

Ing. Vladimír H r u b ý, VÚHU

Problematika velkoprostorových skládek

Skladování tuhých paliv má značný národohospodářský význam, protože zajišťuje plynulý chod závodů, umožňuje předzásobení palivy v době pro dopravu nejvýhodnější a vyrovnává eventuální nepravidelnosti v dodávkách paliv. Značná reaktivnost zejména méně prouhelněných typů uhlí a vysoký sklon uhelné substance k samovznícení vyvolává naproti tomu řadu potíží při skladování, omezuje skladovací výšky a je jedním z faktorů, které ztěžují projekci i realizaci velkoprostorových skládek.

Nízkoteplotná oxidace, která za podmínek skladování paliva probíhá, vede ke zhoršení chemicko-technologických vlastností, snížení pevnosti, soudržnosti i výhřevnosti, a tím k znehodnocení skladovaného uhlí, které je tím větší, čím delší dobu bude nutno palivo skladovat. V současné době vzhledem k rostoucí těžbě hnědého uhlí, která v průběhu roku mnohdy převyšuje okamžitou potřebu, vystupuje do popředí problém optimálního skladování hnědého uhlí, jako nutné rezervy pro krytí případných výpadků těžby. Při zvětrávání, kterému je palivo na skládkách vystaveno, dochází k složitým procesům při pochodech, jejichž rozsah je závislý jednak na fyzikálně-chemických vlastnostech uhlí, stupni prouhelnění, jednak na skladovacích podmínkách a jejich průběhu.

Znehodnocení paliv způsobené jeho skladováním, vedlo ve většině států s rozvinutým báňským průmyslem k vypracování směrnic, případně norem upravujících způsoby skladování a ochranu skladovaného uhlí před samovznícením, které ohrožuje bezpečnost u velkospotřebitelů uhlí.

V ČSSR jsou dosavadní poznatky shrnuty v celostátní normě ČSN 44 1415, která definuje jednotlivé druhy paliva z hlediska jejich sklonu k samovznícení a určuje kritéria pro jejich skladování. Náchylnost uhlí k samovznícení je dána fyzikálně-chemickými vlastnostmi a lze ji určit analytickým stanovením základních faktorů ovlivňujících na základě dosavadních zkušeností sklon uhelné substance k samovznícení.

V uplynulých letech byla vypracována metoda klasifikace hnědých

uhlí dle sklonu k samovznícení, která respektuje základní faktory ovlivňující sklon hnědouhelné substance k samovznícení, zejména body vznětu původních a bezvodých vzorků, relativní oxidační stupeň, adsorpční schopnost vůči kyslíku a hodnoty smáčivých a oxidačních tepel.

Výsledky nejnovějších výzkumů potvrzují, že sklon uhlí k samovznícení klesá přirozeným, případně uměle vyvolaným procesem stárnutí. Tato skutečnost se projevuje v praxi při skladování paliv bezprostředně po vytěžení jak z hlubinných, tak i povrchových provozů, kdy sklon uhelné substance k samovznícení vlivem oxidace atmosférickým kyslíkem po dobu několika týdnů, až měsíců stoupá. Proto je nutno předpokládat zvýšené nebezpečí zejména u skládek budovaných v bezprostřední blízkosti důlních provozů. Reaktivnost uhelné hmoty je značně ovlivněna aktivním povrchem, který je dán třídností paliva. Z tohoto hlediska lze pokládat za nejnebezpečnější uhelné prachy a netříděná těžná uhlí. U kusových paliv je reaktivnost vzhledem k povrchu a optimální možnosti odvodu vznikajícího tepla při oxidačních reakcích minimální a pravděpodobnost vzniku zápar při skladování je zanedbatelná.

Nepříznivý vliv při skladování uhlí projevuje přítomnost organických i anorganických látek, jako dřeva, popelu, čistící vlny, a látek obsahujících kovové kysličníky, hlavně kysličníky železa, které lze podle řady autorů pokládat za látky katalyticky ovlivňující proces samovznícení.

