PLNĚNÍ ZÁSOBNÍKU	21
2.4 VYPRAZDŇOVÁNÍ ZÁSOBNÍKU.....	21
2.5 VYBAVENÍ ZÁSOBNÍKU.....	22
2.5.1 Koncovky plnicího potrubí	22
2.5.2 Uzavírací ventily potrubí.....	23
2.5.3 Otěruvzdorná kolena a oblouky pro plnicí potrubí	24
2.5.4 Filtrační zařízení.....	24
2.5.5 Sondy hladiny.....	25
2.5.6 Pojišťovací ventily	26
2.5.7 Uzavírací komponenty	27
2.5.8 Zařízení pro podporu toku materiálu.....	28
3 DOPRAVNÍ SYSTÉM SYPKÝCH HMOT	31
3.1 ROZDĚLENÍ DOPRAVY	31
3.2 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY	32
3.3 KOREČKOVÉ ELEVÁTORY	36
3.4 ŠNEKOVÉ DOPRAVNÍKY	37
3.5 ROTAČNÍ PODAVAČE (TURNIKETOVÉ PODAVAČE)	39
3.6 DOPRAVNÍ SKLUZY.....	39
3.7 VÁLEČKOVÉ TRATĚ	40
4 PŘÍPRAVA STAVEBNÍ SMĚSI	42
4.1 DÁVKOVÁNÍ A VÁŽENÍ	42
4.1.1 Cyklické hmotnostní váhy.....	42
4.1.2 Kontinuální dávkování	43
4.2 MÍCHÁNÍ (SMĚŠOVÁNÍ)	43
4.2.1 Míchače s nepohyblivou komorou	44

4.2.2	Míchače s pohyblivou komorou.....	46
5	BALENÍ PYTLŮ, PALETIZACE A BALENÍ PALET.....	48
5.1	BALÍCÍ STROJE.....	48
5.1.1	Šneková balička do ventilových pytlů a kbelíků.....	48
5.1.2	Turbínová balička do ventilových pytlů.....	49
5.1.3	Přetlaková balička do ventilových pytlů.....	50
5.1.4	Gravitační balička do ventilových pytlů.....	50
5.1.5	Speciální baličky pro vysoké výkony.....	51
5.2	PALETIZACE.....	51
5.2.1	Robotický paletizátor.....	52
5.2.2	Sloupový paletizátor.....	52
5.3	BALENÍ PALET.....	53
5.3.1	Ovinovací stroj poloautomatický.....	53
5.3.2	Ovinovací stroj automatický.....	54
5.3.3	Smršťovací stroj - Stretchhood.....	54
5.3.4	Smršťovací stroj - horkovzdušný.....	55
6	DOPLŇKOVÁ TECHNOLOGIE.....	56
6.1	LISOVÁNÍ SYPKÝCH HMOT.....	56
6.2	EXPEDICE DO AUTOCISTEREN.....	57
6.3	DALŠÍ TECHNOLOGIE.....	58
6.3.1	Popisování pytlů.....	58
6.3.2	Kontrolní váha.....	58
6.3.3	Formování pytle.....	58
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	59
7	CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	60
8	PŘEDMĚT ZADÁNÍ.....	61
8.1	POŽADOVANÝ ÚČEL.....	61
8.2	VÝKONOVÉ PARAMETRY.....	61
8.3	POŽADOVANÉ VSTUPNÍ SUROVINY A SKLADOVACÍ KAPACITA.....	62
9	TECHNICKÝ POPIS ŘEŠENÍ.....	63
10	DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ.....	67
10.1	TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA.....	67
11	STANOVENÍ VÝKONŮ LINKY.....	68
11.1	ZADANÉ HODNOTY.....	68
11.2	VÝPOČET VÝKONU HLAVNÍCH ZAŘÍZENÍ.....	68
11.3	VOLBA VELIKOSTI A TYPU HLAVNÍCH ZAŘÍZENÍ.....	68
11.3.1	Volba typu míchače.....	69
11.3.2	Volba typu baličky.....	69
11.3.3	Volba typu paletizéru.....	70
11.3.4	Volba zařízení na potažení plných palet folií.....	71
11.4	VÝPOČET DOPRAVNÍCH CEST.....	72
11.4.1	Volba velikosti vah.....	72
11.4.2	Volba výkonu šnekových dopravníků.....	72
12	POPIS FUNKCE SYTÉMU ŘÍZENÍ.....	73

12.1	STAVY SYSTÉMU ŘÍZENÍ	73
12.2	FUNKCE SYSTÉMU NA SILECH	73
12.2.1	Uzavírací ventil plnicího potrubí	74
12.2.2	Přetlakový filtr	74
12.2.3	System hlášení poškození filtru	74
12.2.4	Čerění výpadu síla	74
12.2.5	Kontinuální sonda hladiny	75
12.2.6	Osvětlení sil	75
12.3	FUNKCE SYSTÉMU NA ZÁSOBNÍCÍCH PŘÍŠAD	76
12.3.1	Podtlakový filtr s ventilátorem	76
12.3.2	System hlášení poškození filtru	76
12.3.3	Elektrický vibrátor na výpadu zásobníku	76
12.3.4	Vibrační limitní sonda minimální hladiny	76
12.4	DÁVKOVÁNÍ SUROVIN A PŘÍŠAD	77
12.4.1	Šnekové dopravníky	77
12.4.2	Klapka na výpadu z šnekového dopravníku	77
12.5	VÁŽENÍ SUROVIN A PŘÍŠAD	78
12.5.1	Tenzometrické snímače	78
12.5.2	Elektrický a pneumatický vibrátor	78
12.5.3	Pneumatické klapky na výpadu	78
12.6	MÍCHAČ	79
12.6.1	Pohon míchače	79
12.6.2	Pohon víříče	79
12.6.3	Bezpečnostní zámek dveří míchače	79
12.6.4	Vyprazdňování míchače	80
12.7	PODTLAKOVÝ FILTR PRO ODPRÁŠENÍ BALIČEK A MÍCHAČE	80
12.8	BALIČKY, PALETIZÉR, STRETCH HOOD	80
13	EKONOMICKÁ ANALÝZA	81
13.1	SPOTŘEBA EL. ENERGIE	81
13.2	SPOTŘEBA VZDUCHU	82
13.3	CELKOVÁ POŘIZOVACÍ INVESTICE	82
	ZÁVĚR	84
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	87
	SEZNAM TABULEK	89
	SEZNAM PŘÍLOH	90

ÚVOD

Drtivé většiny stavebních prací se neobejdou bez suchých stavebních směsí jako například tenkovrstvých lepidel, omítek, betonu, malty atd. Tyto směsi vznikají správným navážením a smícháním různých stavebních látek a pojiv jako je cement, kamenivo, písek, vápno, vápenný hydrát apod. Po vzniku požadované směsi je potřeba produkt zabalit do vhodného přepravního a distribučního obalu tak, aby mohl být expedován k prodeji nebo přímo ke koncovému odběrateli již pod obchodním označením a logem výrobce. Než se ovšem takto stane musí jednotlivé složky směsi projít řadou technologických úseků výrobní linky.

Na výrobní linku je kladena řada podmínek jak z hlediska výkonu, kapacity skladování, počtu vstupujících surovin, tak i z hlediska hygieny práce a dalších norem, které ovlivňují kvalitu výsledného produktu, jeho zpracování a v neposlední řadě i cenu.

Technologie zpracování sypkých hmot je stále se rozvíjející oblast průmyslu, hlavně z důvodu zvyšování stupně automatizace výroby, bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP) a eliminace negativního působení na životní prostředí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SUCHÉ STAVEBNÍ SMĚSI

Pokud zmíníme suché stavební směsi jedná se nejčastěji o pytlované materiály, které jsou po jednoduchém promíchání, nejčastěji s obyčejnou vodou, připraveny k aplikaci.

Stavební směsi se skládají ze dvou a více druhů sypkých látek, při jejich promíchání nedochází ke vzniku nebo zániku chemických vazeb a proto se nejedná o chemický děj. Druhy a množství použitých látek, stejně tak jejich kvalita promíchání, udává výsledné vlastnosti směsi, jak z fyzikálního hlediska pro další zpracování, tak z hlediska chemického při samotné finální aplikaci.

Sypká látka a z ní složená stavební směs je specifická především svými geometrickými a mechanicko-fyzikálními vlastnostmi. [1]

1.1 Klasifikace sypkých materiálů

Sypký materiál můžeme roztrždit do skupin dle návrhu FEM (Fédération Européenne de la Manutention) z pohledu manipulace, dopravy a skladování.

Návrh vyjadřuje jednotné měřítko číselným označením každé vlastnosti tak, aby se dosáhlo pokud možno přesného roztrždění materiálů.

Podle tohoto návrhu je sypký materiál charakterizován pěti základními údaji, a to:

- a) zrnitostí,
- b) soudržností,
- c) chováním během dopravy,
- d) objemovou hmotností,
- e) teplotou.

Sypký materiál, respektive hmota, je tvořena částicemi různé velikosti a tvaru při stejné objemové a sypané hmotnosti. [1]

1.1.1 Zrnitost

Zrnitost vyjadřuje rozměry a tvar zrn a je označena dvěma znaky.

První znak uvádí velikost zrna a je označen velkým písmenem latinské abecedy A až K (viz. Tab.1.)

Tab. 1. Označení velikosti zrn [1]

Označení	Většina* zrn má rozměr (mm)	
A	do 0,4	
B	od 0,4	do 1,0
C	od 1	do 3
D	od 3	do 10
E	od 10	do 25
F	od 25	do 50
G	od 50	do 75
H	od 75	do 150
J	od 150	do 300
K	od 300 výše	

* výraz "většina" znamená, že takový rozměr zrn má nejméně 60% objemu

Druhý znak je označený římskými číslicemi, udává tvar zrna takto:

- I - Ostré hrany s přibližně stejnými rozměry ve všech třech rozměrech (tvar kostky)
- II - Ostré hrany, u nichž je jeden rozměr zřetelně větší než ostatní (tvar hranolu)
- III - Ostré hrany, u nichž jeden rozměr je podstatně menší než ostatní (tvar desky, šupiny)
- IV - Zaoblené hrany s přibližně stejnými rozměry ve všech třech rozměrech (předměty kulového tvaru)
- V - Oblené hrany mající jeden rozměr podstatně větší než ostatní (tvar válce, tyče)
- VI - Přízovitý, nit'ovitý, uzlinovitý materiál

1.1.2 Soudružnost

Soudružnost nebo také sypanost je dána vzájemným silovým působením jednotlivých zrn materiálu, charakterizujeme ji sypaným úhlem (označen ψ_s). Sypaný úhel se měří mezi povrchovou přímkou pláště volně nasypaného kužele a horizontálou.

Soudružnost je udávána arabskými číslicemi v tomto odstupňování:

- 1 - materiál ve vzduchu se vznášející a tekoucí jako tekutina
- 2 - lehce tekoucí materiál, sypaný úhel menší než 30°

- 3 - normálně tekoucí, sypný úhel mezi 30 a 45°
- 4 - těžko tekoucí, sypný úhel mezi 45 a 60°
- 5 - soudružný materiál, sypný úhel větší než 60°
- 6 - materiál netvořící skluzu, netekoucí, se sklonem ke tvoření kleneb a těžko od sebe oddělitelný

1.1.3 Chování materiálu během dopravy

Chování materiálu během dopravy je označováno malými písmeny latinské abecedy a patří do ní deset skupin vlastností, které jsou pro dopravu významné.

Tab. 2. Označení vlastností materiálu při dopravě [1]

Označení	Vlastnost	Příklady
o	abrazivní (obrusivý)	křemen, křemičitý písek
p	korozivní	kuchyňská sůl
q	rozbitelný, křehký	mýdlové vločky
r	explozivní	mouka, uhelný prach
s	hořlavý	dřevěné hobliny a třísky
t	prachovitý	cement, vápno
u	vlhký (v %)	
v	lepivý	vlhký materiál
w	hygroskopický	sádra, vápno
x	páchnoucí	odpadky

1.1.4 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost uvádí podíl hmotnosti materiálu obsaženém v určitém objemu. U sypkých materiálů se nejčastěji uvádí hmotnost v tunách nebo kilogramech na metr krychlový (t/m^3 , kg/m^3). Nutno zdůraznit, že u sypkých materiálů určených pro skladování a dopravu zpravidla používáme místo objemové hmotnosti sypnou hmotnost, což je hmotnost měřena laboratorně, naplněním volně sypaného materiálu do nádoby o známém objemu.

Poměr mezi objemovou hmotností a sypnou hmotností udává tzv. **součinitel nakypření**:

$$k_N = \frac{\rho_v}{\rho_s} \quad [-] \quad (1)$$

Všeobecně platí, že

$$\rho_s < \rho_v < \rho \quad (2)$$

- kde ρ_s [kg/m³] - sypná hmotnost.

- kde ρ_v [kg/m³] - objemová hmotnost materiálu, zjišťuje se laboratorně obdobně jako u sypné hmotnosti s tím rozdílem, že je nutné změřit objem meziprostoru částic (například vodou).

- kde ρ [kg/m³] - měrná hmotnost, hmotnost objemové jednotky zrna materiálu (veškerý materiál vyplňuje meziprostor částic).

1.1.5 Teplota

Teplota materiálu je dána hodnotou udávající počet stupňů současně s doplňkem o příslušné stupnici (C, F). Tato hodnota ovlivňuje použítou technologii pro zpracování, dopravu a skladování materiálu. [1]

2 SKLADOVÁNÍ SYPKÝCH HMOT

Skladování a následná doprava materiálu je součástí každého výrobního procesu v chemickém, potravinářském a zpracovatelském průmyslu. Skladování zpravidla zvyšuje výrobní náklady, aniž by přispělo ke zvýšení hodnoty výrobku. Hlavním důvodem skladování materiálu je vyrovnání nepravidelnosti dodávek, pohybem tržní ceny materiálu a vytvoření dostatečné rezervy k zásobování technologického uzlu.

Jedním ze základních požadavků pro skladování materiálu je ponechání vlastností skladovaného materiálu. Výjimku tvoří pouze technologické skladování, kdy dochází k technologickým změnám (např. zrání produktu v potravinářském průmyslu). Materiál lze skladovat ve všech skupenství. Zvláště náročné jsou požadavky při skladování sypkých (zrnitých) materiálů a to především z důvodu většího skladovaného objemu. [2]

2.1 Způsoby skladování sypkých hmot

S ohledem na vlastnosti sypkých hmot můžeme skladování realizovat dvojím způsobem:

- a) Skladování v jednotkových obalech (pytle, big-bagy, sudy, atd).
- b) Skladování volně ložené nebo skladování v zásobnících.

2.1.1 Skladování v jednotkových obalech

Jedná se především o obaly menšího objemu. Využíváme je tam, kde je potřeba snadná a častá manipulace s materiálem a pokud je sypký materiál určený do spotřební sítě.

Z důvodu evidence je vhodné obaly opatřit tzv. čárovým kódem EAN (European Article Numbering). Čárový kód EAN pomocí soustavy rovnoběžných čar o různých šířkách a mezerách přesně definuje dané zboží. Pomocí čtecího zařízení, můžeme z čárového kódu přenést všechny potřebné údaje do počítače.

Některé materiály z bezpečnostních důvodů nelze skladovat ve velkých množstvích. Zde je právě výhoda jednotkových obalů, které musí být v kvalitnějším provedení (např. zamezení přístupu vzdušné vlhkosti). [2]

2.1.2 Skladování volně ložené

Skladování volně ložené tzv. extenzivní způsob skladování se využívá v případech většího objemu a tam, kde je pohyb materiálu poměrně malý. Skladování může probíhat ve skládce nebo polobunkru.

Skládka - prostor geometricky omezený základnou, jejíž tvar je dán způsobem odběru materiálu a ostatními plochami, které mohou být volné nebo ohraničené. Maximální výška skládky je ovlivněna druhem skladovaného materiálu a jeho sypným úhlem. U tohoto způsobu skladování je potřeba velké skladovací plochy.

