

Rudolf Linhart, VÚHU

Zkušenosti s využitím páry v odprašovací technice

Úvod

Intenzifikace výroby, zintenzivněné využívání přírodního bohatství, zejména zdrojů pevných paliv i moderní výkonná technologie dobývání a dopravy nezbytně zvyšují problém prašnosti i odpovědnost organizací za vliv výroby na pracovní a životní prostředí. Prach v uhelných provozech představuje stále havarijní nebezpečí vznětu, výbuchu, škod na zdraví v důsledku dlouhodobého vdechování, sníženou viditelnost, znečištění a kalorické ztráty.

Řešit problém známými prostředky současné odprašovací techniky by vyžadovalo budovat individuálně u každého prašného zdroje složitou a nákladnou odprašovací stanici a přitom by zůstal nevyřešen problém další obtížné manipulace s odloučeným prachem. Ve snaze vyrovnat tyto důsledky výroby i praktickou potřebu uhelných provozů byla vyvinuta zcela jednoduchá, lehce a nenáročně realizovatelná metoda srážení uhelného prachu mokrou párou, která ve srovnání s ostatními suchými či mokkými odprašovacími metodami nepodmiňuje obvyklé technologické zařízení, nevyžaduje doplňkovou manipulaci se zachyceným prachem, jednorázovým preventivním odprašovacím zásahem řeší primární i sekundární prašnost a odpovídá potřebám zimního i letního provozu.

Podmínkou pro průmyslové využití metody srážení uhelného prachu mokrou párou v ucelené, sypké, nelepivé a dlouhodobě nepolétavé shluky vyšší hmotnosti je bezprostřední styk páry s jednotlivými částicemi v ochlazovaném směšovacím prostředí.

Teoretické a experimentální práce

Protože výsledky pouze z provozních měření nedávaly dostatečné podklady pro jejich zobecnění, byly doplňovány řadou pokusů v modelovém odlučovacím zařízení se suchým prachem a stejný postup byl zopakován s přidavkem různých množství mokré vodní páry. Výsledky experimentů byly konfrontovány s teoretickým výpočtem celkové odlučivosti. Vývojově byly tyto práce zaměřeny na stanovení optimálního přidavku do

prašné směsi a vliv rozměru usazovací komory na účinnost odprášení. Ze získaných výsledků byly vypracovány obecně platné závěry pro požadované dimenze a parametry provozních zařízení.

1) Odlučování tuhých částic sedimentací

Teoretické práce byly zaměřeny na zjištění:

a/ frakční odlučivosti modelového zařízení včetně bilance hmotnosti jednotlivých veličin odlučivosti,

b/ celkové odlučivosti $\eta = 69,19$. Z opakovaných měření byla určena střední hodnota odlučivosti (jako vážený průměr $\eta = 78,19 \%$).

Porovnání teoretického výpočtu s výsledky měření - teoretické řešení vykazovalo odlučovací účinnost zhruba o 11 % nižší než naměřené proto, že do výpočtu odlučivosti byla brána i část prachu usazeného na stěnách komory. Výsledky obou postupů řešení byly uvedeny do souladu opravným součinitelem $\varepsilon < 1$ ($\varepsilon = 0,884$). Bylo použito prachu z dolu Klement Gottwald Hrdlovka o měrné hmotnosti $\rho_t = 1547 \text{ kg.m}^{-3}$.

2) Odlučování zkoagulovaných částic sedimentací

Odlučovací proces předpokládá koagulaci prachových částic vlivem kondenzace vodní páry na mezi skupenské přeměny. Zmíněný předpoklad byl potvrzen experimentálními pracemi. Byla provedena sedimentace zkoagulovaných částic se zaměřením na zjištění součinitele koagulace.

Způsob měření celkové odlučivosti při použití vodní páry vyplývá ze schématu zkušebního modelového zařízení (obr. č. 1).