Nebezpečí samovznícení při skladování se zvyšuje při skladování uhlí těžného ze zapařených úseků, případně z partií sloje zachvácené požáry. Pokud je nutno z jakýchkoliv důvodů i toto palivo skladovat, je třeba zajistit jejich předchozí řádné vychlazení, a to rozprostřením vytěženého paliva v tenké vrstvě, předispozicí vytvořené skládky a podobně.

Pokud teplota skladované uhelné substance nepřesáhne kritickou teplotu 55°C, nastane ve většině případů pozvolné klesání teploty, které je důsledkem odeznění akutního stádia oxidace a přirozaného stárnutí uhlí a tím i snížení náchylnosti skladovaného uhlí k samovznícení. Po odeznění akutního stádia oxidace lze předpokládat, že ani nepříznivé skladovací podmínky nevyvolají pozdější samovznícení paliva.

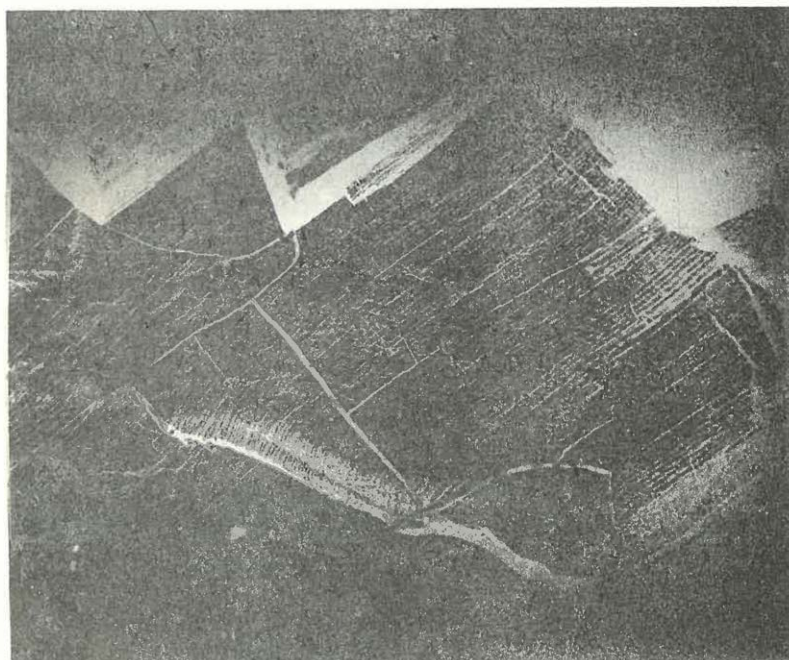
Za nejnebezpečnější způsob skladování je nutno pokládat z hlediska samovznícení volně sypané skládky, kdy dochází zvláště u netříděného uhlí k oddělování jednotlivých frakcí. V okolí svislé osy hromady vzniká hutné jádro z prachových částic a drobného uhlí. Hrubé zrno a větší kusy se hromadí u paty skládky, kde tvoří vrstvu s mezerami, která vytváří průchody s komínovým účinkem, kde dochází k proudění a optimální výměně vzduchu, která urychluje nízkotepeelnou oxidaci. Za těchto okolností dochází v ovětrávané patě volně sypané skládky k samovznícení pravidelně v době několika týdnů až měsíců podle stupně sklonu paliva k samovznícení. ČSN 44 1350 stanoví přípustné výšky skládek. Při volně sypané uhelné hmotě pro lignity a měkká hnědá uhlí 1,5 - 2 m, pro tvrdá hnědá uhlí 2,5 - 3,5 m, a pro čerstvý hnědouhelný polokoks, který je značně náchylný k samovznícení 3 m.

Pro budování dlouhodobých nekrytých skládek je nutno upravit ložnou plochu. V nejjednodušším případě spočívá úprava ložné plochy v odstranění porostu z prostoru a bezprostředního okolí skládky a zajištění nepropustnosti základové plochy válcováním, betonáží, vydlážděním a podobně. Úklon ložné plochy musí být volen tak, aby byl zajištěn naprosto spolehlivě odtok vody. Toto opatření je odůvodněno tím, že bezprostřední styk skladovaného uhlí s některými přirozenými materiály může vyvolat zvýšení sklonu k samovznícení. Rovněž působení vody zejména na rozhraní vrstev relativně suchého a mokrého uhlí, může vytvořit podmínky pro urychlené vznícení paliva. Zvýšení teploty vlivem takto vzniklého smáčivého tepla a jeho pozdější samovznícení bylo prokázáno při skladování poměrně suchého uhlí na vlhkém nebo neodvodněném podkladu.

