

Ing. Petr RAYMAN,
RAYMAN spol. s r. o.,
Kladno

Nový systém odvodu odprašků z filtrů a odlučovačů „FLOW-OFF“

New System of Dust Discharge from Filters and Separators FLOW-OFF

Recenzent
Doc. Ing. Jiří Hemerka, CSc.

V článku je představen nový pneumatický systém odsunu odprašků z výsypek filtrů a elektrických odlučovačů FLOW-OFF. Popsaný systém odstraňuje většinu nevýhod stávajících způsobů odsunu odprašků. Je energeticky úsporný, velmi odolný proti abrazi a je také velice šetrný k životnímu a pracovnímu prostředí.

Klíčová slova: pneumatická doprava, průtokový podáváč, systém FLOW-OFF, úspory energie

The author presents a new pneumatic system FLOW-OFF serving for discharging dust particles from discharge hoppers of filters and electric separators in his article. The described system eliminates the most of disadvantages of existing methods of the dust discharging. It is energy saving, very resistant against abrasion and environmentally and labor friendly, as well.

Key words: pneumatic handling, flow feeder, FLOW-OFF system, energy saving

ÚVOD

V průmyslových procesech se pro odloučení prachu unikajícího z technologických procesů používají filtry či elektrostatische odlučovače. Odprašky odloučené v těchto zařízeních se shromažďují v jejich výsypkách. Z nich je třeba odprašky odvést a dopravit buď k dalšímu zpracování nebo k likvidaci. Při tom je třeba zachovat ekonomické a ekologické požadavky i požadavky na ochranu pracovního prostředí. Všechny tyto požadavky splňuje nově vyvinutý soubor zařízení pro šetrný odsun odprašků FLOW-OFF. Ten je tvořen kombinací fluidního odváděče odprašků a průtokového podávče.

Cílem tohoto článku je seznámit odbornou veřejnost s koncepcí moderního způsobu odsunu odprašků z filtrů a odlučovačů a s možnostmi jeho použití v průmyslových a energetických provozech.

TECHNICKÁ ŘEŠENÍ POUŽÍVANÁ V SOUČASNOSTI

Odlučovací zařízení bývají vybaveny výsypkami, a to buď jehlanovými nebo žlabovými. Pro menší filtry se používají téměř výhradně samostatné výsypky jehlanové, pro filtry větší se používají ve velké většině případů výsypky jehlanové situované v jedné, dvou nebo i více řadách, výjimečně se používají výsypky žlabové.

Výsypky jsou vybaveny tlakovými uzávěry pro zabránění nekontrolovaného přisávání vzduchu do odlučovacích zařízení vyvolaného vnitřním podtlakem. Ty současně podávají odprašky do navazujících zařízení. Jako tlakové uzávěry slouží nejčastěji rotační podávče, méně často dvojité klapkové uzávěry, a to jak gravitační, tak motoricky nebo pneumaticky poháněné.

V současné době se pro odsun odprašků z filtrů a odlučovačů nejčastěji používají šnekové dopravníky propojující řady jehlanových výsypek. Z jehlanových výsypek malých filtrů se odprašky také často schraňují v textilním BIG-BAGu umístěném pod rotačním podávčem filtru, případně při velmi malém výskytu v kontejneru upevněném přímo na výsypce filtru tak, že s ní tvoří celek a je vyprazdňován po naplnění ručně při odstavení filtru z provozu. V menším počtu případů se pod rotační podávče jehlanových výsypek filtrů osazují pneumatické dopravní žlaby. Dnes již velice zřídka

používaným způsobem odsunu odprašků je jejich smáčení proudem vody a splavování do odkališť po smísení s vodou ve vodních směšovačích (tzv. „čajnicích“).

Odprašky jsou na skládku či k dalšímu zpracování dopravovány ručně (v kontejnerech), drobnou mechanizací (BIG-BAGy) či mechanickou dopravou šneky či redlery. Výjimečně jsou pro dopravu používány systémy pneumatických doprav – jedná se hlavně o komorové podávče instalované pod výpadem sběrného šnekového dopravníku. Důvodem pro řídké použití pneumatického systému odsunu je především velká investiční náročnost, zahrnující nejen cenu samotného pneudopravního zařízení, ale i zdroje dopravního vzduchu.

