

Ing. Josef V a l e š, VÚHU

Automatická kontrola kvality paliva v SHR

1. Úvod

Zajišťování jakosti paliva se v současné době (v převážné většině závodů) provádí periodickými nebo průběžnými odběry vzorků s následným laboratorním (analytickým) vyhodnocením v souladu s normami ČSN.

Dosavadní způsoby zajišťování kvality paliva klasickou cestou jsou pracné, diskontinuální (nespojité), časově náročné a přesné. Tyto metody jsou rozhodující v odběratelsko-dodavatelských vztazích.

Realizované procesy při těžbě uhelných zásob probíhají kontinuálně (spojitě) a navazují na sebe - těžba, doprava, úprava. Pro komplexní operativní řízení jsou proto požadovány údaje o kvalitě materiálu, které splňují následující požadavky:

- nižší přesnost (oproti stanovení klasickému)
- vyšší frekvence (četnost stanovení)
- minimální čas stanovení analýzy
- získání údajů, co nejbližší u místa těžby

S ohledem na obtížné provozní podmínky (klimatické vlivy, prašnost, otřesy, nepřetržitost provozu, životnost ap.) není řešena automatická kontrola jakosti paliva tak, aby vyhovovala současným požadavkům.

Pro automatickou kontrolu kvality uhlí (těžné, drcené, topné směsi, finální upravené druhy) s přihlédnutím k faktorům ovlivňujícím stanovení se jako obecně vhodné jeví metody interakční analýzy (jaderné radioaktivní záření).

2. Radiometrické metody - obecně

Stanovení popelnatosti paliva pro technologické účely znamená určit sumární obsah kyslíčnicků (Al, Fe, Si, Ca, Mg, K, Na, Mn, P a ostatních složek). Obsah popelovin v hnědém uhlí (dobývané druhy Po,

Pb, K) je značně variabilní, kolísá v širokých mezích od 3 % (popelovina vlastní, vnitřní), do 55 % (popelovina vnější, cizí).

Radiometrické stanovení obsahu popela v palivu lze dělit podle druhu použitého záření (beta, gama) a způsobu měření do následujících metod, založených na různých principech:

- absorpce beta, gama záření
- odraz beta, gama záření
- rentgenová a rentgenofluorescenční analýza
- aktivací analýza
- kombinované metody

Některé z těchto metod jsou vhodné pro laboratorní (diskontinuální) stanovení, jiné se dají použít pro kontinuální měření popelnatosti.

Z metod, které se používají, nebo se v nejbližší době budou používat pro kontinuální měření popelnatosti, se nejvíce uplatňuje absorpce a rozptyl beta nebo gama záření.

Metody beta - jsou založeny na měření integrálního nebo diferencovaného spektra rozptýleného záření beta horninou od jakéhokoli zdroje beta záření.

Při vzájemném působení elektronů s ozařovanou látkou probíhají následující procesy:

- rozptyl na jádrech
- rozptyl na elektronových obalech atomů a zbrzdění v poli jádra.

Všechny zákonitosti, charakterizující zpětný rozptyl záření, jsou odvozeny z hlediska vícenásobného rozptylu částic beta. Zpětný rozptyl závisí na maximální energii spektra beta, struktuře a chemickém složení materiálu.

Metody gama - při průchodu radioaktivního záření hmotou dochází ke vzájemné interakci. Při interakci gama záření se uplatňují tři základní jevy:

- fotoefekt
- Comptonův jev

- tvorba elektron-pozitronových párů

Každý z těchto procesů je určitým způsobem závislý na atomovém čísle Z interagující hmoty a energii použitých fotonů. Pro prvky existují určité intervaly energie, ve kterých se jeden z výše uvedených procesů uplatňuje jako hlavní a převládající.

Fotoefekt - při tomto jevu foton odevzdá veškerou energii některému z obalových elektronů.

Comptonův rozptyl - je proces, při kterém nastává rozptyl dopadajících fotonů na volných elektronech interagující hmoty. Obalové elektrony jsou považovány za volné.

Tvorba párů - je jev, kdy při interakci fotonů s hmotou za přítomnosti Coulombova pole jádra nebo elektronu dojde ke vzniku páru.

V energetické oblasti, kde je hlavním efektem Comptonův rozptyl (střední energie) je hmotový absorpční koeficient nezávislý na atomovém čísle Z tj. na chemickém složení prozařované hmoty.