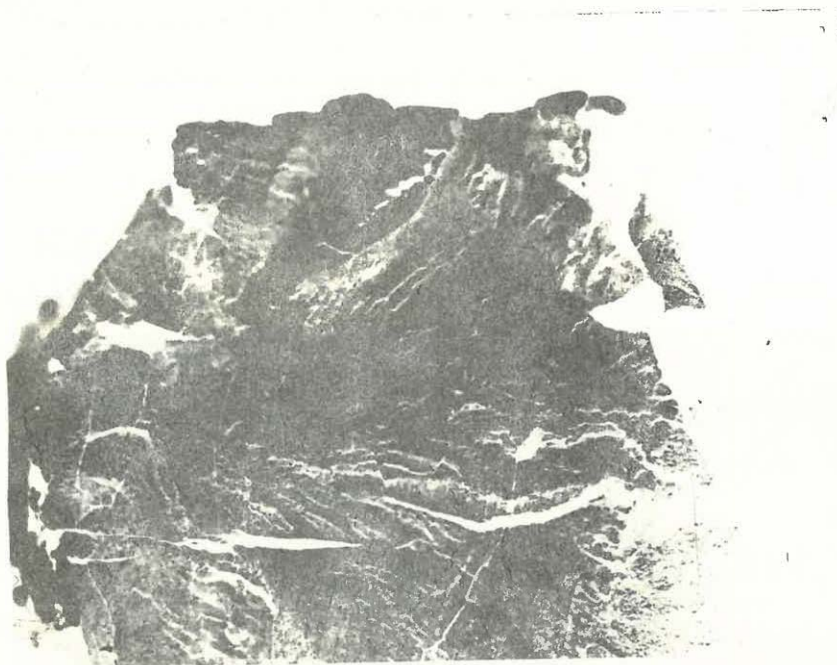
V rámci úkolu "Výzkum možností snížení ztrát a znehodnocení hnědouhelné substance nízkotepeelnou oxidací", byl modelovými zkouškami dlouhodobého charakteru ověřován účinek atmosférického kyslíku na skladované uhlí. Působením atmosférických vlivů, zejména srážkové činnosti, došlo v poměrně krátké době k rozpadu tříděného uhlí v povrchových vrstvách pokusné skládky. Vnitřní partie zůstaly poměrně dlouhou dobu zachovány v původním zrnění proto, že rozpad povrchových partií vytvořil přirozenou izolační vrstvu omezující vzhledem k hydrofóbnímu

charakteru uhelné hmoty, přístup vlhkosti a vzdušného kyslíku k jádru pokusné skládky.

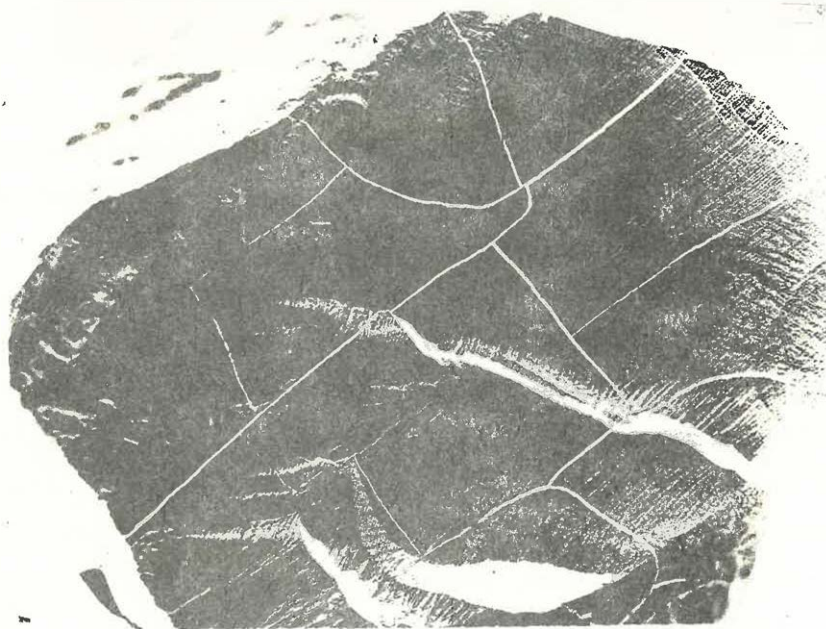
Na základě těchto poznatků byly laboratorně ověřovány účinky kyslíku a proměnné vlhkosti na separovaných základních petrografických typech, tj. xylitu a detritu. Vzhled separovaného xylitu v čerstvě vytěženém stavu z dolu Koněv v Dřínově, je zřejmý z obr. č. 1 a 2.