Polobunkr - jedná se o kombinaci zásobníku a skládky. Je určen pro skladování velkých objemů materiálu. Stěny jsou většinou ve spodní části, kde je umístěno dopravní zařízení pro odběr materiálu. Materiál je nasypáván volně. [2]

2.1.3 Intenzivní hromadné skladování

Zásobníky se používají především pro intenzivní hromadné skladování. Při tomto skladování dochází k efektivnějšímu využití skladovací plochy. Je to dáno tím, že vrstva materiálu je podstatně vyšší než u volně leženého způsobu skladování. [2]

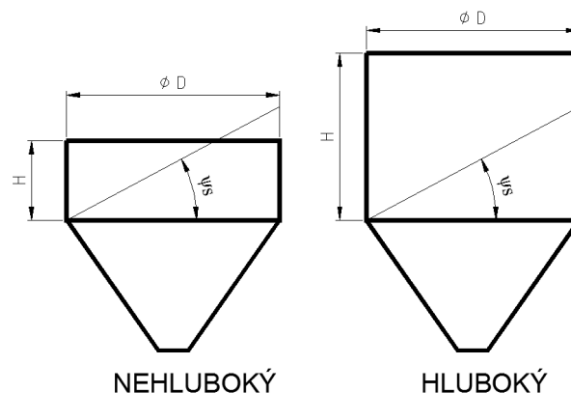
2.2 Zásobníky

Zásobník definuje norma ČSN EN 1991-4 jako prostorovou konstrukci, sloužící k uskladnění zrnitých, prachových i částečně vláknitých materiálů. Jejich hlavní výhodou je ochrana skladovaného materiálu před vnějšími vlivy prostředí, popřípadě vytvoření vhodné inertní atmosféry uvnitř zásobníku. Zpravidla se zásobníky realizují jako vertikální nádoby s plněním v horní části a gravitačním vyprazdňováním ve spodní části. Podle poměru výšky a šířky se zásobníky dělí na:

- nehluboké (bunkry)

- hluboké (sila)

Rozlišením, zda se jedná o nehluboký zásobník nebo hluboký zásobník, je přímka vedená pod sypným úhlem. V případě, že přímka protíná stěnu zásobníku jedná se o silo (viz. obr. 1.). [2]



Obr. 1. Nehluboké, hluboké zásobníky [2]

Základním parametrem zásobníku je jeho objem (geometrický nebo užitečný) udávaný nejčastěji v m^3 nebo v případě, že známe sypnou hmotnost skladovaného materiálu také v tunách. Zásobníky můžeme rozdělit podle tvaru jejich komor na:

Zásobníky s pravoúhlým průřezem komory - čtvercové

- obdélníkové

Zásobníky s kruhovým průřezem komory - válcové

Zásobníky s mnohoúhelníkovým průřezem komory

2.2.1 Pravoúhlé zásobníky

Používají se převážně pro menší skladovací kapacity, z důvodu zvýšeného namáhání stěn zásobníku. Tvar výsypky je komolý jehlan, popřípadě je spodní část tvořena přechodem na kruhový výpad. Pravoúhlé zásobníky mají výraznější tendenci ke vzniku tzv. mrtvých koutů, ze kterých se materiál obtížně vyprazdňuje. Největší výhodou této geometrie je možnost využití prostoru vytvářením skupin zásobníků vedle sebe. [2]

Na obr.2. je vyobrazena baterie hranatých sil s horizontální výztuží stěn. Spodní část tvořena přechodem na kruhový výpad, v tomto případě pro uchycení vibračního dna - zásobníky pro skladování mouky.



Obr. 2. *Baterie hranatých sil [3]*

2.2.2 Zásobníky s kruhovým průřezem

Tvar kruhového průřezu zásobníku je výhodný z hlediska výrobního procesu a také z pevnostního hlediska. Výpad je tvořen kuželovou výpustí a vzhledem k symetrii zásobníku (oproti pravoúhlému zásobníku) je úhel výsypky v každém řezu stejný. Určitou nevýhodou je menší využití prostoru při vytváření skupin zásobníků vedle sebe - vznik hluchých míst. [2]

Obr. 3. znázorňuje baterii válcových sil ve 3 řadách s 9ks vedle sebe. Pochozí část střechy je chytře upravena jako obdélníková s vykrytím všech hluchých míst.



Obr. 3. *Baterie válcových sil [3]*

2.3 Plnění zásobníku

Zásobník můžeme plnit zpravidla dvěma způsoby:

a) Mechanicky - zásobník plníme gravitačně otvorem ve víku, pomocí různých dopravníků (šnekový dopravník, pásový dopravník, elevátor, skipový dopravník, atd.)

b) Pneumaticky - materiál je dopravován pomocí plnicího potrubí, které může být vedené skrz nádobu zásobníku nebo vnějším potrubím. Aby byla využita co největší kapacita bývá ústí těsně pod střechou zásobníku. Pseudoprava může být přetlaková (nizkotlaká, středotlaká, vysokotlaká) nebo naopak podtlaková. Plnění pomocí autocisteren pracuje nejčastěji v středotlaké až vysokotlaké dopravě, kde zdrojem tlakového vzduchu je kompresor autocisterny nebo externí zdroj tlakového vzduchu.

Způsob plnění má vliv jak na samotnou konstrukci zásobníku, tak i na jeho samotnou technologickou výbavu. [3]

2.4 Vyprazdňování zásobníku

Vyprazdňování zásobníku zpravidla probíhá v jeho nejnižší části, respektive ve spodní části výsyvky, výpustným otvorem. Při vyprazdňování částičky materiálu vykonávají dvojí pohyb:

a) primární

b) sekundární

Primární pohyb charakterizujeme pohyb skupiny zrn a dochází k nakypření sypkého materiálu ve svislém směru.

Sekundární pohyb naopak vykonávají pouze jednotlivá zrna materiálu a způsobuje zhuštění v příčném směru.

Primární i sekundární pohyb spolu úzce souvisí. Primární pohyb je zpravidla 15x větší než pohyb sekundární. V závislosti na tvaru a umístění výpustného otvoru může být vyprazdňování:

a) s úplně souměrným tokem

b) s částečně souměrným tokem

c) s nesouměrným - jednostranným tokem [1]

Nepříznivým jevem, který doprovází vyprazdňování hlubinných zásobníků je vznik vzpěrné klenby, které mohou být tvarově velmi složité. Často a samovolně může dojít k jejich náhlému uvolnění a zahlcení zařízení umístěného na výpadu zásobníku. Vzpěrné klenba je také jeden z důvodů přerušení toku materiálu ze zásobníku. Místem s největší pravděpodobností vzniku vzpěrné klenby je v zešikmené (kuželovité) části, především v jejím nejužším průřezu. Abychom zmenšili pravděpodobnost výskytu klenby během vyprazdňování, musíme dostatečně dimenzovat velikost výpustného otvoru.

Velikost výpustného otvoru volíme na základě velikosti průměrného zrna d skladovaného materiálu:

Minimální plocha čtvercového výpustného otvoru:

$$S_{\square} = (5d)^2 \quad [\text{m}^2] \quad (3)$$

Tvar zrn může být rozdílný a nepravidelný, proto se zavádí součinitel bezpečnosti tvaru zrn, jehož maximální hodnota je 1,4:

$$S_{\square} = k(5d)^2 \quad [\text{m}^2] \quad (4)$$

Minimální plocha kruhového výpustného otvoru:

$$S_{\circ} = 0,85 \cdot k(5d)^2 \quad [\text{m}^2] \quad (5)$$

Kruhové výpustné otvory jsou z hlediska toku materiálu účinnější proto je průřez ponížěn o 15 % oproti otvoru čtvercovému. [2]

2.5 Vybavení zásobníku

Jak již bylo zmíněno na vybavení zásobníku má vliv řada faktorů, jako je způsob plnění, způsob vyprazdňování, navazující technologie, skladovaný materiál, dispoziční umístění, a jiné. Toto vybavení je v některých případech nutné pro správný provoz zásobníku nebo slouží jako doplňková technologie zvyšující komfort pro obsluhu a řízení chodu zásobníku. [3]

2.5.1 Koncovky plnicího potrubí

Koncovky plnicího potrubí zajišťují bezprašné připojení autocisterny skrz hadici na plnicí potrubí sila. Koncovka je osazena bajonetovou rychlospojkou s víčkem. V některých případech lze koncovku dovybavit čidlem otevření/uzavření pro signalizaci stavu do řídicího

systemu, či visacím zámekem pro ochranu potrubí před nesprávným plněním (např. záměna materiálu při větším počtu plnicích potrubí). [3]



Obr. 4. Koncovka plnicího potrubí s čidlem otevření [3]

2.5.2 Uzavírací ventily potrubí

Tyto ventily se instalují v blízkosti koncovek plnicího potrubí a v kooperaci se sodnou hladiny maxima slouží jako ochrana sila proti přeplnění materiálem. Kromě toho lze ventil použít k uzamčení plnicího potrubí, opět za účelem ochrany před nesprávným plněním. Ventil je ovládán tlakovým vzduchem pomocí centrálního nebo lokálního systému řízení. Na obr.5 můžeme vidět 5x plnicí potrubí, kde na vstupu je bajonetová koncovka s víčkem a následuje uzavírací ventil potrubí. [3]



Obr. 5. Uzavírací ventily plnicího potrubí [3]

2.5.3 Otěruvzdorná kolena a oblouky pro plnicí potrubí

Otěruvzdorná kolena se instalují v místech zalomení plnicího potrubí za účelem eliminace otěru při dopravě abrazivních sypkých hmot. Dopravovaný materiál uvnitř kolene vytvoří materiálové lůžko, po kterém materiál dále postupuje do rovné části potrubí. Materiálové lůžko zabrání abrazi v nejkritičtějším místě dopravy potrubí. Oproti obloukům, dochází v kolenech k větším tlakovým ztrátám a proto se kolena nehodí k delším dopravním cestám. U oblouků pro plnicí potrubí používáme většího poloměru zakřivení, u kolen je velikost poloměru zakřivení zpravidla rovno průměru. Pro zvýšení otěruvzdornosti oblouků můžeme vnitřní část oblouku vylít nebo vyložit například betonem, čedičem či eucorovou vložkou. [3]



Obr. 6. 90° otěruvzdorné koleno [3]

2.5.4 Filtrační zařízení

Filtrační zařízení jsou určena k filtraci prachových tuhých částic při dopravě a zpracování suchých sypkých hmot. Zejména během pneumatické dopravy (plnění zásobníku), kdy materiál unáší proud vzduchu, je nutné tento vzduch odvádět z vnitřního prostoru zásobníku. Součástí filtrů bývá zpravidla i řídicí jednotka regenerace, která se dle nastavitelného režimu stará o pravidelné čištění filtračních vložek tak, aby nedocházelo k zanesení vložek a následně špatné funkci filtračního zařízení.

Filtrační zařízení můžeme dělit dle:

- a) Filtrační vložky
 - skládané patrony
 - filtrační rukávce

- b) Čištění filtračních vložek
- pneumatické
 - mechanické vibrační
- c) Způsob průtoku filtrované látky
- přetlakové (bez ventilátoru)
 - podtlakové (s ventilátorem)
- d) Účel použití
- pro běžné aplikace
 - vakuové
 - do prostředí s nebezpečím výbuchu (ATEX)

[3]



Obr. 7. Podtlakový filtr a přetlakový filtr [3]

2.5.5 Sondy hladiny

Sondy hladiny slouží k měření nebo indikaci hladiny materiálu v zásobníku. Dle typu sondy můžeme sledovat hladinu kontinuálně (průběžně) nebo limitním způsobem (např. hladina minima, maxima). Výstup ze sondy vyhodnocuje řídicí systém. Typ sondy je volen s ohledem na druh skladovaného materiálu a na oblast použití. [3]

Obě sondy na obr. 8 a obr.9 se používají především k limitnímu měření hladiny materiálu.



Obr. 8. *Vibrační sonda hladiny [3]*



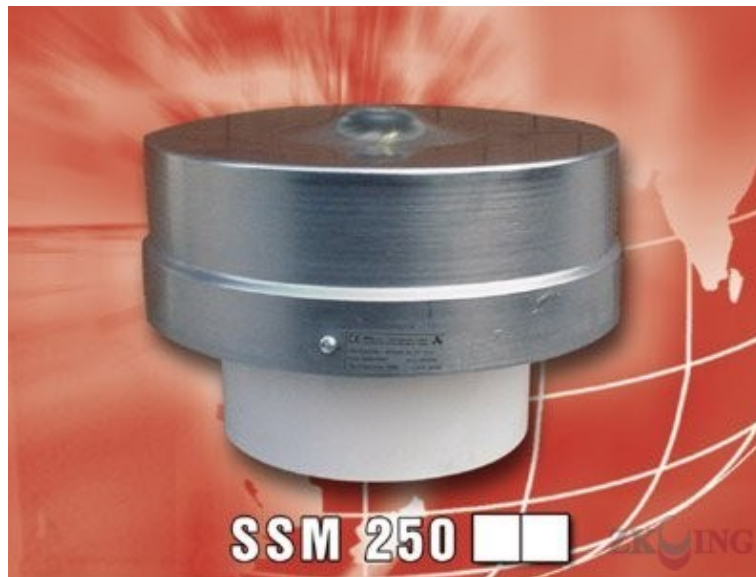
Obr. 9. *Rotační sonda hladiny [3]*

2.5.6 Pojist'ovací ventily

Pojist'ovací ventil chrání konstrukci zásobníku před přetlakem nebo podtlakem, který může vznikat během plnění či vyprazdňování. Podtlak v zásobníku může vzniknout i náhlým uvolněním vzpěrné klenby.

Pojist'ovací ventil při dosažení otevíracího přetlaku nebo podtlaku, propojí jištěný prostor (vnitřní prostor zásobníku) s okolní atmosférou. Tento stav je však nežádoucí, protože do atmosféry mohou unikat prachové částice nebo naopak do zásobníku vzdušná vlhkost.

Abychom vznik této situace omezili na minimum je nutné používat vhodně navržené filtry, sondy hladiny maxima, zabránit vzniku vzpěrné klenby, atd. [3]



Obr. 10. Přetlakový a podtlakový ventil [3]

2.5.7 Uzavírací komponenty

Uzavírací komponenty slouží k úplnému uzavírání toku sypkých hmot pod zásobníky, násypkami, na výpadu dopravníků nebo i v potrubí. U některých typů lze rychlost toku materiálu zpomalit nebo přímo regulovat. Materiálové provedení odpovídá účelu použití a druhu protékající hmoty.

Pro uzavírání zásobníků se nejčastěji používají:

a) Šoupátkové (deskové, nožové) uzávěry,



Obr. 11. Šoupátkové uzávěry (motorický, pneumatický, ruční) [3]

b) Uzavírací klapky,



Obr. 12. Uzavírací klapky (motorická, pneumatická, ruční) [3]

c) Segmentové uzávěry,



Obr. 13. Segmentový uzávěr [3]

d) A jiné (tyčové, zvonové, kulové, žlabové,...).

Ovládání uzávěru může být ruční, pneumatické a motorické. U pneumatického ovládání dosahujeme zpravidla nejrychlejšího uzavíracího času. [3]

2.5.8 Zařízení pro podporu toku materiálu

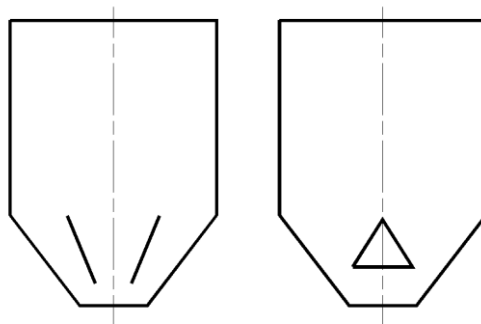
V místech, kde je vysoká pravděpodobnost tvorby vzpěrné klenby, nebo ulpívání materiálu na stěnách se instalují zařízení, které podporují tok materiál.

Tato zařízení se rozdělují na:

- a) Pasivní prvky
- b) Aktivní prvky

Pasivní prvky ovlivňují potenciální energii materiálu za účelem plynulosti a bezpečnosti toku. V závislosti na geometrii a umístění těchto prvků v zásobníku, může dojít k bezpečnému hmotovému toku i tam, kde je nižší sklon výsypky. Velká výhodou pasivních prvků je umožnění u rekonstrukce zásobníků zvětšit sklon výsypky. Tyto prvky mají i ochrannou funkci, kdy chrání uzávěr nebo jiné zařízení umístěné na výpustném otvoru před působením tlaku materiálu nebo před padajícím materiálem při plnění.

