

Ing. Milan V r b í č e k, VÚHU

Problematika ovětrávání hlubokých povrchových dolů

Projektovaným postupem velkolomů do větších hloubek vyvstává problém jejich větratelnosti. Problém je o to naléhavější, že ovzduší Severočeské hnědouhelné pánve je znečištěno vlivem nakupení průmyslových podniků, jejichž energetická základna je založena převážně na spalování hnědého uhlí. Výskyt častých inverzí a geomorfologický tvar pánve pak situaci ovětrávání dále zhoršuje.

Vyvstává tudíž otázka, zda hluboké lomové provozy budou ještě věratelné přirozenou cestou, nebo bude nutno uvažovat již v projektu s umělým větráním. Bylo proto nutno s ohledem na plánovaný rozvoj lomové těžby a s tím související postup do větších provozních hloubek vyjasnit některé závislosti ovětrávání hlubokých lomových provozů.

Na základě podrobného průzkumu teoretických výsledků sovětských výzkumných ústavů řešících problematiku ovětrávání hlubokých lomů, byly řešené problémy rozděleny na 4 etapy:

1. zjištění nejzávažnějších škodlivin v ovzduší povrchových dolů
2. klasifikace typů větrání na stávajících lomových provozech
3. vlivy meteorologických podmínek na stupeň koncentrace škodlivin na lomových provozech
4. vliv geometrických tvarů lomové kotliny na koncentraci škodlivin.

Obecně o problematice znečištění ovzduší oblastí povrchových dolů

Povrchové doly SHR jsou na území Podkrušnohorské pánve, rozkládající se mezi Krušnými horami a Českým středohořím. Vůči reliefu Krušných hor a převládajícímu směru větrů je tato oblast orientována zátvrně, takže výměna vzduchu v této oblasti je ztížena. Tato okolnost a existence výsypek bez zeleného porostu, neschopných udržet absorbované teplo slunečního záření, umožňuje vliv statických inverzí.

Uvedené podmínky spolu s velkým množstvím kondenzačních jader z průmyslových exhalací činí z Podkrušnohorské pánve oblast s největším

výskytem mlh v ČSSR. Existence energetických závodů, pracujících převážně na bázi hnědého uhlí s vysokým obsahem popelovin a síry, koncentrovaných na malé ploše, představuje extrém nejen československý. Při nízké vybavenosti kvalitními odlučovači je úlet spalín do ovzduší vysoký.

Pro srovnání: spád popílku a koncentrace kysličníku siřičitého jsou vyšší než v nejprůmyslovějších zemích světa. Maximální koncentrace SO_2 poblíž průmyslových center si v ničem nezadají s katastrofálními koncentracemi v Americe.

Je zřejmé, že tyto faktory se projeví v prostorech lomových provozů zvýšenou měrou.

Uhelná sloj v mocnosti ca 30 m, jako poměrně nedislokovaný sediment je uložena v oblasti povrchových dolů v hloubce ca 100 až 150 m. Hloubka je relativně zvětšena ještě vnějšími výsypkami. Perspektivně se počítá s postupem porubních front až do hloubky 400 m.

Uhelné povrchové doly leží v centru postižené oblasti a jsou jeho nejhlubšími místy. Z hlediska četných inverzních stavů také nejhůře větratelnými, které mají navíc ještě vlastní zdroje znečištění (mj. uhelný prach a prach z výsypek). Závažnějšími zdroji znečištění jsou ohniska požárů a zápar na uhelných řezech, které vznikají hlavně tehdy, když lomové dobývání se dostane do dolových polí bývalých hlubinných dolů. Tímto se odkryje tzv. závalové uhlí, které je naoxidováno a velmi náchylné k samovznícení. Výskyt ohňů v závalových partiích je velmi častý.

K výměně ovzduší povrchových dolů dochází po určité rychlosti větrů a při určitém generálním úhlu svahu řezů. Jinak dochází k cirkulaci vzdušnin uvnitř lomu a za bezvětří a inverzních stavů je výměna ovzduší minimální a dochází k nahromadění nebezpečných koncentrací, které mohou několikanásobně převýšit hygienické normy.

Účinky těchto situací na lidské zdraví, jak prokazují statistické výkazy, je zvýšená četnost onemocnění horních cest dýchacích. Kysličník siřičitý již v nepatrných koncentracích dráždí dýchací cesty a napomáhá vzniku katarálních onemocnění dýchacích cest. Jeho dlouhodobému

působení se přičítá podíl v rozvoji chudokrevnosti, napomáhá vzniku plicní tuberkulózy a vyvolává poruchy výživy lidského organismu. V zakouřených oblastech je 3-5krát vyšší bronchitida, záněty pohrudnice a plic, 2-3krát čtenější anginy.

Vzniklá situace budí oprávněné obavy o vývoj a stav ovzduší v hlubokých povrchových dolech, které budou v provozu, a proto vzájemná znalost vazeb mezi koncentrací škodlivin a meteorologickou situací je na nejvyšší nutná.

Zjišťování nejzávažnějších škodlivin v ovzduší povrchových dolů

Mezi zdroje škodlivých plynů v povrchových dolech patří:

- ložiska a průvodní horniny
- vody obsahující plyny
- požáry
- trhací práce
- spalovací motory a parní lokomotivy

Kromě tohoto se dostávají do prostorů lomů ještě škodliviny z vedlejších závodů chemického a energetického průmyslu, které jsou v těsné blízkosti.

Hlavními zdroji jsou jednak požáry uhlí v samotném lomu, zejména při dobývání závalových partií sloje, nicméně podíl vnějších zdrojů nemůže být podceněn a je nutno s ním počítat hlavně při inverzních stavech, kdy vlivem stagnace vzduchových mas může dojít k jejich koncentraci.

Ze škodlivých plynů, s nimiž se můžeme ve vnitřním i vnějším ovzduší lomů setkat, jmenujeme:

kysličník uhelnatý CO , sirovodík H_2S , 3,4 benzpyren, akrolein $\text{C}_2\text{H}_3\text{CHO}$, kysličníky dusíku, methan CH_4 , kysličník uhličitý CO_2 .

Klasifikace typů větrání na povrchových dolech

V zásadě při klasifikaci větrání na povrchových dolech lze rozlišovat dva zásadní typy:

- a) přiléhání větrního proudu na svah příp. počvu lomu - lomy s přímým větrním proudem

b) odloučení větrního proudu a vytvoření volné meze paprsků s pásmem směřovacím a pásmem zpětného proudění - lomy s větrními koloběhy.

