

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb

**Přesné hmotnostní dávkovače složek a gravimetrické  
systémy ve velkovýrobnách krmných směsí**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Josef Maloun, Csc.

Diplomant: Pavel Krejčík

PRAHA 2008

**Abstrakt:** Cílem této diplomové práce bylo analyzovat moderní technologie řídicí přesné navažování a dávkování složek při vytváření vícekomponentních krmných směsí. V kapitole „Přehled poznatků o užívaných gravimetrických systémech“ jsou stručně uvedeny zařízení používané k dávkování surovin, řízení procesu, problematika dynamického vážení. V kapitole „Trendy a možnosti vážících a dávkovacích systémů, jejich konstrukční řešení a průběžný monitoring“ uvádím současný stav na trhu průmyslového vážení, možnosti stanovení hmotnosti včetně výhledu do budoucna. Rozbor různých konstrukčních typů dávkovačů a to především od firmy Alfra. A dále způsoby řízení procesů ve velkovýrobnách krmných směsí. V další kapitole „Výroba premixů“ charakterizuji společnost Biofaktory, která se výrobou premixů zabývá. Popisuji zde postup výroby premixů a uvádím příklad receptury. Dále je řešena ekonomická část. Práce je ukončena diskusí o dané problematice a závěrem.

**Klíčová slova:** dávkování, vážení, tenzometr, Alfra

**Precise component weight dosing machines and gravimetric systems in a mass production of the feeding mixtures.**

**Summary:** The aim of this graduate these was to analyze modern technologies controlling the precise weighing and dosing of components while generating multicomponent feeding mixtures. In the chapter: „Summary of pieces of knowledge about used gravimetric systems“ are shortly indicated machinery used to dosing of raw materials, to control the process, to problems of dynamic weighing. In the chapter „Trends and possibilities of weighing and dosing systems, their structural design and continuous monitoring“ I mention the present conditions on the market of industrial weighing, possibilities of assesment of the weight including the perspektive to the future. Analysis of different constructional types of dosing machines and above all from the Alfra company. And the next ways of controlling of processes in a mass production of feeding mixtures. In the next chapter „Production of premixes“ I characterize the company called Biofaktory, that is concerned with the production of the premixes. I describe the process of production of the premixes and I feature one example of a prescription. Then is solved the economical part. This graduation these is finished by discussion about given problems and followed by a conclusion.

**Key words:** dosing, weighing, tensiometer, Alfra

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Přesné hmotnostní dávkovače složek a gravimetrické systémy ve velkovýrobnách krmných směsí“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze, dne 29.4.2008

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. J. Malounovi, Csc. za odborné vedení při vypracovávání diplomové práce a zároveň společností Biofaktory, spol. s r.o. a Commercial, spol. s r.o. za poskytnutí potřebných informací.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PŘEHLED POZNATKŮ O UŽÍVANÝCH GRAVIMETRICKÝCH SYSTÉMECH</b> .....	<b>2</b>
2.1    Obecné pojednání .....	2
2.2    Dávkovače krmiv .....	4
2.2.1    Objemové dávkovače.....	4
2.2.2    Hmotnostní dávkovače .....	6
2.3    Řízení procesu .....	8
2.4    Problematika dynamického vážení.....	9
2.5    Rychlý inteligentní snímač – FIT ( <i>fast intelligent transducer</i> ).....	10
2.6    Požadavky na vážení v průmyslovém procesu .....	11
2.7    Obecný koncept komunikace .....	12
2.8    Náznačky řešení rozdělení vážně-technických funkcí .....	13
<b>3. TRENDY A MOŽNOSTI VÁŽÍCÍCH A DÁVKOVACÍCH SYSTÉMŮ, JEJICH KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ A PRŮBĚŽNÝ MONITORING</b> .....	<b>15</b>
3.1    Objasnění problematiky vážení a dávkování ve VKS .....	15
3.1.1    Stručná situace na trhu průmyslového vážení .....	15
3.1.2    Nové trendy - inteligentní senzory .....	16
3.1.3    Typické uspořádání snímačů .....	18
3.1.3.1    Shrnutí základních přínosů digitálních snímačů .....	19
3.2    Vybrané fyzikální metody užívané ke stanovení hmotnosti.....	21
3.2.1    Polovodičové tenzometry.....	21
3.2.2    Elektromagnetická kompenzace síly pro přesné vážení .....	27
3.3    Konstrukční provedení dávkovačů - ALFRA .....	29
3.3.1    Obecné seznámení s Alfrou .....	29
3.3.2    Systém roštových šoupátek .....	31
3.3.3    Flexibilní síla .....	32
3.3.4    Mikro-složkové dávkovací zařízení .....	33
3.3.4.1    MCD-S: váhová kapacity 1-20 kg .....	33
3.3.4.2    MCD: váhová kapacita 4-20 kg.....	34
3.3.5    Malo a velko-složkové dávkovací zařízení .....	35
3.3.6    Přepavní systém .....	35
3.3.7    Alfra optimalizační dávkovací algoritmus (ODR) .....	36
3.4    Šnekový dávkovač.....	37
3.5    Automatické pásové váhy.....	37
3.6    Přímé vážení (ruční) .....	41
3.7    Přímé využití externího síla.....	42
3.8    Řízení technologií ve výrobných krmných směsí.....	42

3.8.1	Automatizace pomocí průmyslových automatů .....	42
3.8.1.1	Vizualizační program .....	45
3.9	Popis a schéma výroby krmných směsí.....	46
<b>4.</b>	<b><i>VÝROBA PREMIXŮ</i></b> .....	<b>48</b>
4.1	Charakteristika společnosti Biofaktory .....	48
4.1.1	Historie a profil společnosti Biofaktory .....	48
4.1.2	Výrobní proces společnosti .....	48
4.1.3	Sortiment společnosti Biofaktory .....	49
4.2	Postup výroby premixů .....	50
4.3	Příklady premixů od společnosti Biofaktory .....	51
4.4	Ekonomika provozu.....	53
4.4.1	Výrobní náklady .....	53
<b>5.</b>	<b><i>DISKUSE A ZÁVĚRY</i></b> .....	<b>54</b>
5.1	Diskuse .....	54
5.2	Závěr .....	55
	<b><i>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</i></b> .....	<b>56</b>
	<b><i>SEZNAM OBRÁZKŮ</i></b> .....	<b>57</b>
	<b><i>SEZNAM TABULEK</i></b> .....	<b>58</b>

## 1. ÚVOD

Vážení a dávkování je důležitý technický proces s rozhodujícím vlivem na kvalitu produkce a produktu. Je vkládán do moderních struktur produkce, které jsou integrovány do obchodních procesů. Základem pro optimální celkový proces ležící ve vertikální všeobecnosti od úrovně řízení podnikání až k procesním přístrojům a v horizontální všeobecnosti přes všechny procesní kroky od odebrání surovin až k vyskladnění konečného produktu. V současné době prožívá tento trh bouřlivý a dynamický vývoj. Jednotlivé výrobní krmných směsí vyrábějí doplňkové nebo kompletní krmné směsi pro daný druh zvířat, do kterých bývá často ještě přimícháván premix (směs vitamínů a mikroprvků zlepšující růst, vývin a v neposlední řadě užitkovost zvířat). Tudíž kompletní krmné směsi svým složením a obsahem živin plně kryjí všechny nutriční potřeby zvířat. Podávají se jako jediné krmivo doplněné pouze vodou k napájení. Kompletní krmné směsi usnadňují krmení zvířat a umožňují používat krmné linky na suché nebo vlhčené krmení.

V diplomové práci se snažím rozebrat problematiku přesného navažování a dávkování složek při vytváření vícekomponentních krmných směsí. Během vypracovávání práce jsem navštívil několik společností zabývajících se danou tematikou. Společnost COMMERCIAL, která projektuje technologická zařízení výroben krmných směsí a zároveň je výhradním dovozcem zařízení od společnosti ALFRA. Dále jsem navštívil přímo výrobu krmných směsí ZEA SEDMIHORKY, kde jsem viděl zařízení ALFRA přímo v praxi. V diplomové práci se také zabývám výrobou premixů. Z toho důvodu jsem oslovil společnost BIOFAKTORY, která mi poskytla informace o výrobě premixů, umožnila mi uvést některé z jejich receptur a v neposlední řadě informace ekonomického směru.

V prvních kapitolách (literární rešerše) se snažím nastínit obecnou problematiku vážení a dávkování složek tzn. pojmoutí daného tématu z širšího hlediska. Uvádím zde různá zařízení užívaná k přesnému navažování a dávkování složek, možnosti řízení procesu, rovněž se zabývám problematikou dynamického vážení.

V následujících kapitolách zacházím hlouběji k jádru věci. Rozebírám různé metody vedoucí ke stanovení hmotnosti, konstrukční řešení dávkovačů, monitoring procesu a pod. Díky ochotě společnosti Commercial jsem mohl daný problém řešit o něco podrobněji. A to i z důvodu, že systém výrobce Alfa se jeví jako jeden z nejlepších. Alfa již dlouhá léta patří mezi leadry ve svém oboru.

## 2. PŘEHLED POZNATKŮ O UŽÍVANÝCH GRAVIMETRICKÝCH SYSTÉMECH (literární rešerše)

### 2.1 Obecné pojednání

Současné požadavky producentů živočišných produktů ve všech chovatelsky vyspělých státech dnes jednoznačně směřují k vysoce kvalitním krmným směsím, vytvořeným z velkého počtu složek a zaručující tak vysokou produkční účinnost. Pouze ve vícesložkových krmných směsích lze dosáhnout vzájemně příznivého zastoupení živin a ostatních biologických účinných látek. Průmyslově pojatá výroba krmných směsí umožňuje dnes nejspíše prakticky aplikovat aktuální poznatky vědy o fyziologických pochodech trávení resorpce živin u jednotlivých druhů a kategorií zvířat.

Dávkování patří k důležitým technologickým úkonům při přímém výdeji krmiva hospodářským zvířatům. Zvláštní význam má však při vytváření směsí krmiv. Bylo prokázáno, že tzv. směsná krmná dávka velmi příznivě ovlivňuje užitkovost např. u dojnic. Stejný efekt i pro ostatní druhy a kategorie zvířat u sypkých popř. tvarovaných krmiv má i vytváření vícesložkových krmných směsí. Je zřejmé, že prvním krokem je nadávkování vhodných složek ve správném poměru a následným pak jejich vysoce rovnoměrné rozptýlení ve zpracované šarži. V oboru přípravy krmiv přichází v úvahu dávkování sypkých, stébelnatých, kapalných popř. též kašovitých komponent.

Hmotnostní dávkování jednotlivých surovin a prefixů musí zajistit dodržení stanoveného obsahu zejména doplňkových látek v krmné směsi. Zde je nezbytné



použít vhodné váhy popř. váhové systémy, které umožňují dodržení stanovené dávky premixu podle výrobního předpisu. Je třeba mít na zřeteli, že správnost navážky na použitých vahách bude ovlivněna hmotností výrobní šarže, tedy že s její klesající hmotností porostou nároky na přesnost vážení. Podle současných kritérií lze při výrobě krmných směsí rozdělit dávky krmných surovin, některých proteinových krmiv a premixů do tří skupin. V první skupině budou dávky surovin v hmotnostním podílu 5% a vyšší. Do druhé skupiny patří krmné suroviny, určitá proteinová krmiva a premixy o hmotnostním podílu 1 až 5% a do třetí skupiny dávky surovin, určitých proteinových krmiv a premixů v rozmezí 0,05 až 1%. Výše naznačenému třídění do skupin by měl odpovídat i příslušný výběr přesnosti vah a váhových systémů. Z uvedeného vyplývá, že nelze vystačit s používáním jedné váhy, kterou by bylo prováděno navažování všech krmných surovin včetně premixů. Vzhledem k tomu, že správné vážení a dávkování surovin a zejména premixů hraje zásadní roli při výrobě krmných směsí, lze pro tento účel doporučit vyspělé gravimetrické systémy při využití sila, dávkovacího zařízení a vah s odpovídající váživostí a její příslušející přesností. Při dávkování problémových doplňkových látek je nutné, aby zásobník váhy, vlastní váha a dopravní cesty, kterou prochází premix, umožňovaly úplné vyprázdnění a vyčištění. Z tohoto pohledu se jeví jako nejvhodnější řešení přímé dávkování premixu doplňkových látek do míchacího zařízení.

Správné dávkování a vážení hraje významnou roli v průmyslové výrobě krmných směsí. Vážení je prováděno gravimetrickými systémy při využití sila, dávkovacího zařízení a vah. Automatické navažování se provádí za pomoci senzorů, které přenášejí změřené hodnoty na display popř. do záznamníku dat. Sensory pracují obvykle na tenzometrickém principu, ale existují systémy využívající k vážení i změny indukčnosti. Byla vyvinuta dávkovací zařízení (fa. Alfa), která dovoluje přesně vážit od 4 do 48 komponent. Umožňuje zvážit z jednoho sila 100 g s přesností na 1 g, ale také 100 kg s přesností 20 g. Uplatňují se dávkovací systémy s roštovými šoupátky, která jsou umístěna přímo pod silu, takže blok sil může zůstat relativně kompaktní. Na větším rámu dokonce možné mít 12, 16, 24, 32 nebo 48 výpustí na celkové ploše 6 m<sup>2</sup>. Rošty s hradítky (šoupátky) jsou ploché a lze je snadno čistit, aby bylo odstraněno nebezpečí kontaminace. Elektronický systém kontroluje dávkování i vážení.

Nízkopodílové složky krmných směsí, jako jsou např. biofaktory, vitamíny a další mikroelementy, které se přimíchávají v poměru několika desítek gramů na tunu je třeba dávkovat s náležitou přesností nejprve do nosičů (vehikulum), které jsou tvořeny moučnatými surovinami, k vytvoření tzv. premixů.

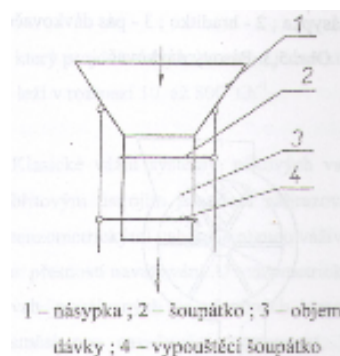
## 2.2 Dávkovače krmiv

Proces dávkování surovin předchází obvykle operaci míchání. Pod tímto pojmem si lze představit také konečný výdej krmiva zvířeti. Dávkování před mícháním může probíhat kontinuálně (při méně náročných požadavcích na dodržení předepsaného podílu jednotlivých komponent) nebo periodicky. V obou případech je možno velikost dávky omezit objemově nebo hmotnostně.

### 2.2.1 Objemové dávkovače

Objemové dávkovače pracující nespojitě jsou obvykle tvořeny nádobami o známém objemu. Při přímém výdeji krmiva lze použít např. teleskopickou trubku, která umožňuje změnu objemu dávky v určitém rozsahu.

