

Inž. Jiří Konvalinka, VÚHU :

MOŽNOSTI APLIKACE NĚKTERÝCH MATEMATICKÝCH METOD NA POVRCHOVÉ HNĚDOUHLE NÉ DOLY

Kvalitativní změny v řízení práce, které v současné době probíhají v celém národním hospodářství, nemohou se nedotknout dosud používaných způsobů organizace výrobní činnosti v hornictví. Převažující část tohoto odvětví - dobývání uhlí povrchovým způsobem - si svou důležitostí, svými výkony a pokročilou koncentrovanou mechanizací přímo vynucuje přechod z dosud používaných subjektivních forem řízení na objektivní způsoby s použitím exaktních metod. Moment nutnosti takových opatření vzniká především ze dvou vysoce aktuálních ekonomických požadavků na lomový způsob dobývání uhlí, které jsou vyvolány přechodem na nové formy řízení:

- prvním z nich jsou nároky ze strany odběratelů na kvalitu dodávaného uhlí ve spojitosti s jeho cenou,
- druhý vzniká přímo uvnitř výrobního procesu na povrchovém dole z hlediska jeho hospodárnosti, a je to využití strojů a zařízení na závodech, týkající se především mechanismů pracujících na skrývkách v souvislosti s výší výrobních nákladů, tedy opět ve spojitosti s cenou uhlí.

V obou případech se prakticky jedná o účelovou optimalizaci výrobní činnosti, která je současně známými matematickými metodami v zásadě zvládnutelná, i když v podmínkách hornického podnikání je mnoho odlišností vzhledem k podmínkám v jiných průmyslových odvětvích, např. zpracovatelských. Také vysoký stupeň mechanizace a koncentrace výroby na povrchových dolech jen zdánlivě vytváří všechny podmínky pro zavedení matematických metod pro řízení výroby. Proto by bylo vhodné alespoň krátce se zmínit o všeobecných podmínkách umožňujících aplikaci matematických metod pro řízení výroby na povrchových dolech.

Za dané situace se jen velmi těžko prosazuje požadavek, aby již projekt povrchového dolu byl prováděn z hlediska možnosti použití matematických metod řízení. Přitom by ze současného hlediska měl být návrh takového řízení nedílnou součástí projektu. Je běžné, že se výrobní celek vybaví investičně strojním zařízením

podle omezeného okruhu ovlivňujících činitelů výroby a potom se teprve hledá funkční a nákladová optimalizace. Jedině správný je opačný postup, kdy na podkladě co nejširše pojaté optimalizace získané teoretické parametry vlastností strojního vybavení nahrazujeme stejnými nebo podobnými parametry konkrétního zařízení a respektování jeho využití, fyzického i morálního opotřebování.

Ještě složitější situace nastává tehdy, mají-li být vytvořeny podmínky pro automatizaci řízení zaběhnutého lomového provozu s ustáleným a zdaleka neopotřebovaným strojním vybavením.

Druhou, neméně důležitou podmínkou pro použití matematických metod programového ovládání výrobního zařízení, je vybavení jednotlivých jeho článků automatizačními prvky řízení. V tomto směru byla situace u strojního zařízení používaného na povrchových dolech velmi nepříznivá. Dosavadní konstrukce dobývacích velkostrojů, dopravních zařízení i zakladačů většinou postrádaly i tu nejzákladnější samočinnost ovládání svého chodu, vylučující subjektivnost řízení člověkem se všemi evidentními nedostatky. Teprve v poslední době lze v tomto směru pozorovat obrat k lepšímu.

Poněkud specificky se v našich poměrech projevuje další podmínka použití matematických forem řízení, vyplývající ze současného stavu aplikace takových metod řízení a hodnocení výroby vůbec a na povrchových dolech zvlášť. Je všeobecně známo, že v tomto směru máme proti světovému vývoji podstatné zpoždění. Z toho pramení nedostatek zkušeností v pracích na těchto problémech a nesouvislá základna lidská i materiální pro řešení těchto otázek. V případě použití matematických metod na povrchových dolech je situace dále zkomplikována řadou specifických činitelů ovlivňujících dobývání, přičemž jejich výskyt a míru působení lze jen velmi těžko matematicky postihnout.