Do pasivních prvků řadíme např. - vnořenou výsypku, rozrážecí (svrchní) kužel, dvojitý kužel, spodní kužel. [2]

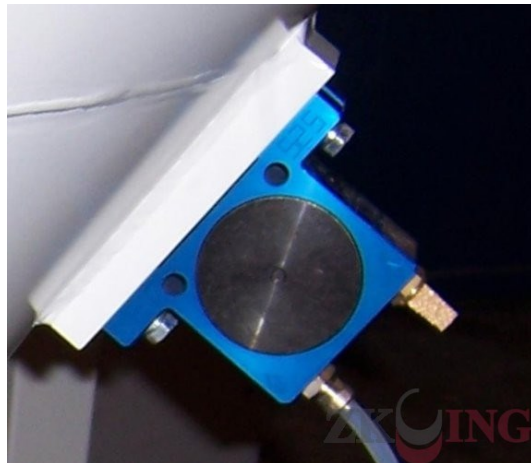


Obr. 14. *Pasivní prvky (vnořená výsypka, rozrážecí prvek) [2]*

Aktivní prvky přinášejí energii do zásobníku zvenčí a zvyšují využití potenciální energie na energii kinetickou, která je potřeba pro tok materiálu.

Aktivní prvky lze rozdělit na:

Vibrační - jsou nevhodné z důvodu zvýšení hlučnosti a namáhání stěn zásobníku.



Obr. 15. *Pneumatický vibrátor [3]*

Mechanické - otočné vestavby - materiál je zkyprěn a dochází ke změně objemu.
- šnekový nůž - vhodný pro materiál náchylný ke zkyprování.

Pneumatické - přivádění vzduch zfluidizuje vrstvu materiálu a dojde k rozrušení klenby, odstranění nálepu či zvýšení tekutosti materiálu. [2]



Obr. 16. *Čeřící tryska a čeřící polštář [3]*

3 DOPRAVNÍ SYSTÉM SYPKÝCH HMOT

Dopravu sypkých hmot popisujeme jako přemísťování sypkého materiálu z místa uložení nebo mezi-uložení do místa určení. Tímto procesem se zpravidla nezvětšuje užitná hodnota manipulovaného materiálu. Jsou to však kroky nutné k vytvoření užitné hodnoty, jedná se o součást reprodukčního procesu. [4]

3.1 Rozdělení dopravy

Stroje a zařízení pro dopravu materiálu můžeme rozdělit podle různých hledisek.

1. Z hlediska dráhy pohybu

- a) Na volné dráze (dopravní vozíky, nakladače,...),
- b) Po vázané dráze (dopravní tratě, pásové dopravníky, jeřáby,...),
- c) Stroje a zařízení nezávislé na dráze (palety, kontejnery,...).

2. Z hlediska časové spojitosti

- a) Kontinuálně a periodicky pracující zařízení (pásové dopravníky, elevátory,...),
- b) Cyklicky pracující zařízení (jeřáby, lopatkové nakladače,...).

3. Z hlediska silového působení na materiál

- a) Gravitační (skluzy, nepoháněné válečkové tratě,...),
- b) S mechanickým přenosem sil (většina strojů a zařízení),
- c) S dopravou v pomocném mediu (vzduchová a hydraulická doprava).

4. Z hlediska manipulovaného materiálu

- a) Pro sypké hmoty,
- b) Pro kusový materiál,
- c) Pro kapaliny a plyny.

5. Z funkčního hlediska dle normy ČSN 26 0002

Při volbě vhodného způsobu dopravy je nutné vycházet z rozboru materiálového toku, vlastností samotného dopravního zařízení a vlastností dopravovaného materiálu. Je nutné zvolit optimální variantu řešení s ohledem na náklady, energii a potřeby co nejmenší plochy. [4]

3.2 Pásové dopravníky

Pásové dopravníky jsou zařízení pro kontinuální dopravu sypkých látek nebo kusového zboží a to převážně v rovině vodorovné nebo pod mírným úhlem.

Pásové dopravníky patří k nejpoužívanějším prostředkům dopravy sypkých látek, jejich největší výhodou je vysoká dopravní rychlost a s tím související vysoký dopravní výkon, velké dopravní vzdálenosti, jednoduchá údržba, malá spotřeba energie a možnost nakládky a vykládky dopravovaného materiálu v kterémkoliv místě. Jejich největší přípustný sklon (závislý na druhu materiálu) je dán součinitelem tření mezi materiálem a dopravním pásem, který se pohybuje v rozmezí 12-23°. Zvýšení úhlu stoupání je možné dosáhnout použitím speciálních pásů například s navulkanizovanou opěrkou. [4]

Pásové dopravníky můžeme dělit:

a) Podle tažného elementu (dopravního pásu):

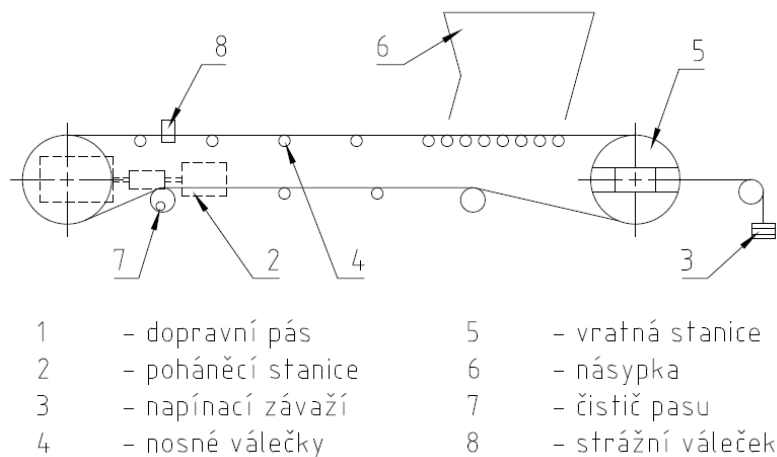
- a) Dopravníky s gumovým pásem nebo pásem PVC,
- b) Dopravníky s ocelovým pásem,
- c) Dopravníky s ocelogumovým pásem,
- d) Dopravníky s pásem z drátěného pletiva.

b) Podle tvaru dopravníku

- a) Dopravníky vodorovné,
- b) Dopravníky šikmé,
- c) Dopravníky konvexní (přechod ze šikmého směru na vodorovný),
- d) Dopravníky konkávní (přechod z vodorovného směru na šikmý),
- e) Dopravníky kombinované (kombinace konkávního a konvexního).

c) Podle provedení nosné konstrukce

- a) Dopravníky stabilní (konstrukce pevně spojena se základem),
- b) Dopravníky pojízdné a přenosné (malé dopravní vzdálenosti, malé výkony),
- c) Dopravníky přestavitelné (podobné jako stabilní).



Obr. 17. Schéma pásového dopravníku [4]

Dopravní výkon pásového dopravníku udáváme v [t/h] nebo [m³/h]. Pak platí vztah:

Dopravní výkon pásového dopravníku

$$Q = 3600 \cdot S \cdot v \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (6)$$

S - průřez náplně pásu [m²]

v - rychlost dopravní pásu [m/s]

Dopravní rychlost pásu lze volit v závislosti na druhu dopravovaného materiálu a druhu transportéru. Informativní rychlosti pásu jsou uvedeny v Tab. 3. Při převážně kusovitém materiálu je nezbytné volit rychlost na dolní hranici rozmezí.

U dopravníků pro zvláštní účely použít rychlost odpovídající jeho účelu než druhu přepravovaného materiálu.

Obvykle se volí:

v = 0,25 až 0,5 m/s pro přebírací pásy

v = 0,4 až 0,63 m/s pro dopravu balíků

v = 0,8 až 1,6 m/s při použití shrnovačů

Tab. 3. Informativní rychlosti dle dopravovaného materiálu [4]

Materiál	Charakteristický materiál	Rychlost m/s	
		od	do
Lehký	Obilní zrna, mláto, slad, šrot	2,5	4
Neodírající, drobný	Cukr, cement, písek, rašelina, drobné uhlí	1,6	3,2
Ostrohranný, odírající, drobný a střední	Štěrk, kamenivo, rudy, struska, hlušina, škvára	1,25	2,5
Neodírající v kusech	Uhlí, řepa, škrob, kusová sůl	1,6	2,5
Odírající v kusech a kusový	Hrubý štěrk, ruda, kámen, vápno, uhlí, koks	1,25	2
	Těžké uhlí pro podzemní dobývání		3,2
Ztrácející rozbíjením jakost	Tříděné uhlí	0,8	1,6

Průřez náplně pásu S, který se odvíjí od šířky pásu B, závisí na tvaru ložného profilu (rovný, korýtkový), na ložné šířce a na synném úhlu materiálu. Tvar ložného profilu je dán tvarem válečkové stolice. Pak platí:

Rovný pás - průřez náplně materiálu má tvar paraboly:

$$S = 2/3 \cdot b \cdot h = 1/6 \cdot b^2 \cdot \operatorname{tg} \psi_s \quad [\text{m}^2] \quad (7)$$

Korýtkový pás - dvouválečkový:

$$S = S_1 + S_2$$

$$S_1 = 1/6 \cdot b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \psi_s, \text{ kde } b_1 = b \cdot \cos \beta$$

$$S_2 = 1/8 \cdot b^2 \cdot \sin^2 \beta$$

$$S = 1/6 \cdot b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \psi_s + 1/8 \cdot b^2 \cdot \sin^2 \beta \quad [\text{m}^2] \quad (8)$$

Korýtkový pás - třívalečkový:

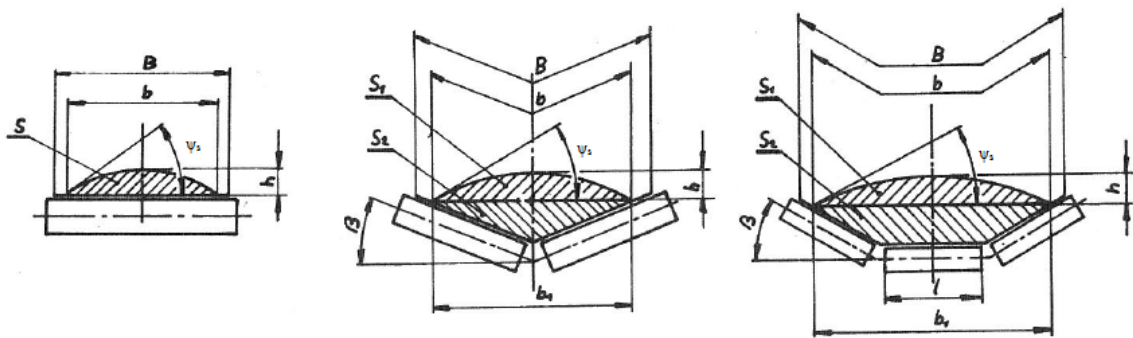
$$S = S_1 + S_2 \quad [m^2]$$

$$S_1 = 1/6 \cdot b_1^2 \cdot \text{tg } \psi_s$$

$$S_2 = 1/4 (b_1^2 - l_2) \cdot \text{tg } \psi_s \quad (9)$$

Využitá ložná šířka pásu b je vždy menší než šířka pásu B a volí se v rozmezí:

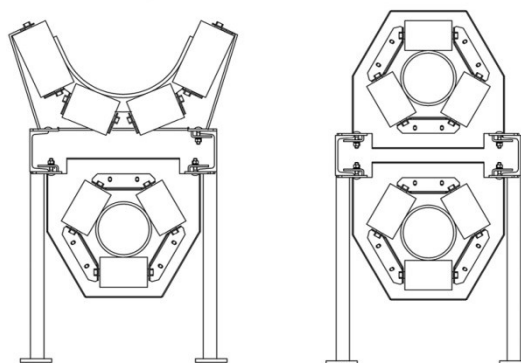
$$b = 0,8 \cdot B \text{ až } 0,9 \cdot B - 50 \text{ mm} \quad (10)$$



Obr. 18. Rovný pás, korýtkový pás (dvouválečkový, tříválečkový) [4]

[4]

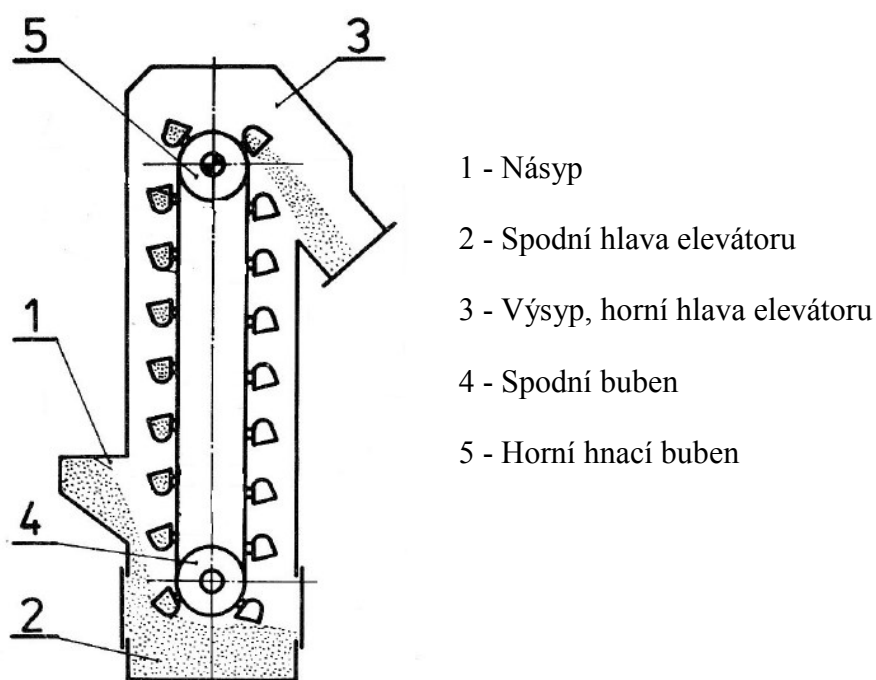
Speciální variantou pásového dopravníku je trubkový pásový dopravník, který pracuje na principu uzavření horní a spodní části dopravníku do tvaru trubice. Kruhový tvar umožňuje vytvářet transportní dráhu s oblouky do vertikálních i horizontálních os. Uzavření pasu je realizováno prostřednictvím speciálních válečkových stolic. [5]



Obr. 19. Trubkový pásový dopravník [5]

3.3 Korečkové elevátory

Korečkové elevátory jsou určeny k přepravě sypkých látek ve svislém nebo strmém směru. Jejich největší výhodou je možnost dopravy materiálu do velkých výšek. Dopravní výška je omezena pouze pevností tažného elementu. Materiál je přepravován v nádobách tzv. korečkách, které jsou připevněny k tažnému elementu (nekonečný vlečný prostředek), kterým může být řetěz nebo gumový pás. Pohyb korečků probíhá v uzavřené části. Tvar a uspořádání korečků je doporučováno normou ČSN 262008.



Obr. 20. Schéma elevátoru [4]

Plnění korečků je možné třemi způsoby:

1. Nasypávací - nejčastější použití. Materiál do korečků je přímo nasypáván.

2. Hrabací - materiál je do dopravní šachty přiváděn, tak že propadá do spodní hlavy elevátoru, kde se shromažďuje. Při průchodu korečku touto vrstvou dochází k jeho zaplnění. Tento způsob se používá u jemně kusovitých až jemně práškovitých materiálů.

3. Smíšený - jedná se o kombinaci nasypávacího a hrabacího způsobu plnění.

Vyprazdňování může probíhat gravitačním nebo odstředivým způsobem. Způsob vyprazdňování je závislé na úhlové rychlosti hnacího bubnu. Způsob vyprazdňování volíme podle

druhu a vlastností dopravovaného materiálu. Odstředivé vyprazdňování volíme především u nelepivých snadno se vysypávajících materiálů.