Popis zkušebního zařízení

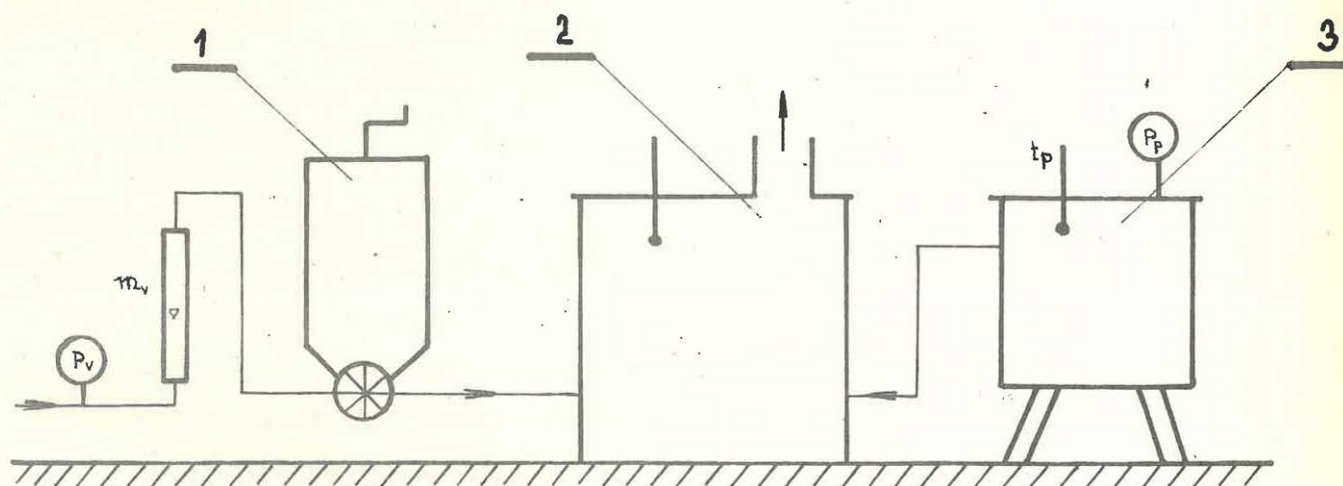
Z rozvodné sítě je tlakový vzduch přiváděn přes měřič množství do rotačního podavače prachu (1), jehož výkon je možno regulovat nastavitelným počtem otáček. Tímto zařízením je do proudu vzduchu přiváděno známé množství prachu a vzniklá směs je vedena do sedimentační komory (2) opatřené únikovým otvorem. Současně je do komory přiváděna vodní pára na mezi sytosti z vyvíječe (3). Množství páry je měřeno z rozdílu výšky hladiny vody ve vyvíječi na počátku a konci měření.

Výsledky provedených měření a zjištěná závislost měření celkové odlučivosti na poměru hmotností páry G_p k hmotnosti uhelného prachu G_t

potvrdily, že působením páry dochází ke koagulaci prachových částic, a tím ke zvýšení sedimentační rychlosti.

