

Kontinuální váhy

Ke kontinuálnímu měření hmotnosti transportovaných sypkých materiálů a plnění dalších funkcí spojených s řízením tohoto toku jsou určeny kontinuální váhy. Těmito váhami lze realizovat i řadu úloh, jejichž řešení bylo již popsáno v části věnované diskontinuálnímu vážení. Příkladem může být například navážování sypkého materiálu do silničního vozidla. Hmotnost je možno zjišťovat kontinuálně váhou umístěnou v pásovém dopravníku, kterým je vozidlo plně-

no, nebo diskontinuálně vážením na silniční váze. Tento příklad však nereprezentuje typické použití kontinuální vážicí techniky, neboť cílem výše popsaného procesu vážení je v obou případech určení celkové hmotnosti vozidla nebo navážení předem zvoleného množství materiálu.

Těžiště kontinuální vážicí techniky spočívá zejména v měření okamžité hodnoty přepravovaného množství materiálu udávané obvykle v t/h či kg/h, případně jeho objemu v dm³/h. Informaci o celkovém přepraveném množství získáme pak

integrací okamžité hodnoty přepravovaného množství podle času. Chyby vážení, které kontinuální váhy vykazují, jsou zpravidla udávány ve vztahu k okamžité hodnotě přepravovaného množství a bývají až

řádově vyšší než u vah diskontinuálních.

Ve většině aplikací z této oblasti je funkce kontinuálního vážení doplněna o regulaci na předem zvolenou hodnotu.

Moderní kontinuální vážicí a dávkovací systémy, které se stále častěji objevují v různých

oblastech průmyslu, transportují a váží různé substráty s rozdílnými zrnitostmi, syponou hmotností, lepiivostí a dalšími vlastnostmi, jak je dokumentováno na příkladech na **obr. 49 až 52**. Na **obr. 49** je vzorek popílků používaný často jako přísada při výrobě cementu. Řada základních surovin při výrobě plastických hmot je dodávána ve formě granulátu (**obr. 50**) s různou zrnitostí. Na **obr. 51** je vidět strukturu vzorku upravené železné rudy a na **obr. 52** některé komponenty používané v potravinářském průmyslu.



Příklady rozdílné struktury dávkovaných materiálů

Pásové váhy

Typickým transportním prostředkem sypkých hmot je pásový válečkový dopravník. Jestliže oddělíme jednu, dvě či více válečkových stolic od základního rámu dopravníku a podložíme je snímači zatížení, můžeme snímat vertikální síly vyvozované dopravníkovým pásem a úměrné jeho zatížení. Vážicí zařízení konstruovaná na tomto principu jsou nazývána **pásovými váhami**. Na principiálním schématu podle **obr. 53** je znázorněno uspořádání pásové váhy vybavené navíc snímačem rychlosti pásu (tachogenerátorem).

Označíme-li zatížení pásu q na určité části dopravníku o délce l pohybujícího se rychlostí v , je okamžitě přepravované množství P dáno vztahem:

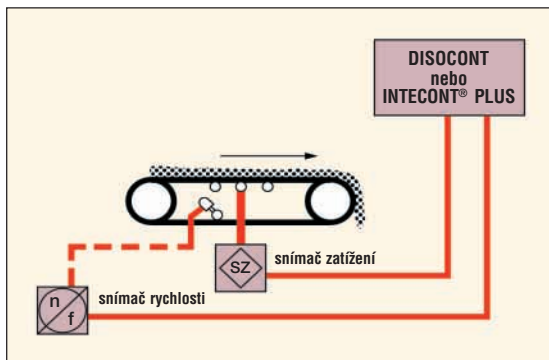
$$P \text{ [kg/s]} = \frac{q \cdot v}{l} = \frac{q \cdot l}{l \cdot t} = \frac{q}{t}.$$

Celkové přepravené množství M za čas t získáme integrací:

$$M \text{ [kg]} = \int_0^t P \, dt.$$

Běžné pásové váhy jsou konstruovány pro pásy o šířkách od 400 do 2 000 mm a pro přepravní výkon, jak bývá přepravované množství často nazýváno, od 100 kg/h až do 20 000 t/h.