V důsledku toho jsou poměry ovětrávání v lomech na základě činnosti větrů odvislé od geometrického tvaru lomu, od úhlu svahů, při čemž je nutno uvažovat svah odvrácený od větrů.

Lomy s přímým větrním proudem

Přímý, uzavřený větrní proud podle Nikitina je na lomech s generálním úhlem svahu $\alpha_1 < 15^\circ$. Toto odpovídá poměru rozprostření lomu na povrchu terénu ve směru větru ke hloubce lomu 5 až 6. Oproti tomu Bitkolov udává poměr 9 až 10. To se dá ostatně vysvětlit tím, že převážně na pokusech s modely získané zákonitosti byly podmíněny rozdílnými podmínkami, za jakých byly podnikány. Je-li systém svahů velmi nepravidelně odstupňován, mohou nastat větší zpětné proudy větrů nebo větrné okruhy. Za normálních podmínek jsou takovéto jevy omezeny pouze na jednotlivé etáže. Obr. 1 znázorňuje poměry proudění.

Horizontální komponenty rychlosti větrů "u" v libovolném bodě uvnitř lomu jsou odvislé od polohy bodu a hodnoty rychlosti větrů u_0 . Od vertikálních složek rychlosti větrů se upouští. Směr proudění větrů odpovídá ve všech bodech směru větrů na přirozeném povrchu zemském.

V důsledku rozšíření proudu podél stěny odvrácené od větru dochází v oblasti OBC ke snížení rychlosti větrů ve směru proudění. Dosáhl-li větrní proud stěnu obrácenou k větru, stoupá opět rychlost větrů ve směru větrního proudu. Deformace profilu rychlosti se nevztahuje jen na oblast uvnitř lomu. Také ohraničení neovlivněného hlavního proudění se posouvá v důsledku stejného vlivu. Zkouškami bylo prokázáno, že tato hranice je omezena přímkou se stoupáním 42° . Za průřezem AB se zmenšuje šířka deformačního pásma a hranice neovlivněného hlavního proudu v bodě K odpovídá normální síle mezní vrstvy na plochem povrchu zemském. Od dodatečného působení lomu po proudu se zde upouští, poněvadž pro rozbor větrních poměrů v lomu samotném je nevýznamné.

Lomy s větrními koloběhy (cirkulacemi)

Podstatně komplikovanější se utvářejí poměry proudění v lomech

s větrnými koloběhy (cirkulacemi). Takovéto ovětrávací poměry vyvstávají, když generální svahový úhel odvráceného svahu ke směru větrů překračuje 15° . Jak již je uvedeno, mohou ale i při $\alpha_1 = 15^\circ$ v důsledku silně nepravidelného svahového systému nastat stejné poměry, takže ve velkých částech lomu vyvstávají větrní cirkulace. Úhel rozšíření proudu je odvislý od jeho turbulence. Obr. 2 znázorňuje poměry proudění.

Horizontální rychlost u v libovolném bodě lomu taktéž závisí při přímém větrním proudu na rychlosti větrů u_0 a na poloze příslušného bodu. Směr větrního proudu oproti tomu nesouhlasí v každém případě se směrem větru, poněvadž mimo to ještě závisí na poloze bodu. Tak jako při průtokovém větrání se i zde tvoří hranice neovlivněného proudění, která je vymezena křivkou, která má z počátku lineární průběh a stoupá pod úhlem ca 7° . Probíhá body OPAK. Nad touto linií se $U_0 = U$. Mezi liniemi OK a OC nastává jednak deformace rychlostního profilu a rozdělení masy v ovzduší na dvě části. Masa vzduchu nacházející se mezi liniemi OK OB se chová jako při průtokovém větrání, tedy proudí po návětrném svahu za stálého přírůstku rychlosti ven z lomu. Vzduch uzavřený liniemi OB a OC překračuje linii OC, kde nastává další deformace rychlostního profilu a obrácení směru větru. Přímka OB tvoří tedy rovinu, ve které je $U = 0$. Po překročení této vrstvy se směr proudění obrací, vzduch proudí podél podvětrného svahu a znovu se dostává do prostoru ohraničeného body OBK. Část ovzduší se dostane do prostoru ohraničeného křivkou OB a horizontálou X, které spolu svírají úhel ca $1^\circ 30'$ (dle Nikitina) a část zůstane v prostoru ohraničeném křivkou OB a přímkou OC a zúčastní se znovu koloběhu.

Nepřehlédneme-li k dodatečným účinkům lomového prostoru, které mohou nastat směrem po proudu, je v bodě K rychlost větru opět U_0 .

Významný je nyní stav obou řezů PP_2 a AB, protože jejich poloha rozhoduje o efektivnosti větrání lomového prostoru. Z obr. č. 2 je patrné, že lomový prostor nacházející se za řezem AB je ovětráván přímým větrným proudem a prostor před řezem AB recirkulačně. Přímka OB svírá s horizontálou dle Nikitina a Bitkolova úhel ca 10° .

Při postupu lomu do větších hloubek se nemění všeobecný obraz po-

měrů proudění. Kvantitativní změny vyvstávají především v nejhlubších partiích lomu, kde v důsledku rozšíření pásma zpětného proudění větrů dochází k souhlasnému snížení rychlosti proudění větrů, které se projevuje již při stejně svízelných ovětrávacích poměrech negativně.

Lomy s komplikovanými poměry ovětrávání

Vedle obou již podrobně rozvedených základních typů poměrů proudění mohou podle tvaru lomu vyvstat poměry, které oba základní typy sdružují (obr. 3).

Má-li např. lom s větrními cirkulacemi dosaženou již svou konečnou hloubku, takže skrývka postupuje již jen horizontálně, pak nekončí vnější ohraničení mezní vrstvy již na svahu k větru obráceném, nýbrž končí na počvě lomu. Po proudu od bodu C jsou poměry proudění, jak byly popsány, odpovídající přímému větrnímu proudu. V oblasti OC existuje proti tomu nadále větrní cirkulace. Tento případ nastává také, když vítr věje podélně v lomu do délky protaženém.

Komplikovaněji se utvářejí poměry v proudění, když např. v lomu s ploše upadajícími svahy je těžení v nejhlubším místě lomu v předstihu, takže systém svahu od větru odvrácený dostane dva rozdílné sklony. V horní části lomu bude pak i nadále přímý větrní proud, oproti čemuž v hlubší části vyvstanou poměry neodpovídající proudění cirkulačního typu. Také pro tyto poměry udává Nikitin matematické vztahy.