*Obr. 1 Schéma objemového dávkovače s šoupátkem*



Kontinuální objemové dávkovače jsou nejčastěji řešeny jako šnekové, pásové nebo turniketové. Velikost dávky lze stanovit z obecného vztahu  $V=Q.t$  [ $m^3$ ]

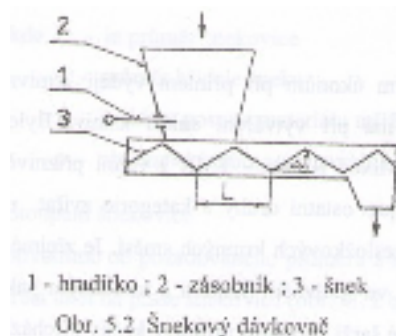
Kde  $Q$  - je výkonost dávkovače (objemová) [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]

$t$  - doba činnosti dávkovače [s]

### Šnekový dávkovač

Šnekový dávkovač vydá plynule dávku určenou dobou jeho činnosti. Elektromotor pohonu šneku může být ovládán vazbou s PC nebo u mobilních krmných automatů, kde pracuje předem zvoleného programu.

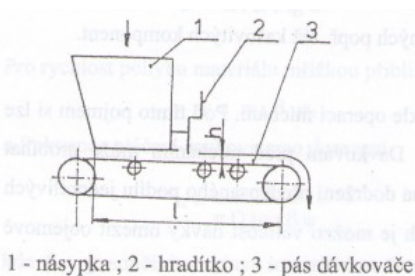
**Obr. 2** Schéma šnekového dávkovače



### Pásový dávkovač

Pásový dávkovač může obdobně stanovovat velikost dávky. Ta je odvozena od kolmého průřezu náplně pásu, rychlosti jeho posuvu a doby po kterou je v činnosti. Výšku vrstvy materiálu nacházejícího se na pásu lze měnit hradítkem, jak je naznačeno na obrázku.

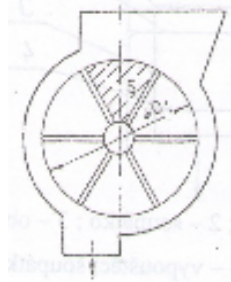
**Obr. 3** Schéma pásového dávkovače



### Rotační dávkovač

Rotační (turniketový) dávkovač stanovuje velikost dávky objemem a počtem komůrek, frekvencí otáčení bubnu s komůrkami a také dobou své činnosti. Vedle této své funkce je možno zařízení této konstrukce využít k prachotěsnému oddělení výstupů z vírových odlučovačů a jako plnicího ústrojí tlakových pneumatických dopravníků.

*Obr. 4 Schéma rotačního dávkovače*



### **2.2.2 Hmotnostní dávkovače**

Hmotnostní dávkovače nejlépe vyhovují současným vysokým požadavkům na přesnost dávkování jednotlivých komponent sypkých krmných směsí nebo i složek tzv. směsné krmné dávky. Přes vyšší složitost, která se promítá i do výše pořizovaných nákladů, jejich používání se v současné době rozšiřuje. Také zde je možno provést rozdělení hmotnostních dávkovačů na dávkovače pracující nespojitě (periodicky) a na dávkovače kontinuální.

#### **Periodické hmotnostní dávkovače**

##### Dávkovací vozík

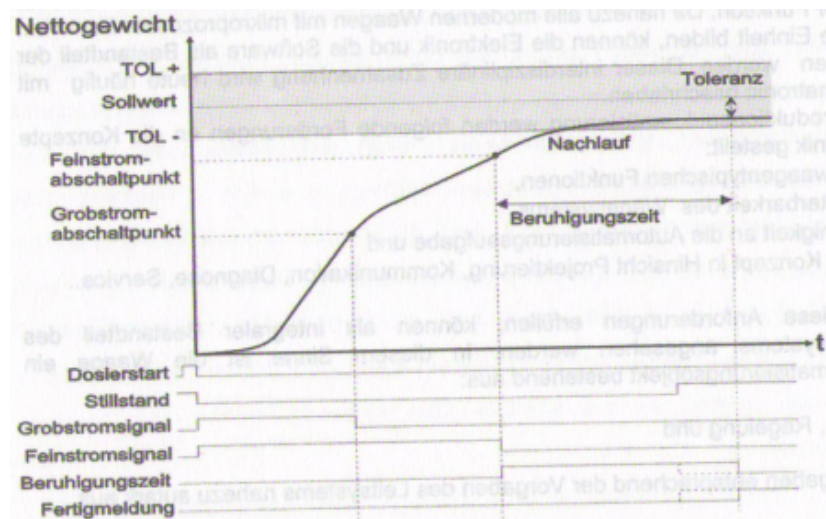
Byl používán v malých míchárnách krmných směsí. S vozíkem se zajíždělo pod vypouštěcí otvory jednotlivých zásobníků. Po odvážení suroviny byla dávka vložena do míchačky. Postup byl opakován pro všechny komponenty připravované šarže. Hmotnostní dávkovač stabilní je tvořen např. zásobníkem umístěným na mostní váze. Vícekomponentní vážící zařízení bývalo základním vážícím zařízením v dřívějších koncepcích výroben krmných směsí. Do vany váhy byly zaústěny plnicí dopravníky vedoucí od zásobníků jednotlivých surovin. Po dosažení předem zvolené hmotnosti složky bylo plnění zastaveno a současně byl uveden do činnosti vyprazdňovací dopravník, který přesunul navážený podíl do míchačky.

##### Směsná váha

U směsné váhy je nutno řídit vedle zjištění hmotnosti také dávkovací proces. Během dávkování provádí vážící elektronika srovnávání mezi již oddávkovaným

množstvím produktu a zamýšlenou hodnotou a spíná dávkovací signály hrubého a jemného proudu. Na konci dávkovacího procesu je provedena kontrola tolerance.

**Obr. 5** Časový diagram dávkovacího cyklu směsné váhy



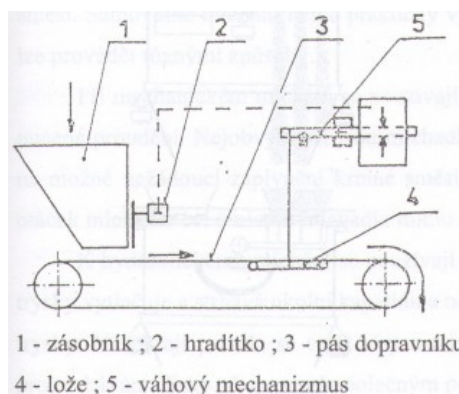
### Kontinuálně pracující hmotnostní dávkovače

#### Automatické váhy pásové (transportní)

Pracují průběžně tj. stanovují hmotnost materiálu, který projde vahou za časovou jednotku. Normalizované hmotnostní průtoky pásových vah leží v rozmezí 10 až 800 t.h<sup>-1</sup>.

Klasické vážení systémy pákových vah s břitovým ústrojím jsou dne nahrazovány tenzometrickými vahami s různou váživostí a přesností navažování. U tenzometrických vah používaných ve výrobních krmných směsí pro navažování komponent, lze deklarovat níže uvedené požadavky.

**Obr. 6** Schéma automatické pásové váhy



Např. při váživosti 1 000 kg je za odpovídající pokládána přesnost 0,2 %  
při váživosti 400 kg přesnost 0,05 %  
při váživosti 50kg přesnost 0,02 %

Pro dávkování jednotlivých surovin do příslušných vah je používáno speciálně upravených šnekových dopravníků, u kterých je jemné dovažování prováděno při snížených otáčkách dávkovacích šneků dosahovaných pomocí frekvenčních měničů.

### 2.3 Řízení procesu

Již od počátku 90. let byly požadovány řídicí systémy schopné ovládat jednoduché, ale i složitější technologické procesy ve výrobních krmných směsích. U velkých výroben jsou instalace řídicích počítačových systémů dodávaných s programovým vybavením spojeny s dodávkou elektroinstalace pro ovládání, řízení a sledování všech výrobních linek. Jedná se např. o připojení dávkovacích vah (2 000, 500 a 50 kg), kontinuálních snímačů hladiny v zásobnících, připojení siloteploměrů, řízení příjmu surovin včetně síla měkkých surovin, šrotování, navažování včetně navažování mikrokomponent (doplňkových látek a premixů) pomocí frekvenčních měničů, granulace a expedice. Vlastní výroba krmných směsí využívá programy pro správu receptur a výrobních příkazů a spolupracuje s vlastním informačním systémem resp. s jeho databází. Řídicí počítačový systém může být např. tvořen řídicím počítačem (průmyslový PC bez klávesnice a displeje) umístěný v rozváděčovém poli a dále dvěma rovnocennými operátorskými počítači (stolní PC) ve velínech, z nichž je možné sledovat a řídit chod technologie. Počítače jsou navzájem propojeny do počítačové sítě řídicího systému. Do jednoho z operátorských pracovišť je pomocí další karty připojen i kabel celopodnikové počítačové sítě. Chod technologie a vytvářené protokoly je možné zobrazovat na kterémkoliv do sítě připojeném počítači.

Řídící program může např. zajišťovat:

- načítání receptur a výrobních příkazů z informačního systému
- povolení umístění surovin v zásobnících
- úpravu receptury vyvolávající příkaz určující zásobníky a váhy, pořadí navažování surovin, doby míchání
- přepočítání požadovaného množství směsi ve výrobním příkazu na určitý počet identických a co největších dávek
- vytváření podrobného protokolu v databázovém tvaru pro prohlížení podle různých kritérií
- automatický výstup informací o provedení výrobního příkazu do informačního systému
- různé úrovně operátorských oprávnění pro výstup podle přístupového hesla
- chod pohonu může být indikován (např. barevně) při současné animaci

## **2.4 Problematika dynamického vážení**

Vážící procesy v automatizovaných systémech nesmějí být brány v potaz jen jako statické. Protože v celkovém procesu je k dispozici jen málo času na vážení, proces tedy musí probíhat dynamicky. Pohyby váženého materiálu, zakmitávání váhy a vibrace dopravního zařízení, ventilů nebo pohonu zapříčiňují ovšem chyby v měření, které mají vliv na dosažitelnou přesnost. Uspokojivá přesnost a akceptovatelný čas procesu může být dosažen při dynamickém vážení, jen pokud je celý systém v mechanickém provedení jakož i v elektronickém zpracovávání signálu optimálně nastaven na dynamické podmínky. Nezbytné je zde velmi rychlé digitální zpracování signálu, které klade vysoké požadavky na rychlost přenosu mezi sensorovou elektronikou a automatizovaným systémem, obzvláště pokud je v dávkovacích zařízeních nutné řídit více vážních stanic a procesů současně. V takových zařízeních je výhodné pokud sensorová elektronika může samostatně provádět zpracování signálu jakož i řídicí funkce a odlehčí tak přenos dat k řídicímu počítači.

### Rušivé vlivy při dynamickém vážení

Za dynamických podmínek vede k chybám měření v první řadě výrok  $(M+m) \cdot a(t)$ .

Dynamické podmínky jsou, když:

1. se hmota ležící na vážící desce často mění
2. se váha pohybuje v důsledku otřesů nebo vibrací ( $A(t)$  se nerovná 0)

Přívodem hmoty na váhu vznikají nárazy zapříčiňující přechodné napětí s rezonanční frekvencí, které se překrývá se statickým měřicím signálem a bez dalších opatření způsobují chyby v měření při vyhodnocování hodnoty.

Vibrace způsobené pohonem nebo dopravním zařízením způsobují rušivé pohyby  $(M+m) \cdot a(t)$ , které se rovněž překrývají se statickým měřicím signálem. Nutností je použití tlumících prvků.

Vedle mechanických rušivých vlivů mohou navíc překrývat měřicí signál elektrická rušení, která se ovšem vyskytují zpravidla u vyšších frekvencích a proto mohou být potlačena.

### Potlačení dynamických rušivých vlivů

Rušivé vlivy jsou v první řadě podněcována nárazy. Je proto radno udělat vše pro to, aby se takovým nárazům v okolí vážícího systému zamezilo nebo byly alespoň pokud možno redukovány. Za původce je nutno označit nevyváženosti v pohonu, připojování k dopravnímu pásu, pohyby ventilů, které je nutno buď odstranit, nebo technicky izolovat z hlediska vlivu na vážící systém. Pokud je konstrukce příliš měkká, rovněž se přenášejí vibrace do celého systému. Mohou se pak vyskytnout rezonanční frekvence menší 10 Hz, jejichž působení může být eliminováno, pokud se předpokládá dlouhodobé vážení.

## **2.5 Rychlý inteligentní snímač – FIT (*fast intelligent transducer*)**

### Digitální tenzometry

Konstrukční řada Fast Intelligent Transducer FIT byla vyvinuta speciálně pro použití v dynamickém vážním procesu. Zohledňuje požadavky na dynamické vážení,



dávkovací a stáčeční systémy jak v mechanické konstrukci, tak i v integrované elektronice. Ovládají rychlé digitální zpracování signálů s rychle zakmitávajícími digitálními filtry a jsou schopné provádět vážení také za dynamických podmínek s vysokou přesností a krátkou dobou měření. Navíc mohou FIT – vážní články přejímat řídicí funkce v automatizovaných systémech. S každým jednotlivým FIT vážním článkem je realizovatelné kompletní řízení dávkování s nastavením ventilu pro hrubý a jemný proud a samostatná optimalizace dávkovacích parametrů. Konstrukce je charakterizovatelná vysokou tuhostí a vysokou pevností v přetížení. FIT – vážní články jsou zcela zakryty v laserem svařeném krytu z ušlechtilé oceli a mohou být použity také v agresivním okolí (např. nasazení čistících prostředků v potravinářství).

## **2.6 Požadavky na vážení v průmyslovém procesu**

U mnoha průmyslových procesů zaujímá vážní a dávkovací technika důležité postavení. Vždy podle nastavení úkolu jsou různé váhy, které spolupracují s automatizovaným systémem. Váhy se rozdělují podle mechanického dílu a zvoleného technického řešení odpovídajícímu úkolu automatizace. Konstrukce váhy tvoří základ pro splnění její funkce. Protože bezmála všechny moderní váhy tvoří mikroprocesory, může být elektronika a software brány jako součást váhy. Tato interdisciplinární souvislost je dnes popisována pojmem Mechatronic. Ze strany automatizace produkce jsou kladeny následující požadavky na koncepty pro vážní techniku:

- flexibilita u funkcí typických pro vážení
- jednoduchá rozšiřitelnost vážního systému
- vhodnost pro automatizované úkoly
- obecný koncept s ohledem na projektování, komunikaci, diagnózu a servis

Váhy, které tyto požadavky splňují, mohou být považovány za integrální součást automatizovaného systému. V tomto smyslu je váha inteligentní objekt automatizace sestávající ze:

- senzoriky
- řízení a regulace

A provádí své úkoly podle zadání řídicího systému takřka soběstačně.

Dávkovací proces je monitorován, zda je zaručený minimální tok materiálu, popřípadě mohou být zapojeny automaticky pomocné prvky jako jsou např. střešací stroj (vibrátor), kypřič.