Zaručované maximální chyby jednotlivých typů vah jsou závislé na řadě souvisejících faktorů. Statická chyba váhy vztahená ke skutečné hodnotě zatížení se bez dynamických vlivů pásu pohybuje kolem



Obr. 53 Principiální schéma pásové váhy

0,1 %. Typické provozní hodnoty chyb se pohybují od 0,25 % do 2 % v závislosti na typu váhy, přepravovaném materiálu a dalších okolnostech.

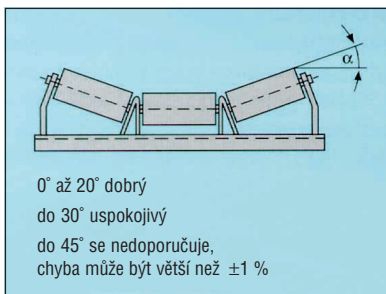
Pro úspěšnou zástavbu pásové váhy existuje několik limitujících předpokladů.

Dopravník s materiálem pohybující se ve vážicí části musí být uklidněn a stabilizován. Proto je třeba mechaniku váhy umístit do dostatečné vzdálenosti (2 až 5 m) od přespů, začátku nebo konce pásu a vůbec míst, kde se mění jeho profil.

Při velkém sklonu pásu dochází k tzv. virtuálnímu pohybu sypkého materiálu přes váhu provázenému jeho vícenásobným vážením, které je zdrojem chyb. Tento pohyb je obtížně definovatelný a nelze jej kalibrací váhy vyloučit. Maximální

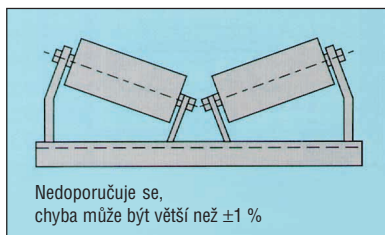
sklon se podle sypkosti materiálu pohybuje v rozmezí 15 až 20°. Pásovou váhu lze vestavět i do pásu s proměnným sklonem (dopravníky důlních velkostrojů). Sklon pásu je pak snímán a zaváděn jako korekční činitel do vyhodnocovací jednotky.

K minimalizaci vlivů pásu na vážicí stolice je třeba zajistit jeho konstantní napínání. Pro tyto účely je mnohem výhodnější napínání gravitační (závažím přes kladku) než např. napínání pružinami, šroubem a pod., které je nestabilní.



Obr. 54 Vhodný tvar válečkové stolice

Optimální příčný profil dopravníku podle **obr. 54** je ve tvaru rozvětveného písmene „U“. Naprosto ne-



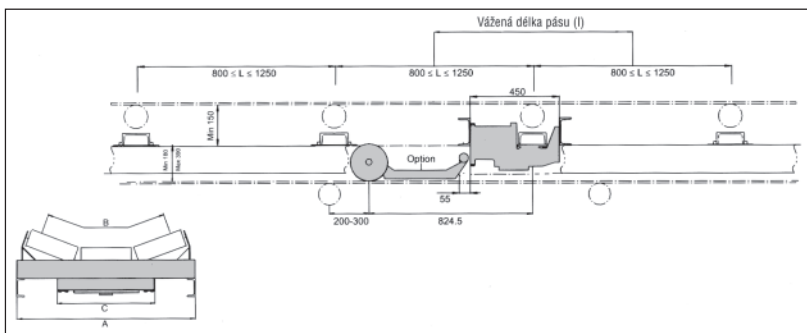
Obr. 55 Nevhodný tvar válečkové stolice

vhodný je tvar podle **obr. 55**, který je příčinou vzniku nedefinovatelné vertikální rušivé síly vlivem přetváření profilu pohybujícího se pásu.

Rychlost pohybu pásu, která je určujícím faktorem pro výpočet přepravního výkonu, může být zadána jako konstanta nebo snímána tachogenerátorem. Zadáme-li rychlost pásu jako konstantu, musíme počítat s tím, že vlivem jejího kolísání, způsobeného např. proměnným zatížením pásu nebo odchylkami frekvence sítě, zavádíme do vyhodnocovací jednotky systematickou chybu.