Všeobecné závěry

Z předcházejících vývodů je zřejmé, že nejpriznivější ovětrávání by měly být v lomech s přímým větrním proudem. Ovšem takovéto ploché svahy, které podmiňují existenci výlučně přímého větrního proudu, jsou velmi řídké, takže většina lomů vykazuje cirkulační oběhy. Ale i v lomech s přímým větrním proudem klesá síla větrů s narůstající hloubkou velmi podstatně, takže vznikají větrně technické potíže. Největší potíže vyvstávají nejen v čistě konvektivně ovětrávaných lomech, ale i v lomech s větrními cirkulacemi. Přitom je nutno brát v úvahu, že často převládají nejen příliš malé rychlosti větrů, nýbrž že komplikace jsou podmiňovány obohacením cirkulujících větrů plyny nebo prachem. Tento

jev bude samozřejmě při malé rychlosti větrů na povrchu terénu při postupu lomu do větší hloubky a tím ještě spojený pokles rychlosti větrů v pásmu cirkulace, překrýván. Oproti tomu na svahu obráceném k větrům nevystanou žádné větší potíže.

Na základě teoretického průzkumu se přikročilo ke zhodnocení převládajícího způsobu větrání na povrchovém dole Obránců míru a na základě experimentálního měření ke zobecnění výsledků.

Klasifikace převládajícího způsobu větrání na povrchovém dole Obránců míru

Na základě uvedených teoretických poznatků je zřejmé, že určující faktor způsobu větrání má geometrický tvar lomu. Bylo proto přikročeno k detailnímu průzkumu svahových poměrů v převládajících směrech větrů. Průzkumem bylo zjištěno, že v převážné většině generální svahiskřivky nepřesahuje 9° . Tudiž splňuje stěžejní podmínku průtokového větrání povrchových lomů. Pouze SV svah lomu má svahový úhel $15^{\circ}05'$, takže se dá předpokládat, že část povrchového lomu při SV směru větru bude větrána recirkulačně.

Aby bylo možno prokázat tento předpoklad, bylo podrobně vyhodnoceno měření větrů na jednotlivých stanovištích. Na základě údajů jednotlivých pozorování byly zpracovány tabulky měřených hodnot, jak měsíčního, tak ročního průběhu směru větrů. Tabulkové hodnoty byly graficky zpracovány. Viz. obr. 4.

Z grafického zpracování jak měsíčního, tak ročního průběhu směru větrů je patrna deformace větrné růžice ve směru SV proudění ve prospěch JV, S a JZ proudění. Tento úkaz potvrzuje předpoklad, že při severovýchodním proudění se SV svah lomu dostává do větrního stínu a větrá recirkulací. Že nejde o změnu směru větru vlivem konfigurace terénu, je patrné z denních tabulek, které prokazují, že při SV proudění na povrchu převládá na stanici č. 2 JZ směr větrů, tedy protisměrné proudění. Že dochází skutečně ke zvratu větrného proudu a ne o směr větrného proudění vyvolaný konvekci, nebo o změnu vyvolanou terénní překážkou uvnitř lomu. Dále to dokazují rychlosti větrů, při kterých tento jev nastává. Je známo, že při rychlosti větru nad 1 m/s je přerušeno

na výměnu tepla mezi vzduchovou vrstvou, nacházející se bezprostředně nad povrchem země a zemským povrchem. Nemůže tedy dojít k jejímu ohřetí a konvekční proudění ustává.

Konfrontujeme-li uvedená fakta s teoretickými předpoklady, je možno říci, že systém přirozeného větrání povrchového dolu OM je při dané konfiguraci terénu odvislý od směru proudění větrů. Při SV proudění větrá část lomu recirkulací a část přímým větrným proudem. V ostatních směrech nedochází k podstatné deformaci větrné růžice, dá se tedy předpokládat, jak ostatně potvrzují generální sklony svahů $5 - 8^\circ$, že lom je větrán přímým větrným proudem s lokálními vratnými proudy, které však nemají podstatný vliv na zvyšování koncentrace škodlivin v ovzduší lomu.

Výskyt bezvětrných dnů je poněkud zkreslen jak na povrchu, tak v lomu, protože i když bylo použito stejného typu přístrojů, nemají tyto stejný práh citlivosti. Na povrchu se anemoindikátor rozbíhá ca při 2 m/s, v dole při 0,95 m/s. Tímto dochází hlavně na povrchu ke zvýšení procenta bezvětrných dnů a ke zmenšení větrné růžice oproti růžici v dole. Geometrický tvar růžice na povrchu však tímto nedozná podstatné změny. Po ověření směru proudění a jeho charakteru v lomovém provozu bylo možno přikročit k rozboru dalších faktorů, ovlivňujících větratelnost lomových provozů, ze kterých nejvýznamnější je kinetická energie větru.

Úbytek rychlosti v závislosti na vzrůstající provozní hloubce

Posuzujeme-li úbytek rychlosti větrů v lomových provozech, je nutno si uvědomit, že na úbytek rychlosti s hloubkou působí řada faktorů, zejména generální sklon svahů, výška a sklon řezů, drsnost povrchu, umístění vnitřní výsypky a vliv proudů vznikajících působením konvekce. Je pochopitelné, že měřením rychlosti větrů není možné posoudit vzájemnou vazbu a míru ovlivnění výsledné rychlosti, nýbrž měříme soubor všech vyjmenovaných faktorů, takže není možno zobecnit výsledky měření prováděné v jednom provozu takovou měrou, aby platily pro všechny lomové provozy.

Na základě výsledků rozsáhlého výzkumu, prováděného v SSSR, byly

vysledovány některé zákonitosti větrného proudění v lomech. Z meteorologie je známo, že rychlost větru s rostoucí výškou od země vzrůstá. V závislosti na míře ovlivnění zemským povrchem je možno rychlostní profily vyjádřit buď křivkou exponenciální, nebo logaritmickou.