Účelem této statě je shrnout některé možnosti programového řízení dobývacích prací v uhelném lomu z hlediska splnění požadavků odběratele na určitou kvalitu dodávaného paliva. Předem je nezbytné upozornit na jednu závažnou okolnost, kterou je nutno znát předtím, než uhlý lom jako dodavatel odsouhlasí podmínky nároku odběratele na kvalitu uhlí a případně je potvrdí ve smluvním řízení. Jsou to požadavkům programového řízení odpovídající znalosti kvality uhelné substance a způsob kvalitativního rozložení v exploatované uhelné sloji. Mnohé mezery v těchto znalostech se sice dají zaplnit dorozvědkou prováděnou případně z hlavy odkryté sloje, ale dostatečná předběžná znalost je stále určující ze stanoviska koncepce navrhovaného programového řízení těžby. Z nemnoha zatím použitelných teoretických způsobů řešení programů dobývání uhlí povrchovým způsobem za účelem splnění požadavků na kvalitu uhlí ze strany odběratele byly vybrány dva, popsané v dalších kapitolách,

kteří řeší daný úkol formami, lišícími se od sebe náročností použitého matematického aparátu.

Příklad řešení daného úkolu jednoduchým matematickým způsobem pomocí stanovení poměru mísení tří zjištěných kvalit uhlí za účelem dosažení průměrné požadované kvality dodávky:

Základem výpočtu je požadavek odběratele za rok vyjádřený množstvím Q v mil. tun uhlí za rok a kvalitou ve výhřevnosti K v kcal/kg, což je možno chápat jako požadavek na úhrnné množství dodaných kcal za rok s omezením dodaného množství uhlí.

Důl hodlá tento požadavek splnit dodávkou ze tří řezů uhebného lomu, na kterých má ročně k dispozici jednotlivá množství q_1 , q_2 a q_3 , jejichž součet koresponduje s požadovaným množstvím určité kvality, přičemž jsou na jednotlivých řezech známy kvality k_1 , k_2 resp. k_3 .

Obecné řešení:

$$q_1 + q_2 + q_3 = Q \quad /1/$$

$$q_1 k_1 + q_2 k_2 + q_3 k_3 = QK \quad /2/$$

$$\text{z toho: } q_2 = \frac{Q / K - k_1 / - q_3 / k_3 - k_1 /}{k_2 - k_1} \quad /3/$$

$$\text{a } q_1 = \frac{Q / K - k_2 / + q_3 / k_2 - k_3 /}{k_1 - k_2} \quad /4/$$

Mějme konkrétní příklad:

$$Q = 5 \text{ mil. t/rok; } K = 3000 \text{ kcal/kg}$$

$$k_1 = 3200 \text{ kcal/kg; } k_2 = 2900 \text{ kcal/kg; } k_3 = 2600 \text{ kcal/kg}$$

s omezením:

$$q_{1\max} = 2,6 \text{ mil. t/rok; } q_{2\max} = 2,5 \text{ mil. t/rok; } q_{3\max} = 1,5 \text{ mil. t/rok}$$

Po dosazení:

$$q_1 = \frac{5 / 3 - 2,9 / + q_3 / 2,9 - 2,6 /}{3,2 - 2,9} = \frac{0,3}{0,3} q_3 + 1,66 \quad /4/$$

$$q_2 = \frac{5 / 3,0 - 3,2 / - q_3 / 2,6 - 3,2 /}{2,9 - 3,2} = -\frac{0,6}{0,3} q_3 + 3,33 \quad /3/$$

Tento vcelku jednoduchý výpočet lze transformovat do všech poloh ve stupnici výhřevnosti uhlí na jednotlivých řezech a může sloužit jako jeden z podkladů pro stanovení potřebného výkonu dobývacích strojů na jednotlivých řezech. Další jeho výhoda spočívá v tom, že ho lze použít jako vyhodnocení kvality poměru mísení podle poznatků získaných průzkumem i bezprostředně po uvolnění uhlí ze sloje dobývacím strojem, je-li k dispozici možnost kvalitní rychloanalýzy. Tím jsou dány možnosti řídit, samozřejmě s technologickými a bezpečnostními omezeními, selektivní dobývání na jednotlivých řezech za účelem dosažení žádané kvality dodávky. Pro rychlé výpočty optimálních poměrů mísení nejen při následné analýze za dobývacím strojem, kde to hlavně přichází v úvahu, ale i při eventuálním vrtání z hlavy sloje s malým předstihem, se předpokládá použití počítače.