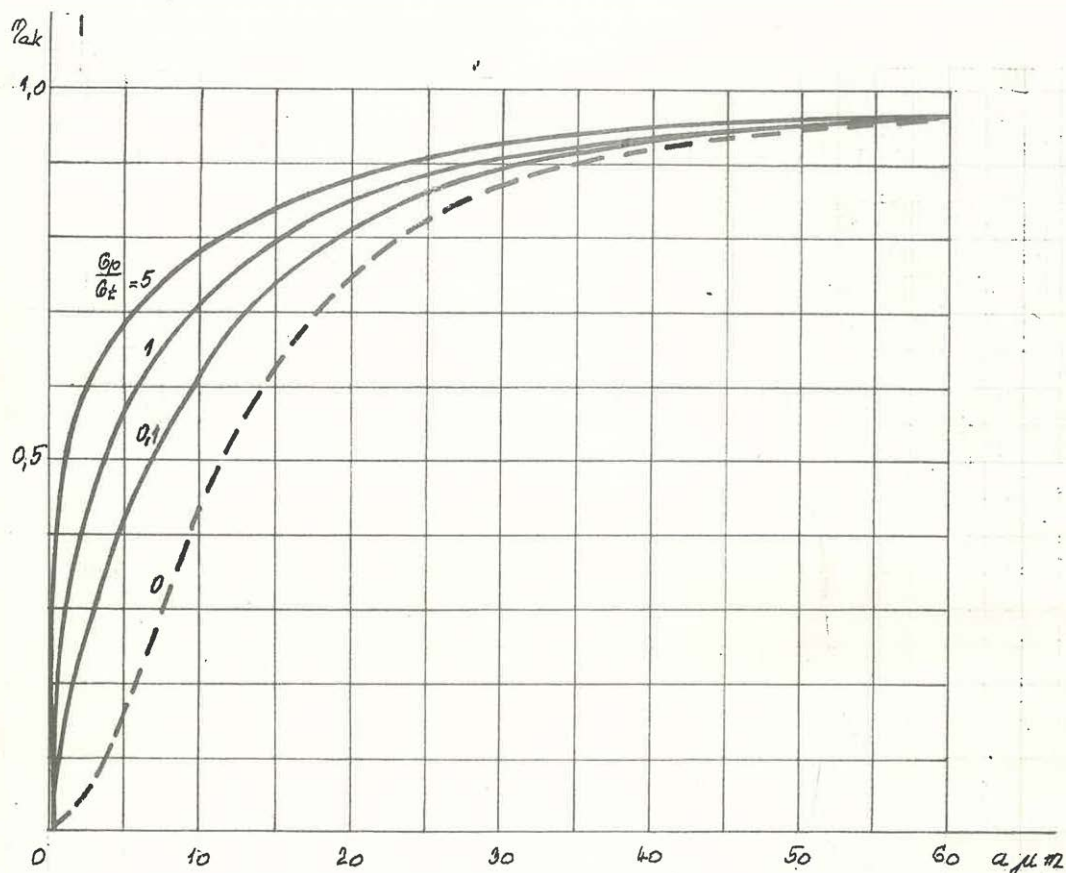
Zjištěné výsledky celkové a frakční odlučivosti v modelovém zařízení sloužily jako podklad pro teoretické stanovení frakční odlučivosti zkoagulovaných částic v závislosti na množství přiváděné páry G_p v kg.s^{-1} k množství přiváděných prachových částic G_t v kg.s^{-1} do velikosti částic $100 \mu\text{m}$. Závislost pro různé poměry G_p/G_t je vynesena v diagramu (obr. č. 2), kde jsou plně vytaženy křivky udávající průběhy frakčních odlučivostí při různých množstvích přiváděné páry. Čárkovane znázorněná křivka značí průběh frakční odlučivosti při čisté sedimentaci - bez působení páry.

Je zřejmé, že vlivem přiváděné páry dochází ke zvýšení odlučivosti zvláště u velmi jemných částic (zhruba do průměru $10 - 15 \mu\text{m}$). Například u částic o průměru $5 \mu\text{m}$ se přívodem páry v poměru $G_p/G_t = 0,1$ zvýší odlučivost z asi 16 % na 41 % a podobně. U větších částic již není zvýšení tak výrazné, což je důvodem poměrně malého zvýšení celkové odlučivosti.



- 1 - rotační podavač prachu
- 2 - sedimentační komora s únikovým otvorem
- 3 - vyvíječ páry (autokláv)

Obr. č. 1 - Schéma laboratorního odlučovacího zařízení



Obr. č. 2 - Frakční odlučivost částic v závislosti na množství přiváděné páry G v kg.s^{-1}

Z uvedených skutečností vyplývá, že pojednávaná metoda odprašení je vhodná tam, kde je nutno jednoduchým způsobem odstranit velmi jemné částice z ovzduší, a tím zlepšit pracovní prostředí. K nejrychlejšímu růstu celkové odlučivosti dochází při poměrně malých hodnotách G_p/G_t , zatímco jeho další zvyšování způsobuje již jen malé zvýšení odlučivosti. Lze soudit, že optimální množství přiváděné páry se bude pohybovat v rozmezí hodnot

$$\frac{G_p}{G_t} = 0,1 \text{ až } 0,5$$

Provozní praxe

Provozní ověřování způsobu odprašování pomocí páry probíhá současně s teoretickými pracemi a modelovými zkouškami, jimiž jsou doplňovány. Ve spolupráci s pracovníky zainteresovaných provozů, zájmových a

projekčních organizací jsou v provozním měřítku ověřovány další varianty odprašování s cílem zajistit jejich provozem optimální efekt. V současné době se možnost použití páry ověřuje:

1) K čištění prachovzdušné směsi

Odprašovací účinnost filtru mokré páry byla ověřována ve skladovacím zásobníku usazovací nádrže opatřené únikovým otvorem v horní stěně na straně protilehlé přívodu páry a prachovzdušné směsi. K vyčištění intenzivně rozvířené prachovzdušné směsi se stupňovaným obsahem prachu bylo třeba 1 kg mokré páry na 100 m³ prachovzdušné směsi.