3. Automatická kontrola kvality uhlí v SHR (současný stav)

Radiometrických kontinuálních metod je využíváno v SHR na Úpravně uhlí v Ledvicích a dole Šmeral, n.p. Doly Ležáky Most.

3.1. Úpravna uhlí Ledvice

Automatická kontrolní linka je umístěna v předávací věži úpravny, kde se převádí kotlové uhlí z objektů úpravny na zahřívací pásy elektrárny. (obr. č.1)

Kontrolní linka je tvořena:

- automatickým vzorkovačem
- odběrovými šikmými pásy
- podávacím pásem
- kladivovým mlýnem
- násypkou s kalhotovou výpustí

- měřicím pásem
- rovnacími válečky
- hladicími válečky
- sondou s beta zářičem
- vyhodnocovacím zařízením
- zásobníkem vzorku
- vynášecím pásem
- reverzním pásem

3.1.1. Stručný popis práce automatické linky

Z přírodních pojízdných pásů kotlového uhlí (zrnitost 0 - 30 mm) je automatickým vzorkovačem odebírán v intervalu cca 30 s dílčí vzorek (cca 15 kg). Pomocí odběrového a podávacího pásu je dopraven do kladičkového mlýnu, kde je rozdrčen na zrnitost 0 - 8 mm (8 mm max. velikost chybného zrna). Upravený vzorek je veden přes násypku s kalhotovou výpustí na měřicí pás, kde je povrch vzorku srovnán rovnacím válečkem a hladicím válečkem urovnán do konstantní geometrie měření. Takto urovnaný vzorek prochází pod měřicí sondou rychlostí $v = 0,036 \text{ m.s}^{-1}$. Po proměření je vzorek dopravován do zásobníku vzorku a pomocí vynášecího a reverzního pásu přidáván zpět do topné směsi na zahřívacích páslech elektrárny.

3.1.2. Všeobecný popis analyzátoru

Radiometrický analyzátor pracuje na principu odrazu beta záření od měřené látky (uhlí) a skládá se z:

- měřicí sondy MNS - 301 (GM trubice STS-5, 3 zářiče Sr^{90} , Y^{90} , aktivity cca 650 mCi)
- vyhodnocovací jednotky MPC - 101

Radiometrický analyzátor vybavený beta zářičem (dle sdělení provozatelů ÚUL) již není pro vyráběnou topnou směs dostatečně vhodným zařízením. Důvod spočívá ve vysoké citlivosti sondy na střední atomové směsi. V současnosti a zřejmě ani v budoucnosti nelze uvažovat s homogenizací vstupních uhlí, která by zohledňovala tyto nároky měřicí sondy.

Odlišnost středního atomového čísla topných směsí (při jejich stejném obsahu popela) např. tvořených převážně ze vstupního uhlí závalového charakteru (Pc + hlušiny) a uhlí Pb rostlého, zapříčiňují objektivní rozdíl v nadměrném obsahu popela A^d cca 5-8 % ($200 - 350 \text{ kcal.kg}^{-1}$).

Tato negativní vlastnost beta analyzátorů je potlačena v systémech založených na průchodu (absorpci) gama záření proměřovanou látkou.

3.2. Lom Šmeral

Obdobná automatická linka je zabudována v místě křížení pásových dopravníků v blízkosti nakládacího místa ČSD na dole Šmeral. Pracuje velmi spolehlivě s přesností ± 2 % popelnatosti.

V současné době dochází k postupné realizaci automatické kontrolní linky III. generace. Tato linka bude mít vzorkování shodné, jako bylo u předcházejícího typu. Mletí vzorku se bude provádět pomocí válcového mlýnku (0 - 6 mm). Drcený materiál bude procházet měřícím páskem, kde bude indikována vlhkost (dosud není rozhodnuto o typu vlhkoměru), po proměření vlhkosti se materiál shromáždí v měřícím zásobníku popeloměru s radiometrickým hlídačem hladiny. Po naplnění tubu měřícího zásobníku dojde k proměřování popelnatosti. Zásobník je čtvercového průřezu o hraně cca 30 cm. Samotné měření bude realizováno ve dvou na sobě kolmých směrech, a to dvěma zářiči Cs^{137} a Am^{241} . Měření je zde založeno na absorpci (snížení intenzity) gama záření měřenou uhlíkovou hmotou. Proměřený vzorek bude vrácen do topné směsi.