NEVÝHODY STÁVAJÍCÍCH TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ

Rotační podávče či dvojité klapky jsou již ze svého principu netěsnými uzávěry – vnášejí vlivem tlakového spádu do výsypky a do filtru venkovní vzduch. Rotační podávče mají navíc vůli mezi statorem a rotorem a dvojité klapkové uzávěry se velice obtížně těsní v rovinné ploše listu. Tím dochází vlivem tlakového spádu k proudění zaprášeného vzduchu uzávěrem s jeho následným poškozením abrazí – to bývá v případě dopravy odprašků abrazivních materiálů značné a životnost komponentů se omezuje na týdny.

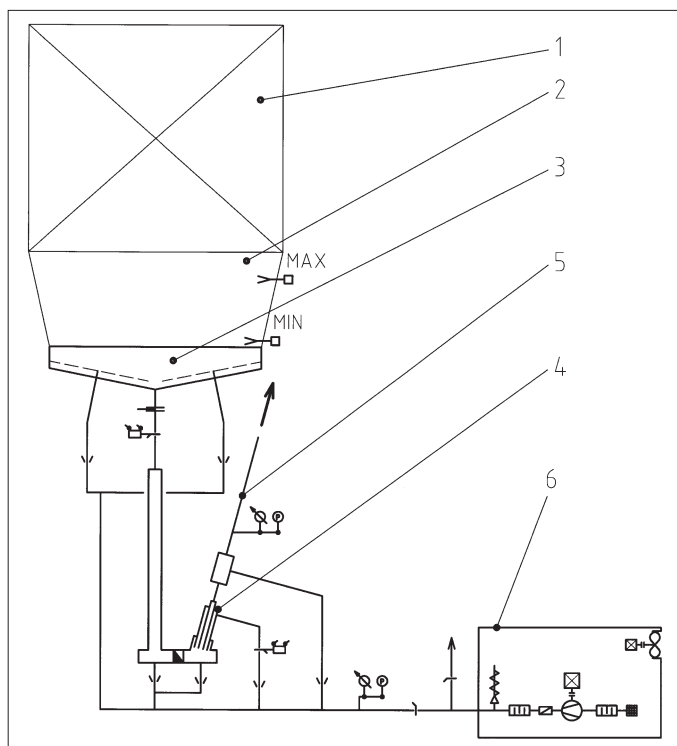
Opotřeбенí dopravovaným materiálem je velkou nevýhodou i u šnekových dopravníků. Navíc dlouhé šneky musí mít ložiska šnekovnice umístěna i uprostřed šneku, jsou tedy materiálem „omývána“. To vede i přes pravidelné mazání k velice krátké životnosti šneku a značným nákladům na údržbu.

Rotační podávče, klapkové uzávěry i šneky jsou provozovány nepřetržitě během doby provozu filtru, a to ve velmi těžkých provozních podmínkách (prašné prostředí) bez ohledu na skutečný výskyt odprašků. Ten bývá často velice rozdílný od maximálního výskytu, na který musí být systém odsunu navržen. Těžké provozní podmínky vyžadují v podstatě každodenní údržbu, zejména mazání ložisek rotačních strojů. I přes to je životnost těchto zařízení velmi krátká.

K dalším nevýhodám stávajících systémů odsunu odprašků patří velké množství pohonů. I když se jedná o elektromotory s poměrně malými příkonky, jsou tato zařízení při nepřetržitém chodu a větším počtu pohonů energeticky náročná. Poměrně složitá a nákladná je i elektroinstalace a systém MaR, zvláště při použití čidel hlídajících pohyb rotačních podávčů a šneků.

Ing. Petr Rayman, nar. 1957.

Absolvent ČVUT Praha, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí (1981). Odborná specializace: zařízení pneumatických doprav práškových materiálů. Autorizovaný inženýr, technický ředitel RAYMAN spol. s r. o., Kladno.