Na základě teoretické analýzy a vyhodnocení množství experimentálního měření je možno rychlost větru v určité výšce v případě stavu mezní rovnováhy vyjádřit vztahem

$$u_z = u_1 \frac{1 - \frac{z}{z_0}}{1 - \frac{z_1}{z_0}} \quad /1/$$

kde u_z = rychlost větru ve výšce z
 z_1 = rychlost větru změřená ve výšce z_1
 z_0 = koeficient drsnosti povrchu

Při nerovnovážném stavu atmosféry je možno vyjádřit vertikální rychlostní profil výrazem

$$u_z = \frac{z^\epsilon - z_0^\epsilon}{z_1^\epsilon - z_0^\epsilon} u_1 \quad /2/$$

kde ϵ = koeficient stálosti atmosféry

Tento výraz je možno nahradit výrazem

$$u_z = \left(\frac{z}{z_1} \right)^m u_1 \quad /3/$$

$m = 0,3 - 0,5$ pro rovnovážný stav atmosféry
 $m = 0,2 - 0,3$ pro stav mezní rovnováhy atmosféry
 $m = 0,1 - 0,2$ pro nerovnovážný stav atmosféry

Analýza provedených pokusů podmínek proudění v lomových provozech prokázala, že turbulentní proudění v lomových modelech je možno ztotožnit s turbulentním prouděním v podmínkách mezní rovnováhy. Tedy rychlostní profil proudění je možno vyjádřit logaritmickou křivkou ve tvaru:

$$u_x = \varphi \cdot u_0 \frac{l_n' (H - x) - l_n \cdot z_0}{l_n \cdot H - l_n \cdot z_0} \quad /4/$$

kde u_x = rychlost větru v hloubce x od povrchu lomu

u_0 = rychlost větru na povrchu

H = hloubka lomu

φ = opravný koeficient změny rychlosti větru u_0 uvnitř lomu

Modelovým experimentálním měřením bylo zjištěno, že jeho hodnota se pohybuje v mezích 0,6 - 0,67. Při průtokovém větrání celé nebo větší části lomové kotliny se dá rychlostní úbytek vyjádřit exponenciální křivkou ve tvaru

$$u_x = \varphi \cdot u_0 \left(\frac{H - x}{H} \right)^m \quad /5/$$

V případech mezního stavu atmosféry a průtokového větrání povrchového dolu se dá vyjádřit úbytek rychlosti (rychlostní profil) exponenciální křivkou, vyjádřenou výrazem

$$u_x = \varphi \cdot u_0 \left(\frac{H - x}{H} \right)^m \quad /5/$$

Výraz /2/ pro zkoumané podmínky nabývá tvaru

$$u_x = \varphi \cdot u_0 \frac{(H - x)^c - z_0}{H - z_0} \quad /6/$$

V případě postupu lomu do větších hloubek a zvětšováním se úhlu generálních svahů se mohou vyskytnout úseky s vratnými větrnými proudy. V tomto případě hovoříme o recirkulačním větrání. Potom rozdělení rychlosti v závislosti na hloubce probíhá dle experimentální závislosti

$$u_x = A(x - h)^2 + B(x - h) + C \quad /7/$$

kde A, B, C = koeficienty charakterizující zkoumaný profil lomu

h = mocnost recirkulační zóny

Dále je nutno uvažovat při vyhodnocování úbytku kinetické energie

větrného proudění též vliv konvektivních proudů, které mohou mít at již kladný, či záporný vliv.

Z uvedeného velmi hrubého výtahu problémů, které byly řešeny za spolupráce několika výzkumných ústavů je patrné, že daná problematika je velmi složitá a řešit ji v celé šíři v podmínkách SHR by znamenalo širokou spolupráci a podstatně rozšíření personálního obsazení úkolu. Z tohoto důvodu byl úkol zúžen na výše uvedené problémy.

Použití výzkumu provedeného v SSSR nebylo možné bez náležité analýzy a konfrontace s naměřenými hodnotami v podmínkách SHR. Toto je patrné i z toho, že v SSSR byly zkoumány převážně rudné povrchové doly s rozdílnými úhly svahů, rozdílnými klimatickými podmínkami a s rozdílnými vlastnostmi hornin, pokud hodnotíme schopnost pohlcování a uvolňování slunečního záření. Z rozdílných podmínek pak rezultují i rozdílné opravné koeficienty, které ovšem značně korigují konečné výsledky.

Bylo proto nutno zvolit takový postup, který by vycházel z teoretických podkladů, daných sovětským výzkumem, avšak bral v potaz specifické podmínky SHR.

Měření úbytku rychlosti větrů v závislosti na hloubce bylo rozděleno na dvě etapy:

- výběr měřicích stanovišť a orientační měření
- vlastní měření potřebných hodnot

Výběr měřicích stanovišť byl proveden tím způsobem, že v prostoru lomu byly vytýčeny dva větrné profily SV JZ a SV JV, prakticky ve směrech převládajících větrů. Výškově byly jednotlivé měřicí stanoviště odstupňovány po 30 m a umístěny tak, aby byl pokud možno vyloučen vliv terénních překážek. Samotné měření bylo prováděno Stružkovými anem-indikátory.

Zprůměrované měsíční hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 1. Srovnáme-li výsledky naměřené v průběhu tohoto měření s celoročními hodnotami vidíme, že celkový úbytek je menší o 9 %, což se dá vysvětlit tím, že do tohoto měření nebyly pojaty zimní bezvětrné měsíce.

Naměřené hodnoty byly početně a graficky vyhodnoceny - viz obr.č.5 a tabulka č. 1.

Dále byla provedena konfrontace naměřených hodnot s publikovanými sovětskými výsledky, které byly vypočítány pomocí výrazu /5/:

$$u_x = \varphi_0 \cdot u_0 \left(\frac{H-x}{H} \right)^m$$

u_0 = rychlost na povrchu = 3,20 m/s

u_x = rychlost v určité hloubce

φ_0 = 0,60 - 0,67

φ_0 = 0,65 (volíme)

m = 0,25

x = hloubka lomu, kde zjišťujeme rychlost

H = celková hloubka lomu = 130 m

Tabulka vypočtených a naměřených hodnot:

x	u_x naměřena	u_x vypočítána	rozdíl v %	podíl	rozdíl %
30	3,14	2,03	98,00	65,00	33
60	2,97	1,78	93,00	55,60	38
90	2,71	1,55	85,00	48,40	37,6
120	2,24	1,17	70,00	36,50	33,5

Z tabulky je patrné, že naměřené a vypočtené rychlosti větrů vykazují značné rozdíly, tudíž výraz /5/ pro podmínky SHR nevyhovuje. Z těchto důvodů bylo přikročeno metodou nejmenších čtverců k proložení křivky naměřenými hodnotami, která by vyhovovala grafu, který zobrazuje úbytek rychlosti v závislosti na hloubce - viz obr. 5.