#### Integrace do automatizačního okolí

Vedle požadavků na funkčnost váhy jsou kladeny na váhy jako integrální součást automatizačních řešení i další požadavky. Požadavky, které se týkají zvláště nákladů. Předpokladem je, že tyto váhy z pohledu automatizovaného systému vykazují všechny vlastnosti systémových komponentů. Které vlastnosti jsou od automatizovaného systému očekávány?

#### Standardizovaný Hardware a Software

Standardizovaný a vyzkoušený hardware a software tvořící základ pro automatizační systém. Vysoká kvalita automatizačních komponentů, tím tvoří základnu pro spolehlivost zařízení.

Náklady na plánování, uvedení do provozu a dohled jsou díky optimalizovaným projekčním nástrojům redukovány. Hodně standardizovaných komponentů je dosažitelných jako náhradní díly celosvětově. Tím se zkracují na minimální odstavky.

## **2.7 Obecný koncept komunikace**

Obecný koncept komunikace automatizovaného systému je také používán integrovanými vážnými konstrukčními skupinami.

Stále více může váha integrovaná v automatizovaném systému využít celkovou výkonnost systému, např. dálkovým vybavením novým softwarem. To se může stejně tak týkat zlepšení funkčnosti váhy jako i jednoduchého zamezení chybám. Nutná výměna konstrukční skupiny v případě chyby je proveditelný

v nejkratším čase, neboť je podporována změna nástrojů, které jsou integrovány v automatizovaném systému. To mohou být nástroje projekce, integrovaná rozpoznávací schopnost nových hardwarů a automatické parametrování. Již existují první náznaky použití internetu k těmto účelům.

## 2.8 Náznaky řešení rozdělení vážně-technických funkcí

Rozdělení vážně-technických funkcí v automatizovaném systému podléhá v posledních letech stálé změně. Důvody pro to spočívají v hledání stále vyšší efektivity řešení. Vedení a funkčnost komponentů hardwaru sami o sobě nejsou již tak rozhodující při zvažování použití určité architektury řešení. Požadavky na váhy je třeba vidět jako základní požadavky, jako:

- vysoká bezpečnost provozu
- jednoduchá obsluha
- dobrá schopnost reprodukce (vysoká konstanta dávkování a rychlost)
- vysoká přesnost

Vedle toho vystupují do popředí nové požadavky, které se týkají vlastností automatizace:

- průchodnost (hardware / software)
- flexibilita
- standardizace

Jen kombinace základních vlastností a vlastností automatizačně-technických tvoří jistotu dobrých výsledků.

Realizace použití vede k těmto třem aspektům:

- Požadavky na přesnost a schopnost reprodukce předpokládají použití speciálních, kvalitních funkčních jednotek pro příjem signálu, přizpůsobení signálu, stejně jako technické funkce řídicí a regulující.

- Tím jsou k řešení celkového úkolu nutné specifické funkce rozdílné podle použití. Za pozornost rovněž stojí celkový řetězec získávání hodnoty v produkci. Jako příklady lze uvést automatické plnění zásobních sil až po odvoz konečného produktu.
- Dále je nutné vážní systémy co možná úplně integrovat do celkové automatizační techniky. To zahrnuje nejen komunikaci, ale předpokládá se také funkční zapojení všech automatizačních funkcí standardními nástroji.

Tyto aspekty vedou k následujícímu řešení, které splňuje všechny požadavky s nízkými náklady:

- Vážně-technické funkční moduly, které standardně obsahují potřebný hardware a firmware, ke splnění vysokých požadavků na měření a rychlosti (vyžaduje se vysoká) řídicích úkolů. Tyto funkční moduly vlastní všechny znaky standardního automatizovaného systému a jsou tak jejich součástí.
- Použití standardizovaných automatizovaných systému pro realizaci úkolů specifických pro použití. To umožňuje nejen použití beztak zavedeného standardu pro řízení, vizualizaci, archivaci, atd., ale nabízí zároveň plnou integraci bez dalších nákladů. Zde jsou zvláště flexibilně realizovatelná řešení specifická podle odvětví a použití. Speciální vážně-technické a procesně-technické metody nebo receptury mohou být chráněny softwarovou ochranou před zásahem třetí osoby.
- Tímto konceptem se vážní technika stává automatizačním objektem integrovaným do celkové automatizace. Prostřednictvím výše uvedené totální kompatibility tvoří z pohledu použití automatizačních a vážních funkcí homogenní jednotu.

### 3. TRENDY A MOŽNOSTI VÁŽÍCÍCH A DÁVKOVACÍCH SYSTÉMŮ, JEJICH KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ A PRŮBĚŽNÝ MONITORING

#### 3.1 Objasnění problematiky vážení a dávkování ve VKS

##### 3.1.1 Stručná situace na trhu průmyslového vážení

V současné době prožívá tento trh bouřlivý a dynamický vývoj. Součástí tohoto vývoje je především přesun výrobních kapacit na východ, především do oblasti Číny, Thajwanu, ale i do dalších zemí. Vývojové kapacity však zatím zůstávají v Evropě. V oblasti průmyslového vážení udávají trendy vývoje největší evropští výrobci, především skupina Vishay, Hottinger, Flintec a další. V oblasti vývoje nových aplikací patří mezi největší právě Hottinger.

V průmyslové praxi se používá mnoho různých zapojení měřících obvodů, převážně jsou to však zapojení realizovaná analogovými obvody, nejčastěji s výstupní veličinou ve formě analogového proudu s rozsahem 4 až 20 mA nebo 0 až 20 mA. Tyto obvody zesilují výstupní sensorický signál, minimalizují některé chyby čidla a unifikují výstupní veličinu senzoru. Ačkoli použití těchto snímačů je poměrně široké, vyvstává potřeba přesnějšího zpracování měřených výsledků a vzájemné komunikace mezi senzorem a okolními systémy.

Taktéž konvenční průmyslové vážení používá především analogové snímače s výstupním elektrickým signálem, který je pak dále zesilován a konvertován do využitelné informace různými převodníky. Tyto nízkoúrovňové elektrické signály mohou být lehce zkresleny elektromagnetickou interferencí (vysílačky, vypínače vysokého napětí atd.) a také změnou odporu kabeláže při měnící se teplotě. Systémová přesnost je proto optimalizována minimalizací vzdálenosti mezi čidlem a měřicí jednotkou, a také dalšími kompenzačními technikami.

Od roku 1970 zjišťují výrobci snímačů možnosti kombinace moderní elektroniky a základního měřicího čidla. Využití moderní elektroniky akcelerovalo vývoj alternativních „aktivních“ měřících principů, včetně teplotní a

elektromagnetické kompenzace, etc. Snímače s touto technologií jsou využívány úspěšně v aplikacích s vysokou přesností nad 10.000 dílků.

Nejrozšířenějším typem snímače pro použití v elektronických vahách je tenzometrický snímač s kovovými tenzometry. Existují však také snímače založené na jiném principu než na kovovém tenzometrickém můstku. Jedná se například o indukční snímače, snímače s elektromagnetickou kompenzací používané ve velmi přesných elektronických laboratorních vahách nebo o polovodičové snímače pnutí. Jako příklad jiného druhu snímače vhodného ke konstrukci průmyslových vah můžeme uvést polovodičový snímač.

### **3.1.2 Nové trendy - inteligentní senzory**

Novinkou mezi tenzometrickými snímači jsou tzv. digitální snímače. Jedná se o relativně novou technologii. Ačkoliv na akademické půdě již byla metodika vyvinuta před mnoha lety, masivní nasazení těchto snímačů lze na evropském trhu zaznamenat až od roku cca 2000.

Jsou to vlastně klasické analogové snímače doplněné o zabudovaný analogově digitální převodník, obvody vnitřní kalibrace a obvody komunikačního rozhraní RS485. Elektronické obvody jsou do těchto snímačů integrovány již ve výrobě a tudíž za naprosto optimálních podmínek v čistém prostředí a ochranné atmosféře. Tyto optimální podmínky umožňují v konkrétních aplikacích dosažení vynikajících vlastností finálního výrobku současně s minimální poruchovostí. Tyto snímače jsou vyráběny zpravidla ve vysokém průmyslovém krytí IP67 a IP68. Navenek vypadají jako klasické analogové tenzometrické snímače, mají však řadu výhod:

- Digitální snímače vycházejí z výroby již předkalibrované a při výměně snímače za jiný není zpravidla nutno provádět novou recalibraci, protože jednotlivé kusy jsou co do parametrů totožné a každý snímač při nahrání stejných parametrů vykazuje stejné vlastnosti.
- Další výhodou je rychlá diagnostika vadného snímače. Snímače jsou spojeny komunikačním rozhraním RS485 a vyhodnocovací digitální jednotka s nimi

komunikuje v režimu MASTER – SLAVE. Malou obecnou nevýhodou je zatím cena snímačů i vyhodnocovacích digitálních jednotek.

V České republice je situace na trhu nestandardní ve srovnání se zeměmi Evropské unie. Celkem je zde více než 70 výrobců vah do průmyslu, což je pravděpodobně evropský unikát. Přesto zde není profese „technik vážných zařízení“ na žádné škole. Výsledkem této situace je, že využití digitálních snímačů je spíše řídké, neboť český zákazník je vysoce citlivý na cenu a obecně se spíše brání novinkám.

Jako příklad mohu uvést, že digitální snímače jsou nyní o 30% dražší než klasické analogové snímače, zatímco před 4-5 lety byla cena digitálního snímače i 3 až 4 krát vyšší než analogového. Také proto se nyní začínají objevovat aplikace s digitálními snímači i na českém trhu.

Jeden z dřívějších omylů asociovaných s digitálními snímači je domněnka, že snímače nízké kvality v kombinaci s levnou elektronikou mohou vyústit v přesný měřicí přístroj. Nic nemůže být dále od pravdy. Pokud chceme dosáhnout vysokého rozlišení, každý snímač potřebuje minimálně 16-17 bitový AD převodník. Dále je důležité si uvědomit vysokou variabilitu použití snímačů v různých pracovních podmínkách. S postupem vývoje se dnes již u renomovaných výrobků stává standardem 24 bitový převodník. Obecně digitální snímače hmotnosti se vyrábějí v mnoha alternativách, od minimální konfigurace, kde AD převodník je využit pro plně kompenzovaná data ze snímače, přes digitální formát, který je dále přeposílán skrze standardní interface, až po rozvinuté „smart“ konfigurace s využitím rozsáhlých softwarových algoritmů a přídavných hardware pro optimalizaci nelinearit, teplotních vlivů atd.

Elektronické moduly jsou montovány do snímačů, do kabelů od snímačů nebo do rozvaděčů. Kritické parametry snímačů jsou ukládány do EEPROM paměti, které jsou součástí modulu.

Příklady digitálních tenzometrických snímačů:

**Obr. 7** Digitální snímač REVERE SCC

vyráběný v rozsazích 10 až 100 tun



**Obr. 8** Digitální snímač REVERE SBC

vyráběný v rozsazích 500 kg až 5 tun



*Poznámka:*

Na těchto ilustračních fotografiích jsou pro názornost odkryty elektronické obvody. V praxi jsou snímače v průmyslovém krytí IP66 – IP 68 a jsou pevně uzavřeny.

### 3.1.3 Typické uspořádání snímačů

Většina klasických vážních systémů využívá 3 a více propojených snímačů propojených paralelně do slučovacího modulu. Každý snímač má výstupní signál v rozsahu od 1 do 3 mV/V. Kombinovaný výstup dává hodnotu každého individuálního snímače.

Typické digitální systémy se skládají z digitálních snímačů napojených na PC, PLC nebo měřicí indikátory. V rámci systému je každý snímač identifikovatelný svou specifickou pracovní adresou. Pracovní adresa může být naprogramována uživatelem skrze jednu nebo více předdefinovaných adres alokovaných výrobcem. Obvykle bývá adresa „0“ využita pro odpovědi od všech snímačů.

Digitální vážní snímače pracují v režimu „Master/Slave“, jedno ze zařízení v síti je Master, obvykle PC nebo indikátor, ostatní pak Slave. Většina digitálních snímačů je připojena přes standardní interface RS485 nebo RS422. Komunikace přes tyto interface probíhá pomocí protokolů, které jsou navrženy výrobcem.

Právě v oblasti komunikačních protokolů lze identifikovat velkou výzvu pro vývojové pracovníky v této oblasti. V současné době se pro komunikaci používají



protokoly největších výrobců, především pak Vishay, Hottinger, Revere nebo Precia Molen. Ačkoliv jednotky lze naprogramovat na libovolný protokol, výrobci se doposud neshodli na jednotném standardu. Pro tuto oblast také není zatím stanovena příslušná evropská nebo česká norma. Toto mimo jiné vyžaduje vyšší nároky na pracovníky ve vážném průmyslu, jelikož se jedná většinou o techniky, kteří nemají vysokoškolské vzdělání v této oblasti. Tato nevýhoda je kompenzována samotnými možnostmi digitálních vážných systémů.

### **3.1.3.1 Shrnutí základních přínosů digitálních snímačů**

Pravděpodobně největším rozdílem mezi analogovými a digitálními snímači je fakt, že digitální snímače pracují jako samostatné měřicí přístroje. Toto nabízí řadu přínosů ve smyslu nastavení systému, kalibraci, korekcích, diagnostice a obecné kontrole nad zařízením.

Významnou výhodu digitálních snímačů pozná uživatel v případě poruchy průmyslové váhy, která je osazena digitálními snímači. V případě výpadku jednoho z digitálních snímačů pozná vyhodnocovací jednotka odchylku vadného snímače, lze tedy lehce identifikovat konkrétní vadný snímač, který se poté vymění bez potřeby nového nastavení systému.

Oproti tomu analogové snímače jsou zapojeny do slučovače a je nutné složitější testování všech snímačů za účelem identifikace vadného snímače a taktéž je nutné zcela nové nastavení celého systému po jeho výměně.

Hlavní přednosti digitálního řešení váhy jsou následující:

- možnost využití komunikací s nadřazenými IS do dnešní doby u vážných systémů nedosažitelných - práce váhy přímo v síti, možnost přímého připojení na Internet nebo intranet
- možnost provádění diagnostiky zařízení po síti (např. bez přítomnosti servisního technika nebo údržby) a to až na úroveň jednotlivých snímačů váhy

- zobrazení hmotnosti váženého předmětu na obrazovce běžného PC (náhrada klasické V/IJ) a ukládání ověřitelného údaje na harddisk počítače (náhrada alibi tiskárny); toto platí při použití schváleného software
- PC nepodléhá úřednímu ověřování (používá se běžné PC, při výměně PC např. z důvodu jeho morálního zastarání a náhrady novým není nutné provádět novou typovou zkoušku)
- možnost napojení až 8 vah teoreticky neomezeného použití (každá váha až s 16ti digitálními snímači) na jedno PC s jedním softwarovým vážním indikátorem
- možnost velké vzdálenosti přenosu dat mezi snímači zatížení a vážním indikátorem a necitlivost přenosové trasy v silných elektromagnetických polích (např. ve výrobních halách, kde se vyskytují spínané procesy, vysokofrekvenční měniče apod.)
- schváleno pro úřední ověřování (obchodní vážení) - jak v ČR, tak v EU

#### Použití SMART snímačů v konkrétních aplikacích

Digitální vážní systémy lze využít především v těchto oblastech:

- Vážní můstky

Obecně lze dosáhnout významných úspor v rámci přímého napojení snímačů na PC nebo vyhodnocovací jednotku. Také v oblasti kalibrace lze dosáhnout úspor času a odstranění nutnosti rekalibrace v případě výměny snímače. Systém může být řízen skrze počítačový modem nebo jinou komunikační jednotku.