Obr. 1 Funkční schéma zařízení FLOW-OFF

1 – Filtř, 2 – Žlabová výsypka, 3 – Odvaděč odprašků, 4 – Průtokový podávач, 5 – Dopravní potrubí, 6 – Dmychadlo

V neposlední řadě patří k nevýhodám i časté úniky odprašků do okolního prostředí, a to jak netěsnostmi způsobenými abrazí, tak při opravách či při manipulaci s kontejnery či BIG-BAGy. Tím se zatěžuje jak životní, tak zejména pracovní prostředí.

NOVÝ ZPŮSOB ODSUNU ODPRAŠKŮ – FYZIKÁLNÍ PRINCIP

Základním fyzikálním principem, na kterém je založen nový způsob odsunu odprašků, je fluidizace materiálu. Při ní je do práškového materiálu přiváděn zdola v ploše tlakový vzduch. Při jeho dostatečném rozptýlení jsou vzduchem oddělena jednotlivá zrna materiálu. Tím se výrazně sníží jeho vnitřní tření a práškový materiál získá vlastnosti podobné vlastnostem kapaliny – mimo jiné stéká po šikmých plochách a jeho sloupec vytváří hydrostatický tlak.

Fyzikálním principem vlastní pneumatické dopravy zrnitých a práškových materiálů ve vznosu potrubím je krytí tlakových ztrát dopravované směsi materiálu a vzduchu (obecně plynu) zdrojem stlačeného vzduchu, kterým může být ventilátor, dmychadlo nebo kompresorová stanice. Tlakové ztráty jsou obecně způsobeny třením v proudícím plynu s materiálem, dále překonáním síly potřebné k udržení částic materiálu ve vznosu a překonáním sil potřebných k průběžnému urychlování plynu i materiálu po délce trasy. Další složky tlakové ztráty tvoří ztráty způsobené zdvihem plynu a materiálu a ztráty na překonání místních odporů (zejména průtok dopravované směsi oblouky).

Princip použití pneumatické dopravy s průtokovým podávčem pak spočívá v tom, že pro zadanou výkonnost dopravy a dopravní trasu lze vhodnou volbou průměru dopravního potrubí d (m) a dopravní rychlosti v (m/s) na začátku dopravní trasy dosáhnout takové výsledné tlakové ztráty dopravní trasy Δp_z (Pa), která se rovná hydrostatickému tlaku fluidizované vrstvy dopravovaného materiálu v gravitační komoře průtokového podávče Δp_h (Pa) – viz schéma podávče na obr. 1. Vrstva fluidizovaného materiálu v gravitační komoře slouží pak jako tlakový uzávěr a vzduch, použitý k pro-