Při vhodně zvolené směsové době prachovzdušné směsi a páry z únikového otvoru vycházel prakticky jen podíl nekondenzované čisté páry s objemovým přebytkem vyčištěného vzduchu a na dno komory sedimentoval zachycený zkoagulovaný prach nepolétavé konzistence, který vzhledem k tomu, že byla vystavena nepřetržité kondenzaci, byla kašovitá.

Celková účinnost odprašení byla měřena na výstupu párovzdušné směsi jednostupňovou aparaturou používanou běžně k měření prachovzdušných úletů - doplněnou odběrovou trubicí z chemického skla, jejíž část před vstupem do měřicího přístroje byla přehřívána, aby pára nezahltila elektrostatické filtry. Účinnost odprašování neklesla pod 99 % i při několikanásobném překročení běžné provozní prašnosti.

Provozně několikrát ověřená varianta potvrdila schopnost filtru mokré páry pružně reagovat na provozní výkyvy prašnosti. Umožňuje jeho využití tam, kde se používá zařízení komorového typu, například kryté přesypy, skluzy, drtiče. Dalšího uplatnění může nalézt jako zařízení k cyklonovým odlučovačům, kde vzniká vyšší úlet, zejména jemných prachových podílů do okolí.

Pro praxi vyplývá, že problém kašovité konzistence zachyceného prachového sedimentu lze řešit otevřeným zkoseným dnem odprašovací komory směřující k odtahovému pásu, který sediment vzápětí po jeho koagulaci a sedimentaci začlení mezi uhelnou směs. Výpočet optimalizace potřeby páry a rozměrů komory vyžaduje znalost průřezů potrubí, kubatury přiváděné prachovzdušné směsi, průměrnou maximální koncentraci prachu v odsávané vzdušnině - případně při preventivním odprašování sypké uhelné směsi, znalost kapacity přepravované, či upravované uhelné směsi a procentuální podíl prachu schopného za určitých klimatických podmínek vznosu.