Matematické stanovení funkce

$$y = \frac{a}{b + cx^2}$$

/9/

$$\frac{1}{y} = z = \frac{b + cx^2}{a} = \frac{b}{a} + \frac{c}{a} x^2 = A + B x^2$$

$$\frac{1}{y_1} = z_1 = A + B x^2$$

/9/

$$S = \sum_{i=1}^n (z_i - A^x - B^x x_i^2)^2 = \min \quad /10/$$

$$\frac{\partial S}{\partial A^x} = 2 \sum_{i=1}^n (z_i - A^x - B^x x_i^2) (-1) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n z_i - \sum_{i=1}^n A^x - \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) B^x = 0$$

$$n \cdot A^x + \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) B^x = \sum_{i=1}^n z_i \quad /11/$$

$$\frac{\partial S}{\partial B^x} = 2 \sum_{i=1}^n (z_i - A^x - B^x x_i^2) (-x_i^2) = 0 \quad /12/$$

$$\sum_{i=1}^n z_i x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) A^x - \left(\sum_{i=1}^n x_i^4 \right) B^x = 0$$

$$\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) A^x + \left(\sum_{i=1}^n x_i^4 \right) B^x = \sum_{i=1}^n z_i x_i^2 \quad /13/$$

$$n \cdot A^x + \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) B^x = \sum_{i=1}^n z_i$$

$$\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) A^x + \left(\sum_{i=1}^n x_i^4 \right) B^x = \sum_{i=1}^n z_i x_i^2$$

n	y _i	z _i = $\frac{1}{y_i}$	x _i	x _i ²	z _i x _i ²	x _i ⁴
1	3,2	0,3125	0	0	0	0
2	3,14	0,3185	30	900	286,65	810 000
3	2,97	0,3367	60	3 600	1 212,12	12 960 000
4	2,71	0,369	90	400	2 988,9	65 610 000
5	2,24	0,4464	125	15 625	6 975	244 140 625
		1,7831	305	28 225	11 462,67	323 520 625

$$5 A^x + 28225 B^x = 1,7831$$

$$28225 A^x + 323\,520\,625 B^x = 11\,462,67$$

$$A^x = \frac{1,7831 - 28225 B^x}{5}$$

$$= 0,3566 - 5645 B^x$$

$$100\,065 - 159\,330\,125 B^x + 232\,520\,625 B^x = 11\,462,67$$

$$B^x = 0,000\,0085$$

$$A^x = 0,3086$$

$$z = 0,3086 + 0,000\,0085 x^2$$

$$y = \frac{1}{0,3086 + 0,000\,0085 x^2}$$

$$y = \frac{1}{A^x + B^x x^2}$$

$$x = 0 \rightarrow y = \frac{1}{A^x} = u_0 \rightarrow A^x = \frac{1}{u_0}$$

$$y = \frac{1}{\frac{1}{u_0} + B^x x^2} = \frac{u_0}{1 + u_0 B^x x^2}$$

$$v = \frac{u_0}{1 + 8,5 \cdot 10^{-6} u_0 H^2} \quad (\text{m/s})$$

/14/

nebo

$$v = \frac{1}{\frac{1}{u_0} + 8,5 \cdot 10^{-6} \cdot H^2} \quad (\text{m/s})$$

kde v (m/s) - rychlost větru v hloubce H

u_0 (m/s) - rychlost větru na hraně lomu

H (m/s) - hloubka lomu

Z uvedené matematické závislosti a z průběhu křivky vyplývá, že s hloubkou sice ubývá kinetické energie větrů, ale i v hlubokých lo-

mech nebude nikdy rychlost nulová. Je nutno si ovšem uvědomit, že graf i matematická závislost byla získána na základě experimentálního měření, které pochopitelně nese vliv prostředí, ve kterém bylo prováděno. I když způsob vyhodnocení naměřených hodnot do určité míry tyto vlivy potlačil, nedá se předpokládat, že zcela vyloučil. Není tedy možno říci, že graf a matematický vztah platí v celém svém rozsahu, i když vyhovuje naměřeným hodnotám daleko lépe, než vztah /5/ (maximální chyba 3 %).

Na základě experimentálního měření a pozorování je možno vyslovit předpoklad, že se vzrůstající hloubkou lomů se bude zmenšovat rychlost větrů a narůstat ovlivnění větrání mikroklimatem a mikroreliefem lomu. Mezi nejzávažnějšími faktory, které budou ovlivňovat větrné proudění (mimo vlastní kinetické energie větru) budou patřit teplotní poměry (tepelný gradient) a tvar svahů a jejich jak místní, tak generální úklon.

Závěrem této kapitoly je možno prohlásit, že zjištěná závislost úbytku rychlosti větrů v závislosti na hloubce platí v hloubkovém intervalu od 0-125 m, kde byla experimentálně ověřena. Dále je možno vyslovit předpoklad, že výraz /14/ má obecnou platnost v podmínkách SHR, jelikož svahové poměry vlivem jednotné technologie vedení skryvkových a dobývacích prací jsou v podmínkách SHR podobné. Místní odchylky se zřejmě projeví větším rozdílem mezi hodnotou vypočítanou a naměřenou. Platnost výrazu /14/ pro větší hloubkový interval je nutno experimentálně ověřit.

Vliv teplotního gradientu na ovětrávání lomových provozů

Vlivem slunečního záření dochází k oteplování povrchu svahů a počvy lomu. Při rychlosti větrů pod 2 m/s (nejlépe pod 1 m/s) dochází v bezprostřední blízkosti povrchu vlivem jeho drsnosti ke zbrzdění proudění (rychlost blízká 0) a předávání tepla přízemní vrstvě vzduchu. Ohřevem vzduchu se poruší jeho rovnováha a vzniká vertikální proudění. Jestliže teplotní gradient je kladný, pak směrem nahoru. Toto má kladný vliv. Při teplotním gradientu menším než 0,8 vznikají sestupné proudy, které způsobují zamoření lomu škodlivinami z místních exhalací.

Z ročního průměru jak r. 1971, tak 1972 je zřejmé, že T_G nedosa-

huje takových hodnot, které by mohly podstatně ovlivnit větrání lomových provozů. Rychlost vertikálního proudění vlivem T_G nebyla měřena. Sovětské prameny však uvádí, že při T_G větším než 3°C vznikají vzeštné proudy o rychlosti až 2,5 m/s. Hodnotíme-li uvedené tabulky na základě tohoto poznatku vidíme, že hodnot nad 3°C je v průběhu roku poměrně málo, takže je plně odůvodněný náš závěr, že vliv T_G na ovětrávání lomů v současných podmínkách nemá podstatný význam. Je ovšem otázkou, zda s vzrůstající hloubkou jeho význam neporoste. Tento problém je ovšem nutno ověřit experimentálně, což v současné době není možné. Je proto nutno nechat konečné řešení tohoto problému nedaleké budoucnosti.

Malý vliv T_G na ovětrávání lomových provozů je možno vysvětlit nedostatečnou intenzitou slunečního záření, která je způsobena přítomností popílkového a kouřového filtru v ovzduší. Tento předpoklad ostatně potvrzuje výsledky měření slunečního záření, prováděné na detašovaném pracovišti ÚFA v Kopistech.