- Obtížně kalibrovatelné vážní systémy

Většina vysokokapacitních systémů je obtížně kalibrovatelná z důvodu nutnosti použití velké kalibrační zátěže. Digitální snímače jsou samostatnou již kalibrovanou jednotkou a tak je možné je i v těchto aplikacích automaticky nasadit při dodatečné výměně.

- Systémy s vysokou přesností, systémy vyžadující silný signál

Dávkovací váhy vyžadují velmi často vysokou přesnost, např. vážení vitamínů v krmných směsích pro zvířata. Vysoké rozlišení digitálních snímačů až do 240.000 dílků umožňuje nasazení v této oblasti.

- Systémy vyžadující trvalý monitoring

Digitální snímače nabízejí široké možnosti v oblasti diagnostiky a oproti klasickým můstkům lze rychle a včas identifikovat výpadek některého ze snímačů.

### Nároky na lidské zdroje

Digitální snímače jsou relativně novou technologií a jejich uplatnění na trhu stále roste. Většina výrobců nabízí sady příslušenství, jako digitální rozvaděče a vyhodnocovací jednotky včetně příslušného hardware a software. Většina aplikací využívá možnosti připojení 4 až 8 sad snímačů a interface RS232 nebo RS485. Jak již bylo zmíněno výše, není v současné době stanoven jednotný standard pro komunikační protokoly, což přináší vyšší nároky na techniky vážních zařízení, jichž je na českém trhu zoufale málo.

Z důvodu relativní novosti těchto snímačů na českém trhu se také mění potřeby pracovníků ve vážném průmyslu. Vzhledem ke vzdělanostní a věkové struktuře zkušených vážných techniků lze nyní spíše pozorovat určitý odstup od těchto technologií. Převážná většina zkušených českých techniků průmyslových vah nemá konkrétní zkušenosti s nasazením digitálních snímačů.

## **3.2 Vybrané fyzikální metody užívané ke stanovení hmotnosti**

### **3.2.1 Polovodičové tenzometry**

Pro přesné měření deformací, sil, tlaků i momentů se využívají kovové tenzometry. Polovodičové verze se pak využívají v ostatních aplikacích. V jejich prospěch hraje mnohonásobně vyšší citlivosti a tak je jednodušší je připojit na vstupy měřidel. Křemíkové verze také najdeme integrované v malinkých senzorech tlaku a síly.

První tenzometr (anglicky Strain gage), dá se říct převodník deformace (prodloužení, prohnutí) na změnu odporu, byl poprvé prakticky sestrojen v roce 1938 a od té doby se používá v mnoha oblastech průmyslu. Bez tenzometrů by se neobešli stavbaři, architekti, projektanti, automobilový a strojírenský průmysl, měření tlaků a sil v pneumatických zařízeních apod. Na první pohled neviditelné se pak objevují v oblasti topení, vzduchotechniky, kde jsou schovány miniaturní integrované křemíkové tenzometry v senzorech a snímačích tlaku a síly. Prostě všude tam, kde je nutné přímo elektricky měřit nebo monitorovat deformaci nějakého objektu pevného skupenství.

I když první tenzometry byly samozřejmě kovové, v dnešní době se však ve více aplikacích využívá polovodičových (křemíkových) tenzometrů. Ty se vyznačují až 60x větší citlivostí, tj. změna odporu na změně délky a tím i větším změnou napětí či proudu, kterým se hodnota odporu snímá, ale naopak linearitou a přesností je trumfují kovové. Ve většině aplikací však je jejich přesnost dostatečná a nelinearita se dá snadno digitálně kompenzovat. Výhodou velké citlivosti je jednodušší konstrukce vstupních obvodů (zesilovačů a A/D převodníků).

### Princip polovodičového tenzometru

Tenzometrický rezistor (tenzometr) je odporový senzor, u něhož je změna elektrického odporu závislá na změně deformací tenzometru (tj. změny geometrických rozměrů, případně změna krystalografické orientace tenzometru) a na změně teploty prostředí.

Základním měřeným parametrem je elektrický odpor  $R$  homogenního tělesa (vodič nebo polovodič), který je přímo úměrný změně délky vodiče a jeho průřezu. Například protahujeme-li odporový drátek v rozmezí pružné deformace silou  $F$ , zvětší se jeho odpor úměrně jeho prodloužení. Aby změna odporu byla co největší, je nutné, aby i délka drátu byla co největší. Protože se změnou délky se mění i průřez vodiče a jeho měrný odpor, je skutečná změna odporu větší, než odpovídá prodloužení odporového drátku. Zvětšení odporu se vyjadřuje jako deformační citlivost, která je závislá na materiálu snímače. Odporové tenzometry se vyrábějí z materiálu, který je málo citlivý na teplotě. Nejčastěji z Konstantanu. Nyní se však v

běžných aplikacích a hlavně v integrovaných senzorech používají polovodičové tenzometry s podstatně větší poměrnou deformační citlivostí. Jejich nevýhodou je však velká teplotní závislost a citlivost na světlo.

*Obr.9 Schéma polovodičového tenzometru*



Přesněji vyjádřeno, elektrické polovodičové tenzometry jsou založeny na piezorezistivním jevu = piezorezistence, tj. na změně elektrického odporu v závislosti na deformaci polovodičového krystalu (např. monokrystalu křemíku, germania). Polovodiče mají schopnost měnit vodivost ve velmi širokém rozmezí (o 6 až 8 řádů):

- vlivem vnějších fyzikálních jevů (tlak, tah, teplota, světlo)
- přidáním nepatrného množství příměsi (cizích atomů) do čisté látky polovodiče

#### Provedení polovodičových tenzometrů

Polovodičové tenzometry jsou vytvořené difúzí nečistot do tenké vrstvy (15nm) čistého křemíku. Deformací takto vytvořených rezistorů se mění výrazně pohyblivost nosičů nábojů a tím i vodivost. Tento jev se nazývá piezo-odporový efekt. Polovodičové tenzometry jsou malé a citlivé, ale silně teplotně závislé.

Polovodičové tenzometry se vyrábí z křemíkového materiálu z důvodu zanedbatelné mechanické a krystalografické hystereze a použitelnosti pro širší rozsah teplot. Polovodičové tenzometry jsou vyráběny nejprve mechanickým oddělováním (řezáním) z patřičně dotovaného monokrystalu křemíku, dále mechanickým opracováním směřujícím k žádanému tvaru a rozměrům a nakonec chemickým opracováním. Aktivní délka polovodičových pásků mezi zlatými vývody je 2 až 10 mm, šířka 0,2 až 0,4 mm a tloušťka 0,01 až 0,03 mm. Ohmický odpor je nejčastěji 120Ω nebo 350Ω. Nároky na tmel spojující polovodičové tenzometry s měřeným objektem jsou vyšší než u kovových tenzometrů.

Tenzometrický rezistor se obvykle skládá z vlastního snímače a podložky, která zajišťuje přenos deformace z povrchu měřeného objektu na vlastní čidlo. Současně tvoří podložka elektrickou izolaci. Polovodičové tenzometry se lepí buď na fenolformaldehydovou podložku nebo přímo na měřený objekt. Podložka se na povrch měřeného objektu lepí speciálními lepidly (epoxidové pryskyřice, celuloid atd.).

Polovodičové tenzometry lze podle struktury materiálu rozdělit na:

- monokrystalické - lze dále rozdělit na "klasické" lepené a na difundované do Si substrátu
- polykrystalické = naprašované

Piezorezistence, vazba mezi relativní změnou měrného odporu  $\Delta\rho$  a napětím  $\sigma$ , je popsána na následujícím vztahem, kde  $\pi$  je piezorezistivní součinitel.

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \pi_1 \cdot \sigma$$

**Závislost charakteristik na poměrném přetvoření** - součinitel deformační citlivosti  $k$

Hodnota  $k$ -faktoru je dána velikostí součinitele piezorezistence a rozpětí hodnot je 45 až 200. Součinitel deformační citlivosti  $k$  je dán následujícím vztahem, kde  $\mu$ ,  $E$  jsou elastické konstanty.

$$k = \frac{\Delta R}{R \cdot \varepsilon} = 1 + 2\mu + \pi_1 \cdot E$$

Z výše uvedené rovnice lze integrací získat funkční vztah pro polovodičový tenzometr - poměrná odporová změna:

$$\frac{1}{R} \cdot \int_0^{\Delta R} \Delta R = \int_0^{\varepsilon} k(\varepsilon) \Rightarrow \frac{\Delta R}{R} = C_1 \cdot \varepsilon + C_2 \cdot \varepsilon^2$$

kde

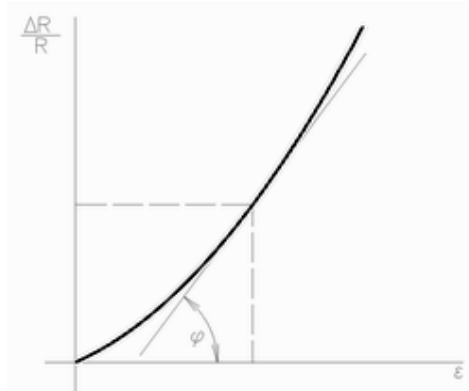
$C_1$  .....lineární koeficient deformační rovnice

$C_2$  .....kvadratický koeficient deformační rovnice

$\varepsilon$ .....poměrná deformace [m/m]

$k$  .....součinitel deformační citlivosti:  $k = C_1 + C_2 \cdot \varepsilon = \tan \varphi$

**Obr.10** Závislost změna odporu polovodičového tenzometru  $\Delta R/R$  na hodnotě poměrné deformace  $\varepsilon$



Závislost  $\Delta R/R(\varepsilon)$  je tedy dle vzorce parabolická a její charakter závisí na druhu příměsi:

- přidáním akceptoru: k-faktor je kladný a závislost  $\Delta R/R(\varepsilon)$  monotónně rostoucí = P-typ snímače
- přidáním donoru: k-faktor je záporný a závislost  $\Delta R/R(\varepsilon)$  monotónně klesající = N-typ snímače

Relativní změna odporu  $\Delta R/R$  se u polovodičových tenzometrů vztahuje k odporu  $R_0$  nedeformovaného tenzometru při určité standardní teplotě  $T_0$ , obvykle  $T_0 = 25\text{ }^\circ\text{C}$ . Hodnoty konstant  $C_1$ ,  $C_2$  jsou závislé na velikosti měrného odporu  $\rho$  a jsou uváděny v atestech přiložených ke snímačům. Orientační hodnoty jsou pro  $C_1 = 130$  a pro  $C_2 = 5000$  a jsou vypočítány z odporových změn tenzometru nalepených kyanoakrylátovým lepidlem. Epoxidová lepidla vytvrzená nad  $100^\circ\text{C}$  přenášejí deformaci na tenzometr s vyšší účinností, což zvyšuje hodnotu  $C_1$  průměrně o 5% a hodnotu  $C_2$  průměrně o 50%. Přesné hodnoty se určují pokusně.

#### Vlastnosti polovodičových tenzometrů

Předností polovodičových tenzometrů je vysoká citlivost, až 60x větší než u kovových tenzometrů. To umožňuje konstruovat snímače velmi malých rozměrů s vysokou tuhostí jejich měrných členů. Tím lze dosáhnout i širokého frekvenčního rozsahu měření od statických hodnot až do několika kilohertzů. Sloučená chyba kolem 0.5% je pro praxi většinou vyhovující. Hystereze je minimální a mezní počet

cyklů (únavová životnost) při opakovaném namáhání souměrnou střídavou deformací  $\pm 2 \cdot 10^{-3}$  je větší než 10<sup>7</sup>. Nevýhodou je však velká odchylka od lineární charakteristiky a značná teplotní závislost.

#### Další vlastnosti:

- 60x vyšší deformační citlivost dovoluje měřit bez zesilovačů s běžnými ohmmetry, voltmetry a osciloskopy
- 60x vyšší prahová citlivost umožňuje změřit deformaci kovů již od miliontiny milimetru na délkovém metru
- malá šířka tenzometru dovoluje vytvářet malé a lehké snímače
- křemík se do 300°C deformuje bez měřitelné hystereze
- tenzometry z křemíku a zlata mají vynikající korozní odolnost

#### Přednosti snímačů s křemíkovými tenzometry

- velký výstupní signál - desítky až stovky mV
- využitelnost i v prostředí s rušivými elektromagnetickými vlivy
- vysoká životnost - někdy až 10<sup>9</sup> cyklů plného pracovního zatížení
- odolnost proti soustavnému přetěžování do 200% jmenovitého rozsahu

#### Použití polovodičových tenzometrů

- měření deformací objektů
- měření síly, tlaku, krouticího momentu, momentu síly, mechanického napětí spojů (např. svařovaných nebo lepených)
- přesné váhy využívané například v automobilovém, zemědělském a potravinářském průmyslu
- nedílná součást některých integrovaných senzorů tlaku, síly, váhy
- měření vibrací a deformací apod.
- měření a detekce pnutí vlivem teploty, externího zatížení apod.
- měření rozsáhlých deformačních polí složitě namáhaných mechanických konstrukcí
- váhy pro měření v aerodynamickém tunelu



- přesné snímače zatížení

### Historie výroby polovodičových tenzometrů

V roce 1954 objevil americký fyzik Smith piezorezistenci polovodičů a odporová tenzometrie tak získala materiál převádějící deformaci na elektrický signál s účinností 60x až 100x vyšší, než kovové aktivní části drátkových a foliových tenzometrů. Piezorezistenci způsobí specifická struktura energetických pásů polovodičů, která činí jejich měrný odpor závislý na deformaci, nebo na působení tlaku či síly, které polovodič deformují.

Piezorezistence však mohla být prakticky využita teprve po nalezení technologií, dovolujících zatěžovat křehké polovodiče tahovou deformací na hodnoty převyšující mez pružnosti konstrukčních ocelí. První germaniové tenzometry se proto objevily na trhu až v roce 1957. Pro tenzometrii má však výhodnější souhrn vlastností křemík, křehký asi jako běžné okenní sklo. Křemíkové tenzometry se začaly sériově vyrábět až v roce 1959. Časový odstup mezi objevem piezorezistence a zahájením prodeje svědčí náročnosti vývoje výrobní technologie křemíkových tenzometrů. V České republice se vyrábí od roku 1974.

### **3.2.2 Elektromagnetická kompenzace síly pro přesné vážení**

K elektronickému vážení se nevyužívá jen známých deformačních snímačů síly - tenzometrů. Pro přesnější a rychlejší vážení se již nějakou dobu využívá mechanismu elektromagnetické kompenzace síly. Ta využívá elektrodynamického principu pravé ruky.