V tomto období bude linka III. generace uváděna do zkušebního provozu (únor 1979). Podle posledních informací se nejslabším místem měřící linky jeví použití válcového mlýnku, který bude nutno vyměnit za vhodnější typ. Úpravu si také vyžádá měřící zásobník. Celá linka je doplněna výpočetní jednotkou, která bude zpracovávat naměřené veličiny a upravovat je podle platných regresních vztahů. Po proměření a odzkoušení bude linka předána (první pololetí 1979) do užívání.

3.3. Poznámky

Uvedené způsoby automatické kontroly jsou z hlediska prováděných měření kontinuální. Jejich realizace vyžaduje pomocná zařízení mecha-

nického rázu (dopravní pásy, mlýnky, urovnávání), a ty nezřídka bývají zdrojem poruch. Zde je nutno upozornit i na poměrně značný obestavěný prostor a údržbu zařízení.

4.0. Radiometrické rozdružování uhlí od hlušiny

V současné době se v úpravárnách zbavuje uhlí volně přimíšených hlušin (kamene) ručním přebíráním na pásech v prašném a hygienicky nevyhovujícím prostředí, nebo se rozdružuje v těžkých kapalinách (suspenze magnetitové, barytové ap.).

Ruční přebírání je prací namáhavou, která váže značný počet pracovníků a účinnost je nízká.

Problém suchého rozdružování byl řešen jak v zemích socialistického tábora, tak i v zemích kapitalistických. Úspěšné řešení by znamenalo značné úspory pro národní hospodářství všech států. Byly sestaveny různé typy přístrojů, které byly v zahraničí poloprovozně i provozně zkoušeny:

- separátor uhlí a kamene - Institut gorjučich iskopajemych AN SSSR Moskva 1959. Toto zařízení využívá gama záření a je dvoukanálové. Maximální velikost zpracovávaného zrna je 150 mm. Zdrojem záření byl Se^{75} (1,5 mCi), detektor - scintalační NaJ (Tl), zesilovač;
- radiometr. rozdružovač - Institut gornovo děla AN SSSR Moskva 1960. Využívá gama záření. Zdroj je umístěn pod dopravníkem, na němž se pohybuje uhlí. V dopravníku jsou obdélníkové otvory kryté klapkami, ovládané pomocí reléového systému;
- v Anglii (1955), 1962 se sledovalo rozdružování uhlí od jaloviny na základě zpětného gama rozptylu. Zdrojem záření bylo Tm^{170} .

Obecný vývojový trend radiometrických rozdružovačů směřuje k suchému automatickému rozdružování přímo na dopravnících s dostatečným výkonem.

4.1. Palivový kombinát A. Zápotockého k.p. Ústí nad Labem

V první polovině roku 1977 byla zpracována výkresová dokumentace radiometrického rozdružovače (tříkanálový), který má sloužit k oddělení volných hlušín v uhlí na třídírně DAZ a omezit výpadky drtiče a tím i celé technologické linky.

4.2. Stručný popis sestavy radiometrického rozdružovače a orientační výkonové parametry

Rozdružovací linka je sestavena:

- nakládací dopravník
- třídič (obvodová rychlost roštnic $0,6 \text{ m.s}^{-1}$)
- sběrný dopravník (šíře 1200 mm, rychlost $0,6 \text{ m.s}^{-1}$, tři kanály)
- skluzu
- podavač (obvod. rychlost $0,6 \text{ m.s}^{-1}$, 16,3 ot/min)
- radiometrický rozdružovač (obvod. rychlost $0,6 \text{ m.s}^{-1}$, 5,7 ot/min)

Výkon linky radiometrického rozdružovače je navržen pro zrnitostní složení rozdružovaného uhlí 80 - 500 mm, činí 140 t/hod, rozdružování má probíhat ve třech samostatných kanálech. Má být použita měřicí sonda MSG 506 (výrobce Tesla Liberec).

4.3. Technický popis hlavních částí radiometrického rozdružovače

Rozdružovač je sestaven ze dvou hlavních dílů, a to ze stabilního segmentu a otočného tělesa. Otočné těleso je uloženo souose (na společné hřídeli) se stabilním segmentem a otáčí se kolem něho.