Závislost koncentrace SO_2 na rychlosti větrů a teplotním gradientu

Při řešení tohoto problému byly použity hodnoty, které byly sledovány v souvislosti s výše uvedenými úkoly. Grafickým vyhodnocením naměřených hodnot se dospělo k názoru, že koncentrace škodlivin - zejména SO_2 je nepřímo úměrná rychlosti větru v lomu.

Při vyhodnocování jednotlivých faktorů ovlivňujících výši koncentrace SO_2 se v zásadě nepodařilo určit matematickou závislost pro jejich velkou proměnlivost.

Podíl vnějšího znečištění vlivem exhalací okolních průmyslových podniků a podíl vlastních exhalací.

Denní průběh koncentrace SO_2 jak na povrchu, tak v lomových prostorech, se měnil v závislosti na rychlosti větru a T_G , při čemž míra koncentrace byla ovlivněna směrem větru. V případě SV proudění se převážně vyskytovaly největší koncentrace SO_2 zřejmě vlivem exhalací Chemických závodů ČSSP, n.p. v Záluží u Mostu.

Rovněž se nepodařilo stanovit v důsledku podobného průběhu křivky T_G a rychlosti větru míru jejich vzájemného ovlivnění.

Na základě těchto poznatků se došlo k názoru, že vývoj koncentrace SO_2 v lomových provozech je ovlivněn mnoha faktory, jejichž vzájemná vazba je těžko postižitelná matematickým vztahem.

Na základě grafického znázornění průběhu koncentrace SO_2 na povrchu a v lomu a na základě grafického znázornění průběhu rychlostí větru je možné dedukovat, že největší koncentrace SO_2 na povrchu se vyskytuje do 8. hodiny ranní, v dole pak se posunuje o 2 hodiny, tj. do 10 hodin. Minimální koncentrace SO_2 se vyskytuje od 14 do 18 hodin nahore a od 16 do 18 hodin dole. Výrazný časový posun jednotlivých křivek je způsoben slunečním zářením. Povrch je dříve ozářen ranním sluncem než důl, je zde tedy patrný vliv teplotního gradientu. Maximální úbytek koncentrace SO_2 je patrný v odpoledních hodinách, kdy je také největší rychlost větru. Narůstání koncentrace nastává po 18. hodině.

Konfrontujeme-li tento vývoj s denním průběhem rychlosti větru, vidíme, že rychlost má v odpoledních hodinách narůstající tendenci.

Tedy v dopoledních hodinách a v letním období se výrazně uplatňuje vliv teplotního gradientu, v odpoledních hodinách vliv větrného proudění.

Závěr

Meteorologická pozorování, prováděná na povrchovém dole Obránců míru, prokázala a vyjasnila vzájemnou vazbu některých faktorů, ovlivňujících ovětrávání lomových provozů. Dovolila nutnost sledování vývoje klimatických poměrů, jehož změny bezprostředně ovlivňují větrný režim lomových provozů.

Na základě výsledků měření, prováděného v roce 1971 - viz dílčí zpráva z prosince 1971, ve které byly vytypovány nejzávažnější elementy ovlivňující větrání lomů, se výzkum v roce 1972 zaměřil na vyjasnění závislosti úbytku rychlosti větru na hloubce lomu a svahových poměrech, vlivu teplotního gradientu na výměnu ovzduší a na průběh koncentrace SO_2 v prostorách povrchového lomu.

Vyhodnocením měření rychlosti větrů v celém profilu dolu byla nalezena matematická závislost, vyjadřující poměrně přesně úbytek rychlosti v závislosti na hloubce. Z grafického průběhu křivky rychlostního

profilu - viz obr. č. 5 možno dedukovat, že za předpokladu normálních klimatických poměrů budou lomové provozy v hloubkách kolem 200 m poměrně dobře ovětrávané. Přesto na některých exponovaných pracovištích (rypadla, buldozery, lokomotivy, pásové přesypy) v uhelném lomu je nutno uvažovat klimatizaci.

Poznamenává se ovšem, že průběh křivky rychlostního profilu je experimentálně ověřen v hloubkovém intervalu od 0 do 130 m. Pro větší hloubky je nutno průběh závislosti dále ověřit.

Uvedená matematická závislost platí, pakliže generální úklon svahů není větší než 10° .

Šetřením svahových poměrů na povrchových lomech SHR bylo zjištěno, že většina svahů této podmínice vyhovuje. Je možno tedy vyslovit předpoklad, že v podmínkách SHR úbytek rychlosti větrů probíhá podle výrazu /14/

$$v = \frac{u_0}{1 + 8,5 \cdot 10^{-6} \cdot u_0 \cdot H^2}$$

kde v = rychlost větru v hloubce H

u_0 = rychlost větru na hlavě lomu

H = hloubka lomu

Měřením směru větrů jak nahoře, tak dole bylo zjištěno, že směr větrů ovlivňuje provětrávání lomových provozů kladně tehdy, jestliže směr proudění souhlasí s podélnou osou lomu. Ideální stav větrání je tehdy, když místa s největšími exhalacemi jsou na návětrné straně lomu.

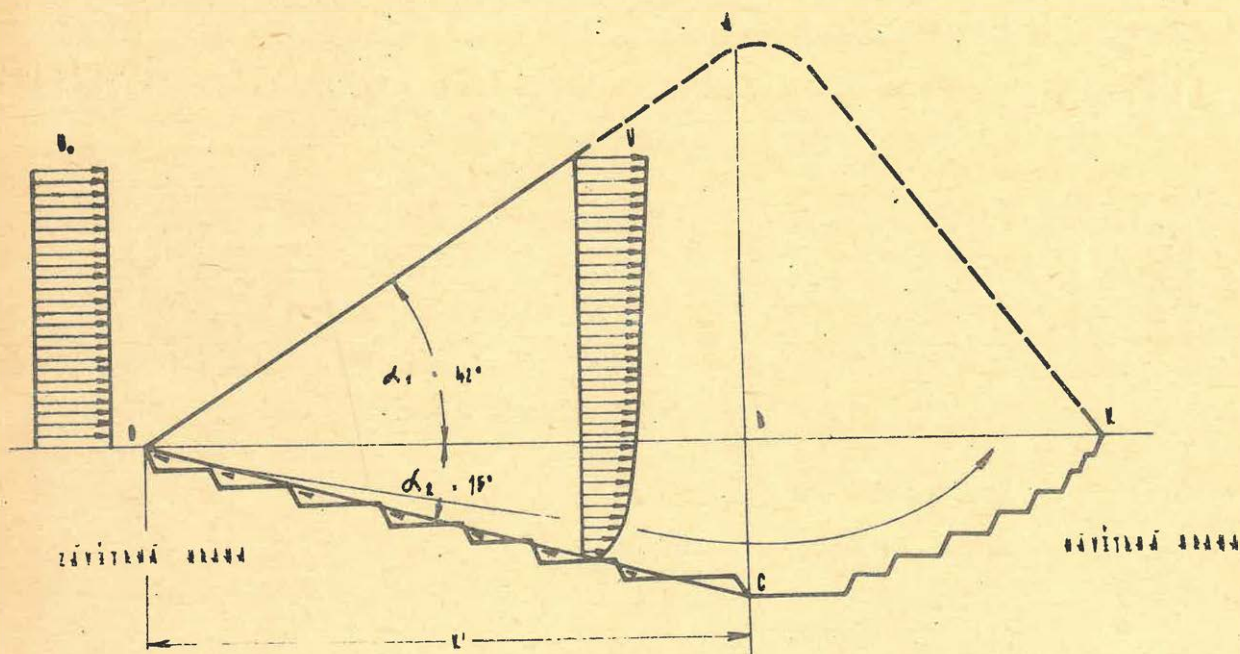
Vliv teplotního gradientu se projevuje hlavně v letních měsících, je však silně omezen snížením intenzity slunečního záření vlivem znečištění ovzduší průmyslovými exhalacemi.