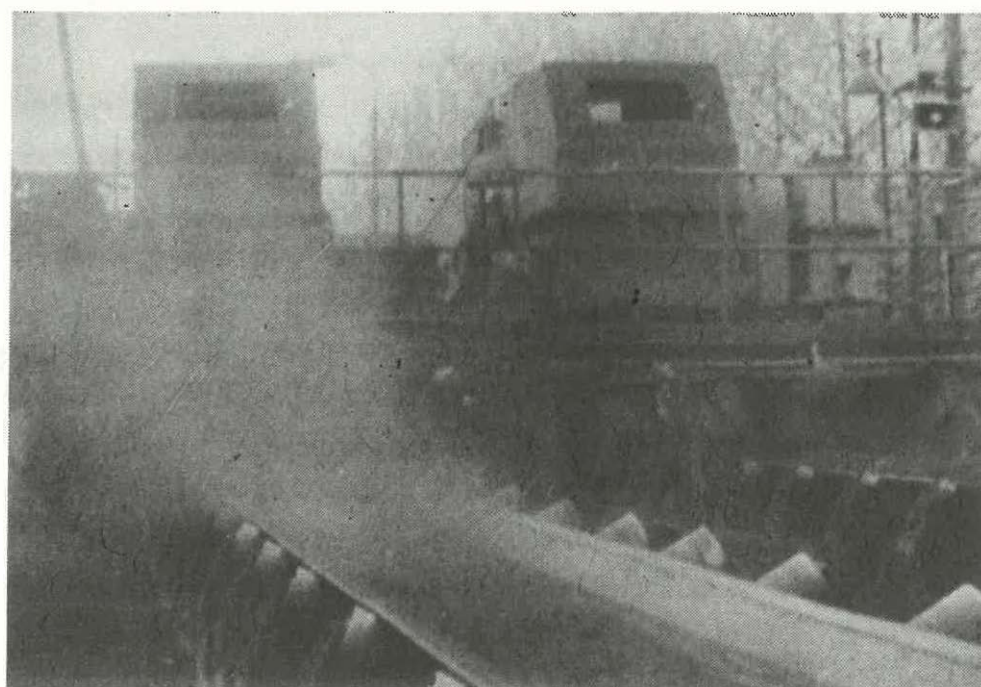
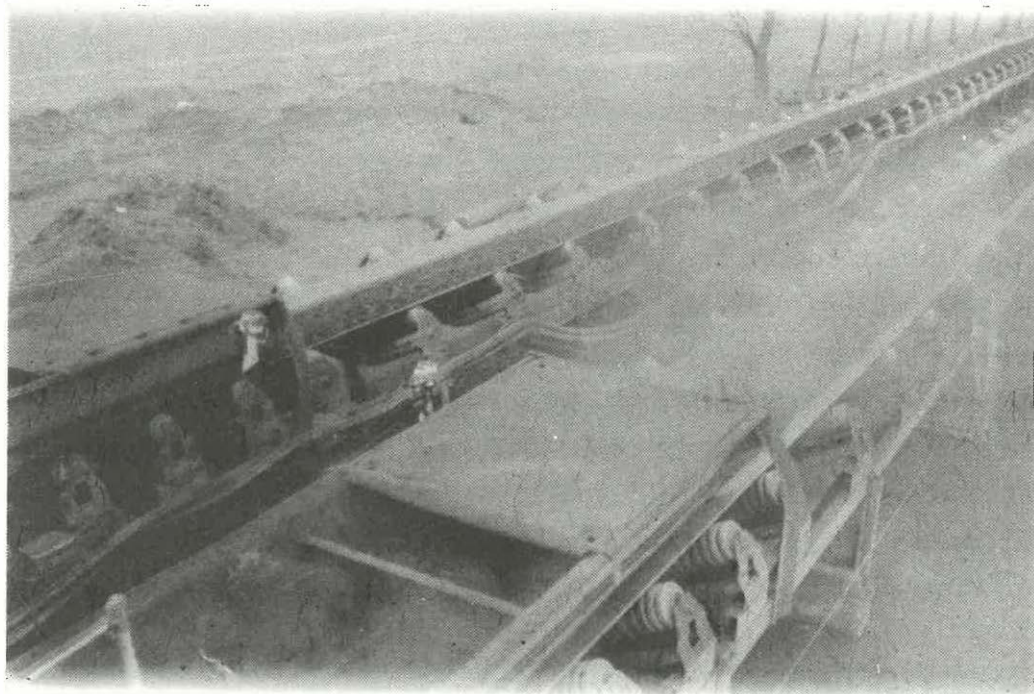
2) Preventivní odprašení uhelné směsi při drcení

Současná technologie zpracování uhlí v drtírnách směřuje k úpravě velkého množství převážně energetického uhlí v kladivových drtičích Přerovských strojíren. Jsou velmi výkonné, provozně spolehlivé a zaručují maximální časové využití. Prašnost na výstupu z drtiče je způsobena technologií drcení a ventilačními účinky vstupující uhelné směsi a rychle se otáčejícího rotoru. Materiál padá do pracovního prostoru, je tříštěn nárazy kladiv unášených rychle se otáčejícím rotorem, částečně podrcen, vrhán kladivy proti válcům, kde se dále zdobňuje a odráží zpět do drtičího prostoru. Celý proces se opakuje, až uhelná směs v žádané velikosti zrna propadne výpustní šterbinou prudce na odtahový pás.

Technologie drcení i konstrukčního uspořádání drtiče odpovídá požadavkům kladeným na odprašovací komory. Návrh využití autorizované odprašovací techniky v kladivových drtičích byl projednán a odsouhlasen výrobcem Přerovské strojírny. K provozním zkouškám, jichž se spoluúčastnil, poskytl technickou dokumentaci ventilačních účinků aj.