Rozdružovač je řešen jako samostatný stroj s vlastní pohonnou jednotkou a rámem, který je možno upevnit na nosníky. Mechanické zajištění proti destrukci je provedeno pojistnou spojkou se střížnými kolíky, které je na opačné straně pohonu.

Stabilní segment:

- je po obvodě (mimo spodní části) opatřen pláštěm, který tvoří dna

příhrádek otočného tělesa. Pro každou řadu příhrádek jsou v levé části pláště šterbiny pro průchod beta záření z měřicí sondy. V horní části jsou otvory pro desky klapek, které mohou být ovládány eldry (nebo el. magnety, pneumaticky i hydraulicky). Pod klapkami je skluz pro odvod rozdružené hlušiny.

Otočné těleso:

- je tvořeno mezikružímí a prostor mezi jednotlivými mezikružímí je po obvodě dělen příčnými unašeči, tak že vzniká řada jednotlivých (oddělených) komůrek pro jednotlivá zrna. Vstup nutné přívodní instalace (sonda, pohon, klapky) je do vnitřního prostoru rozdružovače řešen přes dutý čep (hřídel).

4.4. Popis funkce radiometrického rozdružovače (popis ve směru toku materiálu)

Navrhovaná linka je složena z třídiče, který roztrídí vstupní zrno do třech zrnitostních tříd:

80 - 160 mm
160 - 280 mm
280 - 500 mm

Vytríděný materiál padá do tvarových násypek a je ukládán na sběrný dopravník do příslušné řady kanálu, výška řady (vrstvy) se dá vertikálně měnit pomocí stavitelných lišt. Lišty též usměrňují jednotlivá zrna tak, aby po skluzu k podavači sjíždělo vždy pouze jedno zrno.

Nadroštné (+500 mm) přepadává přímo do skluzu pro odvod hlušín. Jednotlivá zrna se po skluzu dostávají k podavači, který je předává do jednotlivých buněk otočného tělesa radiometrického rozdružovače. V buňkách je provedena indikace (beta zářič) uhlí - hlušina a zrna jsou vynášena po plášti stabilního segmentu k funkčním klapkám. Vyhodnocení z měřicí sondy je propojeno s ovládáním klapek a povrchový signál v případě, že byla indikována hlušina otvírá klapku. Hlušínové zrno propadá otvorem stabilního segmentu a je dále vedeno skluzem ven z tělesa stabilního segmentu na dopravník hlušín.

Radiometrická analýza probíhá po jednotlivých kusech, což je jedno ze slabých míst použitého systému, neboť tím je limitována výkonnost stroje. Zvýšení výkonu lze dosáhnout použitím rychloreagujících systémů a zvětšením počtu paralelně pracujících proudů (kanálů) se samostatnými zdroji záření. Aby nedošlo k podstatnému poklesu výkonu, neměla by zrnitost klesnout pod 50 mm.

5.0. Doly Nástup k.p. Tušimice

Zde je řešena problematika automatické kontroly jakosti paliva v úzké a neformální spolupráci s VÚHU Most. Byla zpracována dokumentace měřicího úseku pro pásovou dopravu, která byla předána do dílen, kde se započalo s výrobou. Je připravena, zapojena a odzkoušena vyhodnocovací aparatura ze stavebnicových elektronických dílů Tesla Liberec, které bude použito na základě laboratorních zkoušek k poloprovoznímu a provoznímu ověření celého měřicího systému.

6.0. HDBS - Palivový kombinát Vřesová

Automatická kontrola popelnatosti uhlé směsi pro výrobu briket je prováděna na úseku briketování uhlí ve Vřesové.

Zpracovávaná surovina je sušené uhlí v zrnitostním rozmezí 0 - 3 mm, průměrná vlhkost nepřesahuje 10 %. Toto uhlí je odváděno z proudu uhlénoho toku do měřicí aparatury, která pracuje kontinuálně. Měřicí zařízení je vybaveno dvěma zdroji záření Am^{241} a Cs^{137} . Svazek gama záření uvolňovaného rozpadem Cs^{137} je kolimován a štěpen do dvou směrů (dva svazky). Každý svazek je samostatně detekován GM trubicemi. Kolmo na směry svazků záření Cs^{137} je směrován svazek záření Am^{241} . Zeslabené záření je detekováno na GM trubicích a přes vyhodnocovací jednotku zpracován pomocí regresních závislostí na hodnotu popelnatosti. Proměřené uhlí je šnekovým dopravníkem vraceno do proudu uhlé směsi pro briketování. Vynášecí šnek ovlivňuje hustotu proměřované uhlé směsi. (obr. č. 2.). Toto zařízení bylo předáno do provozního užívání v roce 1976. V době zkušebního provozu byla stanovena přesnost aparatury v rozmezí $\pm 1,5 - 2 \%$ v porovnání s klasickou analýzou.