Na **obr. 56** je výkres mechaniky jednoválečkové pásové váhy Schenck typu BEP a na **obr. 57** je její skutečné provedení. Minimální provozní chyba se obvykle pohybuje v rozmezí 0,5 až 1 % a umožňuje

Obr. 56 Mechanika jednoválečkové pásové váhy typu BEP





Obr. 57 Skutečné provedení váhy BEP

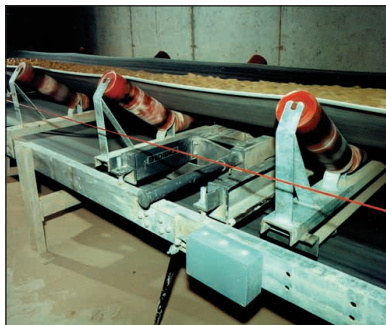
vážení v dopravnících s výkonem až 6 000 t/h. **Obr. 58** ukazuje modulární jednoválečkovou pásovou váhu BEM v provedení se dvěma oddělenými opěrami a se dvěma snímači zatížení propojenými válečkovou stolicí. Tato váha je velmi jednoduchá a vyznačuje se nízkou hmotností a rychlou montáží. Používá se často bez snímače rychlosti pásu a minimální dosažovaná provozní chyba se obvykle pohybuje v rozmezí 1 až 2%.



Obr. 58 Modulární pásová váha BEM

Při vyšších nárocích na přesnost a při vyšších přepravních výkonech lze přejít na dvou- nebo víceválečkové provedení. Příkladem dvouválečkového provedení je váha Schenck typu BMP podle **obr. 59**. Vážní most této váhy podpírá dvě válečkové stolice a celková vážená část pásu je dvojnásobná ve srovnání s váhou jednoválečkovou, což vytváří předpoklady pro dosažení vyšší přesnosti a reprodukovatelnosti. Dosažovaná minimální chyba bývá nižší než 0,5% a maximální přepravní výkon pásu je až 15 000 t/h.

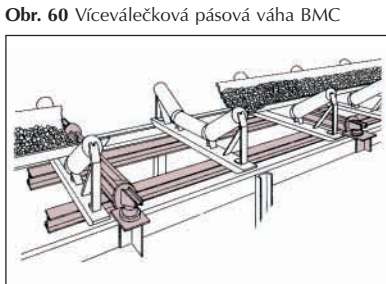
Při extrémních požadavcích na maximální přepravované množství vyžadující velké zatížení a velkou



Obr. 59 Dvouválečková pásová váha BMP

rychlost pásu je třeba použít speciální konstrukci s dlouhým vážním mostem, podírajícím větší počet válečkových stolic. Na **obr. 60** je příklad takové konstrukce u váhy Schenck typu BMC. Minimální dosažitelná chyba je v rozmezí 0,25 až 0,5% a přepravní výkon až 20 000 t/h.

Pásové váhy lze kalibrovat několika způsoby. Nejjednodušší, avšak nepřítliš spolehlivá, je kalibrace sta-



Obr. 60 Víceválečková pásová váha BMC

tickým závažím zavěšeným na vážný most. Tím lze sice relativně přesně nastavit statický převodní koeficient, nikoliv však parametry zohledňující dynamické chování pásu. Poněkud přesnějších výsledků lze docílit tzv. kalibračním řetězem, kladeným přímo na pás. Moderní vyhodnocovací jednotky Schenck jsou vybaveny speciálním programovým vybavením, které umožní provést teoretickou kalibraci s využitím empirických vztahů vycházejících z výpočtů a z mnohaletých praktických zkušeností. Takto lze u běžných vah a standardních materiálů dosáhnout uspokojivých výsledků.

Nejpřesnějších výsledků, i když nezářka komplikovaně, lze při nasta-

vování a ověřování kalibračních parametrů dosáhnout tzv. materiálovou zkouškou. Znamé množství materiálu (vážené staticky) je převáženo seřizovanou pásovou vahou (doba vážení minimálně 10 až 20 minut) a na základě výsledku jsou její kalibrační parametry korigovány. Tento postup lze opakovat až k dosažení uspokojivé shody s hodnotou zjištěnou staticky. Tuto metodu nelze bohužel aplikovat u vah určených pro vysoké přepravní výkony, neboť statické převážení několika tisíc tun materiálu je obtížné nebo přímo vyloučené. S materiálovou zkouškou bývají problémy i u extrémně dlouhých pásů, u nichž je nutno počítat s dlouhou dobou potřebnou pro jejich úplné vyprázdnění.