Jako první byl v drtírně SHR vyzkoušen kladivový drtič bez předtřídiče typu 1137, o výkonu 1000 t.h^{-1} , který drtil energetické palivo na zrno do 20 mm. Pára o teplotě 130°C a tlaku 0,3 MPa, v množství 1 t na 1000 t uhelné směsi, byla do drtiče přiváděna zdola výsypným prostorem, tj. proti postupu uhelné směsi drtičem. Pohybová energie páry byla zrychlena tryskou zužující se v délce 50 mm z $\varnothing 40$ na 35 mm. Proud páry, časově nezávislý na rychlosti průtoku drcené uhelné směsi drtičem (1000 t.h^{-1}), sráží jemný prach v ucelené aglomeráty sypké, nelepivé a nepolétavé konzistence, které spolu s podrceným materiálem odcházejí z drtiče.

Zjevný účinek odprašení bylo možno sledovat ihned po zapojení páry do drtiče na výstupu uhlí z drtiče i na následných přesypech dopravní pásové linky v délce 1200 m a srovnávat s neodprašeným sousedním drtičem a souběžnou pásovou linkou stejné kapacity. Bylo docíleno odprašení drtiče a vytvořením nepolétavých aglomerátů je umožněna bezprašná další doprava po určité období. Provozní zkoušky, jež zhlédla celá řada zainteresovaných pracovníků byly několikrát opakovány, vizuální efekt zachycen fotodokumentací (obr. č. 3) a prašnost i účinnost



Obr. č. 3 - Párou odprášená a neodprášená pásová linka s přesypy

odprašení změřena sedimentační metodou dle směrnice SHR č. 6/61. Úroveň prašnosti a její pokles vlivem zásahu páry byly doplněny meteorologickými údaji. Byl proveden zrnitostní rozbor drčeného uhlí za sucha i za mokra dle normy ČSN 1340 a zjištěn procentuální podíl prachu pod $100 \mu\text{m}$ v rozmezí 1,4 až 1,7 %.

Prašnost drtiče a pásové linky v délce 1200 m při váhovém poměru páry k uhelné směsi 1:1000 se výrazně zmenšila. Došlo zároveň i k výraznému poklesu prašnosti dopravovaného uhlí na přesypech mezi pásovémi dopravníky. Celkový obsah vody podrcené uhelné směsi se vlivem odprašovacího zásahu párou zvýšil jen zcela nepatrně v rozmezí asi deseti procenta, což odpovídá použitému poměru páry v uhelné směsi $G_p/G_t = 0,1$. Vnitřní prostor drtiče byl i při použití páry čistý, nezmokřený a jílovitý podíl uhelné směsi se nikde nezalepoval.

Ekonomické hodnocení přínosu je značně složité. Informativně se vychází z možnosti získání uhelného letku, který je jinak rozprašen do okolí. V závislosti na zrnitostní charakteristice, povětrnostních vlivech a na dalších činitelích může při celoročním provozu drtiče výkonnosti 1000 t.h^{-1} , umístěného v pásové lince s větším počtem přesypů, vzniknout hospodářský přínos okolo jednoho miliónu Kčs.

3) Preventivní odprašení uhelné směsi při třídění a přesypech pásových dopravníků

Provozně bylo zavedeno preventivní odprašení uhelné směsi ve válcovém třídíči umístěném v místě vstupu těženého uhlí do třídírny dolu Ležáky Most. Topná pára z vlastní kotelny o teplotě 130°C , tlaku $0,4 \text{ MPa}$ je do válcového třídíče vedena $3/4"$ trubkou, na níž navazuje pryžová tlaková parní hadice s perforovanou koncovou trubkou. Bylo odzkoušeno různé směřování páry proti postupu uhelné směsi při třídění na válcovém třídíči.

Účinnost odprašení dosud změřena nebyla, projevuje se však dle názorů pracovníků třídírny v prodlouženém intervalu úklidu. Tento způsob odprašování je na dole Ležáky zatím využíván jen sezónně pro nedostatek páry v zimním období. Vzhledem k tomu, že v letním období uhelná směs více práší, má sezónní využití této odprašovací techniky své opodstatnění. V letním období má třídírna v programu zavést odprašení

uhelné směsi rovněž při jejím drcení v dvouválcovém drtiči s protinožem a u předtřídiče.