Obr. 2 Zařízení pro odsun odprašků FLOW-OFF – celkový pohled

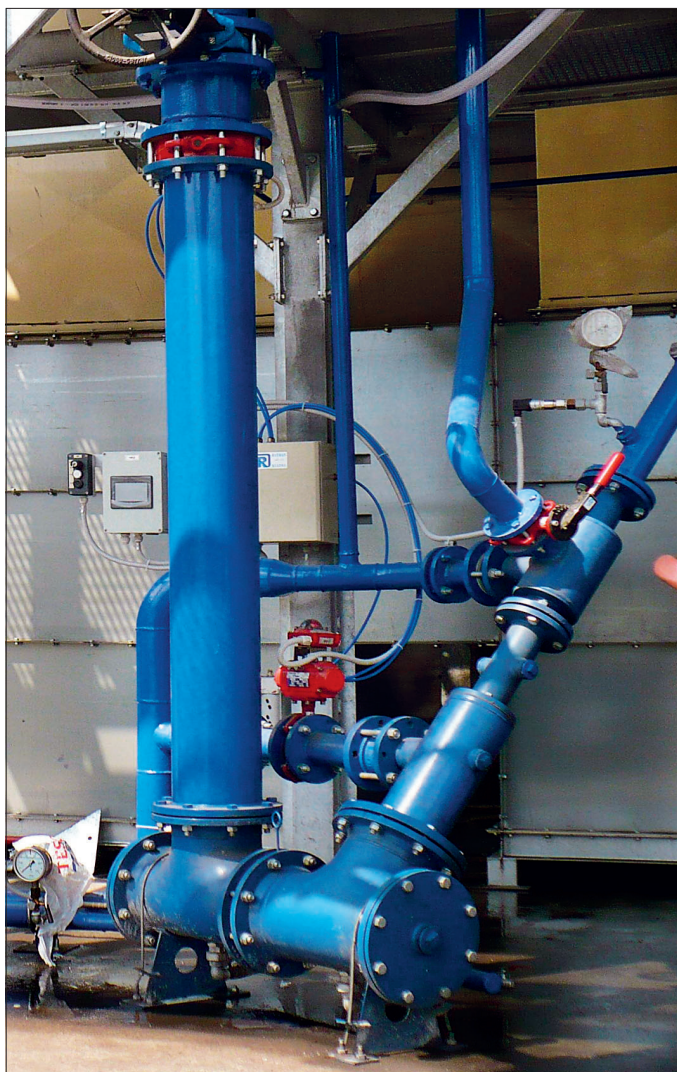
vzdušnění materiálu a přiváděný dnem tlakové komory, se využívá k vlastní dopravě potrubím. Zbývající stlačený vzduch, potřebný k dosažení požadované výkonnosti dopravy M_m [kg/s] a následně M_{vz} [kg/s], se ze zdroje stlačeného vzduchu dodává přes směšovací komoru podávče nebo část přes směšovací komoru podávče a zbývající množství přes mezikruhový potrubní kus. Vlastní rozdělení stlačeného vzduchu ze zdroje do jednotlivých částí podávče se realizuje průtokem vzduchu omezujícími Lavalovými tryskami různých průměrů.

Výhodou průtokového podávče v kombinaci s fluidním odvaděčem odprašků je využití stavební výšky mezi podlahou a výstupem z fluidního odvaděče k vytvoření hydrostatického tlaku v gravitační komoře a využití provzdušňovacího vzduchu k vlastní dopravě. S ohledem na stavební výšky, které jsou u odlučovačů v praxi k dispozici a vlastnosti použitého materiálu (zde koksový prach), lze průtokovým podávčem vytvořit hydrostatický tlak a tím i celkový tlak pro dopravu cca do 50 kPa.

Vlastní návrh pneumatické dopravy s použitím průtokového podávče tak spočívá v takové volbě parametrů pneumatické dopravy (průměr d , rychlost v), kde $\Delta p_z = \Delta p_h$. Pokud je skutečně dopravované množství materiálu menší než projektované, snižuje se celková tlaková ztráta dopravní trasy Δp_z (Pa) a následně i skutečná výška provzdušněné vrstvy materiálu v gravitační komoře.

NOVÝ ZPŮSOB ODSUNU ODPRAŠKŮ – PROVEDENÍ

S cílem odstranit výše uvedené nevýhody stávajících systémů a vyvinout provozně nenáročné zařízení byl navržen a vyvinut systém odsunu odprašků FLOW-OFF kombinující odvaděč odprašků a průtokový podávč. Funkční schéma systému již bylo uvedeno na obr. č. 1 a celkový pohled na nainstalované zařízení je uveden na obr. č. 2. Podmínkou pro použití navrženého systému je instalace žlabové výsypky filtru. Na ní je napojen odva-



Obr. 3 Průtokový podáváč

děč odprašků. Ten sestává z tělesa o délce shodné s délkou žlabové výsypky. Dno odvaděče je polokruhové (může být i ploché) a je skloněno k výstupnímu hrdlu se sklonem závislejícím na vlastnostech odprašků (nejčastěji 4 až 15 %). Výstupní hrdlo se s výhodou umísťuje do středu odvaděče, je však možno ho umístit i k jeho okraji. To je doporučené zejména u odvaděčů instalovaných na výsypky elektroodlučovačů. Centrální umístění výstupního hrdla snižuje výšku odvaděče.

Ve dně odvaděče odprašků jsou nainstalovány provzdušňovací prvky.