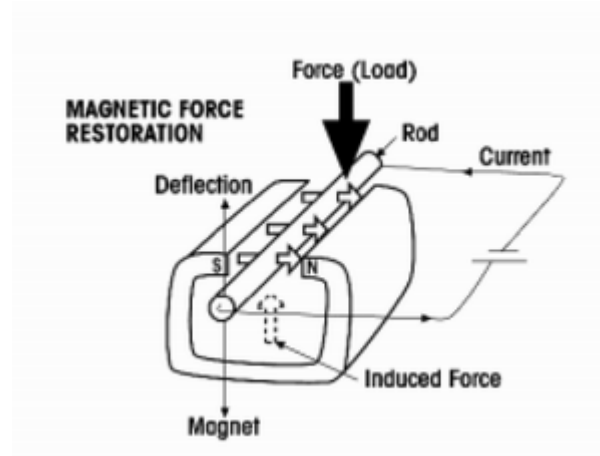
Pro běžné aplikace se obvykle využívá tenzometrů umístěné na hmotnosti deformovaný nosník. Tento princip se však dá použít jen pro přesnosti do cca 0,01 % z vážícího rozsahu. Pro požadavky na přesnější vážení, vyžadované například v potravinářském a zemědělském průmyslu (např. přesné automatické vážení balených potravin), se musí použít jiná metoda. V současné době je v tomto směru nejrozšířenější princip elektromagnetické kompenzace síly. Ten v praktickém nasazení dovoluje dosáhnout přesností lepších než 0,0001 % z vážního rozsahu, což

například deklaruje dynamická kontrolní váha Sartorius EWK3000 Plus, která má garantovanou přesnost vážení 1g při vážním rozsahu 10 kg.

### Princip elektromagnetické kompenzace síly

Celý princip elektromagnetické kompenzace síly (Magnetic Force Restoration) je založen na klasické fyzikálním principu elektrodynamického principu pravé ruky, kdy na vodič, jímž protéká proud (Current) a je umístěn v magnetickém poli, působí síla (Induced Force). Zvýšíme-li tedy protékající proud v konstantním magnetickém poli, zvýší se i na vodič působící síla.

*Obr. 11 Princip elektromagnetické kompenzace síly využívané pro elektronické vážení*



Při vážení daný vážený předmět zatěžuje (působí silou - Force) na tyč (rod) - vodič, který je tak jakoby zatlačován do nitra cívky. Na to reaguje zpětnovazební elektronika váhy tak, že počne zvyšovat hodnotu proudu protékající tyčí. Rostoucí elektromagnetická síla působící na tyč tak kompenzuje zatížení, tzn. vážený objekt jakoby přizvedává. Proud se zvyšuje až do doby, kdy se tyč dostane do výchozí polohy před zatížením. Změna hodnoty velikosti proudu potřebná pro kompenzaci zatížení tak odpovídá hmotnosti váženého objektu.

Váha předmětu na vážním mostě/ploše je přes pákový mechanismus přenesen "vážní cívku". Ta je zde podobně jako u reproduktoru "omotána" okolo permanentního magnetu a se zvýšením zatížení se do něj zasune. To detekuje

polohový senzor, který dá příkaz mikroprocesoru na zvýšení proudu vážní cívkou. Postupné zvyšování proudu dochází až do doby, kdy polohový senzor nahlásí opětovné vyrovnaní zatížení, tzn. vysunutí cívky do původní polohy. Hodnota - počet kroků zvýšení proudu je pak softwarově mikroprocesorem přepočítána na hmotnost a zobrazena na displeji, příp. vyslána přes sériové rozhraní RS-232 do počítače nebo na tiskárnu.

Uvedený systém se mimo vysoké přesnosti vyznačuje i velmi rychlou reakcí v řádu jednotek ms. Proto je mimo klasické statické váhy vhodný i pro dynamické vážení, kde vážený produkt bez zastavení projíždí velkou rychlostí přes vážní stolici. A čím rychleji mohou produkty přes váhu přejíždět, tím může být produkce firmy i zisky vyšší.

Princip elektromagnetické kompenzace síly umožňuje v oblasti přesného automatického vážení do cca 50 kg dosahovat hodnot, které jsou s tenzometrickými silovými snímači prakticky nedosažitelné. Na rozdíl od nich je však nutné dosáhnout podstatně přesnějšího provedení celé konstrukce váhy, což samozřejmě znamená vyšší cenu. To je hlavní daň za výrazně lepší parametry.

### **3.3 Konstrukční provedení dávkovačů - ALFRA**

#### **3.3.1 Obecné seznámení s Alfrou**

Na základě let zkušeností Alfra vyvinula filozofii v postupu pro dávkování mikro, malých a velkých složek. Od dávkovacích systémů jsou požadovány vysoké standardy. Alfra může splnit tyto vysoké standardy nabídnutím totální koncepce, v mechanickém stejně jako v elektronickém kontrolním systému. Využitím „mechatroniky“ může být Alfra řešením dávkovacích problémů v dávkovacích postupech.

Na základě let zkušeností a výzkumu Alfra vyvinula širokou řadu systémů, které mohou být ušity na míru, aby vyhovovali každému investorovi.

#### To obsahuje:

- rotační dávkovací systém (RDS): 0,5 kg/dávka
- mikrosložkový dávkovací systém (MDS): 1-20 kg/dávka

- malosložkový dávkovací systém (KCD): 20-100 kg/dávka
- velkosložkový dávkovací systém (GCD): 100-500 kg/dávka

Specifické charakteristiky:

- celý koncept je založen na požadavcích zákazníků s přesným návodem a analýzou postupu
- detailní znalosti chování surovin na základě know-how získaného v našem vlastním testovacím závodě
- zkušenosti v designu zásobníků, násypek, roštových šoupátek a ovládacích členů
- aplikace mechatroniky, sloučených mechanických a elektronických systémů se specifickým vývojem a použitím jako:
  - ❖ kontrola roštových šoupátek: optimalizace dávkovací rychlosti a přesnosti
  - ❖ bezpečnostní systém pro plnění zásobníku, transport dávky, manuální připojení, atd.
  - ❖ kontrola znečištění (index)
  - ❖ registrace dat postupu

Specifické strojové vlastnosti:

- všechny dávkovací zařízení jsou vybavena kontrolní jednotkou pro kontrolování, dávkování a vážení
- použití roštových šoupátek
- know-how v designu zásobníků pro prevenci tvoření klenby
- použití speciálně designovaného vybavení pro podporu plynulé výroby s použitím roštového šoupátka
- použití precizního vážicího systému na základě plného siloměru anebo hybridních vážících technik
- minimální část znehodnocení a znečištění
- kompaktní design
- excelentní poměr ceny a kvality

### 3.3.2 Systém roštových šoupátek

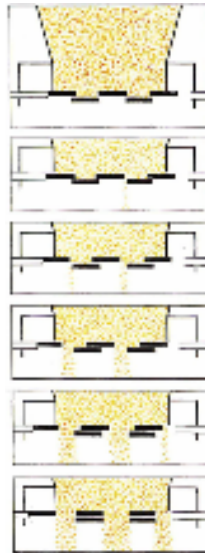
Unikátní systém roštového šoupátka tvoří srdce Alfa mikro, malých a velkých složek dávkovacích zařízení. Funkčnost roštových šoupátek byla prověřena během let. Jako výsledek pokračující inovace produktové řady roštových šoupátek byly vyvinuty s takovým komplexem a specifickým postupem, kde má produkt široké varianty tekutosti, které mohou být ovládány. Různá roštová šoupátka mohou být přizpůsobena ve velikosti, geometrii a provedení.

Roštové šoupátko se skládá ze dvou základních součástí: nižšího pevného roštu namontovaného dole a vyššího roštu, který se pohybuje horizontálním kyvadlovým pohybem. Kontrola šoupátka je prováděna společným ovládacím členem spojeným přes pohyblivý rám. Na rámu jsou připevněné otáčivé magnety, které rotují. Správné šoupátko je vybráno a uvedeno do pohybu. Senzory zabezpečí, že šoupátka jsou správně zvolena a aktivována k dokončení operace. Pečlivý výběr ze široké řady nastavení od hrubého, středního a jemného dávkování umožňuje vysokou kapacitu a přesnost.

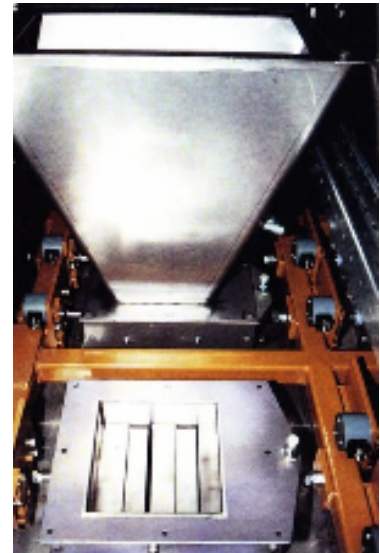
Zvolením šoupátka z jedné z lineární, progresivní nebo kvadratické geometrie v kombinaci s příslušným programem může být dosaženo optimálního výběru k poskytnutí vysoké výrobní kapacity kombinované s vysokou přesností. Takovéto hlavní charakteristiky činí roštové šoupátko jedinečným pro aplikaci ve složkových dávkovacích systémech.

Široké vyprázdnění a kyvadlový pohyb vyššího šoupátka vede ve výsledku k jedinečnému systému vhodného k dávkování surovin s problematickou tekutostí.

*Obr. 13 Ukázka postupného dávkování pomocí roštových*



*Obr. 14 Roštová šoupátka v praxi*



*Obr 12 Roštová šoupátka*



### 3.3.3 Flexibilní síla

Přemostění, díry, mrtvé úhly a vrstvení dole jsou rodinné problémy v sesypných sílech. Pro předcházení těmto problémům existuje několik konvenčních metod, založené na lokálním přidávání energických vln do materiálu v sílu. Tyto nástroje mohou způsobit extrémní opotřebování zařízení, poškození materiálů a protože jsou aplikovány lokálně, ne vždy poskytnou kompletní řešení. Proto tedy KSE Alfra vyvinula flexibilní sílu, předcházející všem těmto problémům. Tyto síly jsou vyrobené ze speciálního pogumovaného textilu. Produkt je aktivován po celém povrchu síly, tím vyvíjí tlak na částičky materiálu.

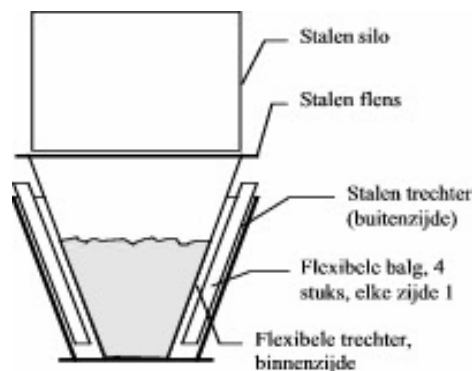
Pohybem materiálu, způsobeným pohyblivým povrchem síly, dojde ke zhroucení mostů, děr, mrtvých pásem a usazených oblastí. Tento pohyb je způsoben „stříháním“ vrstev v sílu vedoucí k významnému vylepšení chování materiálového toku.

#### Výhody

- Aktivace materiálu je prováděna z vnějšku síly, a ne v materiálu jako více běžné nástroje jako míchadla, vzduchové komory, vibrátory, kladiva, atd.

- Materiál je aktivován po celém povrchu sila, což vede ke kompletní aktivaci materiálu a ne lokálně jako u běžných nástrojů.
- Minimalizuje se poškození produktu.
- Mosty jsou rozbity velmi spolehlivou cestou.
- Je předcházeno zhušťování materiálu.
- Chování toku materiálu je významně vylepšeno.
- Tok hmoty je vylepšen, což vede k lepším first-in, first out vlastnostem.
- Kompletním vyprázdněním je možné minimalizovat kontaminaci.
- Minimální energetická spotřeba.
- Schopnost aktivování špatně proudících materiálů, soudržných materiálů a stlačitelných materiálů.

*Obr. 15 Schéma flexibilního sila*



### 3.3.4 Mikro-složkové dávkovací zařízení

Řada mikro-složkových dávkovacích zařízení značky Alfa se skládá ze 2 typů, které se rozlišují ve váhové kapacitě a základním designu.

#### 3.3.4.1 MCD-S: váhová kapacity 1-20 kg

MCD-S má 4 nebo 6 zásobníků s roštovými šoupátky a dvě misky se stupnicí váhy. Ovládací člen řídí společný rám namontovaný s otáčivými magnety, které pohánějí jednotlivá roštová šoupátka. Podle návodu jsou různé složky dákovány na stupnicích váhy. Potom se stupnice váhy překlápí, aby se vysypaly složky do pohyblivého systému, kterým může být buď násypka anebo předmíchačka

v provedení s nebo bez vážicího systému pro kontrolu. Pro každou složku může být proveden zvláštní (větrací) otvor a filtrační systém, aby bylo umožněno vzdušným částicím vrátit se do původního zásobníku. Tímto způsobem zajišťujeme dosažení přesného seřízení pro kontrolu prachu a znečištění. Použitím vícenásobných jednotek může být linka smontována pro dávkování mikrosložek s pohyblivým transportním systémem.

*Obr. 16 Dávkovací systém MCD - S*



#### **3.3.4.2 MCD: váhová kapacita 4-20 kg**

MCD má na výběr z 8, 12, 16 a 20 zásobníků v ultra kompaktní montáži, díky tomu má malou stopu na podlaze (nezabírá tolik místa). Ze zásobníků je dle návodu dávkováno s použitím roštových šoupátek. Vážicí platformy jsou umístěny přesně pod tato roštová šoupátka. V důsledku malé výšky, jsou tolerance za letu a prach minimalizovány. Každá ze 2 vážících platform je vybavena 2 siloměry, které jsou postupně elektronicky spojeny do společného systému.

Poté co byla dávka nadávkována, vážicí platformy jsou hydraulicky otočeny do násypky k dalšímu kroku v postupu. Vážicí platformy a podnásypky jsou konstruovány a realizovány takovým způsobem s míchacím zařízením, aby se minimalizovaly zbytky.



### 3.3.5 Malo a velko-složkové dávkovací zařízení

KCD: vážící kapacita 50-100 kg

GCD: vážící kapacita 100-500 kg

Obě zařízení sdílí stejnou konstrukci, ale jsou rozlišeny velikostí, aby vyhovovali použití. Roštové šoupátko znovu tvoří srdce tohoto zařízení, ale je uzpůsobené pro větší kapacity. Narozdíl od mikro-složkových typů, oba tyto systémy mohou být vyhotoveny jako hybridní nebo plno-siloměrové vážící systémy. V mnoha zařízeních je upřednostňován hybridní vážící systém. Dokonalý design kombinovaný s robustní konstrukcí zajišťuje spolehlivost a malou údržbu. Spodní strana vážící násypky je vybavena škrťícím ventilem z leštěné antikorozi oceli. Dokonalý design vážící násypky a specifická kontrola škrťícího ventilu v kombinaci s pneumatickým kladivem redukuje riziko zbytkového materiálu a minimalizuje jakékoli znečištění.