Do budoucna se uvažuje o podobném zařízení, které by bylo umístěno na vstupu do plynárny. Vsázka do plynárny je hrubší, max. velikost zrna 70 mm. Princip tohoto zařízení je patentován VÚSH v Brně.

7.0. Současný stav automatické kontroly kvality uhlí v hnědouhelném průmyslu

Přehled zahrnuje dvě VĚJ: SHD a HDBS

Automatická kontrola jakosti paliv je aplikována:

SHD - k.p. DJF - ÚU Ledvice (beta odraz)

k.p. DL - Lom Šmeral (beta odraz)

k.p. PKAZ - Závod 5. května (beta odraz)

HDBS - Palivový kombinát Vřesová - úsek briketování uhlí (gama absorpce)

V nejbližší době se uvažuje o realizaci automatické kontroly jakosti pomocí linek III. generace (gama absorpce):

SHD - k.p. DL - Ležáky, Vršany, Bylany

k.p. DVIL - ÚU Komořany

k.p. PKAZ - radiometrické rozdělování (beta odraz)

k.p. DNT - kontrola jakosti těžného uhlí při jeho dopravě (gama absorpce)

HDBS - Velkolom Jiří - kontrolní linka II. generace (gama absorpce)

8.0. Závěr

V přehledu uvedené způsoby kontroly jakosti jsou uplatňovány vždy v konečné fázi některého z technologických postupů. Je zachycen stav v hnědouhelném průmyslu do roku 1977.

Ve VÚHU Most jsou prováděny výzkumné práce, jejichž cílem je rychloanalyzátor kvality těžného uhlí. Podstata měřicí metody spočívá

v horizontálním prozařování vrstvy těžného uhlí na dopravním pásu. V místě měření budou válečkové stolice upraveny tak, aby došlo k vytvoření měřicího místa s konstantní geometrií. Zdrojem záření gama bude Cs^{137} v úzkém svazku. Aparatura je složena ze stavebnicových průmyslově vyráběných elektronických dílů k.p. Tesla. Tato aparatura by měla umožnit kontrolu kvality paliva i v počáteční fázi, tj. v blízkosti místa těžby.

Zde je nutno upozornit na další cestu, kterou lze řešit problém určování kvality uhlí - rozbor zvukového spektra. Tato problematika je řešena na VŠB v Ostravě, kde jsou prováděny pokusy s rozlišováním kvality podle barvy zvuku a pokusy s měřením zrychlení na tlumícím štítu v závislosti na dopadu přepravovaného těživa. Cílem těchto prací je (v prvním stadiu) rozlišení meze mezi uhlím a hlušinou.

