

Ing. Antonín H i l s e, VÚHU

Přibližné odvození kvalitativního složení těžby ze závalových polí na základě technických rozborů denní těžby

Zásadní roli při teoretickém výpočtu lomových těžeb ze závalových polí bývalého hlubinného dobývání hraje skutečné kvantitativněkvalitativní složení těžených hmot.

Zatím, co při lomovém dobývání hlubinnou těžbou neporušené uhelné sloje, odpovídají kvalitativní parametry těžby parametrům sloje v rozsahu uhelného řezu, je určení kvalitativního složení těžby ze závalového pole podstatně složitější.

Vlivem nedokonalé selektivity lomové těžby, ať již kolesovými či jinými rýpadly, dochází při procesu dobývání k přimísení závalových hlušin do těžby, která je tedy směsí zbytkové uhelné substance po hlubinném dobývání a těchto hlušin.

Uhelná bilanční hmota v těžbě odpovídá původní sloji jen při jednlávkovém komorování. V závalovém poli dvou a vícelávkového komorování, rozděleném do dvou nebo více uhelných řezů, neodpovídá již ani kvalita vlastní uhelné hmoty, těžené v určitém řezu, původní kvalitě sloje v těženém výškovém rozsahu. Při procesu hlubinného dobývání komorováním dochází k poklesům uhelných objemů do nižších poloh při jejich současném porušení. Při dvou a vícelávkovém komorování nejen že poklesne část substance ze závalových stropů do prostorů komor spodní lávky, ale dojde i k poklesu mezipíliřů komor, tedy i k poklesu hlavy sloje, kterou možno v závalovém poli definovat jako plochu, proloženou hlavami těchto píliřů.

Zákonitosti pohybu uhelných objemů při procesu hlubinného dobývání komorováním jsou již zhruba známe, takže je možno dosti spolehlivě odvodit skutečné složení závalového pole tj. podíl uhelné bilanční hmoty a volných /závalových/ hlušin v určitém typu závalového pole, vzniklého při určité hlubinné dobývací technologii.

K vyčíslení kvantity i kvality skutečné těžby ze závalového pole však znalost skutečného složení závalového pole nestačí, neboť tato těžba je směsí uhelné bilanční hmoty a závalových hlušin, vzniklou v důsledku lomové dobývací technologie. Kromě toho přechází ještě část uhelné hmoty závalového pole do výklizu.

Objemové relace, vyjadřující přesuny hmot při lomovém dobývání, byly jednoznačně stanoveny při výzkumném řešení problematiky výpočtů těžby ze závalových polí.

Podíly uhelné hmoty i hlušin v těžbě i výklizu byly vyjádřeny pomocí tzv. parametrů selektivity.

Obecně:

k_T = objemový podíl hlušin v těžbě

k_V = objemový podíl uhelné hmoty ve výklizu.

Označíme-li objem uhelné hmoty v dobývaném bloku závalového pole určité hlubinné technologie

$$U \doteq U_T + U_V$$

a objem hlušin

$$H \doteq H_T + H_V$$

kde indexy T značí v těžbě

V ve výklizu,

potom

$$k_T = \frac{H_T}{H_T + U_T} = \frac{H_T}{T}$$

$$k_V = \frac{U_V}{U_V + H_V} = \frac{U_V}{V}$$

Skutečná těžba je tedy $T = U_T + H_T$ a je možno ji vyčíslit při znalosti základního složení závalového pole $\frac{H}{U}$ a obou parametrů selektivity tj. k_T i k_V .

Přímé zjišťování podílu hlušín ve skutečné provozní těžbě i podílu uhelné hmoty ve výklizu je možno provést tak zvanými pracími pokusy.

Prací pokusy nutno realizovat s co největšími vzorky těžby či výklizu, minimálně 1000 t. I při této hmotnosti však není záruka, že výsledný podíl hlušín odpovídá skutečnému průměrnému podílu z celého dobývaného bloku stejného typu závalového pole a zhruba stejných kvalitativních parametrů. Proto je nutno v zájmu provozní spolehlivosti prací pokus opakovat a v případě větších vzájemných odchylek výsledků provést ještě další prací pokusy, až bude odchylka od průměrné hodnoty přijatelná.