*Obr. 17 Dávkovací systém KCD*



*Obr. 18 Dávkovací systém GCD*



### 3.3.6 Přepravní systém

Filozofie Alfry není omezena jen na složkové dávkování. Preciznost v dávkování v přesnosti gramů s mnoha odlišnými složkami si žádá péči v celkovém designu, obsahující například, přepravu do hlavního míchacího stroje ve výrobě.

Flexibilita v konceptu Alfry dovoluje širokou škálu pohyblivých transportních systémů.

Záleží na situaci, postupu a požadavcích zákazníků. Pohyblivé násypky anebo míchací stroje mohou být použity s nebo bez vážicího systému anebo kontroly vážení.

### Volby

Záleží na materiálech, které mají být dávkovány a potřebách zákazníků. Systém může být sestaven s různými volbami:

- kruhové divergentní zásobníky s vertikálními míchacími zařízeními (obr. 1)
- diagonální míchací zařízení
- čeřící zařízení
- uzavírací systém zásobníku (obr. 2)
- produktová identifikace používá čárové kódy (obr. 3)
- odvzdušňovací a filtrovací systémy
- plnicí systémy (obr. 4)
- síla pro různé náplně (obr. 5)
- dávkovací počítač

### **3.3.7 Alfa optimalizační dávkovací algoritmus (ODR)**

ODR je jedinečný inteligentní kontrolní systém pro bezproblémové dávkování a vážení. ODR znamená optimalizační dávkovací algoritmus (Optimizing Dosing Algorithm). Ten automaticky kontroluje dávkovací pozice dávkovacího systému, k docílení požadovaného množství produktu, žádaného dávkovacího času a požadované dávkovací přesnosti.

Systém pracuje plně automaticky na bázi těchto vstupů: žádané váhy, dávkovací přesnosti, dávkovacího času. Komunikace s vyšším počítačovým systémem je zajištěna standardním protokolem. Princip je založen na zařízení nevyžadující nastavení (plug and play).

Pokud je to nezbytné, tok je dynamicky přizpůsoben během dávkování. Po nadávkování každého komponentu je dávkovací cyklus vyhodnocen, (a ODR zjistí jak to příště udělat ještě lépe). V tomto směru systém reaguje na měnící se materiály, teploty, vlhkost, atd. a toto se provádí plně automaticky. Tímto způsobem je možné kontrolovat čas a přesnost. Výsledkem je lepší a spolehlivější dávkování.

### **Výhody ODR**

- Vždy optimální dávkovací výsledky, nezávislé na obsluze, prostředí nebo materiálu.
- Jednoduchá komunikace s vyšším počítačovým systémem – *plug and play*
- Dávkovací výsledky jsou lepší a spolehlivější a to především v čase a přesnosti

### **3.4 Šnekový dávkovač**

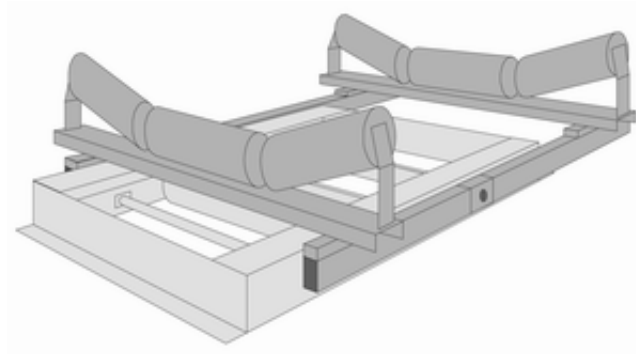
Šnekový dávkovač vydává plynule dávku v závislosti na době jeho činnosti. Pohon je zaručen elektromotorem, který bývá zároveň propojen s počítačem a pevně pracuje podle předem naprogramovaného programu. Jemné dovažování je docilováno snížením otáček pomocí frekvenčních měničů. Nevýhodou šnekového dopravníku, oproti výše zmíněnému systému roštových šoupátek od firmy Alfra, je menší možnost regulace navažování tzn. velikost závitů šneku je neměnná a přepravované množství v jednotlivých závitech šneku je tudíž stále stejné. To kolikrát vede k převážení nastavené hodnoty. Protože při zastavení dávkovače (šneku), na váhu ještě spadne celé množství z posledního závitu, které může mít větší hmotnost než je potřeba k dovážení nastavené hodnoty. Další nevýhodou šnekových dávkovačů je tvoření klenby (v závislosti na druhu přepravovaného materiálu).

### **3.5 Automatické pásové váhy**

Jedná se o váhy pracující průběžně tzn. stanovují hmotnost materiálu, který projde vahou za časovou jednotku. K dávkování jednotlivých surovin do příslušných

vah se používají speciálně upravené šnekové dopravníky. Hlavním požadavkem na použitou váhu je zvládnutí dynamického vážení. Je zapotřebí, aby váha byla schopna vážit s přesností na desetiny procenta. Velký důraz je kladen na instalaci automatické váhy, která by měla být prováděna jen specializovanou firmou.

*Obr. 19 Dvoupražcový vážní most pásové*



#### Vlivy a jevy zhoršující přesnost vážení pásové váhy

Na přesné dynamické vážení sypkých a hrudkovitých materiálů, pro které se právě hodí použít tzv. pásová váha, má vliv velké množství negativních faktorů, které lze buď předpokládat, ale nelze je odstranit, případně jejich odstranění by bylo finančně neúnosně nákladné, nebo prostě odstranit ani eliminovat nejdu, protože se vyskytují víceméně náhodně. Nejčastěji pak jde o následující vlivy, které více či méně ovlivňují výslednou přesnost vážení:

- měnící se vlhkost váženého materiálu během přepravy
- vítr (průvan) nebo jeho poryvy
- velká mrtvá hmotnost vážních stolic, dopravního pásu apod.
- průběžná změna znečištění dopravního pásu
- nerovnoměrné rozložení váženého produktu na dopravním páse
- sklouzávání dopravovaného materiálu po dopravním páse
- sfoukávání jemného váženého produktu během přepravy
- kroucení a prohýbání dopravníku na němž je váha instalována (pokud je málo tuhý)
- excentrické (házející) válečky dopravníku v okolí vážního systému

- nadzvedávání dopravního pásu v závislosti na jeho zatížení materiálem
- sklon dopravníku s váhou
- úroveň napnutí dopravního pásu
- místní fluktuace hmotnosti dopravního pásu - nekonstantní hmotnost pásu v každém jeho místě
- tzv. cukrování – přeprava tak malého množství materiálu, že jeho hmotnost je na 1 m dopravního je menší než samotná fluktuace hmotnosti pásu

Jak je vidět, je jich opravdu hodně. K těmto problémům jsou však přidruženy další, které sice přímo nesouvisí s funkcí váhy, ale díky nimž není možné pásovou váhu přesně nastavit / seřídít a následně ověřit její přesnost. To se nejlépe provádí tzv. materiálovou zkouškou, kde se určité množství běžně váženého a po dopravníku přepravovaného materiálu zváží jak na konkrétní pásové váze, tak na jiné, přesnější statické referenční váze a oba údaje porovnají. Ve výsledku jakékoliv nepřesnosti způsobené úbytkem či přidáním materiálu nebo změnou měrné hmotnosti navážené dávky mezi tím co materiál přejde přes pásovou váhu a co se zváží na referenční váze, se započítávají k samotné chybě vážení, i když to se samotnou přesností pásové váhy nesouvisí. Problémem je to, že často tyto nepřesnosti přesahují chybu vážení samotné váhy, ale protože nejsou k dispozici jiné možnosti zjištění přesnosti váhy, nelze je od ní tzv. „odpárat“. Zvláště ve velkých provozech, přejde pásovou váhou zvážený materiál ještě několik dalších dopravníků a přesypů, na kterých se může vždy ztratit nebo někde zadržet neznámé množství materiálu, než ten dospěje do místa referenční váhy. Proto nelze, i když je pásová váha sebe přesnější, běžně dosáhnout přesnosti dynamického vážení lepšího než několik desetin procenta.

#### Doporučení normy OIML - R50

Dá se říct, že vše ohledně vážení se řídí podle doporučení OIML, kterými se řídí při úředním ověřování a schvalování vah i komisaři ČMI (Český Metrologický Institut). Konkrétně u pásových vah jde o doporučení OIML R50. To definuje jak zařazení vah podle přesnosti vážení do dvou kategorií:

- třída přesnosti - chyba váhy 0.5 % při seřízení a 1.0 % za provozu

- třída přesnosti - chyba váhy 1.0 % při seřízení a 2.0 % za provozu

Dále vyžadované parametry dopravníku s váhou a podmínky provádění všech zkoušek i seřízení. U některých výrobců lze narazit i na třídu přesnosti 0.5, která se ale běžně nevyužívá.

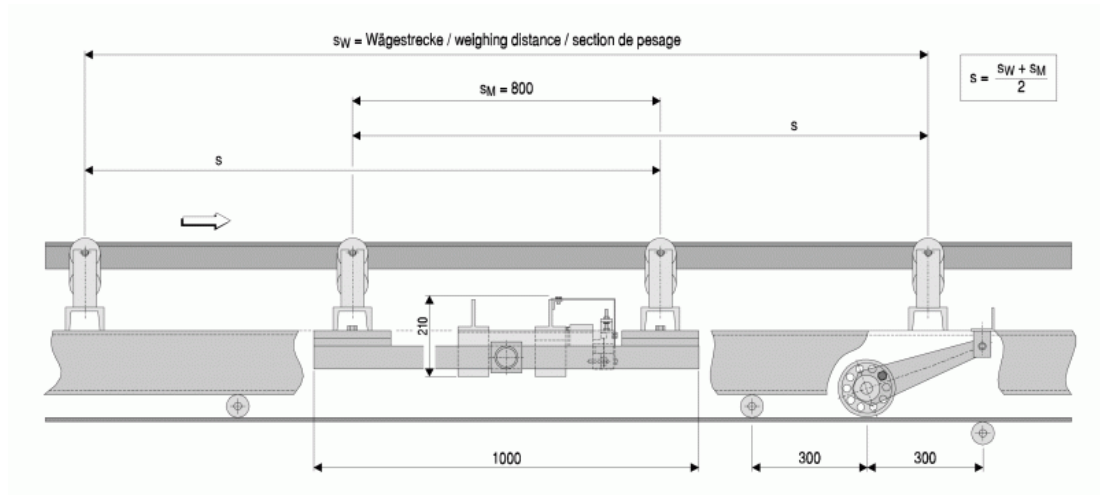
Například pásová váha v první třídě přesnosti by měla být instalována jen na dopravníku se sklonem do 10°, délky max. 100 m a napínáním pásu tzv. gravitačním napínáním. V případě použití korýtkového dopravníku by měl být sklon bočních válečků dopravních stolic (pražců) max. 20°. Materiálová zkouška by měla být několikrát prováděna při konstantních dopravních výkonech 30, 50 a 70 % jmenovitého výkonu váhy. Protože to však obvykle není možné, měl by se výkon během zkoušky pohybovat alespoň v rozsahu 40 až 80 %. Kontrolní referenční váha by měla být alespoň o třídu přesnější a jednotlivé kontrolní dávky by měly být co největší, minimálně však několik tun.

### **Nejdůležitější požadavky kvalitní instalace pásové váhy**

Proto, aby nainstalovaná váha dobře a dostatečně přesně vážila, musí být při samotné instalaci dodrženy alespoň následující základní kroky a pravidla:

- musí být přesně na mm dodržena dodavatelem uvedená vzdálenost sw vážní válečkové stolice a nejbližších pevných stolic
- ve vážním úseku (obvykle 2 - 3 vážní stolice před a za vážním mostem) by měly být všechny válečky výškově co nejlépe vyrovnány ve směru přepravy
- válečkové stolice ve vážním úseku by měly být tuhé a o něco vyvýšeny (o několik mm) nad zbylé stolice dopravníku
- válečky ve vážním úseku by měli být opracovány na házivost max. 0.3 mm
- dopravní pás musí být tak napnut, aby mezi stolicemi nedocházelo k jeho znatelnému prověšování
- dopravní pás by měl být co nejlehčí, aby byla získána co nejnižší tzv. mrtvé zatížení (hmotnost, která se nemá vážit)

**Obr. 20** Schéma technologické pásové váhy



Vzdálenost  $sw$  se volí s ohledem na výkon dopravníku, mrtvé hmotnosti a rychlosti dopravního pásu.

Proto, aby pásové váhy dobře vážily, je jim nutné zajistit alespoň výše uvedené podmínky, správně provést instalaci a respektovat okolní vlivy. Pak se váhy obvykle odmění spolehlivou funkcí a dlouhou životností.

### 3.6 Přímé vážení (ruční)

Při dávkování problematických doplňkových látek se klade důraz na vhodný vyprazdňovací systém a zároveň na bezproblémovost čistě zásobníku, váhy a dopravních cest. Z tohoto důvodu je za některých okolností nejvhodnější řešení přímé dávkování doplňkových látek do míchacího zařízení. Předejde se tak možným problémům. Dalším důvodem pro přímé dávkování při výrobě premixů je dávkování tak malého množství doplňkových látek, že při automatickém navažování by vznikaly vzhledem k danému množství velké ztráty. K tomuto vážení se používají klasické digitální váhy o nosnosti cca 50 Kg.

### **3.7 Přímé využití externího síla**

Využívání přímého toku materiálu z hlavního externího síla na vážící zařízení není příliš mnoho rozšířeno. Jedním ze záměrů používání tohoto způsobu dávkování a navažování může být potýkání se s nedostatkem prostoru pro umístění interních zásobníků přímo v hale výroby. Dále se nabízí jako výhoda úspora finančních prostředků, které by musely být vynaloženy na vybudování vnitřních zásobníků. To však po hlubší úvaze nejde jednoznačně potvrdit, neboť přímé využití síla skýtá i řadu nevýhod. Používají se velká vážící zařízení tzn. větší tenzometry, u kterých se samozřejmě zvyšuje i nepřesnost navažování. Často jsou problematické dlouhé trasy dopravovaného materiálu, které vedou ke kontaminaci produktu. Dalším kritériem je druh vyráběné krmné směsi. Vždy je nutno zvážit fyzikální a chemické vlastnosti daného produktu a navrhnout co možná nejefektivnější způsob skladování, dopravy, dávkování, vážení atd.