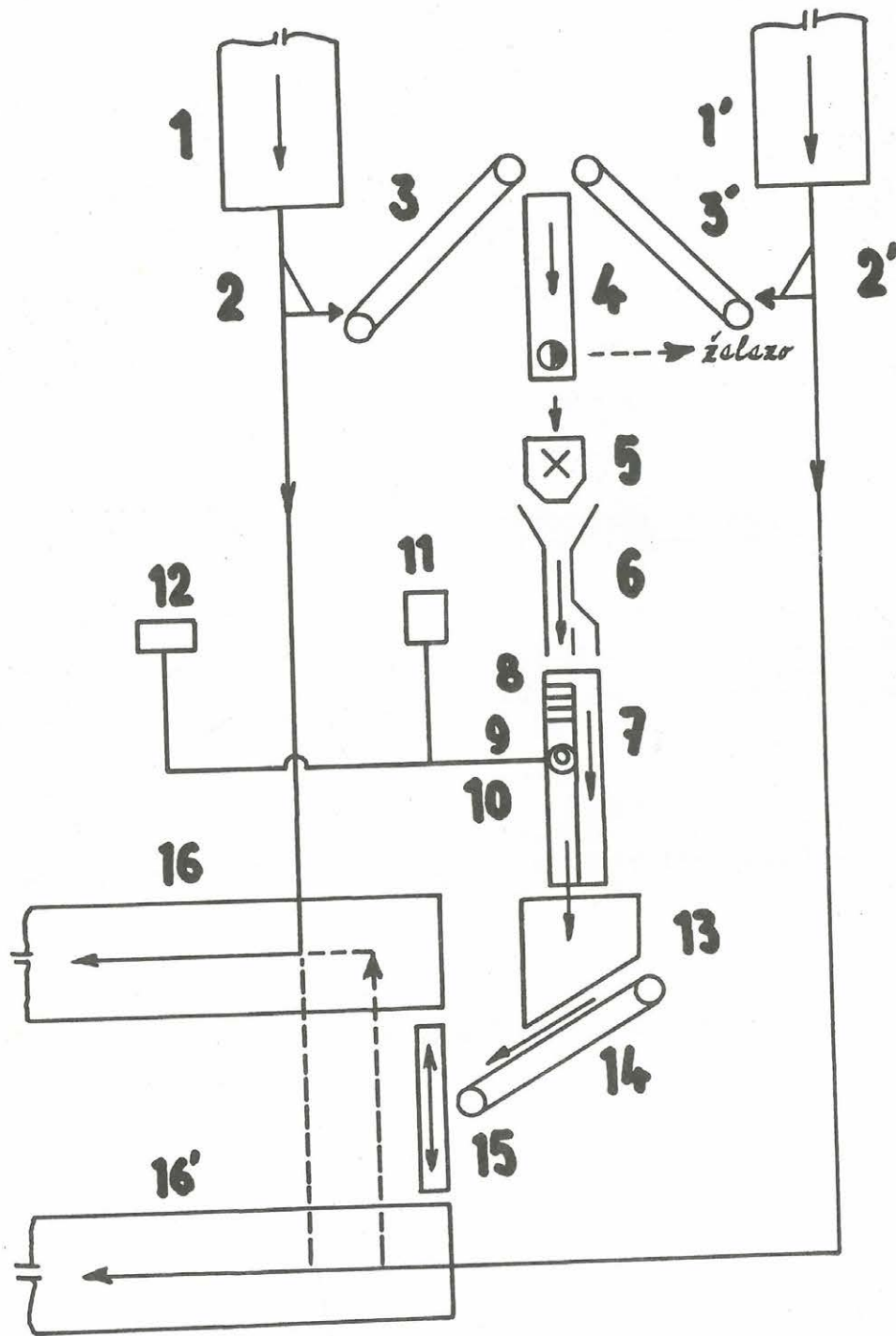
Problematika řízení procesu dobývání v souladu s používáním ASŘ - TP přináší nový aspekt i na rychloanalyzátory kvality. Současná norma ČSN, která je závazná pro dodavatelsko-odběratelské vztahy nebude pro rychloanalýzu vyhovovat. Rychloanalýzu bude možno aplikovat v uzavřeném systému dobývání, doprava a úprava.

Literatura

- Biedermann M. - Automatizace jakostní kontroly hnědého uhlí, VÚHU Most 1969
- Valeš J. - Automatizace kontroly jakosti těživa ze závalových polí - VÚHU Most 1975
- Jirkovský R. - Efektivní využití radioizotopů a ionizujícího záření a kol. v hornictví, ÚSI pro jaderný program, Zbraslav nad Vltavou 1974
- Drda J. - Rozdružování uhlí izotopy, TZ OTR PKAZ 1977
- Wagner Z. - Zápis z jednání ÚUL ze dne 29. 6. 1977 - Současný stav a výsledky automat. vzorkovací linky ÚUL
- Husák K. - Ústní sdělení, OTR DNT k.p. Tušimice