Zjišťování skutečného kvantitativně-kvalitativního složení těžby ze závalového pole pracími pokusy je organizačně dosti obtížné i pracovníčně náročné. Pokud je nutná vagonová doprava ČSD /obvykle 1 vlak/ z předmětného závodu do úpravny, je třeba zajistit dobývání v závalovém poli na určitý termín, což při dnešní operativní těžbě není vždy možné a může způsobit i odbytové potíže. Dále je zapotřebí mít na úpravně k dispozici zcela vyprázdněný hlubinný zásobník, zajištěnou kapacitu laboratoří pro četné rozborů aj. Prací pokusy s výklizem jsou kromě toho i úpravárensky značně neekonomické.

Pokud tedy nepotřebujeme další kvalitativní parametry, které možno z pracovního pokusu získat a které jsou nutné pro posouzení upravitelnosti těžené směsi, je třeba stanovit základní složení těžby ze závalového pole jinými, méně náročnými cestami.

Jednou z možností je využití průměrných denních hodnot technických kvalitativních rozborů těžby.

Hlavní výhodou tohoto způsobu je vysoká četnost dat, takže možno sestavit dílčí soubory dat, reprezentující desítky až stovky provozních dní těžby.

Porovnáním průměrných hodnot, odvozených z jednotlivých dílčích souborů, možno zjistit místní odchylky hodnot od hodnoty průměrné a tím i míru spolehlivosti výsledné hodnoty, platné pro celý těžený blok. Podmínkou je však spolehlivá plošná lokalizace dílčích hodnot do plochy těženého bloku a znalost hmotnosti těžby v těchto dílčích plochách těženého bloku stejné hlubinné dobývací technologie.

Pokud pochází veškerá denní těžba pouze ze závalového pole je dosti snadné odvodit potřebné parametry. V praxi však téměř vždy, především na lokalitách s jednořezovou technologií, dochází v rámci denní těžby bloku k současné těžbě z plného piliře, nebo spodků pod patou závalového pole a z vlastního výškového rozsahu závalového pole. Nutno tedy z celkové denní těžby, nebo ze zpracovaného souboru těžeb vyloučit vliv části, odpovídající těžbě neporažené uhelné substance na průměrnou kvalitu celkové těžby.

Kvalitativním ukazatelem, který pro stanovení objemových i hmotnostních relací použijeme, může být na příklad obsah popelovin A^d , nebo výhřevnost Q_i^R . Pro zjednodušení použijme v tomto pojednání obsah popelovin A^d .

Odvození průměrné hodnoty podílu hlušín v těžbě k_T na základě průměrné hodnoty A^d z rozborů denních těžeb závalového pole včetně plného piliře

Při zpracování určitého souboru kvalitativních dat tj. odpovídajících určitému období těžby, nutno znát tyto další parametry:

- a/ Kvalitativně-quantitativní profil původní sloje ve výškovém rozsahu pouze závalového pole.
- b/ Kvalitativně-quantitativní profil plných piliřů /nebo spodků/.

c/ Hlubinnou dobývací technologii a její parametry, především výrubnosti.

d/ Celkovou hmotnost lomové těžby, příslušnou předmětnému sledovanému období.

Výpočet možno provést buď pomocí celkových hmotností, nebo pomocí výtěžnosti $t \cdot m^{-2}$. Známe-li tedy celkovou těžbu T a kvantitativně-kvalitativní profil piliřů /spodků/ S , včetně objemových hmotností jednotlivých petrografických vrstev, můžeme vyčíslit těžbu, připadající na závalové pole Z :

Základní rovnice pro odvození hmotnostního podílu hlušín v těžbě bude:

$$A_T^d = \frac{A_Z^d \cdot Z + A_S^d \cdot S}{T} \quad /1/$$

z toho

$$A_Z^d = \frac{A_T^d \cdot T - A_S^d \cdot S}{Z} \quad /2/$$

Známe-li tedy již průměrnou popelnatost A_Z^d , příslušející těžbě pouze ze závalového pole a také A_U^d tj. průměrnou popelnatost zbytkové uhelné hmoty U po hlubinném dobývání v závalovém poli, můžeme zjistit, kolik hlušín H obsahuje těžená směs $Z = U + H$:

$$A_Z^d = \frac{Z - U \cdot A_H^d + U \cdot A_U^d}{Z} \quad /3/$$

z toho

$$U = \frac{Z \cdot A_Z^d - A_H^d}{A_U^d - A_H^d} \quad /4/$$

$$H = Z - \frac{Z \cdot (A_Z^d - A_H^d)}{A_U^d - A_H^d}, \text{ takže}$$

$$k_T' = \frac{H}{Z} = 1 - \frac{A_Z^d - A_H^d}{A_U^d - A_H^d} \quad /5/$$

Z výsledného výrazu vyplývá, že hmotnostní podíl hlušín v závalovém poli k_T' závisí pouze na obsahu popela v celkové těžbě ze závalového pole, popela uhelné hmoty a popela přimísených závalových hlušín.

Protože však při výpočtech reálné těžby ze závalového pole pracujeme s objemovým podílem k_T nutno hmotnostní podíl k_T' převést na objemový pomocí průměrných objemových hmotností. Použijeme hmotnosti D_A^R , odpovídající příslušným popelovinám A^d pomocí převodního vzorce, nebo přímo objemové hmotnosti z údajů vrtné databanky, máme-li v blízkosti k dispozici vrt s technickými rozbory.

$$\text{Potom } D_{AZ}^R = \frac{U \cdot D_{AU}^R + H \cdot D_{AH}^R}{Z}, \text{ takže objem}$$

$$H/m^3/ = \frac{H/t/}{D_{AH}^R/t.m^{-3}/} \quad /6/$$

$$Z/m^3/ = \frac{H}{D_{AH}^R} + \frac{U}{D_{AU}^R}, \text{ tedy} \quad /7/$$

$$k_T = \frac{H}{Z} = \frac{H}{D_{AH}^R} : \left/ \frac{H}{D_{AH}^R} + \frac{U}{D_{AU}^R} \right/ \quad /8/$$

Je-li ovšem těžba T realizována pouze ze závalového pole /bez spodků a plných piliřů/, zjednoduší se řešení na:

$$A_T^d = A_Z^d = \frac{A_H^d \cdot H + A_U^d \cdot (T - H)}{T}$$

z toho

$$H = \frac{T / A_T^d - A_U^d}{A_H^d - A_U^d}, \text{ takže} \quad /9/$$

$$k_T' = \frac{H}{T} = \frac{A_T^d - A_U^d}{A_H^d - A_U^d} \quad /10/$$

Když jsme takto odvodili hodnotu k_T' , převedeme ji analogicky na objemový parametr k_T , pomocí objemových hmotností D_{AU}^R a D_{AH}^R .

Odpovídající hodnotu podílu uhelné hmoty ve výklizu k_V odvodíme pomocí známé těžby $T = H_T + U_T$.

Protože $k_V = \frac{U_V}{V} = \frac{U_V}{U_V + H_V}$, získáme objemy

U_V = uhelné hmoty ve výklizu

H_V = hloušina ve výklizu,

odečtením již vyčíslených výtěžností $U_T = U$ a $H_T = H$ od původních /celkových/ zbytkových objemů uhelné hmoty U' a hloušin H' v závalovém poli. Je evidentní, že

$$U_V = U' - U_T$$

$$H_V = H' - H_T, \text{ i že}$$

$$\text{výkliz} \quad V = U_V + H_V$$

takže dostaneme objemové složení výklizu i jeho celkovou kubaturu V.

Pro lepší ilustraci způsobu výpočtu parametrů selektivity k_T i k_V a složení těžby i výklizu poslouží konkrétní příklad.

Těžba z uvažovaného bloku má výtěžnost $T = 11 \text{ t.m}^{-2}$

a průměrný obsah popela $A_T^d = 38 \% = 0,38$

výtěžnost spodků a plných pilířů v těžbě zahrnutých byla

$$S = 5 \text{ t.m}^{-2}$$

při průměrném obsahu popela $A_S^d = 45 \% = 0,45$

Na vlastní závalové pole tedy zbývá výtěžnost $Z = 6 \text{ t.m}^{-2}$

průměrný obsah popela ve zbytkové uhelné substantii pouze závalového pole byl

$$A_U^d = 24 \% = 0,24$$

popeloviny závalových hlušín předpokládáme

$$A_H^d = 89 \% = 0,89$$

Vstupní hodnoty výpočtu tedy jsou:

$$T = 11 \text{ t.m}^{-2}$$

$$A_T^d = 0,38$$

$$S = 5 \text{ t.m}^{-2}$$

$$A_S^d = 0,45$$

$$Z = 6 \text{ t.m}^{-2}$$

$$A_Z^d = 0,24$$

$$A_H^d = 0,89$$

Podle výrazu /2/:

$$A_Z^d = \frac{A_T^d \cdot T + A_S^d \cdot S}{Z} = \frac{0,38 \cdot 11 + 0,45 \cdot 5}{6} = 0,322 = 32,2 \%$$