Pásové váhy pro obchodní účely

Až do nástupu průtokoměrů sypkých hmot na Coriolisově principu byly pásové váhy jedinými kontinuálními váhami schopnými ověření a tím použitelnými v obchodním styku. Jako mechaniku těchto vah lze použít většinu dříve popsaných typů, nejčastěji však dvou nebo víceválečkových. Tyto váhy musí být vždy vybaveny zdvojeným snímáním rychlosti a snímači zatížení schopnými ověření.

Podmínky pro konstrukci, zástavbu a provozování těchto vah, jsou ve většině evropských zemí definovány národními předpisy, které obdobně jako v oblasti diskontinuálních vah, vycházejí z mezinárodního doporučení OIML (OIML R1 50). Podle tohoto doporučení jsou pásové váhy rozděleny do tří tříd přesnosti. Maximální provozní chyby vztažené k okamžité hodnotě přepravovaného množství (v pásmu 20 % až 100 %

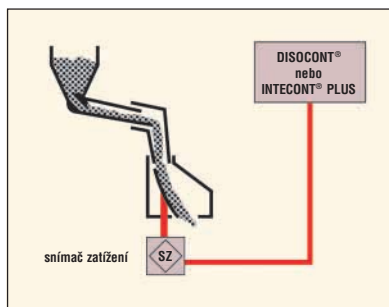
vážicího rozsahu) jsou pro jednotlivé třídy stanoveny na 0,5 %, 1 % a 2 %. Maximální povolené chyby při ověřování jsou pak poloviční (0,25 %, 0,5 % a 1 %). Třída přesnosti I s provozní chybou 0,5 % je v praxi obtížně dosažitelná. Toto doporučení ohraničuje i maximální sklon pásového dopravníku na 0° pro I. třídu, 6° pro II. třídu a 12° pro III. třídu. Jsou-li u dopravníku použity tríválečkové stolice, smí být maximální úhel bočních válečků 20° pro II. třídu a 30° pro III. třídu. Doporučená délka pásu pro všechny třídy by se měla pohybovat v rozmezí 10 až 100 m.

Vyhodnocovací jednotky musí pak umožnit, mimo jiné speciální funkce, i mechanické zablokování možnosti změny kalibračních parametrů. Pro ověřování, jehož perioda je stanovena na dva roky, je předepsána výhradně materiálová zkouška.

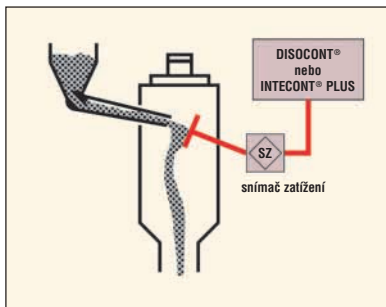
Průtokoměry sypkých hmot se skluzovou nebo odraznou deskou

Průtok sypkých hmot, které nejsou dopravovány pásovým dopravníkem, lze měřit zařízeními se šikmou skluzovou nebo odraznou plochou schematicky znázorněnou na **obr. 61** a **62**. Síla, kterou působí protékající

materiálů, zejména na jejich změnách. Odrazná i skluzová deska měří při pohybu materiálu jeho kinetickou energii, která se na měřicí desce přeměňuje na tlakovou sílu (odrazná deska) nebo moment (sklu-



Obr. 61 Princip skluzové desky



Obr. 62 Princip odrazné desky

materiál na šikmou plochu, úměrná okamžité hodnotě průtoku materiálu [kg/h], je snímána obvyklým snímačem zatížení. Celkové protečené množství je pak rovno integrálu okamžitých hodnot průtoku za stanovený čas. Obvykle dosahovaná provozní chyba se pohybuje v rozsahu 2 až 5 %.

Maximální protékané množství dosahuje až 1 000 m³/h. Skutečné provedení průtokoměru Schenck typu MULTISTREAM G se skluzem je na **obr. 63**. Na **obr. 64** je zařízení typu MULTISTREAM B využívající principu odrazné desky.