Tabulka č. 1

Tabulka úbytku rychlosti větrů v závislosti na hloubce

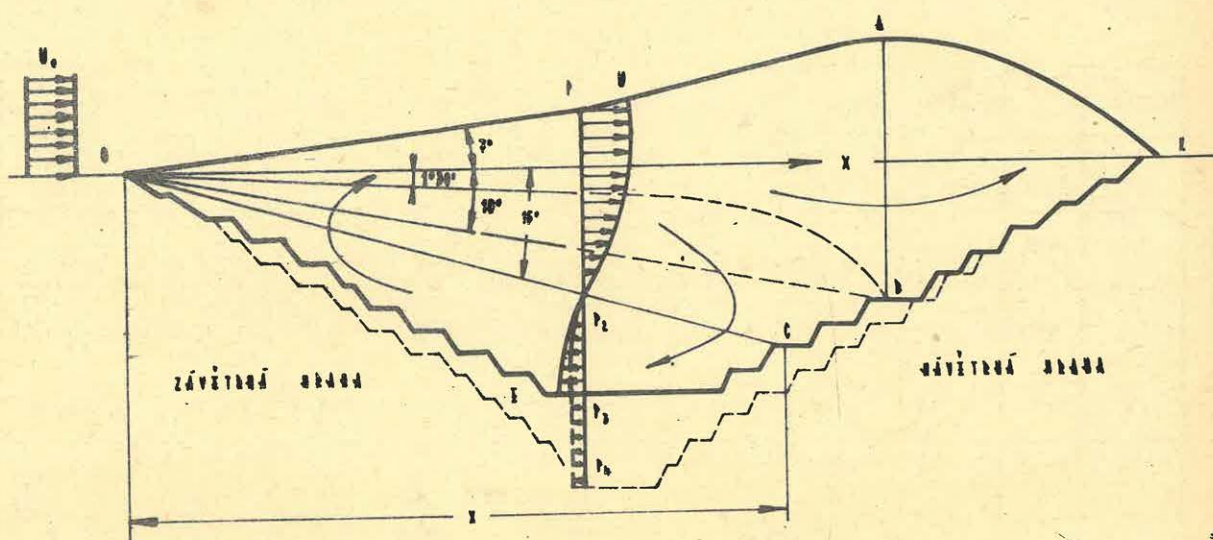
St.č.	H	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	ρ	% úbytku
1		1,66	3,97	3,95	4,15	2,83	2,63	3,20	0,00
3	30	1,64	3,92	3,92	4,00	2,82	2,54	3,14	2,00
4	60	1,52	3,76	3,78	3,74	2,72	2,30	2,97	7,00
5	90	1,31	3,50	3,54	3,38	2,52	1,98	2,71	15,00
2	125	0,91	3,04	3,14	2,80	2,14	1,43	2,24	30,00