Podle /4/:

$$H = Z - \frac{Z \cdot A_Z^d - A_H^d}{A_U^d - A_H^d} = 6 - \frac{6 \cdot 0,322 - 0,89}{0,24 - 0,89} = 0,76 \text{ t.m}^{-2}$$

$$\text{potom } U = Z - H = 6 \text{ t.m}^{-2} - 0,76 \text{ t.m}^{-2} = \underline{5,24 \text{ t.m}^{-2}}$$

Parametr těžby /hmotnostně/

$$k_T = \frac{H}{Z} = \frac{0,76}{6} = 0,1268 = 12,68 \%$$

Je-li objemová hmotnost uhelné hmoty /při $A_U^d = 24 \%$ /

$$D_{AU}^R = 1,31 \text{ t.m}^3$$

objemová hmotnost hlušin

$$D_{AH}^R = 2,01 \text{ t.m}^3$$

potom podle /8/:

$$k_T = \frac{H}{D_{AH}^R} : \left[\frac{H}{D_{AH}^R} + \frac{U}{D_{AU}^R} \right] = \frac{0,76}{2,01} : \left[\frac{0,76}{2,01} + \frac{5,24}{1,31} \right] =$$

$$k_T = \underline{0,0863 = 8,63 \%}$$

Objemový podíl hlušin v těžbě je tedy 8,63 %.

Pro odvození dalšího parametru selektivity k_V , to je objemového podílu uhelné hmoty ve výklizu je třeba znát původní složení závalového pole, to je celkovou zbytkovou výtěžnost uhelné hmoty U' a hlušin H' .

Zbytkovou výtěžnost uhelné hmoty po hlubinném dobývání U' zjistíme při jednolávkovém komerování odečtením hlubinné výtěžnosti od výtěžnosti původní sloje. Uvažujeme v našem případě hodnotu zbytkové výtěžnosti $U' = 8 \text{ t.m}^2$, při výšce závalového pole $V_Z = 11 \text{ m}$.

Objemová zbytková výtěžnost bude

$$U' = \frac{8 \text{ t.m}^{-2}}{1,31 \text{ t.m}^3} = \underline{6,12 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}}$$

Zvolme dále průměrné nakypření uhelné hmoty například $k_{nU} = 1,15$, hlušin $k_{nH} = 1,1$. Potom bude doplňkový objem nenakypřených hlušin v závalovém poli:

$$H' = \frac{V_Z - U' \cdot k_{nU}}{k_{nH}} = \frac{11 - 6,12 \cdot 1,15}{1,1} = 3,6 \text{ m}$$

Máme tedy pro odvození hodnoty k_V všechny potřebné vstupní parametry:

$$H_T = H = 0,76 \text{ t} \cdot \text{m}^{-2} = \frac{0,76 \text{ t} \cdot \text{m}^{-2}}{2,01 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}} = 0,378 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$$

$$H' = 3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$$

$$U' = 6,12 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$$

Objemové výtěžnosti, zbývající pro výkliz budou:

$$U_V = U' - U = 6,12 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} - \frac{5,24 \text{ t} \cdot \text{m}^{-2}}{1,31 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}} = 2,12 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$$

$$H_V = H' - H = 3,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} - \frac{0,76 \text{ t} \cdot \text{m}^{-2}}{2,01 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}} = 3,222 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$$

Objem výklizu:

$$V = U_V + H_V = 2,12 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} + 3,222 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} = 5,342 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$$

Parametr výklizu - podíl uhelné hmoty ve výklizu je tedy objemově:

$$k_V = \frac{U_V}{V} = \frac{2,12 \text{ m}}{5,342 \text{ m}} = 0,397 = 39,7 \% V$$