### **3.8 Řízení technologií ve výrobních krmných směsích**

#### **3.8.1 Automatizace pomocí průmyslových automatů**

Tam kde technologie vyžaduje vyšší počet signálů než umožňují některé typy aparatur nebo v případě, že zákazník vyžaduje maximální komfort ovládání i na menších aplikacích, nasazují se průmyslové automaty od různých výrobců. Jistě, existuje spousta dalších možností jak automatizovat technologii. Lze do dělat přímým řízením pomocí počítače, kde počítač nahrazuje automat. Nicméně řízení pomocí průmyslového automatu má mnoho výhod :

- Je nesrovnatelně spolehlivější než počítač.
- Automaty jsou v podstatě do nekonečna rozšiřitelné.
- Automaty umožňují plnou distribuci řízení - tzn. rozmístit jednotlivé automaty po technologii. To ve skutečnosti výrazně omezuje délku kabeláže a snižuje možnost elektrického rušení oproti případu, kdy je vše nutné přivést do jednoho místa, kde je umístěn počítač. Ačkoliv je automatů po technologii



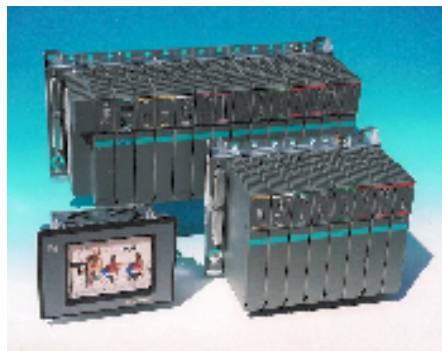
rozmístěno třeba několik desítek, chovají se z hlediska programu jako jeden centrální automat.

- Automaty dovolují změnu svého aplikačního programu bez nutnosti zastavit technologii - což je zvláště v případě nepřetržitých provozů naprosto nutné.

#### Automatizaci technologie lze rozdělit do několika úrovní

- Na první úrovni je výše zmíněný průmyslový automat, který je pomocí svých vstupních a výstupních obvodů připojen k technologii. Software v automatu často řeší úplně všechny úkoly spojené s řízením technologie a rovněž je eliminován nebo úplně zamezen přesun úkolů na vizualizační počítač nebo na jiné zařízení. Má v sobě i kompletní archiv provedených úkonů, které se pokud o to vizualizační počítač požádá, do počítače zasílají. Tím je dosažena maximální stabilita systému. Automat dokáže vyrábět bez přítomnosti vizualizačního počítače i několik hodin, dokud nevyrobí všechno co měl. A přitom nic neztratí např. při odpojení napájení počítače ze sítě což se nijak na výrobě neprojeví. Tato vlastnost eliminuje různé zálohovací procedury, které řeší vizualizační počítače, které nikdy nemohou být stoprocentní (když se počítač sekne).

*Obr. 21 Průmyslový automat*



- Na druhé úrovni je vizualizační počítač spojený s automatem sériovou linkou nebo klasickou sítí. Jeho úkolem je zobrazovat na monitoru technologii, umožnit obsluze ruční zásahy do výrobního procesu, vytvořit prostor pro zadávání výrobních parametrů (receptury, technologická data) a evidovat provedené úkony (hotovou výrobu, zásahy obsluhy, servisní hodiny apod.).

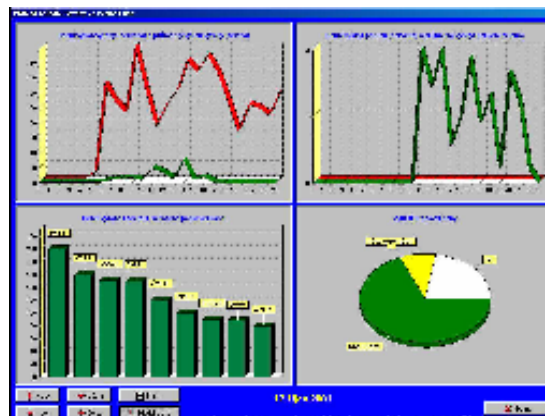
Používají se buď průmyslové počítače, které lépe vyhovují daným podmínkám nebo klasické kancelářské, které mají problémy s prachem, vlhkostí, teplotou i vibracemi.

*Obr. 22 Ukázka vizualizace jednotlivých technologií*



- Třetí vrstvou je tzv. manažerský program, který může běžet na libovolném kancelářském počítači. Ten nabízí možnost zadávání dlouhodobých výrobních plánů, eviduje objednávky, sleduje stav skladu, je napojen na spoustu optimalizačních a účetních programů (Navision, Radar, Integra, Kostka, NOVČ apod.). Napojení probíhá přes COM/DCOM on-line rozhraní nebo přes databáze typu Oracle, Interbase. Program pracuje na libovolné platformě od Windows 95 do dnešních systémů.

*Obr.23 Ukázka vizualizace manažerského programu*



### 3.8.1.1 Vizualizační program

Vizualizační program (2. vrstva) je v dnešní době převážně tvořen pro prostředí Windows NT, 2000 nebo XP. Ovládán je prostřednictvím menu na obrazovce na jejímž pozadí je zobrazeno technologické schéma. Technologie se ovládá buď z:

- jednoho počítače s jedním monitorem (akce menšího rozsahu)
- jednoho počítače s více monitory (2 až 4 ) a na každé obrazovce je jiná část technologie
- více počítačů s jedním nebo více monitory

V případě více počítačů přebírá jeden funkci serveru, který zprostředkovává komunikaci s automaty a zajišťuje konzistenci dat. V případě jeho výpadku nebo v případě potřeby obsluhy na sebe tuto funkci serveru automaticky přijímá další v tu chvíli běžící počítač (plná redundance).

Program může být řešen tak, že menší data ukládá do databází (Interbase, Oracle, Paradox) a rozsáhlejší data (např. archiv výroby) ukládá do zvláštních datových struktur. Dělá se to z toho důvodu, že při velkém objemu dat je doba přístupu k databázím velmi zdlouhavá což degraduje schopnosti programu a nutí pravidelně jednou za čas databáze zeštíhlovat, protože se pak situace stává již neúnosnou. V kancelářských podmínkách není problém, když se na obrazovce po provedení databázové operace na velkém množství dat zůstávají přesýpací hodiny a v tu chvíli nemůžete nic dělat - prostě jenom čekat. Operátor na tomto počítači ovšem potřebuje kdykoliv okamžitě reagovat na to co dělá technologie. Tento způsob archivace je navíc lehce přenosný (soubory malých velikostí) a prakticky neshoditelný.

Poruchy ovládaných strojů jsou signalizovány jak na vizuálním pozadí technologie, tak i zvukově (houkačka nebo namluvené hlasy) s návodem, jak poruchu vyřešit. V případě vypadnutí ochrany informuje v kterém poli rozváděče porucha nastala a tím jistě zkrátí dobu jejího odstranění.

### **Ovládání technologie probíhá několika způsoby :**

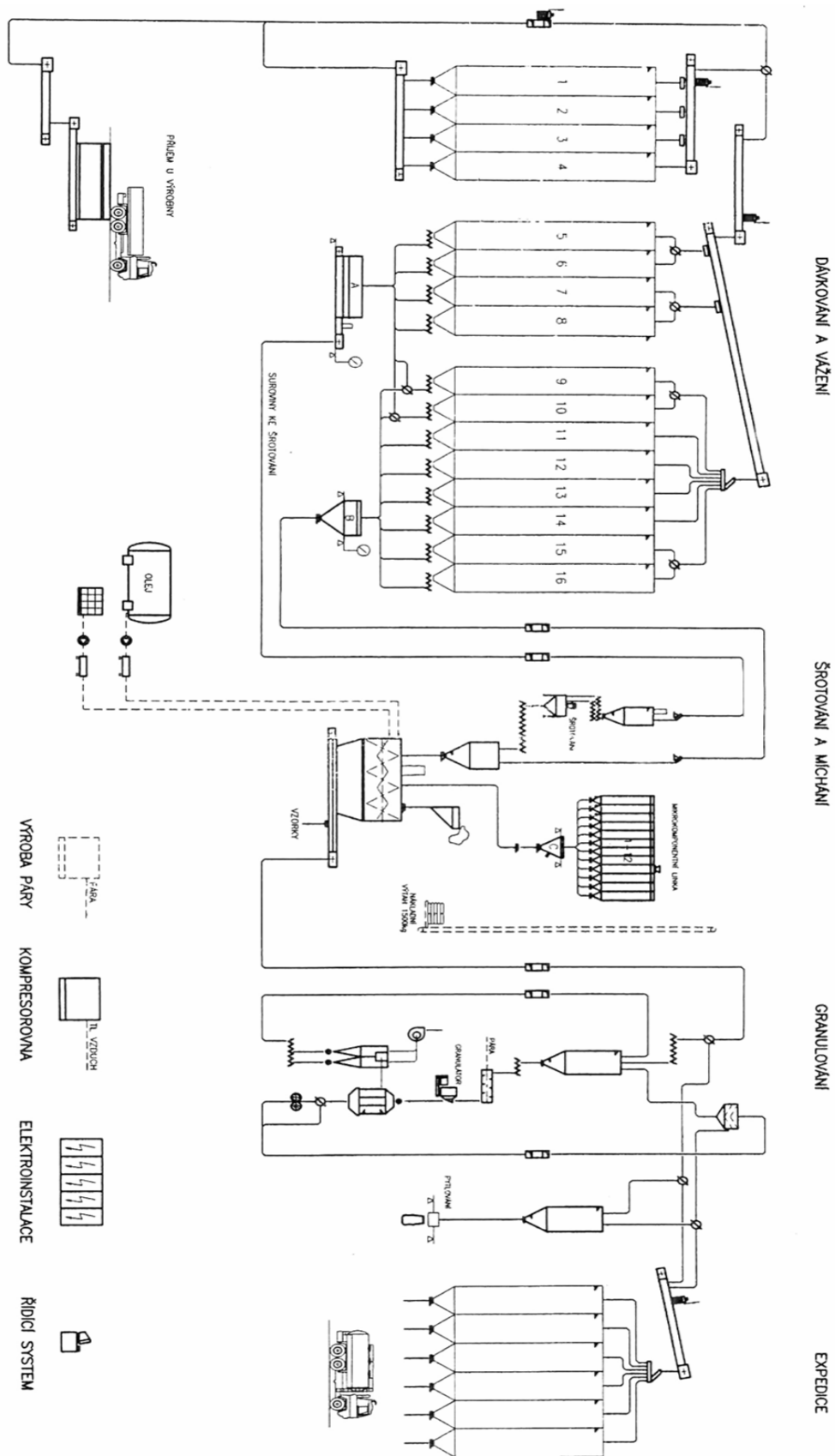
- Ovládání ve stavu Deblok z přepínačů v místě stroje. Tento stav je nadřazený všem ostatním (bezpečnostní důvody) a je řešen v silové části elektroinstalace. Systém je o tomto stavu informován a to se projeví i na obrazovce počítače.
- Manuální ovládání strojů z obrazovky počítače. Program umožní přepnout stroj do ručního ovládání a pak je na obsluze, jak s ním zachází.
- Při automatickém ovládání se obsluha o stroj nestará. Řídí ho automat dle požadavku výroby. Z 99 % času bývá linka v tomto režimu.

### **3.9 Popis a schéma výroby krmných směsí**

Základní technické a technologické údaje k schématu linky na obr. 24:

- příjem komponentů
- plnění zásobníků - šnekový dopravník
- dávkování - hmotnostní - 2 váhy (A, B)
  - počet zásobníků na makrokomponenty - 16
- šrotování - suroviny ze zásobníků 5 - 8
- mikrokomponentní linka - hmotnostní dávkování - 1 váha (C)
  - počet zásobníků - 12
- dávkování malého množství složek - ruční při do míchačky
- míchačka - přívod makro a mikrokomponent a tekutých přísad (olej)
- granulování - zásobník - homogenizátor - granulátor
- expedice - 1 zásobník pro pytlování
  - 6 zásobníků pro nákladní dopravu

Obr. 24 Schéma výroby krmných směsí



## 4. VÝROBA PREMIXŮ

Jako společnost vyrábějící premixy jsem si vybral BIOFAKTORY PRAHA, spol. s r.o.

### 4.1 Charakteristika společnosti Biofaktory

#### 4.1.1 Historie a profil společnosti Biofaktory

V roce 1992 rámci velké privatizace státních podniků a výzkumných ústavů byla vytvořena nová společnost BIOFAKTORY PRAHA, s. r. o. V roce 1994 byla založena dceřinná společnost BIOFAKTORY, s. r. o. ve Slovenské republice a v roce 2001 založena dceřinná obchodní společnost BIOFAKTORY s. r. o. v Rusku. V roce 2004 společnost Biofaktory Praha, s. r. o. zastupuje české výrobce krmiv a premixů v evropském sdružení FEFAC a chovatele drůbeže v Evropské komisi výživy při WPSA.

V průběhu několika let od svého vzniku vybudovala společnost nové výrobní provozy a laboratoře, vyškolila kvalitní a věkově perspektivní pracovní týmy, a to jak u profesí manažerských, tak technických a dělnických.

Na tuzemském i zahraničním trhu si společnost vybudovala image seriózního a výhodného partnera s rozsáhlým sortimentem premixů, krmných aditiv, doplňkových krmiv, veterinárních léčiv, speciálních podpůrných přípravků, ale i pet produktů. Na českém trhu se stala společnost lídrem ve svém oboru podnikání.

#### 4.1.2 Výrobní proces společnosti

Společnost disponuje čtyřmi nezávislými premixovými linkami, samostatným výrobním provozem na výrobu doplňkových krmiv a samostatnými provozy na výrobu veterinárních léčiv a pet produktů v sypké i tabletové formě.

- Výrobní technologie odpovídají požadavkům na homogenitu účinných látek v produktech, vylučují křížové kontaminace a zaručují zdravotně hygienickou bezpečnost pro obsluhující personál.

- Všechny výrobní provozy, výrobní linky a výrobní dokumentace prošly kontrolními testy a jsou přeregistrovány podle evropského Zákona o krmivu, Zákona o léčivu a příslušných prováděcích směrnic ES, státními kontrolními ústavy.
- Celý výrobní proces prochází řadou kontrolních uzlů podle systémových norem jakosti ISO 9001/2000 a HACCP.

#### Laboratorní vybavení

Laboratoře provádí vstupní kontrolu surovin, výstupní kontrolu vyrobených produktů a slouží též zákazníkům jako smluvní laboratoř pro kontrolu jakosti krmných směsí. V roce 2003 získaly certifikát podle ISO/EC 17025 jako akreditovaná laboratoř. Disponují akreditovanými metodami na stanovení vitaminů, aminokyselin, minerálních látek, antikokcidik a některých léčiv, jak v surovinách, tak ve vyrobených produktech a v kompletních krmivech. Laboratoře jsou vybaveny kapalinovými chromatografy americké firmy TSP, přístrojem CiroCCD-Spektrum a další přístrojovou technikou pro běžné krmivářské rozborů.

#### **4.1.3 Sortiment společnosti Biofaktory**

Společnost se zabývá výrobou jak pro velkoodběratele (výrobní krmných směsí, velkochovatelé, apod.), tak pro maloodběratele (drobnochovatelé). Jednotlivý sortiment je určen pro širokou škálu zvířat, např. skot, ovce, kozy, prasata, veškerá drůbež, králíci, koně, ryby, psy, kočky a činčily.