Odprašení uhelné směsi při jejím přesypu z jednoho na druhý pásový dopravník je provozně ověřováno v zauhlovacím prostoru teplárny a elektrárny CHEZA v krytých přesypech o výsypné výšce cca 3 m. Je ověřována koagulační účinnost páry o tlaku 0,25 MPa a 0,9 MPa. Po zavedení páry se zlepšilo pracovní prostředí.

Rovněž na dole Kohinoor je ověřováno odprašení těžného uhlí na přesypu z podávacího článkového dopravníku na kolmo navazující pásový dopravník. V řešení je ověřována možnost použití páry při srážení uhelného prachu při hlubinné důlní činnosti. Pro tento účel by byl použit samostatný elektrický vyvíječ páry.

V současné době je posuzována možnost uplatnění páry pro preventivní odprašení větších kvant těžného uhlí před vlastní dálkovou pásovou dopravou. V souvislosti jsou zkoumány technické varianty řešení, zejména z hlediska umístění trysek do proudu těživa.

4) Preventivní odprašení uhelné směsi při vyhrnování ze zásobníku na pás

Zavedení páry k odprašení uhlí během vyhrnování ze šterbinových zásobníků si klade za cíl zneškodnit již na samém počátku zpracování uhlí podstatnou část uhelného letku. V tomto záměru je zdůrazněn preventivní charakter odprašovacího zásahu, který se projevuje při další dopravě, meziskladování a zpracování uhlí.

V technologickém procesu je uhelná směs ze šterbinového zásobníku uvolňována vyhrnovacím vozíkem, jehož pracovním ústrojím je lopatkové kolo zasazené v šterbině zásobníku. Vyhrnovací vozík pojíždí podél šterbiny zásobníku. Cyklus vyhrnování a přesyp uhlí na sběrný dopravník je prašný. Je vhodný pro preventivní odprašení uhelné zásoby mokrou párou.

Topná pára ve stanoveném poměru G_p/G_t je k vyhrnovacímu vozíku přiváděna zavěšenou tepelně izolovanou pryžovou tlakovou hadicí a u vyhrnovače rozvětvena a směřována proti posuvu volně vyhrnované uhelné směsi i proti volnému přesypu s výběhového stolu na pás tak, aby beze zbytků kondenzovala na uhelné směsi, to je převážně na jemném uhelném

prachu, který má o několik řádů větší povrch, než hruboprach a kusová drť a byl tím současně zachován přehled cyklu vyhrnování i přesypu na pás. V současné době je tento pokus připravován v AZNP Mladá Boleslav, elektrárně Trmice a teplárně Chomutov.

Závěr

Z teoretických a praktických výsledků se zaváděním páry při odprašování uhlí vyplývá, že metoda srážení uhelného prachu párou je vhodná tam, kde se musí jednoduchým způsobem odstranit velmi jemné respira-
bilní částice, jež jsou v ovzduší pro zdraví a bezpečnost práce nejrizikovější.

Recenzoval: Ing. Oldřich Hodek

S h r n u t í

Zkušenosti s využitím páry v odprašovací technice

V článku jsou uvedeny výsledky teoretických a experimentálních prací provedených za účelem stanovení optimálních parametrů při uplatňování mokré vodní páry při odprašování uhlí. Jsou naznačeny příklady a uvedeny výsledky z praktického použití páry v různých situacích uhelných provozů.

Р е з ю м е

Опыт применения водяного пара в технике борьбы с пыленностью

В статье даны итоги теоретических и экспериментальных работ направленных на выявление оптимальных параметров применения влажного водяного пара при обеспыливании углей. Приводятся примеры и результаты разных способов практического применения пара в угольном производстве.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Erfahrungen mit der Anwendung des Dampfes bei der Entstaubung

Im Artikel werden die Ergebnisse theoretischer und experimenteller Arbeiten zusammengefasst, welche zur Bestimmung optimaler Parameter für die Anwendung von Nassdampf bei der Kohlenentstaubung durchgeführt wurden. Ferner werden Möglichkeiten der Anwendung und Ergebnisse der praktischen Anwendung des Dampfes in verschiedenen Situationen der Kohlenbetriebe angeführt.