Je celkem známé, že výkyvy ve výhřevnosti hnědého uhlí ze severočeské pánve jsou značné - průměr výchylky je přibližně $\pm 25\%$. Je nutno tedy počítat s tím, že jsou ve směru vertikálním ve sloji značné rozdíly ve výhřevnosti. Může se stát, že rozdělení řezů s ohledem na použitou technologii dobývání a jakési isokalorické horizonty nebude vyhovovat z hlediska požadované kvality dodávky, pokud bude řez dobýván jako celek, tj. vertikálně. Tehdy bude nutné dále rozdělit jednotlivé řezy na technologické horizonty podle kalorických isočar s přihlédnutím k dobývacím parametřům použitých strojů. Tak např. při plánované výšce řezu 12 m by bylo možno vytvořit při použití kolesových rypadel K 300 tři horizonty na výšku záběru kola 4 m. Takové technologické vrstvy mohou dále fungovat ve výpočtech pro stanovení poměru mísení jako samostatné řezy. Výpočtové operace s nimi by bylo možno provádět výše naznačeným způsobem za účelem stanovení optimálního poměru mísení pro dodržení kvality dodávky. Podle výsledků, které stanoví nutná množství uhlí z jednotlivých řezů nebo technologických horizontů, by bylo možné řídit práci strojů v podstatě selektivním způsobem s omezeními již dříve jmenovanými.

Řešení daného úkolu pomocí distribučních křivek, jejichž použití pro účely egalizace a homogenizace uhlí zpracoval ing. O. Fapšo z Výzkumného ústavu energetického v Praze (viz použité prameny):

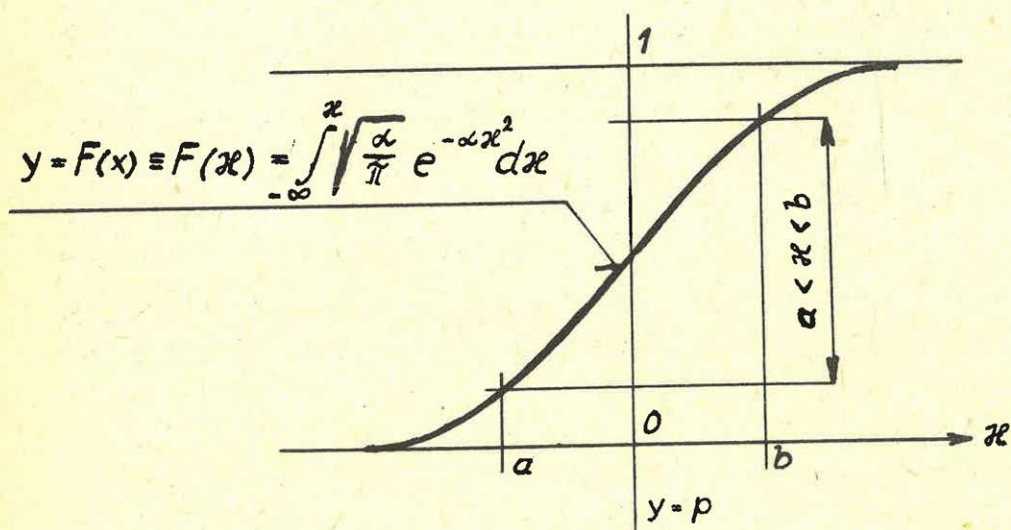
Řešení vychází z distribučních křivek změn výhřevnosti. Tyto křivky, reprezentující nahodilé změny, odpovídají rozložení odchylek podle Gausse. Zahrnují procentuální rozdělení množství podle celého rozsahu ve sloji existujících výhřevností. V podstatě charakterizují určitou část sloje a tedy i vyjadřují kvalitu části uhelné zásoby na dobu odpovídající výkonovým parametřům dobývacích strojů. Kvalita (přesnost) distribuční křivky bude především záležet na kvalitě znalostí

vlastností uhlí ve zkoumané oblasti.

Grafické znázornění distribuční funkce relativních změn výhřevnosti:

$$\sqrt{\frac{\alpha}{\pi}} e^{-\alpha x^2} \dots \text{Gaussova funkce určující kolísání výhřevnosti náhodnými vlivy a rozložení hodnoty pravděpodobnosti relativní výchylky}$$

$$x \dots \text{relativní výchylka výhřevnosti} = \left(\frac{Q - Q_{\text{stř}}}{Q_{\text{stř}}} \right)$$



Konkrétně se distribuční křivky pro jednotlivé uhelné řezy nebo technologické horizonty konstruují celkem jednoduchým způsobem: technologické rozборы vrtů z úrovně toho kterého řezu nebo technologického horizontu se doplní vahou podle plochy (např. Kegeleova obrazce) a mocnosti vrstvy, které představují zkoumaný vzorek. Mezi hranicemi výhřevnosti získanými průzkumem v oblasti řezu resp. horizontu se stanoví vyhovující kalorická stupnice podle požadavků odběratele a technických parametrů použitého dobývacího stroje v pravidelných intervalech a k nim se přiřadí odpovídající sumy množství uhlí. Na vodorovnou osu při konstrukci křivky se nanášejí procentuální zastoupení sum jednotlivých frakcí v závislosti na výhřevnosti znázorněné ve zvolené stupnici na vertikální ose distribuční křivky. Pro takto sestrojenou křivku se snadno vypočte střední hodnota výhřevnosti zkoumané části uhelné sloje - daného okolí průzkumného vrtu.