Na výstupní přírubu odvaděče je nainstalován ruční revizní uzávěr a v případě potřeby dálkově ovládaný materiálový uzávěr. Ten uzavírá vstup materiálu do gravitační komory navazujícího průtokového podávče.

Průtokový podáváč (obr. č. 3) dopravuje odprašky dopravním potrubím „ve vznosu“ do cílového prostoru – zásobníku nebo technologického zařízení. Doprava může probíhat v závislosti na možné výšce gravitační komory a výskytu odprašků i na vzdálenosti delší, než 100 m. Samotný průtokový podáváč sestává z gravitační komory, tlakové komory s fluidizovaným dnem, směšovače a výstroje. Podáváč neobsahuje žádné pohyblivé části přicházející do styku s dopravovaným materiálem.

Jako zdroj dopravního vzduchu lze použít dmychadlovou stanici, případně tlakovzdušnou síť. Pro většinu aplikací postačí vzhledem k omezené výšce výstupní příruby filtru nad terénem nebo podlažím dmychadlo s výtlačným přetlakem do 50 kPa. Dmychadlo může být umístěno v sousedství filtru (i ve venkovním prostředí), případně může být umístěno ve strojovně vzdálené

do několika desítek metrů. Použitím dmychala se nezatíží tlakovzdušná síť, která nebývá často pro provoz pseudopravních systémů dimenzovaná, případně neposkytuje dostatečnou rezervu. Navíc použití dmychadla jako středotlakého zdroje přináší značnou energetickou úsporu.

PROVOZ ZAŘÍZENÍ

Systém FLOW-OFF lze provozovat v závislosti na poměru výskytu odprašků a dopravní výkonnosti buď nepřetržitě nebo přerušovaně. Při nepřetržitém provozu stéká prach z výsypky filtru po provzdušňovacích prvcích do gravitační komory průtokového podávče, kterým je kontinuálně dopravován do cílového prostoru. Tento druh provozu je vhodný pro vyšší výskyt odprašků a nižší stavební výšku pro průtokový podáváč. Má menší nároky na řídicí systém, oproti tomu je více energeticky náročný a zařízení trpí větším opotřebením, než při provozu přetržitým.

Při provozním režimu přetržitým je třeba do výsypky filtru nainstalovat po dohodě s jeho výrobcem dva stavoznaky (MAX, MIN), a to s respektováním dispozice přívodního odprašovacího potrubí do filtru. Doporučuje se zhotovit více nátrubků na různých místech a stavoznaky definitivně rozmístit v rámci najížděcích prací. Odprašky se shromažďují ve výsypce filtru. Po dosažení jejich hladiny k hornímu stavoznaku se uvede zařízení do provozu, otevře se materiálový uzávěr, odprašky se provzdušní a velkou výkonností jsou dopravovány průtokovým podávčem do cílového prostoru. Po poklesu hladiny odprašků ve výsypce k minimálnímu stavoznaku se zařízení odstaví z provozu a čeká na shromáždění dostatečného množství prachu. Přetržitý provoz je vhodný pro menší výskyt odprašků, větší stavební výšku pro průtokový podáváč a kratší dopravní vzdálenosti. Má mírně vyšší nároky na řídicí systém (zapojení stavoznaků, uzávěru), oproti tomu je velice málo energeticky náročný a zařízení trpí velice malým opotřebením.

ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE

Stanovit obecně konkrétní technické údaje je velmi obtížné, neboť zařízení je možno použít pro širokou škálu aplikací, pro délky žlabových výsypky filtrů od 1 do 20 m a jejich šířky od 200 do 500 mm, pro výskyt prachu od desítek kg/h po deset i více t/h, pro dopravní vzdálenosti od jednotek po sto metrů. Zařízení je vhodné pro odprašky s teplotou do + 200 °C, ve zvláštních případech je možno ho navrhnout i pro teploty vyšší.