Hlavním problémem u těchto typů průtokoměrů je jejich kalibrace, kterou lze provést pouze zkusmo materiálovou zkouškou. Dosahovaná přesnost měření je velmi závislá na vlastnostech transportovaných

zová deska). Tyto účinky však závisí nejen na protékajícím množství, ale do značné míry i na zrnitosti a sypné hmotnosti materiálu. Je proto

Obr. 63
Průtokoměr sypkých hmot MULTISTREAM G





Obr. 64
Průtokoměr sypkých hmot MULTISTREAM B

značný rozdíl v přesnosti těchto zařízení dosahované v provozních podmínkách a přesnosti měření v laboratorním prostředí, která je některými výrobci mylně udávána.

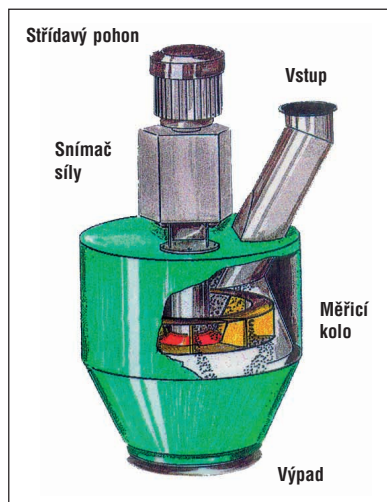
Průtokoměry se šikmým skluzem bývají někdy vybavovány automatickým kontrolním a kalibračním zařízením, které sestává z váženého zásobníku umístěného v dopravní cestě před nebo za měřidlem. Při kalibračním cyklu probíhající bez přerušení toku materiálu je porovnáván rozdíl hmotností obsahu zásobníku určený statickým vážením v určitém časovém intervalu s integrálem průtoku snímaným průtokoměrem za tento časový úsek. Na základě zjištěného rozdílu je automaticky provedena korekce v nastavení průtokoměru. Celý proces je řízen pouze vyhodnocovacím elektronickým systémem váhy.

Průtokoměry sypkých hmot na Coriolisově principu

Pro granuláty a jemné homogenní materiály (prach, mouka) lze použít průtokoměry založené na využití Coriolisova principu, dosahující mnohem vyšších přesností než dříve popsané průtokoměry se šikmými skluzy. Schematicky je tento princip znázorněn na **obr. 65**.

Měřicí kolo s pohonným střídavým motorem a převodovkou je volně uloženo ve skříni přístroje a v pevné poloze je fixováno snímačem síly. Materiál vstupující do průtokoměru dopadá do středu měřicího kola, ze kterého je vodícími lopatkami směřován k okrajům a tam opouští celou centrální část. Zrychlení sypkého materiálu měřícím kolem vytváří vznikem Coriolisovy síly reakční moment, který je

Obr. 65 Princip průtokoměru sypkých hmot MULTICOR



měření snímačem síly. Velikost tohoto momentu je pak úměrná protékajícímu množství. Počet otáček je kontrolován digitálním snímačem. Průtokoměr typu MULTICOR S 40 pro dopravní výkon 20 t (40m³/h) je na **obr. 66**.

Průtokoměry založené na tomto principu umožňují měřit průtoky v rozsahu 0,5 až 200 t/h (300m³/h). Teoretickou justáží lze obvykle dosáhnout maximální chyby do 2 % z okamžité hodnoty výkonu, kterou je možno kalibrací s materiálovou zkouškou dále snížit na 0,5%.

Obr. 66

Průtokoměr sypkých hmot MULTICOR S 40



Vyhodnocovací jednotky pro kontinuální váhy

V porovnání s vyhodnocovacími jednotkami diskontinuálních vah, které udávají pouze statickou hmotnost váženého předmětu, musí jednotky u kontinuálních vah vyhodnotit nejen signály ze snímače zatížení, ale i součin okamžité hodnoty zatížení a rychlosti pásu, včetně výpočtu integrálu tohoto součinu. U moderních vyhodnocovacích jednotek je součin signálu úměrného okamžité