V hmotnostech bude podíl uhelné hmoty ve výklizu:

$$k_V = \frac{U_V \cdot D_{AU}^R}{U_V \cdot D_{AU}^R + H_V \cdot D_{AH}^R} = \frac{2,12 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot 1,31 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}}{2,12 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot 1,31 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3} + 3,222 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot 2,01 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}}$$

$$k_V = \frac{2,78 \text{ t} \cdot \text{m}^{-2}}{2,78 \text{ t} \cdot \text{m}^{-2} + 6,475 \text{ t} \cdot \text{m}^{-2}} = 0,301 = 30,1 \% V$$

Ztráta uhelné hmoty do výklizu $U_v = 2,78 \text{ t.m}^{-2}$, tedy při celkové zbytkové výtěžnosti uhelné hmoty $U' = 8 \text{ t.m}^{-2}$ reprezentuje 34,8 % zbytkové uhelné substance závalového pole.

Protože vstupní parametry byly zvoleny namátkově, nepředstavuje tento případ konkrétní ztráty uhelné substance při lomovém dobývání, které byly odvozeny v ekonomicky neúnosné hodnotě.

Z uvedeného je zřejmé, že kvantitativně-kvalitativní složení těžby i objem výklizu a jeho složení, včetně ztrát uhelné hmoty, možno snadno odvodit při znalosti:

- 1/ Kvantitativně-kvalitativního složení uhelné zbytkové substance po hlubinném dobývání.
- 2/ Dtto složení plných piliřů a spodků, těžených v rámci těžby řezu.
- 3/ Průměrných denních hodnot kvalitativních parametrů těžby - A^d nebo Q_i^R .
- 4/ Celkové hmotnosti těžby ve sledovaném období /bloku/.

Shoda odvozených hodnot se skutečností bude závislá od kvality vstupních parametrů. Praktickou možnost odvozování kvalitativně-kvantitativních relací složek těžby a výklizu pomocí denních průměrných kvalitativních hodnot těžby třeba ověřit na konkrétních provozních případech, které teprve mohou prokázat praktickou použitelnost takto získaných hodnot pro plánování těžeb ze závalových polí.

Míru přesnosti bude možno posoudit pomocí odchylek výsledných hodnot, získaných z různých dílčích bloků dobývaného závalového pole ve stejných provozních podmínkách /hlubinná technologie, dobývací stroj/.

Současně bude možno určit objemy těžby ze závalového pole, při nichž nepřesáhnou odchylky těchto hodnot provozně únosnou hranici, to je umožní ještě spolehlivé plánování těžby a výklizu. Tím možno stanovit kritérium použitelnosti takto získaných hodnot, například pro plánování těžeb za

období, v němž dosáhne těžba ze závalového pole zhruba hodnoty 100 kt aj.

Podobně, jako byl v uvedeném případě výpočtu uvažován kvalitativní parametr obsah popela A^d , může být odvození provedeno například pomocí výhřevnosti Q_j^R , kde však se dopustíme určité nepřesnosti vzhledem k vlivu vody v podílu volných hlušín.

Je možno namítat, že popsané řešení není exaktní, avšak objemové relace jsou jednoznačné a větší kvantitativní chyby nevzniknou. Kvalitativní rozdíly oproti skutečné těžbě možno předpokládat v takovém rozsahu, který neovlivní odbytové možnosti těžby ze závalových polí. Bude tedy v rozsahu kvalitativních hodnot jednotlivých odbytových druhů.

Recenzoval: Ing. Vratislav Vít

S h r n u t í

Přibližné odvození kvalitativního složení těžby ze závalových polí na základě technických rozborů denní těžby

Při lomovém dobývání závalových polí bývalého hlubinného dobývání je těžena směs uhelné bilanční hmoty a hlušín.

Ve výpočtech dobyvatelné substance těchto lokalit hraje zásadní roli kvalitativní složení těžby, tj. podíl závalového jílu v těžbě. Tento podíl možno určit pomocí pracích pokusů s velkými vzorky těžby, což je značně organizačně náročné, nebo pomocí technických rozborů denní těžby. Článek uvádí obecnou metodiku odvození průměrné hodnoty podílu hlušín v těžbě pomocí průměrných obsahů popelovin, včetně konkrétního příkladu.