#### Hrubý seznam produktů:

- Premixy krmných aditiv AMINOVITAN® a BIOVITAN®
- Vitaminominerální směsi AMINOVITAN MAKRO® a VITAMIX®
- Tekuté vitaminové koncentráty KOMBISOL®, AMINOSOL®
- Vodorozpuštěné multivitaminové a vitaminové koncentráty
- Veterinární přípravky
- Speciální vitaminové, vitaminominerální a podpůrné přípravky

- Extrudovaná krmiva
- Mléčné náhražky a krmné směsi

## 4.2 Postup výroby premixů

Hladiny vitamínů ale i mikroprvků jsou výsledkem dlouhodobého vývoje a praktických ověření vlivu na užitkovost a plně odpovídají požadavkům pro zdárný růst a vývin u všech kategorií zvířat.

Výroba premixů je na první pohled poměrně jednoduchá, avšak velmi náročná na přesnost vážení a dávkování jednotlivých složek. Takřka ve všech výrobnách se provádí navažování složek ručně. Ve společnosti Biofaktory k tomu používají váhy značky Sartorius s váživostí 50 kg a 64 kg.

Důvody vedoucí k ručnímu navažování jsou především velké množství surovin, problematika s fyzikálními vlastnostmi jednotlivých komponent (lepivost, apod.), dále problémy s elektrostatickými náboji u některých složek a v neposlední řadě hraje roli přesnost vážení. Jelikož některé složky (vitamíny, léčiva) se dávkuje ve velmi malém množství, je ruční dávkování ideální. Dosahovaná přesnost navažování v Biofaktory je min. 0,5 g.

Nevýhoda ručního navažování je styk pracovníka s danou látkou. Některé látky by mohly nepříznivě působit na obsluhu linky svojí agresivitou a prašností.

Po odvážení požadovaného množství se jednotlivé složky vsypou do míchačky, kde je zapotřebí důkladného promíchání. Dále se daná směs homogenizuje dle potřeby a plní do nádob či pytlů.

### Postupu výroby:

- vstupní kontrola kvality
- uskladnění
- výrobní příkaz + určení potřebného množství etiket
- nadávkování složek dle výrobního příkazu – laboratorní nebo můstkové váhy
- promíchání komponent (homogenizace) - míchačka
- pytlování, plnění do nádob



### 4.3 Příklady premxů od společnosti Biofaktory

Biofaktory vyrábí značnou spoustu premixů cca 2 500 druhů. Viz. níže uvádím alespoň některé z nich včetně jejich receptury.

*Tab.1 Receptura premixu*

<b>AMINOVITAN P2-PLUS</b>			
<b>Premix pro výkrm prasat od 25 do 65 kg</b>			
<b>OBSAH DOPLŇKOVÝCH LÁTEK V 1 KG PREMIXU</b>			
<b>Nutriční doplňkové látky</b>		<b>STOPOVÉ PRVKY</b>	
<b><u>VITAMÍNY</u></b>		Bis (uhličitan), tris (hydroxid) kobaltnatý monohydrát $2\text{CoCO}_3 \cdot 3\text{Co}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	95 mg
Vitamín A 1000 č.š.	1 200 000 m.j.	Síran měďnatý pentahydrát $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	2 000 mg
Vitamín D3	200 000 m.j.	Síran železitý monohydrát $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	14 000 mg
Vitamín E	7 000 mg	Jodičnan vápenatý bezvodý $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	150 mg
Vitamín K3	240 mg	Oxid manganatý $\text{MnO}$	6 000 mg
Vitamín B1	250 mg	Oxid zinečnatý $\text{ZnO}$	18 000 mg
Vitamín B2	840 mg	Seleničtan sodný $\text{Na}_2\text{SeO}_3$	60 mg
Vitamín B6	350 mg	<b>Technologické doplňkové látky</b>	
Vitamín B12	5 mg	<b><u>ANTIOXIDANTY</u></b>	
Niacinamid	2 600 mg	Butylhydroxytoluen	1 500 mg
Pantothenan vápenatý	1 800 mg	Ethoxychin	1 111,1 mg
Biotin	10 mg	Butylhydroxyanisol	200 mg
Cholínchlorid	20 000 mg	<b><u>NOSIČ</u></b>	
<b><u>AMINOKYSELINY</u></b>		Pšeničná krmná mouka, Uhličitan vápenatý	ad 1 kg
L-Lysin, monohydrochlorid	264 g		
<b>ÚČEL UŽITÍ:</b> premix je určen do krmných směsí pro výkrm prasat do 65 kg			
<b>DÁVKOVÁNÍ:</b> 5 kg premixu do 1 t krmné směsi			

Tab.2 Receptura premixu

<b>AMINOVITAN VPD-Z-PLUS</b>			
<i>Premix pro vysokoprodukční dojnice</i>			
<b>OBSAH DOPLŇKOVÝCH LÁTEK V 1 KG PREMIXU</b>			
<b>Nutriční doplňkové látky</b>		<b>Technologické doplňkové látky</b>	
<u>VITAMÍNY</u>		<u>ANTIOXIDANTY</u>	
Vitamin A 1000 ě.s.	7 000 000 m.j.	Butylhydroxytoluen	1 500 mg
Vitamin D3	750 000 m.j.	Ethoxychin	1 111,1 mg
Vitamin E	10 000 mg	Butylhydroxyanisol	200 mg
Vitamin B1	1 000 mg		
Niacinamid	150 000 mg		
<u>STOPOVÉ PRVKY</u>		<u>NOSIČ</u>	
Bis (uhličitan), tris (hydroxid) kobaltnatý monohydrát $2\text{CoCO}_3 \cdot 3\text{Co}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	290 mg	Pšeničná krmná mouka, Uhličitan vápenatý	ad 1 kg
Síran měďnatý pentahydrát $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5 050 mg		
Jodičnan vápenatý bezvodý $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	725 mg		
Oxid manganatý $\text{MnO}$	29 900 mg		
Oxid zinečnatý $\text{ZnO}$	36 250 mg		
Seleničitan sodný $\text{Na}_2\text{SeO}_3$	45 mg		
<b>ÚČEL UŽITÍ:</b> premix je určen do krmné směsi pro vysokoprodukční dojnice v zimním období			
<b>DÁVKOVÁNÍ:</b> 5 kg premixu do 1 t krmné směsi			

## 4.4 Ekonomika provozu

### 4.4.1 Výrobní náklady

#### Členění nákladů:

- spotřeba materiálu, surovin, paliv, energie
- spotřeba a použití externích prací a služeb, jako např. přepravy, nájmu, prací a služeb spojených s opravami a udržováním majetku
- mzdové a ostatní osobní náklady včetně sociálního a zdravotního pojištění pracovníků
- odpisy nehmotného a hmotného dlouhodobého majetku
- finanční náklady, jako např. úroky, pojistné, bankovní výlohy a náklady spojené se získáním bankovních záruk

Výpočet jednotlivých nákladů se odvíjí od výše uvedených hledisek.

Celkový počet vyráběných druhů premixů: 2 500

Denní výroba: 41,5 tun

Průměrná cena 1kg premixu: 87 Kč/kg

Počet zaměstnanců: 35

Mzdové náklady: 980 000 Kč

Odpisy – cena pořízení míchacího zařízení: 5 500 000 Kč

Financováno úvěrem 5 500 000 Kč

- Roční úrok: 6 %

- Doba splatnosti 4 let

**Výnosy** = plánovaný počet prodaných kusů · cena za kus + výrobky na skladě + nedokončená výroba = 3 730 500 Kč

**Náklady** = přímé náklady + nepřímé náklady = 3 250 100 Kč

Splátkový kalendář:

V tomto případě bude použita metoda progresivních odpisů (metoda anuity), které vychází z předpokladu, že fyzické opotřebení je zpočátku pomalejší a s rostoucím stářím se postupně zrychluje (odpis se postupně zvyšuje). Anuita je platba obsahující splátku i úrok v jedné částce. Tato částka je po celou sjednanou dobu stejná, mění se plynule poměr splátka : úrok. Zpočátku tvoří většinu částky úrok, poměr se posunuje ve prospěch splátek a na konci splatnosti tvoří většinu částky splátka a zbytek úrok.

Tab. 3 – Splátkový kalendář

rok	stav na počátku	úrok	splátka	anuita	stav na konci
1.	5 500 000,0	330 000,0	1 257 253,2	1 587 253,2	4 242 746,8
2.	4 242 746,8	254 564,8	1 332 688,4	1 587 253,2	2 910 058,4
3.	2 910 058,4	174 603,5	1 412 649,7	1 587 253,2	1 497 408,7
4.	1 497 408,7	89 844,5	1 497 408,7	1 587 253,2	0

## 5. DISKUSE A ZÁVĚRY

### 5.1 Diskuse

Diplomovou práci jsem vypracovával s cílem sestavit ucelený přehled o problematice navažování a dávkování složek ve velkovýrobních krmných směsích. Uvedená data jsem se snažil získávat od seriózních zdrojů a to například od výrobců technologických zařízení pro daný obor, projektantů a v neposlední řadě od provozovatelů výroben krmných směsích. Tudíž diplomová práce obsahuje jednotlivá data a názory od různých stran. Díky obsáhlosti oboru a omezené rozsáhlosti diplomové práce nebylo možné uvést všechny skutečnosti. Rovněž zde hrála roli ochota dotazovaných firem. U spousty z nich jsem se shledal s nepříjemným odmítnutím, ale i na druhé straně byly takové, které se snažily vyjít vstříc.

## 5.2 Závěr

Problematika daného oboru je poměrně složitá a rozsáhlá a vyžaduje neustálý zájem, neboť vývoj jde neustále dopředu. V první kapitole „Přehled poznatků o užívaných gravimetrických systémech“ jsem se snažil o všeobecné nastínění a proniknutí do dané problematiky. To znamená stručný popis technologických zařízení používané k dávkování surovin. Rovněž jsem zde rozebíral problematiku dynamického vážení, kterého se využívá při vytváření krmných směsí především. Dále způsoby řízení procesu, digitální tenzometry, které jsou hitem posledních let, ale díky své vysoké ceně se do praxe zatím moc nerozšířily.

Následující kapitole „Trendy a možnosti vážících a dávkovacích systémů, jejich konstrukční řešení a průběžný monitoring“ jsem vypracovával do větších detailů, než kapitolu předešlou. Nastínil jsem současný stav průmyslového vážení, který prožívá bouřlivý a dynamický rozvoj. V nových trendech jsem popisoval digitální tenzometry. Dále jsem uvedl způsoby stanovení hmotnosti jako např. polovodičovým tenzometrem, elektromagnetickou kompenzací síly a podrobněji je popsal. Konstrukčnímu řešení dávkovačů jsem se věnoval nejvíce od firmy Alfa, neboť jejich řešení pomocí roštových šoupátek se mi jeví jako jedno z nejvhodnějších. Po srovnání s často používaným šnekovým dávkovačem jednoznačně převyšoval dávkovač Alfa. Dále jsem uvedl automatizaci výroby pomocí průmyslových automatů, které se používají tam, kde technologie vyžaduje vyšší počet signálů než umožňují některé typy aparatur.

Ve čtvrté kapitole jsem charakterizoval společnost Biofaktory, která se zabývá výrobou premixů a zároveň mi poskytla informace pro vypracování vlastní práce, ve které jsem popisoval výrobu premixů včetně uvedení receptury premixu. V ekonomické části jsem rozebíral výrobní náklady společnosti a odpisy míchacího stroje včetně splátkového kalendáře.

Vypracování diplomové práce přispělo k mému osobnímu rozhledu v daném oboru.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Maloun Josef. *Technologická zařízení a hlavní procesy při výrobě krmiv*. 1. vydání. Praha: PowerPrint. 2001. 204 s. ISBN 80-213-0783-8
- *Abfüllen und Dosieren von Flüssigkeiten und Feststoffen : Anwendungen und neue Trends : Tagung Langen, 4. und 5. März 2002*. Düsseldorf : VDI Verlag. 2002. 152 s. ISBN 3-18-091652-4
- Vojáček Antonín. *Polovodičové tenzometry* [online]. Vystaveno 16.11.2006 [cit. 10.1.2008]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/ART288-polovodicove-tenzometry--princip-provedeni-pouziti-historie.html>
- Vojáček Antonín. *Princip elektromagnetické kompenzace síly pro přesné vážení* [online]. Vystaveno 25.6.2006 [cit. 12.1.2008]. Dostupné z : <http://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/ART256-princip-elektromagneticke-kompence-sily-pro-presne-vazeni.html>
- Vojáček Antonín. *Problematika dynamického (automatické) vážení v průmyslu* [online]. Vystaveno 30.8.2007 [cit. 12.1.2008]. Dostupné z : <http://automatizace.hw.cz/problematika-dynamickeho-automaticke-vazeni-v-prumyslu>
- Firemní literatura firmy TEBIS. *Automatizace pomocí průmyslových automatů* [online]. Vystaveno 8.5.2004 [cit. 4.12.2007]. Dostupné z : <http://www.tebis.cz/teco.htm>
- Firemní literatura společnosti Alfa. Dostupné z: <http://www.alfra.nl>
- Witassek Libor. *Perspektivy elektroniky: Inteligentní senzory - aplikace ve vážných systémech* [online]. Vystaveno 31.3.2005 [cit. 15.12.2007]. Dostupné z : <http://www.roznovskastredni.cz/dwnl/pel2005/02/witassek.pdf>
- Firemní literatura společnosti COMMERCIAL
- Firemní literatura společnosti BIOFAKTORY s.r.o.
- Rosochatecká Eva a kolektiv. *Ekonomika podniků*. 7. vydání. ČZU v Praze – Provozně ekonomická fakulta. 2006. 194 s. ISBN 80-213-1482-6

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Schéma objemového dávkovače s šoupátky
- Obr. 2 Schéma šnekového dávkovače
- Obr. 3 Schéma pásového dávkovače
- Obr. 4 Schéma rotačního dávkovače
- Obr. 5 Časový diagram dávkovacího cyklu směsné váhy
- Obr. 6 Schéma automatické pásové váhy
- Obr. 7 Digitální snímač REVERE SCC vyráběný v rozsazích 10 až 100 tun
- Obr. 8 Digitální snímač REVERE SBC vyráběný v rozsazích 500 kg až 5 tun
- Obr. 9 Schéma polovodičového tenzometru
- Obr.10 Závislost změna odporu polovodičového tenzometru  $\Delta R/R$  na hodnotě poměrné deformace  $\varepsilon$
- Obr. 11 Princip elektromagnetické kompenzace síly využívané pro elektronické vážení
- Obr 12 Roštová šoupátka
- Obr. 13 Ukázka postupného dávkování pomocí roštových
- Obr. 14 Roštová šoupátka v praxi
- Obr. 15 Schéma flexibilního sila
- Obr. 16 Dávkovací systém MCD - S
- Obr. 17 Dávkovací systém KCD
- Obr. 18 Dávkovací systém GCD
- Obr. 19 Dvoupražcový vážní most pásové
- Obr. 20 Schéma technologické pásové váhy
- Obr. 21 Průmyslový automat
- Obr. 22 Ukázka vizualizace jednotlivých technologií
- Obr.23 Ukázka vizualizace manažerského programu
- Obr. 24 Schéma výroby krmných směsí

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Receptura premixu
Tab. 2	Receptura premixu
Tab. 3	Splátkový kalendář