Metoda uspokojování kvalitativních požadavků odběratele pomocí distribučních křivek umožňuje ubrat při jejich sestavování (pro řez i sumárně) nejméně kvalitní technologickou vrstvu uhlí a bez ní zkoumat hodnotu střední výhřevnosti nové řezové či slojové distribuční křivky. Ve výpočtovém ubírání méně kvalitních technologických vrstev uhlí nebo přidávání hodnotnějších je nutno pokračovat tak dlouho, až se dostane průměrná požadovaná kvalita. Tím dojde nejen k nejlepšímu možnému využití uhlí v rámci splnění požadavků odběratele, ale i k tomu, že se bude vždy vědět, pro jaké množství uhlí je nutné hledat odbyt.

Tato metoda může být pro řízení práce rypadel použita i za předpokladu, že sloj bude předvrtávána z odkryté hlavy sloje. Rozestupy vrtů by mohly být úměrné předpokládaným postupům rypadel v určitém čase. Jak již bylo řečeno, roste s kvalitou i kvantitou znalostí o exploatované sloji i průkaznost distribučních křivek. Pro zpracování velkého množství údajů, z ekonomického hlediska žádoucích, o výhřevnosti uhlí do formy distribučních křivek je podmínkou použití samočinného číslicového počítače pro výpočty těchto křivek, jejich variací a případně kombinací.

Reálný způsob řízení těžby s použitím metody distribučních křivek by byl následující:

Jednotlivé bloky uhelné sloje by měly podle výsledků geologického průzkumu své distribuční křivky a přidělená čísla v mapě technických režimů; v případě navedení str oje do určitého bloku uhlí se známou distribuční křivkou na technologicky vedoucím řezu bude samočinný počítač hledat nejvhodnější kombinace s distribučními křivkami na ostatních řezech tak, aby střední výhřevnost sumární distribuční křivky vyhovovala požadavkům odběratele. Technický režim řízení rypadel na řezech by se mohl podřizovat vypočítaným kombinacím následujícími opatřeními samozřejmě s omezeními technologického a bezpečnostního charakteru:

- 1/ přejížděním rypadla na řezu podle porubní fronty k bloku, který by měl požadovanou střední výhřevnost. Tato možnost by byla v praxi pravděpodobně nejvíce redukována shora zmíněnými omezeními;
- 2/ potlačením výkonu rypadla na některém řezu podle potřeb výpočtu distribučních křivek;
- 3/ úplným dočasným odstavením některého rypadla v případě, že by jeho těžba ohrozila kvalitu dodávky nebo byla-li by dodávka "zbytečně" kvalitní. To vše za předpokladu, že by nebyl pro jeho uhlí odbyt nebo by bylo nereálné umístit těžbu na skládce.

Z hlediska okamžité potřeby uhlí určité kvality do žádané směsi je možné, že někdy se ho nebude na příslušném řezu dostávat nebo naopak, bude přebývat. Z předběžného průzkumu uhelné sloje lze podle jeho důkladnosti s větší nebo menší přesností takové situace předvídat. Tehdy je nutné se rozhodnout o velikosti homogenizační skládky i o způsobu skladování uhlí na této skládce (směs nebo kvality odděleně). Pro splnění požadavků odběratele, které závisejí na odstranění těchto situací a z technologických důvodů řízení práce strojů na jednotlivých řezech, by vyrovnávací skládka, třeba ne typicky homogenizační, měla na povrchových dolech s takovými dodavatelskými závazky být. Tehdy je vhodné využít možností, které taková skládka skýtá a

- 4/ znát pro zásoby na skládce distribuční křivku resp. křivky a zvětšit tak možné množství variací a kombinací distribučních křivek ve spojení s křivkami řezovými.