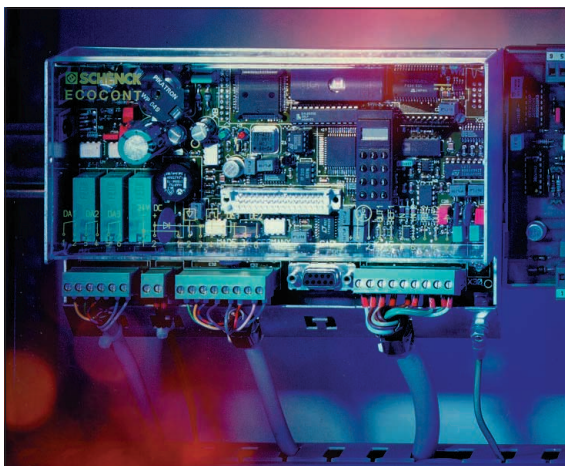
hodnotě přepravovaného nebo protékajícího množství a rychlosti materiálu a stejně tak integrál uvedeného součinu prováděn výhradně v digitální formě. Na **obr. 67** je univerzální vyhodnocovací jednotka Schenck typu INTECONT® PLUS pro použití v měřicích i dávkovacích systémech. Maximální chyba měření vlastního přístroje (posuzováno podle DIN 43782) činí 0,05% a umožňuje snímání rychlosti pásu již od 0,014 m/s.

Jedním z nejdůležitějších faktorů, které příznivě ovlivňují chybu vážení, vyhodnocení a dlouhodobou stabilitu pásových a dávkovacích pásových vah, je eliminace dynamických vlivů pásu a to zejména při běhu naprázdno (zatížení pásu se blíží nule) nebo s minimálním zatížením. Moderní jednotky mohou zaznamenat chování samotného

Obr. 67

Vyhodnocovací jednotka INTECONT® PLUS





Obr. 68 Vyhodnocovací jednotka ECOCONT

pásu po dobu jedné periody oběhu a vytvořit model jeho působení (označováno BIC). Jednoduché způsoby kompenzace přičítají konstantní signál vhodné velikosti a polarity tak, aby integrál okamžité hodnoty výkonu za dobu jednoho oběhu pásu byl nula. U moderních BIC systémů je kolísání zatěžovací síly vážicí stolice působené různou tloušťkou a hmotností pásu kompenzováno po krátkých úsecích délky, obvykle jedné setiny celkové délky pásu. Využitím takového modelu lze eliminovat i vlivy dynamiky pásu za běhu naprázdno a režim s častým střídáním plného zatížení a běhu naprázdno.

Při vyhodnocování celkového přepraveného množství je třeba mít na paměti, že jde o měření integrační zatížené především chybou driftu nuly. Kalibrační případně ověřovací parametry u vyhodnocovacích jednotek pro pásové váhy schopné ověření byly dříve uloženy v paměťových modulech zálohovacích baterií, nyní

v pamětech typu E – EPROM bez zálohovacích baterií.

Okamžitý výkon pásu je tradičně převáděn na impulsy konstantní délky s frekvencí úměrnou tomuto výkonu. Takto vzniklý signál, který je dále interně zpracováván, bývá u většiny vyhodnocovacích jednotek kontinuálních vah dále externě vyveden jako tzv. impulsní výkon. K tomuto

výstupu lze připojit další externí počítadla, případně nadřazené systémy.

Pro jednoduché pásové váhy a průtokoměry sypkých hmot bez požadavku na úlohy kontinuálního dávkování je určena vyhodnocovací jednotka ECOCONT podle **obr. 68** vybavená pouze analogovým a impulsním výstupem.

Běžné pásové váhy lze použít i pro některé funkce řízení. Interní komparátor, sledující celkový integrál přepraveného množství s předvolenou prahovou úrovní, zastaví pás nebo přísun materiálu při dosažení požadovaného množství. Tento proces je ekvivalentem diskontinuálního navažování šarží a typickým příkladem jeho použití je plnění silničních nebo kolejových vozidel sypkými materiály na předem zvolenou hmotnost (uhlí, písek, štěrka). Nasazením pásové váhy schopné ověření lze vytvořit vážný systém pro obchodní vážení včetně tisku vážních lístků a evidence dalších souvisejících dat.