Obecně lze uvést, že spotřeba provzdušňovacího vzduchu pro samotný odvaděč odprašků se pohybuje od 7,5 do 11,5 m³.h⁻¹ (standardní podmínky 20 °C a 101325 Pa) na 1 m délky. Spotřeba dopravního vzduchu pro průtokový podáváč v uvedeném uspořádání pro odsun odprašků se pohybuje ve velké většině případů od 100 do 600 m³.h⁻¹ (standardní podmínky). Potřebný tlak provzdušňovacího i dopravního vzduchu bývá pro oba spotřebiče (odvaděč odprašků a průtokový podáváč) nejčastěji do 50 kPa. Protože pneumatická doprava zpravidla pracuje v energeticky výhodné oblasti, je průměrná energetická náročnost celého zařízení velice nízká a s ohledem na přerušovaný charakter dopravy se průměrně pohybuje v řádu 0,01 až 0,1 kWh.t⁻¹ dopraveného materiálu. Navíc se při takto nízkém tlaku vzduchu nejedná o tlakové zařízení ve smyslu platných zákonů a norem, takže odpadají zákonem předepsané pravidelné revize tlakových zařízení.

VÝHODY POUŽITÍ SYSTÉMU FLOW-OFF

Zařízení systému FLOW-OFF je v době svého odstavení i po dobu provozu zcela těsné. Do filtru není přisáván žádný vzduch. Množství vzduchu přivedeného fluidizací do odvaděče odprašků je velice malé, o jeden až několik řádů nižší, než je průtok vzdušný filtrem. Navíc většina fluidizační-

ho vzduchu odejde s dopravovaným materiálem do dopravního potrubí pseudopravy.

Protože zařízení neobsahuje žádné pohyblivé díly přicházející do styku s dopravovaným materiálem ani ložiska, a posuvné rychlosti materiálu jsou velmi malé, je systém FLOW-OFF velice odolný k opotřebení abrazí. Je tedy vhodný pro dopravu vysoce abrazivních materiálů, jako jsou popílky, struska, slévárenské písků a podobně.

Nároky na údržbu zařízení jsou z důvodu absence pohyblivých součástí velice malé. Provozní údržba spočívá pouze v údržbě dmychadla (výměna oleje a filtrační vložky). Zařízení se vyznačuje velmi dlouhou životností. Ta se ještě prodlužuje volbou přerušovaného provozu zařízení.

K další výhodě nového systému odsunu odprašků FLOW-OFF patří velice jednoduchá elektročást. Zde se jedná pouze o připojení jediného spotřebiče – elektromotoru dmychadla. Také systém MaR je velice jednoduchý, zpracovává pouze signály nejvýše od dvou stavoznaků, dvou uzávěrů a spouští dmychadlo.

Zařízení nevyžaduje manipulaci s práškovým materiálem v kontejnerech či BIG-BAG žocích a jejich vysypání. Je navrženo a smontováno jako těsné, nedochází tedy k úniku odprašků do okolního prostředí. Tím je chráněno životní i pracovní prostředí.

Instalovaný příkon dmychadla pro samotný odvaděč odprašků je srovnatelný s příkonem rotačních podávačů a šneků, celkový instalovaný příkon dmychadla závisí na dopravní vzdálenosti, převýšení a dopravní výkonnosti dálkové dopravy.

TECHNOLOGIE VHODNÉ PRO VYUŽITÍ SYSTÉMU

Systém odvodu odprašků z filtrů FLOW-OFF lze využít všude tam, kde se zachycují a následně odlučují prachové částice. Nasazení systému je možné na filtrech odprašujících přesypy mechanických doprav (lomů, drtírny, mlýnice), na technologických filtrech energetických, cementářských, hutních, vápenkářských, cihlářských a keramických provozů a všude tam, kde je zachytáván a odlučován polévatý prach.

Systém FLOW-OFF je vhodný pro dopravu suchých, sypkých a nelepivých prachů, které je možno fluidizovat. Je velice vhodný pro dopravu abrazivních odprašků. Protože lze snadno odstranit zdroje iniciace výbuchu, je možné ho po certifikaci oprávněnou osobou použít i pro dopravu prachů výbušných. Jako zdroj dopravního plynu je v těchto případech možno použít namísto vzduchu i dusík nebo jiný inertní plyn, pokud jsou k dispozici.