Dopravní hodinový výkon spočítáme:

$$Q = V_k \cdot \varphi \cdot v / t_k \cdot 3,5 \cdot \rho_s \quad [\text{t/h}] \quad (11)$$

V_k - objem korečku $[\text{m}^3]$

φ - součinitel plnění, 0,4 až 0,8

t_k - rozteč korečků $[\text{m}]$

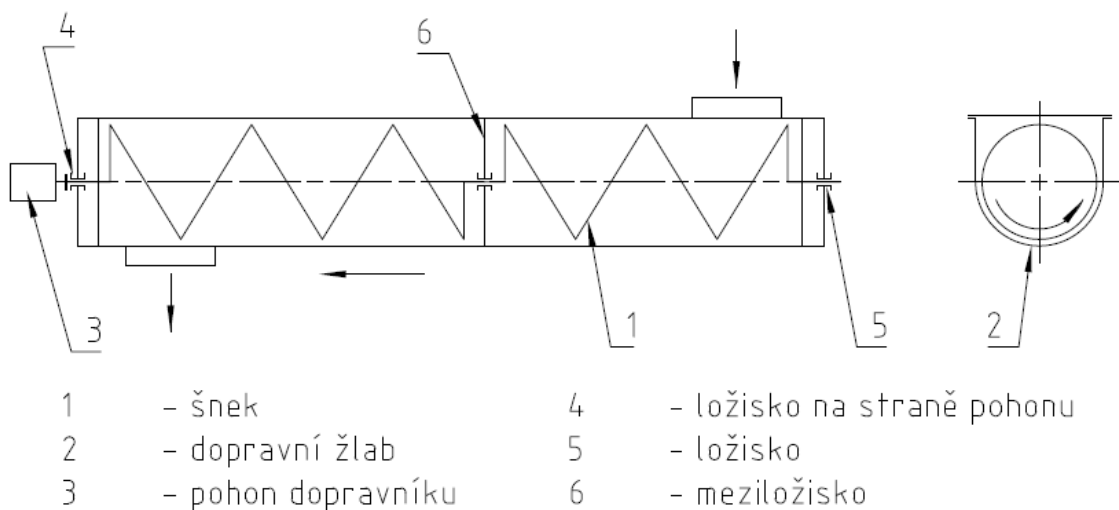
ρ_s - sypná hmotnost $[\text{kg/m}^3]$

v - rychlost korečků volená z řady $[\text{m/s}]$

[4]

3.4 Šnekové dopravníky

Šnekové dopravníky se používají k dopravě sypkých, zrnitých, vláknovitých a mírně vlhkých látek ve vodorovném a mírně skloněném stavu, v některých případech i svislém. Konstrukce dopravníků je velmi jednoduchá, teoreticky složená pouze ze tří hlavních částí - dopravní žlab, šnek a pohánecí jednotka.



Obr. 21. Schéma šnekového dopravníku [4]

Dopravovaný materiál se pohybuje v dopravním žlabu pomocí otáčejícího se šneku, principiálně jako neotočná posuvná matice pohybového šroubu. Pro zabezpečení posuvu materiálu je nutné zajistit to, aby tření materiálu o stěny žlabu bylo větší než tření materiálu o povrch závitu šneku.

Výhodou šnekových dopravníků je jednoduchá konstrukce, uzavřenost a s tím související prachotěsnost, nízká poruchovost, malý rozměr a možnost plnění a vyprazdňování na libovolném místě. Nevýhodou je zvýšené opotřebení pracovních částí, zejména u dopravy abrazivních materiálů a možnost drcení dopravovaného materiálu.

Žlaby pro uložení šnekovnice mohou být buď otevřené nebo uzavřené. Průřez může být ve tvaru písmene U nebo O (trubka).

Objemový dopravní výkon spočítáme:

$$Q_v = 3600 \cdot \frac{1}{4} (\pi \cdot D^2) \cdot s \cdot k_\psi \cdot n \cdot c_H \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (12)$$

D - průměr šnekovnice [m]

s - stoupání šnekovnice

n - otáčky šneku [ot/s]

k_ψ - součinitel plnění, stupeň zaplnění žlabu, 0,25 až 0,45

c_H - součinitel snižující dopravované množství vzhledem ke sklonu dopravníku

[4]

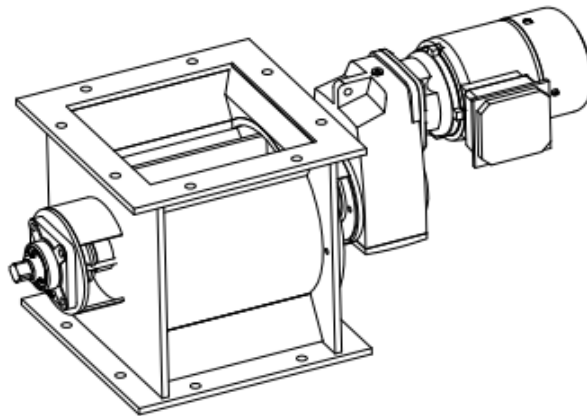


Obr. 22. Trubkový šnekový dopravník v řezu [3]

3.5 Rotační podavače (turniketové podavače)

Rotační podavač je elektrické zařízení s rotorem s radiálně umístěnými lopatkami. Rotor vykonává rotační pohyb uvnitř bubnu. Prostor mezi lopatkami a pláštěm bubnu vytváří pracovní komory a tedy základní objem dávky. Dávkování je závislé na počtu otáček, velikosti pracovní komory a součinitel zaplnění komor.

Hlavní výhodou rotačního podavače je možnost vzduchotěsně oddělit technologické zařízení umístěné nad vstupem do rotačního podavače od technologie pod výpadem z podavače. Dále se používá pro řízení toku sypkých a granulovaných materiálů. [6]



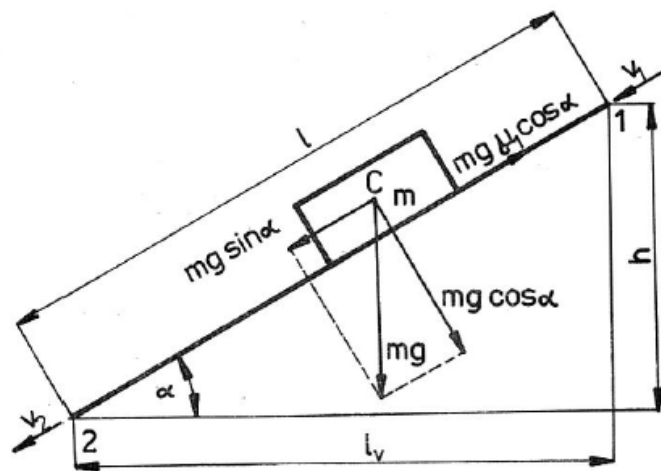
Obr. 23. Rotační podavač [6]

3.6 Dopravní skluzy

Dopravní skluzy jsou jednoduchá zařízení, které zajišťují přemísťování sypkých, zrnitých, kusových a tekutých materiálů účinkem gravitační síly ve svislé nebo nakloněné rovině. Nemají žádné poháněcí zařízení ani žádné pohyblivé díly.

Správný sklon dopravního skluzu závisí na dopravovaném materiálu, na jeho množství a na potřebné výstupní rychlosti. Pokud je sklon příliš malý, může dojít k zastavení pohybu materiálu a naopak, při velkém sklonu se materiál pohybuje velkou rychlostí a dochází k většímu opotřebení skluzu i materiálu, zvýšení prašnosti nebo nebezpečí poškození dopravovaného materiálu (u kusovitých materiálů).

Tvar dráhy skluzu může být přímý, s obluky nebo ve tvaru šroubovice.



Obr. 24. Schéma přímého skluzu [4]

Na obr. 24 je znázorněn přímý skluz, kde se pohybuje těleso známou vstupní rychlostí v_1 a neznámou výstupní rychlostí v_2 . Podle zákona zachování energie pak platí:

$$1/2 \cdot m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot \mu_1 \cdot \cos \alpha \cdot l - 1/2 \cdot m \cdot v_2^2 = 0 \quad (13)$$

v_1 - vstupní rychlost materiálu [m/s]

v_2 - výstupní rychlost materiálu [m/s]

h - dopravní výška [m]

α - úhel sklonu

μ_1 - součinitel tření mezi materiálem a skluzem

Součinitel tření je závislý na druhu a povrchu dopravovaného materiálu, materiálu a povrchu skluzu, měrném tlaku mezi materiálem s skluzem, na teplotě a vlhkosti okolí atd. Vlhkost stykových ploch může ovlivnit hodnotu součinitele tření až o 100%. [4]

3.7 Válečkové tratě

Dopravním elementem válečkových tratí jsou válečky, které jsou otočně uloženy na rámu. Jednotlivé rámy s válečky pak mohou tvořit sekce (přímé, obloukové). Sestavením těchto sekcí vznikne válečková trať potřebné délky a tvaru.

Válečkové tratě dělíme na

- gravitační, složené z nepoháněných válečků. Pohyb je pak realizován tlačáním nebo vlivem gravitační složky síly.
- poháněné, složené z poháněných válečků.

Válečkové tratě slouží k dopravě kusových břemen (krabic, pytlů, kbelíků, palet se zbožím...). Průměr a šířka válečků se volí podle rozměrů dopravovaných předmětů. Základní parametry válečkových tratí jsou uvedeny v normě ČSN 264501.

U obloukových válečkových tratí dochází vlivem nestejných rychlostí jednotlivých částí přepravovaného materiálu ke smykovému tření mezi materiálem a válečkem. Použitím kónických válečků nebo několika kladiček jednotlivě uložených, lze tomuto jevu zabránit.



Obr. 25. Válečková zatáčka (kónické válečky) [7]

Gravitační válečkové tratě mají úhel sklonu v rozmezí $1,5^\circ$ až 5° . U delších tratí je nezbytná instalace brzd, respektive válečků třecích, hydraulických nebo elektrických.

Poháněné válečkové tratě mají válečky hnané řetězem přes ozubené kolečka nebo individuálním pohonem každého válečku. Tyto tratě se používají zejména v hromadné výrobě a tam, kde je potřeba větší míra automatizace. [4]

4 PŘÍPRAVA STAVEBNÍ SMĚSI

4.1 Dávkování a vážení

Stavební směs je složena z řady přesně nadávkovaných komponent, které ji dávají požadované vlastnosti. Přesné nadávkování můžeme dosáhnout dvojím způsobem a to objemově nebo hmotnostně. Objemové dávkování je jednodušší a funkčně spolehlivější. Vyžaduje ovšem, aby dávkovaný materiál byl objemově konstantní. Naopak dávkovače hmotností jsou konstrukčně složitější a citlivější na provoz, ale objemová nestálost materiálu u nich nevádí.

Podle charakteru technologické linky můžeme proces dávkování dále dělit na cyklické nebo kontinuální. [2]

4.1.1 Cyklické hmotnostní váhy

Cyklická hmotnostní váha má tvar uzavřené prachotěsné nádoby s výpadem ve spodní části a vstupem v horní části. Nádoba váhy je umístěna na tenzometrických snímačích sil. Materiál je do váhy přiváděn pomocí dopravníků (pás, šnekový dopravník,..) v pořadí dle příslušné receptury, zvážení a následně probíhá navažování další komponenty. Po zvážení všech komponent směsi dojde k vyprázdnění váhy. [3]



Obr. 26. Cyklická hmotnostní váha [3]

4.1.2 Kontinuální dávkování

Kontinuální objemové dávkování může být řešeno posuvným nebo rotačním pohybem. Pro tento případ se používá především šnekové nebo pásové dopravníky. U pásových dopravníků je dávkované množství definováno rychlostí pohybu pasu nebo velikostí dopravovaného materiálu (dáno polohou hradítka). Šnekový dopravník pracuje na podobném principu a dávkované množství lze měnit změnou rychlosti otáček šneku (frekvenční měnič, póllový přepínač,..). Na podobném principu pracují rotační dávkovače, bubnové dávkovače, komůrkové dávkovače, turniketové podavače, atd.

Kontinuální hmotnostní dávkování pracuje především na principu snímání okamžité hmotnosti na dopravním zařízení, které zajišťuje plynulý pohyb materiálu. [2]

Na obr.27 je znázorněn 3-válečkový pásový dopravník umístěný na tenzometrických snímačích sil.



Obr. 27. Kontinuální vážený pás [3]

4.2 Míchání (směšování)

Pro získání potřebné stavební směsi je nutné jednotlivé přesně nadávkované komponenty zamíchat, respektive smísit.

Účelem mísení u stavebních směsí je:

- dokonalé a rovnoměrné (homogenní) promísení komponent
- získání optimálního povrchu reagujících látek v celém objemu

Při mísení partikulárních látek působí segregáční účinky, které zabraňují mechanismu mísení. Segregace může probíhat i po operaci mísení, například při dopravě zamíchané směsi.

Segregace může mísení zcela znehodnotit a proto je nutné na to brát zřetel při návrhu technologické linky.

Segregace může nastat při:

- šikmém vrhu. Malé i velké částice směsi mají počáteční rychlost stejnou, ale velké mají větší kinetickou energii a proto dopadnou do větší vzdálenosti.
- prosakování. Sesypávání částic po nakloněné rovině, kdy malé částice se zůstávají v mezerách velkých částic.
- vzestup velkých částic. Vertikální vibrace vytváří mezery mezi velkými částicemi, které zaplňují částice menší. Velké částice tak vzestupují vlivem své větší kinetické energie.

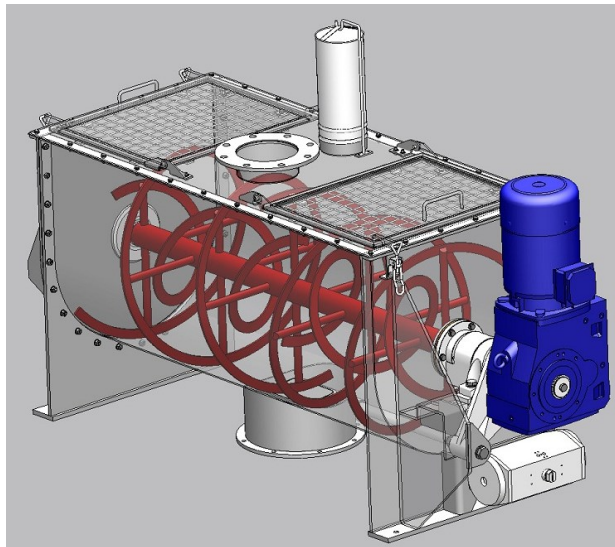
Dokonalé promísení je stav, kdy všechny vzorky libovolné velikosti odebrané z výsledné směsi mají stejné složení.

Míchače můžeme rozdělit na míchače s nepohyblivou komorou, s pohyblivou komorou a jiné. [2]

4.2.1 Míchače s nepohyblivou komorou

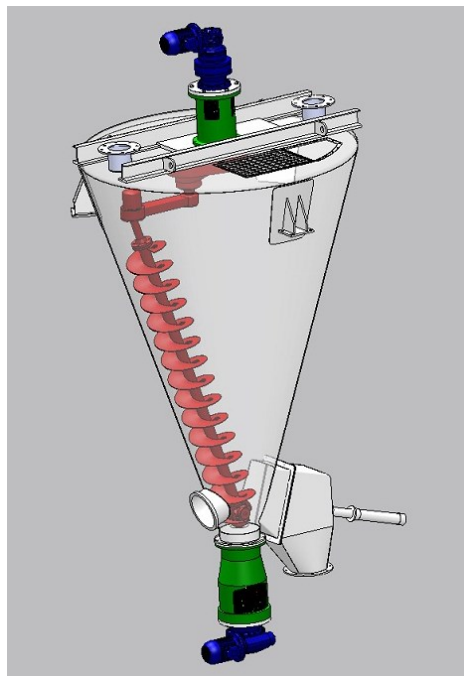
Míchaná komora je statická, rotační pohyb vytváří míchací nástroj. Podle konstrukce míchače můžeme rozlišovat například na:

Pásový míchač se používá pro směřování volně tekoucích materiálů. Je tvořen uzavřeným žlabem ve kterém se otáčí pásové míchadlo. Během míchání se vytváří v materiálu volné prostory, které se postupně zaplňují a současně se materiál pohybuje po obvodu směrem k vyprazdňovacímu otvoru, zatímco středem se materiál pohybuje v opačném směru. Pásový míchač může mít místo pásového míchadla i šnekové míchadlo nebo dva šneky otáčející se proti sobě. Míchač lze použít jak pro kontinuální tak pro cyklické míchání.