PROUDĚNÍ VZDUCHU V LOMU PŘI PRŮTOKOVÉM OVĚTLÁVÁNÍ



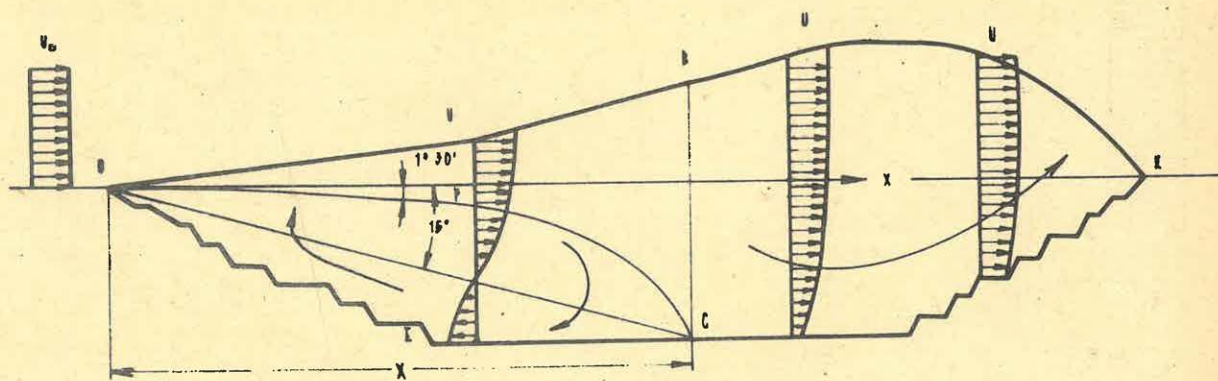
Obr. 1

PROUDĚNÍ VZDUCHU V LONU PŘI RECIRKULAČNÍM OVĚTRÁVÁNÍ



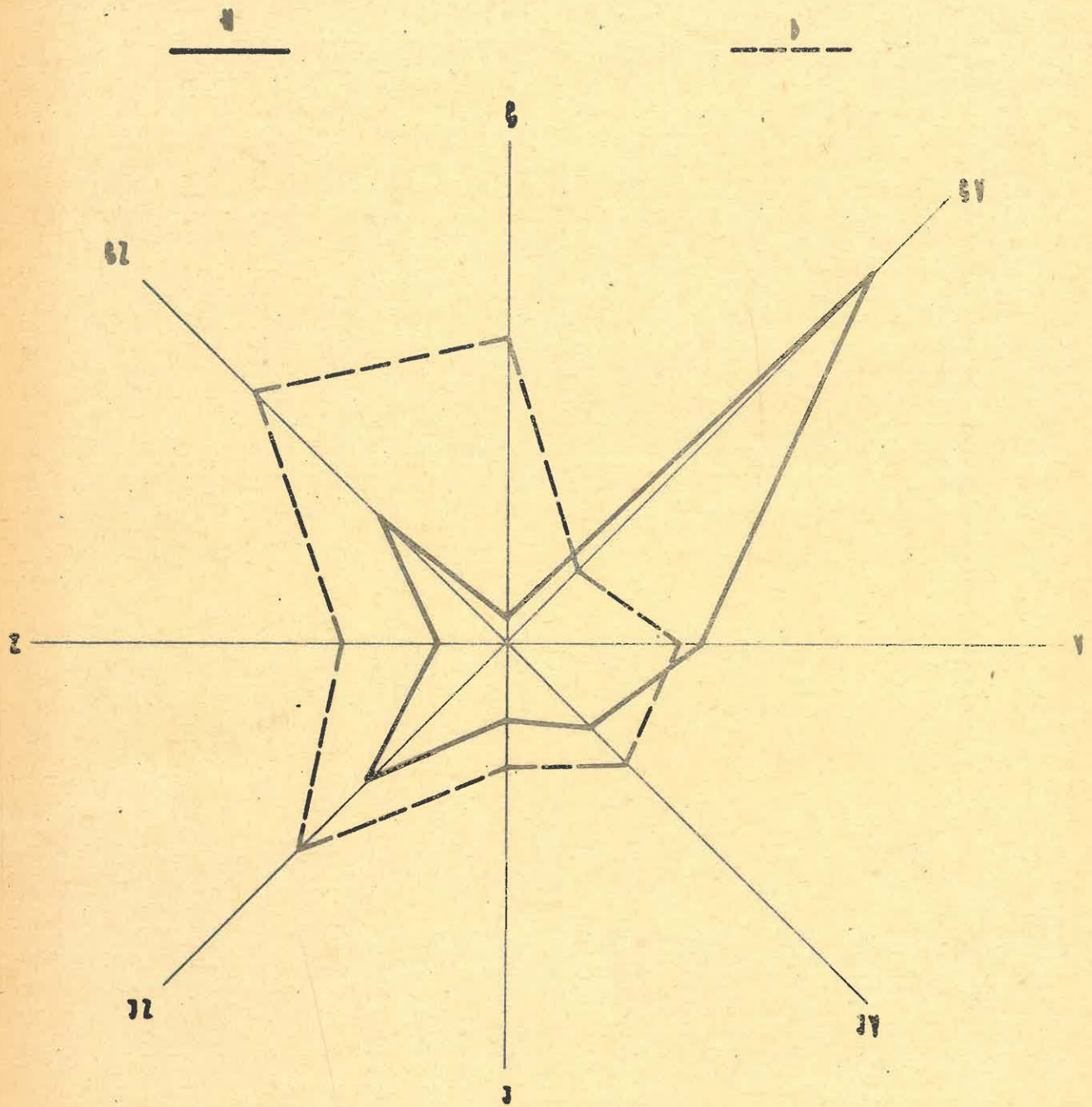
Obr. 2

PROUDĚNÍ VZDUCHU V LONU PŘI RECIRKULAČNÍ - PRŮTOKOVÉM OVĚTRÁVÁNÍ

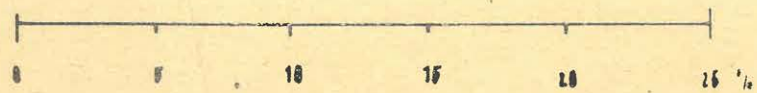


Obr. 3

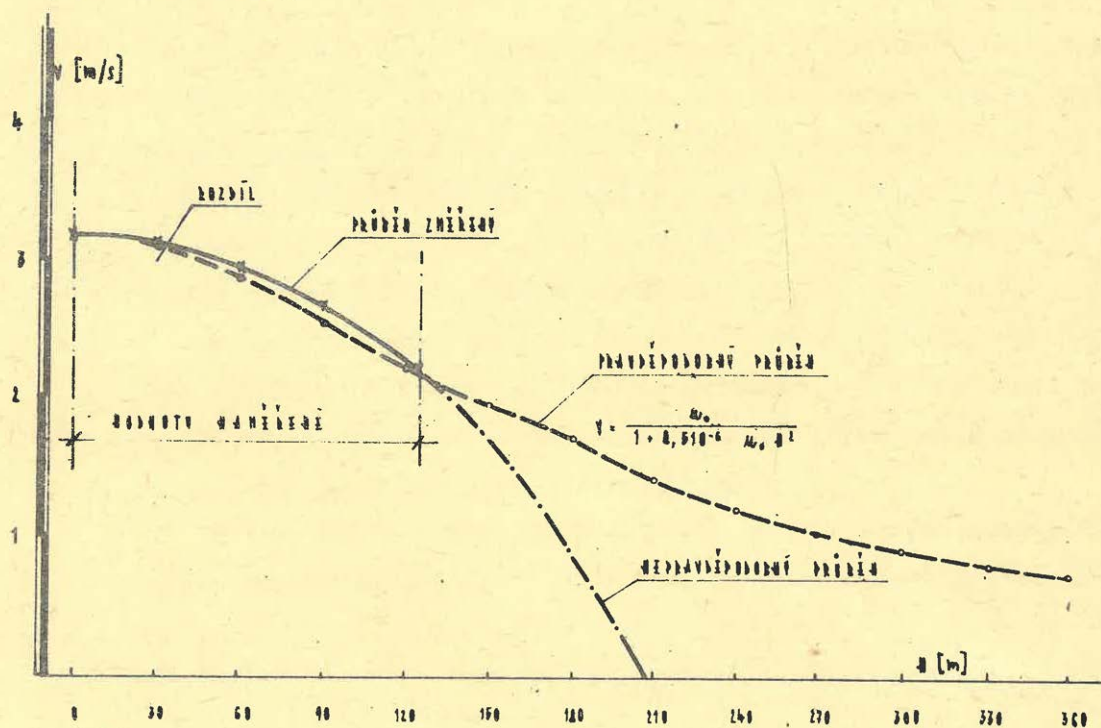
1 - VII m i s t o 1971



Obr. 4



GRAF ÚBUTKU RYCHLOSTI VĚTRŮ V ZÁVISLOSTI NA HLoubCE



Obr. 5