Recenzoval: Ing. Josef Gaertner

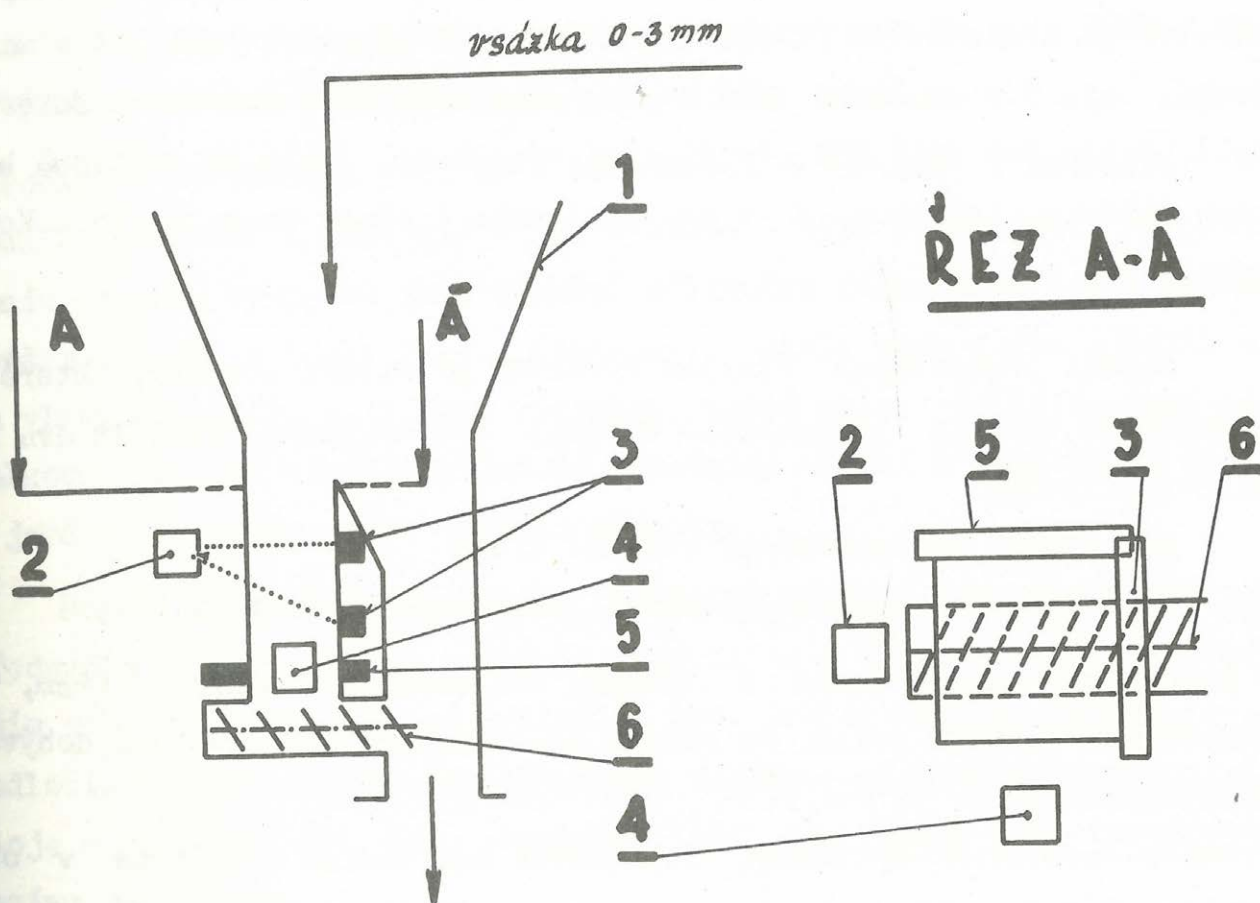
SCHEMA AUTOMATICKÉ KONTROLNÍ LINKY - ÚVL



- 1, 1' - přívodní pás (š. = 1400 mm)
- 2, 2' - automatický vzorkovač
- 3, 3' - šikmý odběrový pás
- 4 - podávací pás
- 5 - kladivový mlýn
- 6 - násypka
- 7 - měřicí pás
- 8 - rovnací váleček

- 9 - hladicí váleček
- 10 - měřicí sonda MMS - 30
- 11 - indikace
- 12 - registrace
- 13 - zásobník vzorku
- 14 - vynášecí pás
- 15 - reverzní pás
- 16, 16' - pás kotlové směsi

SCHEMATICKE USPOŘADÁNÍ KONTINUÁLNÍHO POPELOMĚRU



LEGENDA:

- 1 – násypka
- 2 – zdroj a kolimaťor Cs^{137}
- 3 – GM trubica
- 4 – zdroj a kolimaťor Am^{241}
- 5 – GM trubica
- 6 – vynášecí šnek

Obrázek č. 2