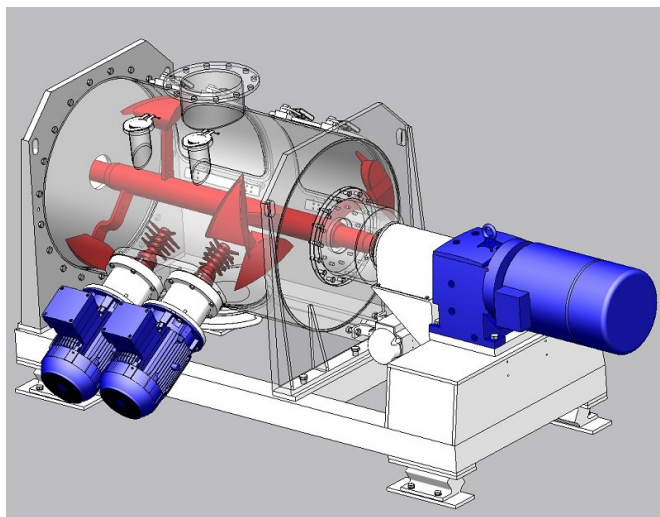
Obr. 28. Pásový míchač [9]

Šnekový kónický míchač se používá pro směšování volně tekoucích materiálů. V kónusu míchače se pohybuje šnek, který rotuje kolem vlastní osy a současně rotuje kolem osy kónusu - vykonává planetární pohyb. Šnek vytahuje míchaný materiál ze spodní části po stěně směrem nahoru a středem kónusu materiál klesá opět do spodní části.



Obr. 29. Šnekový kónický míchač [9]

Lopatkový míchač je směšovač s uzavřenou válcovou komorou ve kterém se otáčí hřídel s různě tvarovanými lopatkami. Promíchávaný materiál je vynášen na hladinu a dochází k turbulentnímu míchání. Materiál se posunuje ve směru osy hřídele. Dochází k intenzivnímu krátkodobému míchání.



Obr. 30. Lopatkový míchač [9]

4.2.2 Míchače s pohyblivou komorou

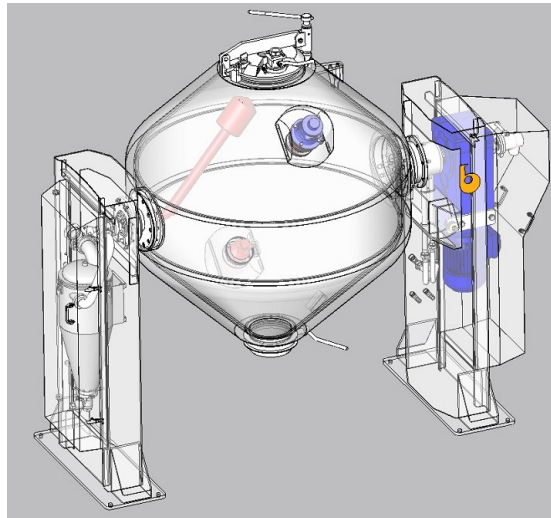
Míchaný materiál je umístěn v rotující komoře, kdy částice míchaného materiálu se dostávají do vzájemného relativního pohybu. Podle konstrukce míchače můžeme rozlišovat například na:

Bubnový míchač je tvořen rotujícím bubnem, který rotuje kolem vodorovné nebo nakloněné osy. Materiál je vynášen odstředivou silou do nahoru a volným prostorem klesá dolů. Rychlost rotace se volí tak, aby materiál nepřilnul ke stěně bubnu..



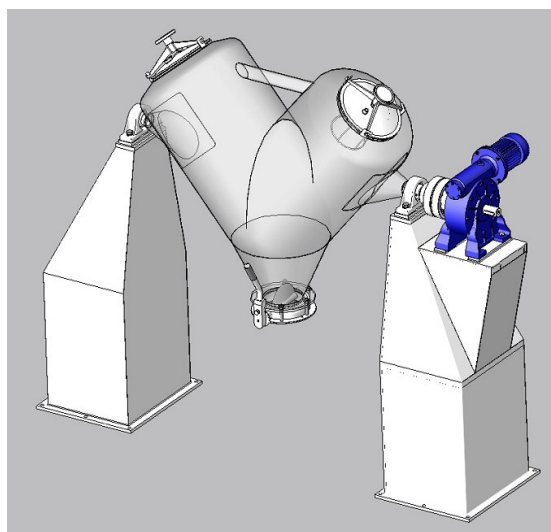
Obr. 31. Bubnový míchač [10]

Kuželový míchač má tvar jedno nebo dvojkůžele. Nádoba rotuje kolem vodorovné osy a míchaný materiál se tak přesypává z jednoho průřezu kůžele do druhého. Při tomto ději dojde k relativní pohybu částic materiálu mezi sebou, což má za následek rychlejší zamíchání.



Obr. 32. Kuželový míchač [9]

"V" míchač má dvě míchací komory spojené do tvaru V a je účinnější než kuželový míchač. Při použití komor o různých velikostech se zvýší účinnost míchání. Komory rotují kolem vodorovné osy. Při jedné otáčce dojde k výměně asi 25% míchaného materiálu mezi komorami. [8]



Obr. 33. "V" míchač [9]

5 BALENÍ PYTLŮ, PALETIZACE A BALENÍ PALET

Expedice stavebních směsí a chemií z výrobního podniku probíhá v uzavřených obalech, jako ochrana před působením vnějších vlivů, které by měly za následek znehodnocení finálního výrobku. Obaly, ale plní i další role jako:

- a) usnadnění manipulace při přepravě,
- b) propagace zboží,
- c) specifikace obsahu.

Na obaly jsou kladeny různé nároky v závislosti v jakém odvětví výroby se použijí. Volba obalu je proto i velmi důležitá s ohledem na automatizaci výroby. Hotový zabalený výrobek pak můžeme stohovat na palety tak, abychom zefektivnili přepravu výrobku do distribuční sítě. [11]

5.1 Balící stroje

Balící stroje slouží k přesnému nadávkování hotové produktu do předem daného obalu. Balící stroje tak můžeme dělit dle:

- a) baleného produktu,
- b) způsobu plnění,
- c) výkonu plnění,
- d) typu obalu.

5.1.1 Šneková balička do ventilových pytlů a kbelíků

Balička sypkých materiálů jednoduché konstrukce s nízkým výkonem plnění 60-80 pytlů hodinově (25 kg). Používá se v poloautomatickém režimu, kdy přísun a odběr pytlů zajišťuje obsluha. Balička při použití vhodného příslušenství lze použít i pro plnění do kbelíků. Plnění zde obstarává šnekový dopravník. [3]



Obr. 34. Šneková balička [3]

5.1.2 Turbínová balička do ventilových pytlů

Balička sypkých materiálů středně složité konstrukce schopná plně automatického nebo poloautomatického procesu. Plnění zajišťuje vnitřní turbína (rotor) umístěná v otěruodolné komoře. Balička dosahuje středního výkonu plnění - cca 200 pytlů (25 kg) za hodinu. [3]



Obr. 35. Turbínová balička [3]

5.1.3 Přetlaková balička do ventilových pytlů

Balička sypkých hmot středně složité konstrukce, kterou lze vybavit různými druhy příslušenství (automatické nasazování pytlů, zatahovování pytlů,...). Může pracovat jak v poloautomatickém režimu tak v plně automatickém. Materiál do pytle je vháněn přetlakem ve vnitřní komoře baličky a proto má balička vyšší spotřebu tlakového vzduchu. Balička dosahuje vyššího výkonu plnění - až 350 pytlů (25kg) za hodinu. [3]



Obr. 36. Přetlaková balička [3]

5.1.4 Gravitační balička do ventilových pytlů

Balička sypkých hmot středně složité konstrukce. Plnění do pytlů probíhá gravitačně, dovažování na přesnou hodnotu pak zajišťuje citlivý vibrační dopravník. Balička dosahuje středně vysokého výkonu - cca 200 pytlů (25kg) za hodinu. [3]



Obr. 37. Gravitační balička [3]

5.1.5 Speciální baličky pro vysoké výkony

Vyššího plnicího výkonu lze dosáhnout umístěním baliček v řadě za sebou nebo vytvořením tzv. Rotopacku. Baličky se umístí do kruhu na otáčející se stůl. Během jedné rotace (360°) dojde u 1ks baličky k nasazení, naplnění a vyhození pytle na odebírající pásový dopravník. Jedná se o plně automatickou a složitou konstrukci, kde se dosahuje výkonu více než 1000 pytlů hodinově. [3]

5.2 Paletizace

Paletizační zařízení slouží k automatickému ukládání pytlovaného produktu na přepravní EURO paletu dle stanoveného programu.

Podle způsobu orientace paletizátoru je můžeme dělit na:

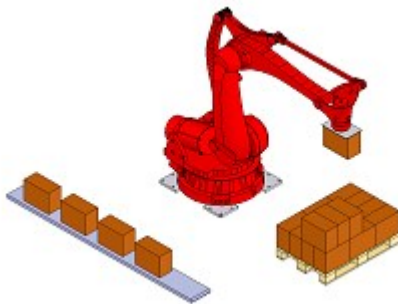
- a) pravoúhlý (kartézský) paletizátor,
- b) válcový paletizátor,
- c) sférický souřadnicový paletizátor

Podle způsobu ukládání pytlů a konstrukce:

- a) vrstvý paletizátor,
- b) portálový paletizátor,
- c) robotický paletizátor,
- d) sloupový paletizátor.

5.2.1 Robotický paletizátor

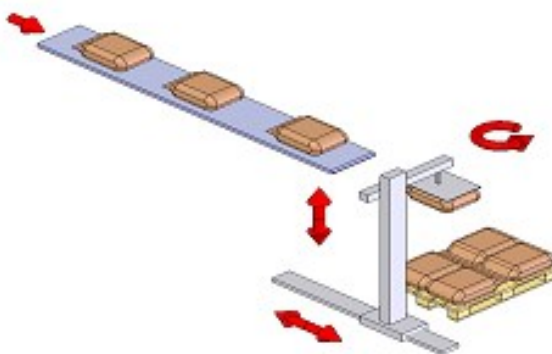
Programovatelný robot, který lze použít v mnoha odvětvích. Při výměně uchopovací hlavy a přeprogramování lze robota použít i na jiné druhy zboží. Používá se pro nízké provozní rychlosti. Výkon je závislý na délce dráhy pohybu. [12]



Obr. 38. Robotický paletizátor [12]

5.2.2 Sloupový paletizátor

Flexibilní prostorově nenáročný paletizátor. Výkon je stejně jako u robotického paletizátoru závislý na dráze pohybu. Sloup může být pevně umístěn na místě nebo může docházet i k jednoosovému pohybu. [12]



Obr. 39. Sloupový paletizátor [12]

5.3 Balení palet

Balení palet do folií má hlavně dva účely a to:

- a) fixace paletového zboží na paletě,
- b) ochrana zboží před vnějšími vlivy.

Balicí zařízení můžeme dělit např. dle způsobu aplikace folie na:

- a) ovinovací (automatický, poloautomatický),
- b) potahovací,
- c) smršťovací.

[3]

5.3.1 Ovinovací stroj poloautomatický

Poloautomatický vertikální ovinovací stroj pro ovíjení palet průtažnou stretch folií. Součástí je mechanická brzda pro napínání folie. Uchycení folie probíhá ručně, stejně tak i položení vrchní folie. [13]



Obr. 40. Ovinovací stroj poloautomatický [13]

5.3.2 Ovinovací stroj automatický

Automatický vertikální ovinovací stroj vhodný k zabudování do automatické výrobní linky. Součástí je automatické uchycení folie, předepnutí a možnost programově měnit parametry ovinu. Včetně možnosti automatického položení vrchní folie. [13]



Obr. 41. Ovinovací stroj automatický [13]

5.3.3 Smršťovací stroj - Stretchhood

Automatický vertikální stroj používá smršťovací folii vyrobenou z nekonečného rukávce. Předepnutá folie se nasazuje shora na plnou paletu. U vyšších palet dosahuje větších výkonů než klasické ovinovací stroje, výkon 80 palet/hod. Nevýhodou je celkově mohutnější a vyšší konstrukce než u ovinovacích strojů. [14]

Obr. 42. *Stretchhood* [14]

5.3.4 Smršťovací stroj - horkovzdušný

Automatický vertikální stroj využívá horký vzduch ke smrštění a zatavení folie. Princip nasazení folie je podobný jako u Stretchhoodu. Pro větší efektivitu je stroj kompletně uzavřen a zároveň dochází k redukci úniku tepla do okolí. Výkon stroje cca 150 palet/hod. [14]

Obr. 43. *Horkovzdušný smršťovací stroj* [14]

6 DOPLŇKOVÁ TECHNOLOGIE

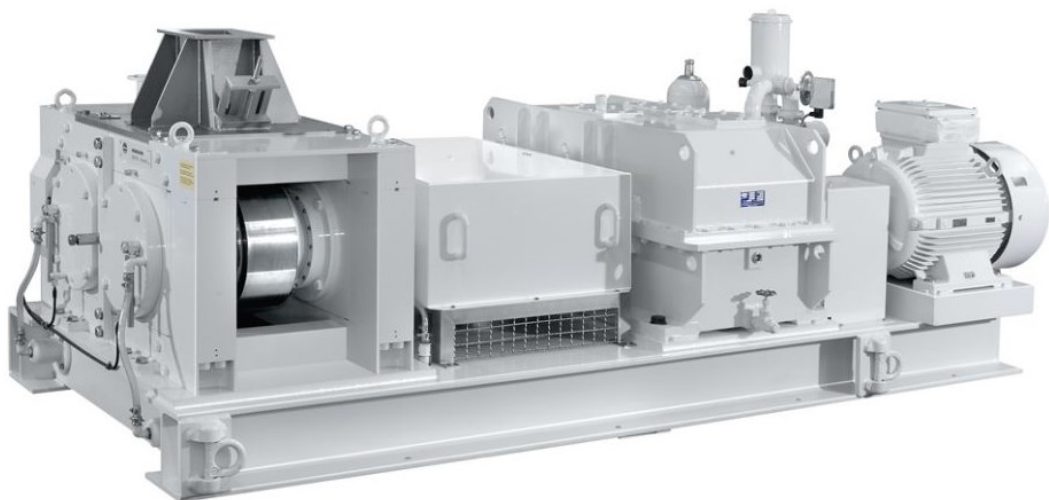
Technologie pro zpracování sypkých hmot je dynamický a rychle rozvíjející obor. Velké množství technologií se vyvíjí na základě požadavků výrobce, zpřísňujícím se normám či preferencí koncových zákazníků. Téměř všechny části výrobní linky jdou přizpůsobit zvláštním požadavkům. [3]

6.1 Lisování sypkých hmot

Z důvodu snížení prachových emisí při finálním rozmíchání maltových výrobků instalovala firma ZK ING v roce 2017 výrobní linku na výrobu lisovaných pelet. Koncoví zákazník bez vzniku prašnosti vysype požadované množství pelet do míchací nádoby, přidá vodu a v krátké době dojde k rozpadu pelety, při následného míchání se vytvoří požadovaná malta či lepidlo. Při výrobě pelety nedochází k žádným reakcím, které by výsledný produkt znehodnotilo. [3]



Obr. 44. Průběh rozpadu pelety po přidání vody [15]



Obr. 45. Hosokawa lisovací stroj [16]

6.2 Expedice do autocisteren

Sypký materiál určený k dalšímu zpracování se může plnit do autocisteren, přepravních nádrží v kolejové dopravě nebo jako volně ložený na korbě vozidla. Pro tyto účely se používají plnicí hubice, které mohou pracovat v ručním ovládním nebo ovládané přes ovládací panel. Kvalitnější plnicí hubice obsahují snímače koncových poloh, limitní sledování stavu plnění a automatické pozvedávání plnicí hubice při plnění na volně ložené.

Plnicí hubice můžeme dělit:

Dle provedení na:

- a) pro plnění cisteren,
- b) pro plnění volně ložených hmot.

Dle způsobu odprášení:

- a) s externím filtrem,
- b) s integrovaným filtrem.