Obr. č. 1 - Separovaný xylit bez zjevných známek narušení, účinkem vlhkosti a oxidace (1:1)



Obr. č. 2 - Separovaný detrit bez zjistitelného narušení struktury
účinkem vlhkosti a oxidace



Obr. č. 3 - Separovaný xylit po 30 dnech střídavého účinku vlhkosti (1:1)

Separované petrografické typy byly modelově v laboratorních podmínkách vystaveny po dobu 30 dnů střídavě účinku vlhkosti a po volném vysušení sledována jejich destrukce. Změny, které vyvolalo pravidelné ovlhčování a prosychání uhelné hmoty jsou zřejmé z obrázků č. 3 a 4.



Obr. č. 4 - Separovaný detrit po 30 dnech střídavého účinku vlhkosti
(1:1)

Z připojených obrázků je zřejmé, že u obou separovaných petrografických typů, došlo k vytvoření série trhlin postihujících v různých směrech celý prostor sledovaného vzorku uhlí, který po této době vykazuje minimální mechanickou pevnost a prakticky se rozpadá. Mnohem intenzivnější rozpad byl zjištěn u neseparovaných vzorků uhlí.

Protože vlivem omezených skladovacích prostorů, nejen na skládkách situovaných v blízkosti důlních provozů, ale i u spotřebitelů, dochází k nedodržování ustanovení normy ČSN 44 1315 o dovolených výškách skládek uhlí, které jsou potom ohroženy samovznícením, byly výzkumně řešeny i otázky možné ochrany uhelných skládek před samovznícením, použitím vhodných inhibitorů. I když o této problematice byla publikována

řada prací, lze v současné době konstatovat, že neexistuje obecně a spolehlivě působící inhibiční prostředek, který by mohl zaručit naprostou ochranu skladovaného uhlí před samovznícením. Nadějných výsledků bylo dosaženo v SSSR, ale počet i typy inhobitorů jsou omezeny hlavně na výše prouhelnělé typy a pro hnědé uhlí mosteckého a sokolovského revíru nelze o jejich aplikaci uvažovat.

Otázky skladování, případně znečišťování ovzduší při manipulaci s uhelnou hmotou jsou trvale v popředí zájmu ve státech s rozvinutou těžbou uhlí. Jeden z velmi atraktivních způsobů splňující řadu požadavků na bezpečnost skladování, omezení prašnosti a zajišťující relativně vysokou bezpečnost vůči samovznícení, eventuálně namrzání je popsán J. L. Stewartem v Air - Pollution Problems Solved by Oil Treating, 1955, Mechanization.

Způsob úpravy uhlí před dopravou a skladováním spočívá principiálně v postřikování uhlí minerálním olejem. Vlastní metoda byla vypracována původně pro omezení prašnosti v bezprostředním okolí dopravovaného uhlí v železničních vagónech a při tvorbě skládek. Problém se stal aktuální po zavedení tzv. rychlých vlaků pro dopravu prachového uhlí, které během jízdy vykazovaly ztrátu až 5 tun práškového uhlí na jeden vagón. Po zavedení nové technologie byl prováděn postřik olejem povrchu naplněného železničního vagónu v množství 30 - 38 litrů oleje na jeden vagón. Navržená metoda vykazovala tolik předností, že počet dolů provádějících úpravu uhlí postřikem minerálními oleji stoupl v období šesti let na 764 dolů.