ZÁVĚR

Systém odsunu odprašků FLOW-OFF odstraňuje většinu nevýhod dosud používaných technických řešení. Po stránce investiční jsou starý i nový způsob srovnatelné. Náklady na zdroj dopravního vzduchu jsou plně vyváženy úsporami vzniklými na straně filtru (nižší výrobní cena žlabové výsypky, odpadá nutnost instalace revizních šoupátek na každé výsypce) a tím, že není nutno pořizovat rotační podávače pro každou výsypku. Další úspory vznikají na straně elektročásti a MaR. V neposlední řadě je třeba započítat podstatné snížení nákladů na provoz zařízení a jeho údržbu. O finančně obtížné vyčíslitelných úsporách na životním a pracovním prostředí nemluví.

Pro dálkovou dopravu odprašků lze samozřejmě v kombinaci s odvaděčem odprašků použít i jiné systémy pneumatické dopravy – např. komorový podávač nebo proudový podávač. Jejich použitím se však ztratí či omezí některé z výhod popsaných v tomto článku.

Zařízení pro odsun odprašků FLOW-OFF využívá moderní trendy v návrhu zařízení pneumatických doprav. Jedná se zejména o kombinaci fluidní dopravy s dopravou ve vlnosku a využití středotlaké pneumatické dopravy. Odvaděč odprašků je chráněn užitečným vzorem č. (U) CZ 17 961 U1 a některé části průtokového podávatele jsou chráněny užitečnými vzory (U) CZ 15 209 U1 a (U) CZ 15 107 U1.

Zařízení systému FLOW-OFF tvoří s filtrem jeden provozní a funkční celek. Při návrhu tohoto systému odsunu odprašků je proto třeba velice těsná spolupráce nejen s projektantem celého zařízení, ale i s konstruktérem filtru a s jeho výrobcem. Jen tak bude zařízení jako celek sloužit ke spokojenosti provozovatele po dlouhou dobu.

Kontakt na autora: petr.rayman@rayman.cz

Použité zdroje:

- [1] Hemerka, J., Teoretické základy pneumatické dopravy, Sborník přednášek semináře „Výpočty zařízení pneumatické dopravy sypkých materiálů“, Kladno, 2011
- [2] Rayman, P., Raymanová, I.: The Progressive Method of Pneumatic Conveying of Powder Bulk Materials from Silos and Hoppers of Bag Filters and Electrical Precipitators, Sborník přednášek konference CHOPS 05, Sorrento, 2006
- [3] Rayman, P., Výpočty zařízení pneumatických doprav a energetická náročnost pseudopravních zařízení, Sborník přednášek semináře „Výpočty zařízení pneumatické dopravy sypkých materiálů“, Kladno, 2011. ■



**VYTÁPĚNÍ
VĚTRÁNÍ
INSTALACE**

**Vážení přátelé,
Společnost pro techniku prostředí nabízí
2. přepracované vydání
Názvoslovného výkladového slovníku
z oboru Technika prostředí
v Č-N-A, A-Č-N, N-Č-A mutacích**

Obsahuje terminologii oborů:
Vytápění, Solární technika, Tepelné izolace, Chladicí technika, Tepelná čerpadla, Větrání, Klimatizace, Hluk a ořesy, Průmyslová vzduchotechnika, Pneumatická doprava, Čistota ovzduší, Odprašování, Hygiena, Automatická regulace, Ekonomika investic, Domovní vodovody, Plynovody, Kanalizace.

■

Slovník je možno zakoupit:

- ❑ v Prodejně technické literatury: budova NTK, Technická 6, 160 80 Praha 6 nebo si nechat zaslat dobírkou:
e-mail: homola@vc.cvut.cz – fax: 233 332 642;
- ❑ osobně v sekretariátu Společnosti pro techniku prostředí:
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1 nebo
- ❑ v redakci VVI – Fakulta strojní, 8. p., Technická 4, 166 07 Praha 6.

Cena 220 Kč vč. DPH