Dle provedení vnitřního tubusu:

- a) ocelový tubus,
- b) nerezový tubus,
- c) flexibilní hadicový tubus. [3]



Obr. 46. Plnicí hubice do cisteren [3]

6.3 Další technologie

6.3.1 Popisování pytlů

Pro označení pytle sériovým číslem, datem výroby nebo jiným znakem či popisem se používá kontinuální popisovačka pytlů, která je schopna k zařazení do výrobní linky. [3]

6.3.2 Kontrolní váha

Automatické baličky pytlů pracují s určitou chybovostí a abychom eliminovali odeslání špatně zváženého pytle k odběrateli instalujeme do výrobní linky kontrolní váhu. Pytel po automatickém převážení a zjištění velké odchylky od požadované hodnoty je přesměrován mimo výrobní linku. Přesměrování může být provedeno mostový pasem, pístem který pytel odsune z pasu nebo například výhybkou na válečkové trati. [3]

6.3.3 Formování pytle

Než je zabalený pytel přepraven přímo k paletizátoru je jeho tvar upraven tak, aby byl schopen stohování na paletě. Tato úprava probíhá například pomocí hranatých válečků na válečkové trati, kdy dojde k setřesení naplněného materiálu v pytli. Další zařízení může být žehlička pytlů, což jsou vlastně dva vertikální pásové dopravníky umístěné nad sebou a otočené dopravními pásy k sobě tak, aby mezi nimi vznikla požadovaná mezera pro pytel. [3]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je navrhnout vhodné dispoziční a technologické řešení "Výrobní linky" tak, aby splňovala požadavky investora.

V práci se budu zabývat návrhem technologického uzlu v oblasti skladování a dopravy sypkých hmot do hlavní váhy surovin, odkud se navážené suroviny vypustí do intenzivního cyklického míchače. Následně se směs dopraví do přetlakové turbínové baličky ventilových pytlů vybavené ultrasonickým zavařováním fólií s automatickým podavačem. Naplněné pytle budou dopraveny prostřednictvím pásových a válečkových tratí (hranatá válečková trať, žehlička pytlů) k paletizéru a paletovaný produkt přes stretchhood bude připraven k expedici na gravitační válečkové trati.

Celý tento technologický uzel bude následně umístěn do vhodného dispozičního řešení.

Na závěr práce se pokusím odhadnout teoretickou nákladovost linky.

8 PŘEDMĚT ZADÁNÍ

Předmětem zadání je vypracování projektové dokumentace pro dodávku funkční míchárnny maltových směsí dle zadání a to ve 4. stupňovém provedení:

1. stupeň: Studie
2. stupeň: Projektová dokumentace pro stavební povolení
3. stupeň: Projektová dokumentace pro EIA
4. stupeň: Projektová dokumentace realizačního provedení

První tři stupně projektu řeší technologickou linku jen okrajově a zaměřují se pouze na obrysové dispoziční řešení linky s blíže nespecifikovanými hlavními zařízeními.

Projektová dokumentace realizačního provedení, která je předmětem této diplomové práce, se věnuje dopodrobna návrhu jednotlivých zařízení a detailnímu dispozičnímu řešení linky.

8.1 Požadovaný účel

Účelem míchárnny je výroba suchých míchaných směsí (speciální sanační a reprofilační malty, stavební lepidla a jiné) a jejich plnění do ventilových pytlů, alternativně velkokapacitních big-bagů, s budoucí možností dostavby expedičních sil pro plnění autocisteren. Účelem je plně automatický proces dávkování a navažování podle předem naprogramovaných receptur bez bezprostřední nutnosti zásahu lidského faktoru do samotné výroby. Výstupní produkt ve ventilovém pytli bude stohován na paletě a vše bude zabaleno do ochranné folie.

8.2 Výkonové parametry

Výroba se bude skládat z velkého množství typově různých směsí. Mezi těmito směsmi bude třeba provádět alespoň částečné čištění výrobního zařízení. Počítané zdržení vzniklé čištěním zařízení je 30 % z celkového času na směnu. Roční výkon v 1 směně po započtení zdržení na čištění a údržbu bude 23.000 tun (uvažováno 8h/směnu, 250 pracovních dnů).

Výkon míchací linky 16,4 t/h při plánované době míchání typové receptury 250 sekund bez jednotlivých zdržení při čištění.

8.3 Požadované vstupní suroviny a skladovací kapacita

Typová receptura, obsahující všechny předpokládané vstupní suroviny, pro návrh parametrů výrobního zařízení:

Tab. 4. Typová receptura

Surovina	Sypná nesetřesená hmotnost	Dávka	Způsob skladování a dávkování
Cement	1200 kg/m ³	250 kg	Silo 60m ³
Mikromletý vápenec	1100 kg/m ³	100 kg	Silo 60m ³
Mikrosilika	300 kg/m ³	30 kg	Silo 80m ³
Polymerní prášek	450 kg/m ³	25 kg	Zásobník přísad
Metylcelulóza	250 kg/m ³	4 kg	Zásobník přísad
Premix přísad	450 kg/m ³	2 kg	Ručně do míchače
Vlákna	450 kg/m ³	1 kg	Ručně do míchače
Písek ST 56	1400 kg/m ³	65 kg	Silo 60m ³
Písek ST 56	1400 kg/m ³	63 kg	Silo 60m ³
Písek ST 02/06	1400 kg/m ³	100 kg	Silo 60m ³
Písek ST 06/12	1400 kg/m ³	180 kg	Silo 60m ³
Písek ST 10/40	1400 kg/m ³	180 kg	Silo 60m ³
Celkem		1000 kg	

9 TECHNICKÝ POPIS ŘEŠENÍ

Výrobní zařízení je navrženo pro výrobu suchých míchaných směsí běžného druhu a jejich plnění do ventilových pytlů. Obsahuje plně automatický proces dávkování a navažování podle předem naprogramovaných receptur bez bezprostředního zásahu lidského faktoru do samotné výroby. S ruční obsluhou se počítá při plnění pytlovaných přísad do provozních zásobníků, doplňování přísad a vláken do míchače, odběr zabalených palet z gravitační válečkové trati.

Dispozičně je míchárna řešena jako přízemní, s 10 sily umístěnými na vlastní podstavné konstrukci vně výrobní haly.

Sila - 9x silo 60 m³ a 1x silo 80 m³. Určení sil - 2x silo na cement, 1x silo na vápenec, 1x silo na mikrosilika (80 m³), 4 x silo na písek a 2 sila jsou rezerva pro případnou změnu receptury.

Tok surovin a přísad ze zásobníků až do spojení ve finální směs probíhá postupným vertikálním způsobem při využití stoupajících dávkovacích šnekových dopravníků. Tím je dosahována maximální produktivita a čistota systému. Míchárna je navržena na bázi nejnovějších technologií určených pro skladování, dávkování, vážení, míchání a balení suchých stavebních materiálů. Díky uzavřenosti systému je zaručena naprosto minimální prašnost v procesu výroby a tím i ochrana pracovníků před těmito nežádoucími vlivy.

Plnění základních surovin jako plniv a pojiv do sil v suchém a vytříděném stavu se uskutečňuje prostřednictvím plnicího potrubí napojeného hadicí přímo z autocisteren. Každé silo je vybaveno sondou maximální hladiny pro hlášení dosažení maximální hladiny suroviny v síle. Ochrana sil proti přeplnění je řešena ve vazbě na sondy maxima přes pneumatický uzavírací ventil plnicího potrubí, který je automaticky uzavírán při dosažení maximální hladiny materiálu v síle. Dále je každé silo vybaveno sondou kontinuálního měření hladiny materiálu pro průběžné sledování množství suroviny v síle.

Odprášení sil probíhá přes přetlakové filtry s automatickým čištěním filtračních ploch pomocí tlakového vzduchu. Pro usnadnění vyprazdňování je každé silo vybaveno systémem pneumatického čeření.

Ochrana sil proti náhlým změnám tlaku v síle tvoří přetlakový a podtlakový ventil. Každé silo je vybaveno na výpadu ručně ovládaným šoupátkovým uzávěrem.

Dávkování surovin probíhá prostřednictvím trubkových šnekových dopravníků do tenzometrické váhy postupným součtovým způsobem. Za účelem zvýšení přesnosti je rychlost dávkování řízena frekvenčním měničem.

Dávkování chemických přísad rovněž probíhá prostřednictvím trubkových šnekových dopravníků do tenzometrické váhy přísad ze zásobníků přísad. Za účelem zvýšení přesnosti je rychlost dávkování řízena frekvenčním měničem. Přísady jsou do zásobníků plněny ručním způsobem z papírových pytlů pomocí opěrné mříže a trhacího hřebene v každém zásobníku. Každý zásobník je vybaven systémem podtlakového odprášení. Pro usnadnění vyprazdňování je každý zásobník vybaven vibrátorem.

Doprava přísad balených v papírových pytlích na paletách na obslužnou plošinu u zásobníků probíhá pomocí zdvihací technologické plošiny.

Navažování surovin probíhá hmotnostním způsobem v konické váze surovin, umístěné na tenzometrech. Po navážení základní směsi je materiál z váhy vyprázdněn přes pneumatické uzavírací klapky a skluz do míchače. Váha je vybavena odprašovacím filtrem a vibrátorem.

Navažování chemických přísad probíhá rovněž hmotnostním způsobem v nerezové konické váze přísad umístěné na tenzometrech. Po navážení jsou suroviny z váhy vyprázdněny přes pneumatickou uzavírací klapku a skluz do míchače. Váha je vybavena odprašovacím filtrem a vibrátorem.

Za účelem ručního přidávání jsou v sestavě projektovány celkem 3 násypky pro ruční přidávání menšího množství dalších přísad. První násypka je umístěna přímo na míchači pro možnost vsypání přísady přímo do míchače. Druhá násypka je umístěna nad váhou přísad s možností přidání přísad a jejich kontrolního převážení v této váze. Třetí násypka je umístěna na plošině přísad za účelem přidávání lehčených přísad přímo do míchače. Ve všech případech násypek po vyprázdnění obsluha potvrdí stiskem tlačítka naplnění požadovaného množství přísady.

Proces dávkování, navažování a míchání všech komponent je ovládán a řízen prostřednictvím počítače a programovatelného automatu. Řídící počítač je umístěn ve velínu. Systém řízení obsahuje kompletní vizualizaci na PC, archivaci dat, chybová hlášení, možnost ručního provozu, nastavení servisního modu apod.

Míchání probíhá v cyklickém intenzivním míchači s bočními vířiči, zajišťující maximální rozmíchání všech komponent v krátkém čase. Míchač pracuje na nuceném principu míchá-

ní. Po zamíchání následuje proces vyprázdnění hotového produktu přes celkovou klapku do zásobníku pod míchačem, který se současně nachází nad baličkou. Zásobník je vybaven bočním výpadem se skluzem vyvedeným k plnicímu místu Big-bagů. Big-bag je plněn objemově bez vážení.

Balení probíhá v dvouhubicové baličce mechanickým způsobem za využití navažovací elektroniky.

Prázdné ventilové pytle jsou podávány automatickým podavačem pytlů pomocí vakuového systému přitlaku z manipulačního zásobníku přímo na plnicí hubici baličky. Startem baličky dojde k automatickému naplnění pytle na stanovenou hmotnost. Po naplnění je pytel vysunut z plnicí hubice pomocí shazovacího mechanismu a před jeho spuštěním na transportní pásový dopravník může být plnicí ventil pytle alternativně zataven pomocí ultrasonického zavaření. Systém zatavování obsahuje vlastní generátor ultrazvukových kmitů. Tím dojde k bezprašnému uzavření pytle. Chod systému je nastavitelný s využívaným i nevyužívaným ultrasonickým zatavováním. Zatavení ventilu pytle proběhne pomocí zatavovacích kleští umístěných na přísuvném ramenu.

Naplněné pytle jsou následně automaticky shazovány na pásový dopravník ventilem směrem nahoru a přes potiskovací zařízení dopraveny do místa paletizace. Celý systém podávání a zatavování pytlů je navržen pro obě stávající baličky.

Do systému paletizace vstupují pytle přes dopravník s hranatými válečky, kde dochází k rovnoměrnějšímu rozložení produktu v pytli. Poté pytel prochází mezi dvěma „žehlicemi“ dopravníky, kde dojde ke srovnání tvaru pytle vhodného pro manipulaci až k místu odběru manipulační hlavou. Paleta je podávána z automatického zásobníku palet a postupuje pomocí motorizovaného řetězového dopravníku přes zařízení na podávání spodní krycí fólie, kde je paleta opatřena fólií, dále přes stanici na otočení směru pohybu palet o 90° až do místa paletizace. Pytel mezitím dopravený do místa paletizace je ukládán pomocí manipulačního ramena opatřeného úchopnou manipulační hlavou na paletu dle naprogramovaného obrazce. Po dosažení stanoveného počtu pytlů na paletě dojde k ukončení paletizačního cyklu a paleta je pomocí poháněné válečkové trati dopravena do zařízení na potažení fólií.

Zde dojde ke kompletnímu potažení naložených palet samosmrštitelnou fólií (stretch hod). Potažení je realizováno pomocí pneumaticky ovládaných ramen a fólie odvinuté ze zásobníku na stroji. Fólie je odvinuta automaticky dle výšky naložené palety, uzavřena

zatavením a odříznuta do tvaru „čepice“. Pomocí 4 ramen je fólie napnuta do požadovaného rozměru a přetažena přes naloženou paletu až po spodní okraj. Po uvolnění ramen dojde ke zpětnému smrštění fólie a tím zakrytí a zpevnění palety. K zabalení dojde bez trhlinek a dalších netěsností, čímž potažená paleta odolává jakémukoliv působení vlhkosti z vnější strany. Velikostí odvinuté a svařené folie se volí stupeň napětí výsledného obalu.

Po ukončení cyklu potažení odjíždí zabalená paleta pomocí poháněné válečkové tratě do místa odběru vysokozdvížným vozíkem. Válečková trať je navržena jako akumulární, tj. pro 2 ks palet. Poslední část akumulární válečkové trati je dimenzována s dvojnásobnou nosností, aby bylo možné na sebe postavit 2 palety a tím bylo umožněno zefektivnění odběru palet.

Pro případ přebalení již naskladněných palet je možné vstoupit do celého systému mimo aktuální paletizační proces tak, že je paleta vložena pomocí vysokozdvížného vozíku na válečkovou trať mezi místem paletizace a zařízením pro potažení naložených palet. Přístup je řešen pomocí světelné bezpečnostní bariéry tak, aby nebylo nutné provádět demontáž, popř. otevírání mechanických bezpečnostních zábran.

Celý systém podávání pytlů, paletizace a balení naložených palet je obestavěn bezpečnostními bariérami a světelnými závory, aby byl zaručen bezpečný chod strojů systému. Bariéry jsou opatřeny chráněnými vstupními dveřmi pro potřebu servisního vstupu obsluhy.

Každý stroj systému má vlastní ovládací rozvaděč. Ovládací prvky na dveřích rozvaděče umožňují nastavení všech potřebných parametrů a programů chodu strojů systému. Jednotlivé rozvaděče strojů jsou propojeny nezbytnou komunikací mezi jednotlivými stroji tak, aby byl zajištěn navazující a plynulý chod celého systému..

Celý výrobní cyklus se opakuje bezprostředně za sebou a stavy jednotlivých uzlů jsou hlídány systémem řízení.

10 DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Při návrhu dispozice linky byl brán zřetel na stávající situaci uvnitř areálu výrobního závodu a půdorysně je linka umístěna vedle stávající haly viz. příloha PIII.

Sila hlavních surovin na podstavné ocelové konstrukci jsou rozdělena na modul 2x3 a 2x2 v rohu nové haly, tak aby bylo možné umístit šnekového dopravníky do jedné hlavní váhy.

Vnitřní ocelová konstrukce pro technologii je dvoupatrová, z důvodu využití gravitačního způsobu dopravy materiálu. Místo odběru hotových plných palet je orientováno k stávající hale, tak aby byla zefektivněna expedice.

Výkresová dokumentace v příloze řeší dispoziční řešení linky a slouží jako podklad pro vypracování výrobní dokumentace.

10.1 Technologické schéma

Technologické schéma zobrazuje hlavní části výrobní linky s tokem materiálu shora směrem dolů. Dále slouží jako podklad pro vypracování vizualizace systému řízení na PC. Technologické schéma je obsaženo v příloze PI.