Značné výhody má tento způsob úpravy zejména při překládání uhlí, kdy vlhký těžný mou se vyprazdňuje z vagónů za 18 - 20 minut. Je-li totéž prachové uhlí postřikováno olejem, trvá vyprázdnění vagónů vytřesením 7 - 8 minut. Stejně příznivé výsledky byly dosaženy i v zimním období, kdy použitý minerální olej zabráňuje promrznutí uhlí v kompaktní hmotu.

Postřik olejem zajišťuje též další ochranu uhlí na skládkách. Uhlí, u kterého byl proveden postřik olejem, prakticky nepráší při manipulaci, nezamrzá, odpuzuje vodu, umožňuje lepší stlačení a je omezeno oddělování jednotlivých zrnění. Současně dochází ke zpoždění oxidač-

ních procesů, větrání a samovznícení.

Druh nejvhodnějšího oleje je nutno určit experimentálně dle charakteru uhlí, obsahu vlhkosti, způsobu úpravy zrnění, uskladňování a ročního období. Při použití cca 2,5 litru oleje na 1 tunu uhlí se váže prach při jeho vysychání a povrch uhelných zrn má hydrofóbní charakter.

Dlouhodobé skladování hnědého uhlí bylo realizováno a výzkumně sledováno v USA a je popsáno ve zprávě č. 7037 US Bureau of Mines, autor Ellman R. C. a kol.: Long-term Storage of Lignite at Garrison Dam, Riverdale, W. Dakota.

V souvislosti se stavbou přehrady Garrison Dam na řece Missouri byla odkryta uhelná sloj, byla v průběhu výstavby přehrady odtěžena, a deponována na skládce, která v závěru akce dosáhla kapacity 2,3 mil. tun hnědého uhlí. Skladováno bylo reaktivní hnědé uhlí s vysokým sklonem k samovznícení, které na kontaktu se vzduchem ztrácelo poměrně rychle vlhkost a mělo tendenci k tvoření tulin a rozpadu, které je označováno v původní zprávě jako "Slacking - proces".

I když se, kupř. v USA, skladuje průběžně více než 70 mil. tun uhlí, jsou dlouhodobé skládky budovány na kapacitu 15 - 20 tisíc tun. Pokud dojde na těchto kapacitně omezených skládkách k záparám, likviduje se zapařená část vyjmutím a je obvykle ihned spotřebována. Výstavba velkých elektráren vytvořila podmínky pro budování velkoprostorových skládek, které by zajistily bezporuchový provoz velkých elektrárenských podniků.

V Garrison Dam, Riverdale byla vybudována nejprve experimentální skládka č. 1 široká 47 m, délky 76 m a výšky 4,7 m. Na této skládce, která byla vytvořena za 5 dnů, bylo skladováno cca 10 500 tun hnědého uhlí. Boční svahy měly úklon od vodorovné roviny 14° . Plánovalo se navážení hnědého uhlí ve vrstvách do 1 m, při zhutnění spodních vrstev. Transport uhlí byl prováděn trajlery, které vyklápěly uhlí do definitivní polohy a buldozery rozhrnovaly navážené uhlí do definitivní polohy. Po vytvoření první vrstvy o výšce cca 1 m, bylo provedeno zhutnění pásovým traktorem. Definitivní povrch dokončené skládky byl utěsněn dvojnásobným pojezdem pásového traktoru. Během životnosti této skládky

nedošlo k žádným skladovacím problémům. Povrchové vrstvy zvětraly do hloubky 15 cm a vytvořily tak sekundárně dodatečné utěsnění.

Při budování další skládky byla vyzkoušena jiná metoda uskladňování hnědého uhlí, která měla zajistit rychlejší postup a minimální drcení kusů. Skládky byla budována po vrstvách o výšce 60 cm s průběžným zhutňováním. Boky skládky byly těsněny vrstvou jílu a k zajištění drenáže byla použita vrstva písku o síle 0,45 m jako základ pro jílovou boční stěnu.