Také použití této metody se opírá o dostatečnou předběžnou znalost kvality uhlí v dobývané sloji. Dosavadní systém geologického průzkumu nedává téměř nikde záruku takových znalostí o uhelných zásobách, jakých by bylo pro obě metody potřeba. Vyžaduje to zahuštění obvyklé sítě vrtů, což s sebou přináší určité náklady. Tyto vrty by však mohly být použity pro odvodňování nebo pro nátržnou střelbu.

Řízení těžby uhlí matematickými metodami tak, aby byly uspokojovány požadavky odběratelů, nemůže být chápáno jako jednoúčelové. Z hlediska hospodárnosti dobývání je nutné konfrontovat závěry matematického řešení problému s hospodářskými výsledky výrobní činnosti. S největší pravděpodobností se místem konfliktu stane otázka využití dobývacích strojů. Za předpokladu důkladného předběžného geologického průzkumu, správně dimensované vyrovnávací skládky a vhodného technologického řešení dobývání lze tento problém vyřešit alespoň tak, že bude docíleno průměrného kapacitního využití strojů. Zajištěním odbytu uhlí, jež není potřeba svou kvalitou do dodávky hlavnímu odběrateli a jehož množství je podle programu těžby předem známé, může odstranit otázky dostatečného využití strojů beze zbytku. Při řešení hospodárnosti sehraje vedle shora jmenovaných aspektů důležitou roli i správná volba strojního zařízení příslušného závodu.

Za současné situace, kdy se stále zřetelněji projevuje nezbytnost zavádět exaktní metody do řízení výroby, je jasné, že se bude v převážné většině jednat o přebudování stávajících provozů na provozy zcela nebo alespoň zčásti řízené matematickými formami. Tato nutnost i přes nezbytný pečlivý výběr lomů vhodných k takové automatizaci s sebou přinese mnohé problémy, vyplývající ze značné nesourodos-

ti dosavadního vybavení lomů výrobními prostředky. Tento stav je a bude velkou překážkou na cestě k takovým formám řízení. Nebude jednoduše řešitelný vzhledem k tomu, že vedle pouze teoreticky dožívající mechanizace je na lomech zařízení nové, ale nevybavené opět prvky automatizace. V současné době plánované nebo budované hnědouhelné velkolomy, hlavně v SHR, mají být osazeny technologickými celky s pásovou dopravou, které budou na skrývkách dosahovat výkonu až 10 000 m³ syp/hod. Obrovské pořizovací náklady této technologie, právě tak jako náklady provozní, si vyžádají v úsilí o hospodárnost jejich maximálního využití. Nelze si v provozu takto kapacitních strojů a zařízení představit nedostatky zatím běžné a přehlížené, které pramení nejen z vlastního způsobu dosavadního ovládání stroje při práci, ale i z chyb organizačního charakteru při řízení práce jedné technologie nebo celého lomu. Východiskem pro odstranění těchto nedostatků je skutečně pouze programové řízení výrobní jednotky na podkladě matematického modelování jednotlivých dílčích výrobních činností. Již v úvodu je poznamenáno, že druhým velkým úkolem je exaktní řízení skrývkových prací na povrchovém dole včetně dopravy a zakládání skrývky. Zabývat se problematikou tohoto úkolu nebylo účelem této statě. Jsme si také velmi dobře vědomi, že jsme nevyčerпали všechny možnosti, které mohou řešit problém dodržení požadované kvality dodávky, pokud se týče komplexnosti. Kromě matematického modelování hlavních výrobních činností bude nutno řešit otázky spojené s programováním opravářských funkcí, skladového hospodářství a materiálně technického zásobování. Vedle těchto pomocných procesů by neměly zůstat nepovšimnuty také problémy nejúčelnějšího výběru, sjednocování a shromažďování ukazatelů a dat technicko-ekonomického charakteru, kterých je nutně zapotřebí pro sestavování objektivních informací pro účely řízení a správy. Zatím však by bylo za stávajících podmínek a okolností postačující zavedení exaktních způsobů do řízení hlavních výrobních činností. A to by si v průběhu doby samo o sobě vyžádalo zavedení matematických forem do řízení a organizace výroby ve směru horizontálním i vertikálním.

Autor článku děkuje touto cestou ing. J. Otýsovi a ing. J. Frydrychovi, bez jejichž spolupráce by nebylo možno dojít k závěrům ve studii obsaženým.

Použité prameny:

Metodika použití počítačích strojů pro výpočty potřebné pro řešení egalizace uhlí - ing. O. Fapšo, Výzkumný ústav energetický - 1966,

Problém a možnosti egalizace a homogenizace elektrárenského uhlí v ČSSR - ing. O. Fapšo, Energetika, číslo 6, ročník 1967.