11 STANOVENÍ VÝKONŮ LINKY

11.1 Zadané hodnoty

Stanovený celkový výkon linky	: 16,4 t/h	
Průměrná sypná hmotnost směsi	: 1,3 t/m ³ (laboratorní výsledek)	
Celkový výkon linky v m ³ : 16,4 t/h : 1,3 t/m ³	= 12,6 m ³ /h	(13)
Doba míchání směsi	: 250 s (výsledek zkušební míchání)	
Požadovaná velikost ventilového pytle	: 25 kg	

11.2 Výpočet výkonu hlavních zařízení

Výrobní cyklus (zvoleno)	: 12 cyklů/h	
Čas 1ks cyklu: 3600 s : 12 cyklů/h	= 300 s	(14)

Cyklus výrobní linky je navážení komponent, vypuštění do míchače, zamíchání a vypuštění směsi z míchače. Některé části výrobního cyklu mohou probíhat současně.

$$\text{Minimální objem míchače: } 12,6 \text{ m}^3/\text{h} : 12 \text{ cyklů/h} = 1,05 \text{ m}^3 = 1050 \text{ litrů} \quad (15)$$

$$\text{Výkon balícího centra: } 16.400 \text{ kg} / 25 \text{ kg} = 656 \text{ pytlů / h}$$

$$\text{Výkon paletizátoru} : 656 \text{ pytlů / h}$$

Výkon zařízení na potažení folií:

$$656 \text{ pytlů/h} : 56 \text{ pytlů/paletu} = 11,7 \text{ palet/h} = 12 \text{ palet/h (skladba 56pytlů na paletu)} \quad (16)$$

11.3 Volba velikosti a typu hlavních zařízení

Seřazení volby jednotlivých strojů je zvoleno chronologicky dle důležitosti ve výrobním procesu.

11.3.1 Volba typu míchače

Minimální objem míchače stanovený výpočtem je 1050 litrů. Míchač volím od firmy Mix S.rl. model MXC 1700 o objemu 1100 litrů. Jedná se o intenzivní cyklický lopatkový míchač s horizontální nepohyblivou komorou. Aby bylo zajištěné důkladné promíchání je míchač vybaven 3ks bočních vířičů. Vyprazdňování probíhá přes 2ks hrdel s pneumaticky ovládanou klapkou. 5ks vstupních hrdel zajišťuje plnění + 1ks hrdla pro odprášení. Míchačí komora a jednotlivé lopatky jsou vyrobeny z oteru odolného materiálu typ HARDOX.



Obr. 47. Míchač MXC [17]

11.3.2 Volba typu baličky

Výkon balícího centra stanovený výpočtem je 656 pytlů/h. Volím 2ks baličky v řadě za sebou od firmy PAYPER typ PFG-10. Jedná se o přetlakovou jedno hubicovou baličku ventilových pytlů. Výkon balení 1ks až 350 pytlů/h. Součástí baličky je automatické rameno pro nasazování prázdných ventilových pytlů včetně zásobníku, automatické ultrasonické zavařování ventilu pytlů, automatické shazování plných pytlů. Kombinace této výbavy zajistí garantovaný maximální výkon.



Obr. 48. *Balička s ramenem pro nasazování pytlů [3]*

11.3.3 Volba typu paletizéru

Výkon paletizéru stanovený výpočtem je 656 pytlů/h. Volím paletizér od firmy Europack typ Winner 600 s vyšší účinností o výkonu 660 cyklů/h - respektive 660 pytlů/h. Winner 600 se řadí mezi sloupové paletizátory s manipulačním ramenem a pneumaticky ovládanou hlavou. Součástí paletizéru je otočná hlava schopná nabírat pytle z válečkové tratě.



Obr. 49. *Winner 600 [18]*

11.3.4 Volba zařízení na potažení plných palet folií

Výkon stanoven výpočtem je 12 palet za hodinu. Volím vertikální stroj na smršťovací folii od firmy BOCEDI typ STRETCH HOODER FB 1000. Stroj je schopen být zařazen do automatické linky. Výkon stroje dosahuje až 80 palet za hodinu. Součástí jsou čidla pro sledování stavu folie, automatické odvíjení folie, čidlo výšky palety a vstupní a výstupní mutingové závory.

11.4 Výpočet dopravních cest

11.4.1 Volba velikosti vah

Velikost hlavní tenzometrické váhy	: 1100 litrů (NETTO)
	: 1700 litrů (BRUTTO)
Velikost tenzometrické váhy přísad	: 80 litrů (NETTO)
	: 100 litrů (BRUTTO)

Velikost tenzometrických vah je zvolena na základě objemu míchače, sypných úhlů a rozložení plnicích otvorů ve víku váhy.

11.4.2 Volba výkonu šnekových dopravníků

Pro dávkování komponent do vah volím z důvodu bezpečného provozu a z ekonomického hlediska trubkové šnekové dopravníky s progresivním stoupáním lamel popřípadě spirál. U abrazivních materiálů jako je písek jsou použity lamely z materiálu HARDOX. Šnekové dopravníky přísad jsou ve vstupní části vybaveny čeřící komorou, která dávkovaný materiál načeří a zvýší tak přesnost navažování.

Výkon šnekových dopravníků sil je stanoven na straně bezpečné, tzn. že během procesu míchání je nutné nadávkovat objem váhy za 250 s (doba míchání).

Výkon šnekových dopravníku sil za 1h:

$$3600 \text{ s} : 250 \text{ s} \cdot 1,1 \text{ m}^3 = 15,8 \text{ m}^3/\text{h} = 16 \text{ m}^3/\text{h} \quad (17)$$

Výkon šnekových dopravníků přísad je stanoven na straně bezpečné, tzn. že během procesu míchání je nutné nadávkovat objem váhy za 250 s (doba míchání). Z důvodu dosažení větší přesnosti dávkované komponenty bude výkon dopravníku dvojnásobný.

Výkon šnekových dopravníku přísad za 1h:

$$3600 \text{ s} : 250 \text{ s} \cdot 0,08 \text{ m}^3 = 1,2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 2 = 2,4 \text{ m}^3/\text{h} = 3 \text{ m}^3/\text{h} \quad (18)$$

12 POPIS FUNKCE SYTÉMU ŘÍZENÍ

12.1 Stavy systému řízení

Sytém řízení může pracovat v následujících režimech či stavech.

Automatický režim - režim řízení linky, kdy funkci jednotlivých prvků řídí algoritmus programu na základě uživatelem zadaných parametrů.

Manuální režim - ovládání prvků uživatelem pomocí rozhraní člověk/stroj. U prvků, které není možno libovolně ovládat v průběhu automatického cyklu je toto ovládání umožněno v režimu pauzy automatického chodu.

Porucha v automatickém režimu - poruchový stav, který nastal během automatického režimu na samotném prvku.

Porucha v manuálním režimu - poruchový stav, který nastal během manuálního režim na samotném prvku.

Stav systému "Pozastaveno" - stav, kdy je pozastaven chod systému nebo jen části systému v automatickém chodu. Pro pokračování je nutný zásah obsluhy.

12.2 Funkce systému na silech

Součástí sil je následující elektrická výbava:

- uzavírací ventil plnicího potrubí
- přetlakový filtr na střeše sila
- systém hlášení poškození filtru (diferenciální tlakový snímač - snímá tlak před a za filtračními patronami)
- systém čerění výpadu sila
- vibrační limitní sonda maximální hladiny
- kontinuální sonda hladiny
- osvětlení sil

12.2.1 Uzavírací ventil plnicího potrubí

V klidovém stavu, kdy není silo plné, je plnicí ventil trvale otevřen a lze silo plnit surovinou. V případě, že dojde k překročení maximální hladiny materiálu a limitní sonda maxima je aktivní, dojde k okamžitému uzavření plnicího ventilu a tento stav je opticky a akusticky signalizován. Akustická signalizace může být odstavena prostřednictvím tlačítka na ovládacím panelu, optická signalizace signalizuje stav trvale po celou dobu zaplavení snímače. Ventil se znovu otevře, pokud hladina suroviny klesne pod sondu maximální hladiny. Další možností je otevřít ventil pomocí klíče na dveřích rozvaděče a silo doplnit malým množstvím suroviny – hrozí zde však nebezpečí přeplnění sila.

12.2.2 Přetlakový filtr

Filtr se zapíná a vypíná tlačítka na dveřích ovládacího panelu umístěného u paty sil a slouží k odprášení sila během plnění. Chod je signalizován signálkou Start. Manuální vypnutí filtru se provede stiskem tlačítka Stop. Maximální doba provozu je omezena časem, tzn. není-li vypnut manuálně pomocí tlačítka Stop, pak dojde k jeho automatickému vypnutí po nastavené době.

12.2.3 Systém hlášení poškození filtru

Signalizace tohoto poruchového stavu je na ovládacím panelu signálkou a současně akustickou signalizací, současně se signalizací dojde k uzavření ventilu plnění. Akustická signalizace může být potlačena pomocí tlačítka na panelu, optická signalizace signalizuje stav trvale po celou dobu výskytu poruchového stavu. Informace o hlášení poškození filtru je rovněž předávána do řídicího systému.

12.2.4 Čerění výpadu sila

Čerění sila je složené z několika okruhů a každý okruh je spouštěn samostatně a obsahuje minimálně 4 trysky čerění.

Čerění se aktivuje pokud při navažování kontrolní mechanismus zjistí menší přírůstek hmotnosti na váze než je obsluhou nastavená mez [kg/s]. Aktivace se poté řídí nastavitelnými parametry v programu jako:

- délka impulsu: doba, po kterou je čerění zapnuté
- prodleva mezi impulzy: pauza mezi jednotlivými okruhy čerění

- prodlevy mezi cykly a počet čeřících impulzů
- počet cyklů čeření
- maximální počet cyklů: určuje počet cyklů čeření před zastavením cyklu chybovou hláškou

12.2.5 Kontinuální sonda hladiny

Zobrazuje svůj aktuální stav, tj. množství suroviny v síle v %. Sonda nedovolí spustit výrobní cyklus, pokud je množství suroviny v síle menší než žádané množství suroviny pro záměs, nebo pokud je signál ze sondy mimo měřitelný rozsah vyhodnocovací jednotky.

12.2.6 Osvětlení sil

Osvětlení světlý je instalováno na vrcholu síla, osvětluje prostor umístění filtrů a přechod mezi nimi.



Obr. 50. Vizualizace sil v řídicím systému [3]

12.3 Funkce systému na zásobnících přísad

Součástí zásobníků přísad je následující elektrická výbava:

- podtlakový filtr s ventilátorem
- systém hlášení poškození filtru
- elektrický vibrátor na výpadu zásobníku
- vibrační limitní sonda minimální hladiny

12.3.1 Podtlakový filtr s ventilátorem

Ventilátor filtru se zapíná vždy při otevření dvířek zásobníku a vypíná při zavření dvířek. Řídicí jednotka se spíná s otevřením dvířek zásobníku a vypíná se se zpožděním po zavření dvířek zásobníku. Tím dochází k očištění patron filtru do uzavřeného prostoru zásobníku.

12.3.2 Systém hlášení poškození filtru

Signalizace tohoto poruchového stavu bude na obrazovce řídicího systému a současně akustickou signalizací.

12.3.3 Elektrický vibrátor na výpadu zásobníku

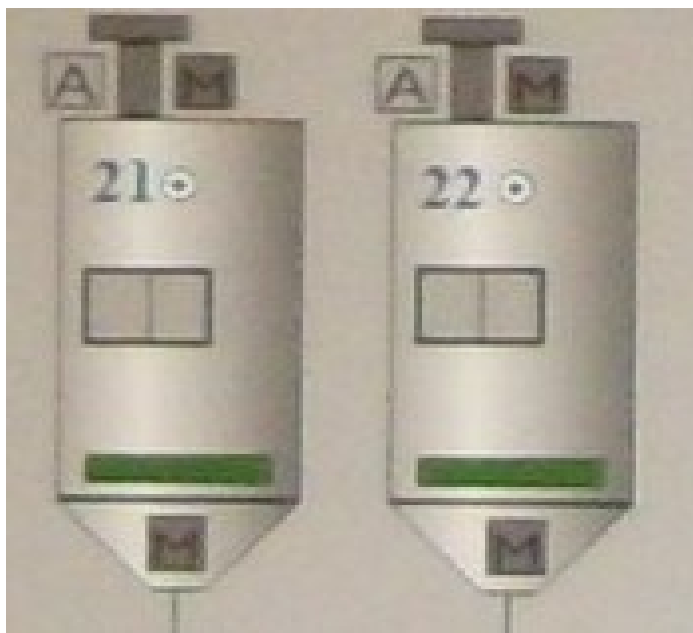
Vibrátor se aktivuje pokud při navažování kontrolní mechanismus zjistí menší přírůstek hmotnosti na váze než je uživatelem nastavená mez [kg/s]. Aktivace se poté řídí nastavitelnými parametry v programu jako:

- doba chodu: doba, po kterou je vibrátor sepnut
- prodleva: doba, po kterou je vibrátor v klidu
- počet cyklů spuštění vibrátoru
- maximální počet cyklů: určuje počet cyklů chodu vibrátoru před zastavením cyklu chybovou hláškou

12.3.4 Vibrační limitní sonda minimální hladiny

Pokud je při spuštění automatického cyklu navažování hladina suroviny pod minimem, tak se start cyklu okamžitě zastaví a bude zobrazeno varování. Kontrola zásobníků se provádí jen u těch vybraných, ze kterých se bude navažovat. Tuto kontrolu lze v programu na

vlastní nebezpečí zablokovat a tím povolit navažování i ze zásobníku, který má aktivní sondu minima. V tomto případě je vyblokováný stav graficky signalizován.



Obr. 51. Vizualizace zásobníků v řídicím systému [3]

12.4 Dávkování surovin a přísad

12.4.1 Šnekové dopravníky

Pohon dopravníků je řízen frekvenčním měničem, tím jsou zajištěny různé rychlosti navažování a dávkování dopravníku. Řídicí systém zajišťuje, že nelze nikdy spustit dopravník do zavřené klapky, která je na konci dopravníku. Dovažování surovin je vždy nižší rychlostí. Parametry dovažování jsou řízeny algoritmem nebo je lze zadat ručně do řídicího systému.

12.4.2 Klapka na výpadu z šnekového dopravníku

Klapka se otevírá a zavírá automaticky v závislosti na chodu dopravníku tak, aby dopravník nebyl v chodu při zavřené klapce. Klapka je vybavena snímačem koncových poloh zapojených do řídicího systému.

12.5 Vážení surovin a přísad

Součástí vah je následující výbava:

- tenzometrické snímače
- elektrický vibrátor
- pneumatický vibrátor
- pneumatické klapky na výpadu

12.5.1 Tenzometrické snímače

V automatickém i manuálním režimu je zobrazována celková hmotnost na váze a aktuální hmotnost navažované suroviny. Výstupní hodnoty z tenzometrických snímačů zpracovává vážící jednotka a dále zobrazuje v řídicím systému.

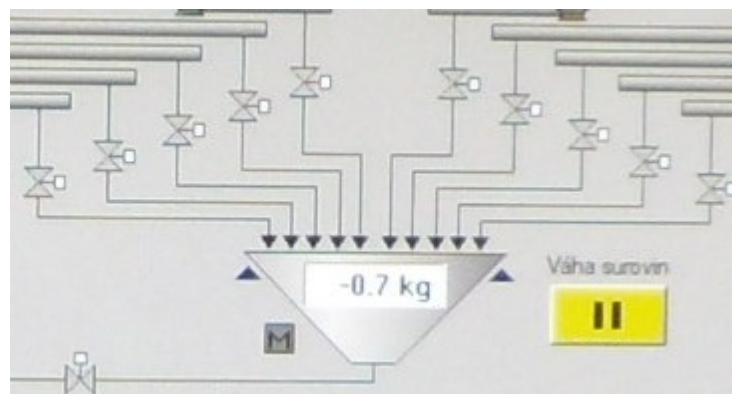
12.5.2 Elektrický a pneumatický vibrátor

Vibrátor se aktivuje při výsypu obsahu váhy a deaktivuje se při úplném vyprázdnění. Při vyhodnocování „nulové váhy“ bude vibrátor v klidu.