V průběhu výzkumu chování skladovaného uhlí bylo zjištěno, že jílové boční stěny se povětrnostními vlivy erodovaly za tvorby časných trhlin. Vzduch mohl také infiltrovat štěrkovým základem pod bočními stěnami, a proto tato metoda byla jako neuspokojivá zavržena.

Další skládka byla vybudována v rozměrech 70x594 m, o předpokládané maximální výšce 9 m a úklonu bočních svahů 14° od vodorovné roviny. Významným novým rysem tvoření druhého segmentu skládky bylo přejiždění vyklopeného hnědého uhlí ostatními pýchovacími válci k rozdrobení kusového materiálu s cílem dosáhnout vysokého stupně zhutnění. Zcela bylo upuštěno od snahy po zachování původní kusovitosti. Lokálně se vyvinula zápara v malé oblasti jihovýchodní strany později založené jiné skládky a při odstranění zapařeného materiálu buldozerem, bylo konstatováno, že příčinou potíží byla mimořádně velká kusovitost materiálu a jeho minimální stlačení. Zapařená partie byla ze skládky odstraněna, rozprostřena v tenké vrstvě a po vychladnutí vrácena do skládky a znovu zhutněna. Žádné další potíže v tomto exponovaném prostoru nebyly zjištěny.

Další skládka označená ve výzkumné zprávě jako skládka č. 5, byla původně 304 m dlouhá, 150 m široká a 1,5 m vysoká. Postupně byla doplněna na výšku 12 m a její kapacita dosáhla téměř 800 tis. tun hnědého uhlí. Oproti předchozí skládce bylo použito změněné technologie, která spočívala v tom, že bylo použito k zhutňování válců s ostny sekáčového typu a několikanásobné převálcování každé 30 cm vysoké vrstvy zajišťující důkladné rozdrobení i větších kusů. Svahy skládky měly zachován úklon 14° jako v předchozích případech a mimořádná pozornost byla věnována tomu, aby boční svahy dosáhly stejného stupně zhutnění, jako hor-

ní plošina. Kusový materiál byl nahrnován od okrajů ke středu skládky po navezení každé vrstvy, aby mohl být rozpojen a zhutněn. Stejněměrné zhutnění bočních svahů bylo zajišťováno průběžně pásovým traktorem, vybaveným radlicí, který upravoval a zarovnával boční svahy. Původně velká kusovitost materiálu se touto technologií skladování snížila na maximální velikost 10 cm a jemnější materiál byl soustavným přejížděním zhutňován ve volných prostorech.

Obdobným způsobem bylo prováděno skladování i v následujících letech tak, jak byly odkrývány jednotlivé partie sloje při stavbě přehrad. V závěrečné fázi bylo na poměrně omezeném prostoru uskladněno celkem 2 340 000 tun uhlí. Skladované hnědé uhlí i přes některé potíže způsobené povětrnostními vlivy nepodlehlo samovznícení v rozsahu, který by mohl ohrozit bezpečnost skládky takových rozměrů a navíc, ani při dlouhodobém skladování nedošlo k podstatnému znehodnocení uhelné substance, protože pokles výhřevnosti u vzorků odebíraných periodicky z vnitřku skládky dosáhl pouze 160 Btu/lb tj. 88,89 kcal/kg. Během skladování byla prováděna řada měření složení plynů i skladovaného paliva, jejichž podrobný rozbor přesahuje rámec této publikace.

Závěrem je možno konstatovat, že existují rálné předpoklady pro skladování i vysoce reaktivních druhů hnědého uhlí za předpokladu dodržení ověřeného technologického postupu, který principiálně spočívá v dokonalém utěsnění a zhutnění skladované uhelné substance, za použití výkonných mechanismů. Z hlediska těchto poznatků je reálné i projektování dlouhodobých velkoprostorových skládek, které v našich podmínkách bylo dosud omezováno řadou neujasněných problémů.