12.5.3 Pneumatické klapky na výpadu

Každá váha je na výpadu vybavena dvojicí klapek, které brání ovlivňování váhy podtlakem, který vzniká při vyprazdňování míchače.

Při požadavku na vysypání váhy se nejdříve otevře spodní klapka, okamžitě při jejím dojetí na koncový spínač se otevře i horní klapka. Při poklesu hmotnosti na váze pod nastavenou hodnotu (hmotnost prázdné váhy) se klapky současně uzavřou. Pokud došlo při výsypu k chybě vyprazdňování, zůstávají obě klapky otevřeny.



Obr. 52. Vizualizace vážení v řídicím systému [3]

12.6 Míchač

Součástí míchače je následující výbava:

- pohon míchače
- pohon víříče
- bezpečnostní zámek dveří míchače
- sonda násypky pod míchačem

12.6.1 Pohon míchače

Pohon míchače se spouští a zastavuje v závislosti na navažovacím algoritmu a na nastavených parametrech. Musí být spuštěn před vsypáním surovin do míchače. Pro chod míchače je nezbytné aktivovat bezpečnostní obvod zámku dveří míchače. Pokud jsou dveře míchače otevřeny, nelze míchač spustit. Míchač běží dobu určenou v receptuře jako čas míchání.

Uplyne-li doba míchání a Míchač nelze z nějakého důvodu vypustit, pak míchač pokračuje v chodu ještě maximálně po nastavenou dobu a poté dojde k jeho automatickému vypnutí. Po vypršení času míchání z receptury je tento stav signalizován. Automatické vyprázdnění míchače po pomnutí podmínek pro ponechání v Míchači, tj otevřít klapky, počkat nastavený čas a poté rozběhnout míchač.

Po vyprázdnění míchače zůstane míchač v chodu ještě po dobu „Čas chodu míchače naprázdno“. Po vypršení doby dojde k jeho zastavení, pokud mezitím nebyl spuštěn další cyklus. Po domíchání a vysypání poslední dávky bude míchač zastaven bez časového zpoždění.

12.6.2 Pohon víříče

Pohon víříče je ovládán automaticky, spouští a zastavuje se v závislosti na receptuře. Podmínkou je aktivace v receptuře. Víříč je aktivní po celou dobu míchání stejně jako pohon míchače, spouští se společně s míchačem a spouští se všechny víříče současně.

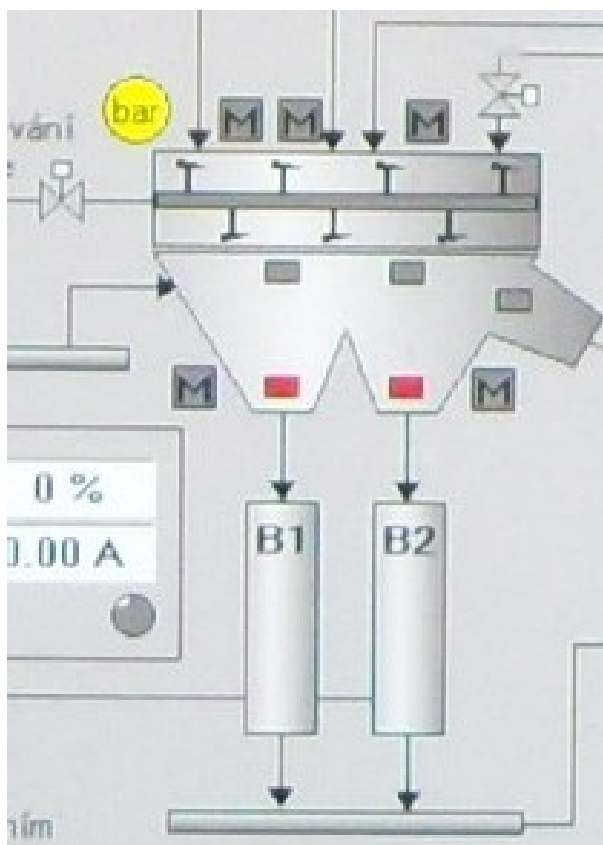
12.6.3 Bezpečnostní zámek dveří míchače

Zámek dveří míchače je zapojen do bezpečnostního obvodu. Stav „Bez napětí“ odpovídá stavu „Uzamčen“. Pokud je zámek odemčen, nelze spustit ani vyprázdnit míchač. Pro otevření zámku dveří míchače je podmínkou, aby byl pohon míchače v klidu.

Při nezavřených dveřích míchače se nespustí automatický míchací cyklus.

12.6.4 Vyprazdňování míchače

Míchač automaticky vysype obsah po doběhnutí času míchání. V případě, že sonda násypky signalizuje zaplnění, nebude míchač vyprázdněn.



Obr. 53. Vizualizace míchače a baliček v řídicím systému [3]

12.7 Podtlakový filtr pro odprášení baliček a míchače

Filtr slouží k odprášení míchače během čištění a odprášení baliček během provozu. Zachycené prachové podíly jsou vráceny do násypky pod míchačem. Filtr je v provozu vždy, když dochází k balení produktu.

12.8 Baličky, paletizér, stretch hood

Jednotlivá zařízení jsou vybaveny samostatným vlastním řídicím rozvaděčem a systémem čidel, které hlídají bezpečný chod. Tato zařízení nijak nespolupracují s výše popsaným systémem řízení. Kompletní oživení a odzkoušení provozu provede výrobce.

13 EKONOMICKÁ ANALÝZA

13.1 Spotřeba el. energie

Pro zjednodušení rozdělím linku na jednotlivé úseky, pak spotřebu elektrické energie spočítám dle následující tabulky:

Tab. 5. *Spotřeba el. energie*

Název úseku linky	Celkový instalovaný příkon [kW]	Současně pracující činný výkon [kW]
Sila surovin	3.7	3.6
Zásobníky přísad	10.2	7
Dávkování surovin a přísad	105	15.1
Navažování	0.3	0.3
Míchání	50	50
Balení	25	25
Zdvihací zařízení	5	5
Kompresorovna	16	16
Paletizér	18	18
Stretch Hood	15	15
CELKEM	248.2	137.2

Veškeré instalované elektrické zařízení má celkem příkon 248,2 kW. Celkový maximální příkon, který může současně běžet je 137,2 kW.

Pro výpočet hodinové spotřeby elektrické energie můžu pracující činný výkon ponížít o 10%, protože je velmi málo pravděpodobné, že budou probíhat současně všechny možné úkony na lince jako např. plnění sil, zavážení přísad výtahem, tlakování vzduchu kompresorem do vzdušníku atd.

Potom je maximální hodinová spotřeba:

$$137,2 \text{ kW} \cdot (90\% : 100\%) = 123,5 \text{ kW}$$

13.2 Spotřeba vzduchu

Pro výpočet spotřeby vzduchu použijí stejné rozdělení jako u elektrické energie.

Tab. 6. *Spotřeba vzduchu*

Název úseku linky	Maximální spotřeba vzduchu [Nm^3/h]
Sila surovin	19,3
Zásobníky přísad	7,2
Dávkování surovin a přísad	0,5
Navažování	5
Míchání	44
Balení	46
Zdvihací zařízení	0
Kompresorovna	16
Paletizér	18
Stretch Hood	3
CELKEM	159

Tlakový vzduch zajišťuje kompresorovna, v tomto případě šroubový kompresor o výkonu $180 \text{ Nm}^3/\text{h}$ a příkonem 16 kW . Náhlou špičku spotřeby vzduchu pokrývá vzdušník o objemu 1 m^3 .

13.3 Celková pořizovací investice

Cena je uvedena bez možných slev od jednotlivých subdodavatelů a slouží hlavně k orientační představě. Při sestavení aktuální ceny je nutné brát zřetel na termín realizace z důvodu zvyšování cen jednotlivých strojů, hutního materiálu, služeb atd.

Celková investice při stejném rozdělení na jednotlivé úseky linky, která zahrnuje i montáž jednotlivých úseků, potřebné ocelové konstrukce a systém řízení, vypadá následovně:

Tab. 7. Pořizovací cena

Název úseku linky	Cena v tisících Kč
Sila surovin	13 500
Zásobníky přísad	2 500
Dávkování surovin a přísad	3 000
Navažování	1 500
Míchání	5 500
Balení	8 600
Zdvihací zařízení	1 000
Kompresorovna	700
Paletizér	5 500
Stretch Hood	4 600
CELKEM	46 400

ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem řešil projektovou část technologické linky dle požadavků investora. Diplomová práce navazovala na již provedenou studii a projekt pro stavební povolení, proto nebylo nutné řešit varianty dispozičního řešení pro schvalovací řízení. V práci jsem zvolil vhodnou technologii pro celou výrobní linku a umístil ji do vhodné dispozice tak, aby byl využit přidělený prostor v hale. Výrobní linka je plně automatizovaná a jsou v ní použity nejmodernější technologie v oblasti zpracování sypkých hmot. Zároveň byly zvoleny jednotlivé zařízení tak, aby nebyly příliš nákladné na pořizovací cenu a následnou údržbu. Jedná se tedy o kompromis mezi výkonem, kvalitou a výslednými náklady.

Nedílnou součástí této diplomové práce jsou jednotlivé výkresy, které řeší hlavní technologické uzly ve výrobní lince.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DRAŽAN, F., JEŘÁBEK, K. *Manipulace s materiálem*. SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1979
- [2] MEDEK, J. *Mechanické pochody*. PC DIR s.r.o., Brno, 1998
- [3] ZK ING, s.r.o., *Firemní podklady a zdroje*, 2017
- [4] GAJDŮŠEK, J., ŠKOPÁN, M. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: VUT, 1988
- [5] Kešner a.s. - Pásový dopravník trubkový [online]. cit. [2017-12-29]. Dostupný z WWW: <http://www.kesner.cz/cz/produkt/pasovy-dopravnik-trubkovy-pdt/>
- [6] Filtr Zeos s.r.o. - Rotační podavače [online]. cit. [2017-12-29]. Dostupný z WWW: <http://www.filtrzeos.cz/>
- [7] LOGSYS a.s. - Válečkové dopravníky [online]. cit. [2017-12-30]. Dostupný z WWW: <http://www.logsys.cz/cs/valeckove-dopravniky>
- [8] RICHTER, M., SÖHNEL, O. *Průmyslové technologie III - Stroje a zařízení chemického průmyslu*. UJEP, Ústí nad Labem 2013
- [9] E.Bachiller B, S.A. - Mixing and Drying Equipment [online]. cit. [2018-1-10]. Dostupný z WWW: <http://www.bachiller.com/products/mixing--drying-equipment/>
- [10] Beccaria Srl - Rotating drum mixers [online]. cit. [2018-1-10]. Dostupný z WWW: <http://www.beccaria.it/products-line.aspx>
- [11] ČUJAN, Z., MÁLEK, Z. *Výrobní a obchodní logistika*. Zlín: UTB, 2008
- [12] M.A.S. Automation a.s.- Paletizace [online]. cit. [2018-2-26]. Dostupný z WWW: <http://www.mas-as.cz/katalog/paletizace-3>
- [13] Unipack - Ovinovací stroje [online]. cit. [2018-2-26]. Dostupný z WWW: <http://www.robopac.cz/>
- [14] OFFICINA BOCEDI srl - Packaging solutions [online]. cit. [2018-2-26]. Dostupný z WWW: <http://www.bocedisrl.com/>
- [15] Fels-Werke GmbH - Compact Mörtel Presseservice [online]. cit. [2018-2-26]. Dostupný z WWW: <https://www.fels.de/de/compact-moertel-presseservice.html>

- [16] HOSOKAWA ALPINE - High Pressure Roller Mill [online]. cit. [2018-2-26]. Dostupný z WWW: <https://www.hosokawa-alpine.com/powder-particle-processing/machines/kompaktors-and-roller-presses/high-pressure-roller-mill/>
- [17] MIX S.r.l. - Mixing systems and component for plants [online]. cit. [2018-3-11]. Dostupný z WWW: <https://www.mixsrl.it/>
- [18] Europack S.r.l. - Palletising solutions [online]. cit. [2018-3-11]. Dostupný z WWW: <https://www.europackitaly.com/rotating-palletisers/winner-green-low-energy-consumption.html>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Nehluboké, hluboké zásobníky [2]	19
Obr. 2. Baterie hranatých sil [3]	20
Obr. 3. Baterie válcových sil [3]	20
Obr. 4. Koncovka plnicího potrubí s čidlem otevření [3]	23
Obr. 5. Uzavírací ventily plnicího potrubí [3]	23
Obr. 6. 90° otěruvzdorné koleno [3]	24
Obr. 7. Podtlakový filtr a přetlakový filtr [3]	25
Obr. 8. Vibrační sonda hladiny [3]	26
Obr. 9. Rotační sonda hladiny [3]	26
Obr. 10. Přetlakový a podtlakový ventil [3]	27
Obr. 11. Šoupátkové uzávěry (motorický, pneumatický, ruční) [3]	27
Obr. 12. Uzavírací klapky (motorická, pneumatická, ruční) [3]	28
Obr. 13. Segmentový uzávěr [3]	28
Obr. 14. Pasivní prvky (vnořená výsypka, rozrážecí prvek) [2]	29
Obr. 15. Pneumatický vibrátor [3]	30
Obr. 16. Čerící tryska a čerící polštář [3]	30
Obr. 17. Schéma pásového dopravníku [4]	33
Obr. 18. Rovný pás, korýtkový pás (dvouválečkový, tříválečkový) [4]	35
Obr. 19. Trubkový pásový dopravník [5]	35
Obr. 20. Schéma elevátoru [4]	36
Obr. 21. Schéma šnekového dopravníku [4]	37
Obr. 22. Trubkový šnekový dopravník v řezu [3]	38
Obr. 23. Rotační podavač [6]	39
Obr. 24. Schéma přímého skluzu [4]	40
Obr. 25. Válečková zatáčka (kónické válečky) [7]	41
Obr. 26. Cyklická hmotnostní váha [3]	42
Obr. 27. Kontinuální vážený pás [3]	43
Obr. 28. Pásový míchač [9]	45
Obr. 29. Šnekový kónický míchač [9]	45
Obr. 30. Lopatkový míchač [9]	46
Obr. 31. Bubnový míchač [10]	46
Obr. 32. Kuželový míchač [9]	47

Obr. 33. "V" míchač [9]	47
Obr. 34. Šneková balička [3]	49
Obr. 35. Turbínová balička [3]	49
Obr. 36. Přetlaková balička [3]	50
Obr. 37. Gravitační balička [3]	51
Obr. 38. Robotický paletizátor [12]	52
Obr. 39. Sloupový paletizátor [12]	52
Obr. 40. Ovinovací stroj poloautomatický [13]	53
Obr. 41. Ovinovací stroj automatický [13]	54
Obr. 42. Stretchhood [14]	55
Obr. 43. Horkovzdušný smršťovací stroj [14]	55
Obr. 44. Průběh rozpadu pelety po přidání vody [15]	56
Obr. 45. Hosokawa lisovací stroj [16]	56
Obr. 46. Plnicí hubice do cisteren [3]	57
Obr. 47. Míchač MXC [17]	69
Obr. 48. Balička s ramenem pro nasazování pytlů [3]	70
Obr. 49. Winner 600 [18]	70
Obr. 50. Vizualizace sil v řídicím systému [3]	75
Obr. 51. Vizualizace zásobníků v řídicím systému [3]	77
Obr. 52. Vizualizace vážení v řídicím systému [3]	78
Obr. 53. Vizualizace míchače a baliček v řídicím systému [3]	80

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. <i>Označení velikosti zrn [1]</i>	14
Tab. 2. <i>Označení vlastností materiálu při dopravě [1]</i>	15
Tab. 3. <i>Informativní rychlosti dle dopravovaného materiálu [4]</i>	34
Tab. 4. <i>Typová receptura</i>	62
Tab. 5. <i>Spotřeba el. energie</i>	81
Tab. 6. <i>Spotřeba vzduchu</i>	82
Tab. 7. <i>Pořizovací cena</i>	83

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Technologické schéma
- P II Technologické schéma vzduchu
- P III Půdorys +0,000m
- P IV Půdorys +6,800m, +20,400m
- P V ŘEZ A-A, III-III
- P VI ŘEZ I-I, II-II, B-B
- PVII ŘEZ C-C, D-D