

Ing. Josef B r a b e c, VÚHU

Vliv uhelné sloje na důlní větry v podmínkách SHR

Úvod

Důlní větry jsou jednou z hlavních součástí důlního prostředí. Jejich kvalita je dána mikroklimatickými parametry a obsahem plyných a pevných škodlivin.

Mikroklimatické parametry, které nejsou nic jiného než stavové veličiny vlhkého vzduchu, se při proudění důlními díly neustále mění. Tyto změny jsou vyvolávány na základě neustálých změn tepelného a vlhkostního obsahu důlních větrů. Znamená to, že větry v důlním prostředí přijímají, nebo předávají teplo a vlhkost. V této souvislosti se hovoří o tzv. zdrojích tepla a vlhkosti [dále jen zdroj].

Zabývat se otázkou zdrojů je tedy nanejvýš důležité, neboť teplota a relativní vlhkost větrů jsou základními parametry pro vyhodnocování mikroklimatických podmínek v dolech /viz. S 02 008 BPč. j. 1/71/.

Zdrojů, nebo chceme-li faktorů /jak uvádí BENDE [3]/, je značné množství. Někteří autoři je dělí podle významu [4], někteří podle původu [3]. V článku se omezím pouze na vliv uhelné sloje, která je počítána mezi zdroje přirozeného původu, mající hlavní význam.

1. Teplota uhelné sloje

Původní teplota uhelné sloje je dána geotermickým gradientem. Vyjadřuje tepelný stav uhelné sloje a je vlivem prostorově proměnlivého geotermického gradientu proměnlivá, a to jak ve vertikálním, tak v horizontálním směru. To se potvrdilo i při měření teplot uhelné sloje v dolech koncernového podniku DVÚZ.

K měření bylo použito termistorového teploměru ocejchovaného v Hydrometeorologickém ústavu v Praze. Metodika měření vycházela z možností vyplývajících z provozních podmínek. V principu se jednalo o německou metodu, která je založena na měření teplot v krátkých vývrtech v bočních stěnách ražených důlních chodeb a je shodná s ON 446010.

U čerstvě obnažených stěn lze předpokládat, že teplota sloje u stěny bude shodná s původní teplotou uhelné sloje. Předpoklad vychází z krátkého časového odstupu mezi obnažením stěny a měřením teploty, ve kterém je možno zanedbat vliv ochlazovacího účinku důlních větrů.

Délka vývrtů se pohybovala od 1,5 do 2,0 m. Vzdálenost od čelby byla v rozmezí 3 až 5 m. Pro vyrovnání teplot mezi uhelnou slojí a objemem vzduchu ve vývrtech byla ponechána doba kolem 3 hodin.

Prostorové umístění bodů měření bylo dáno stávající ražbou důlních chodeb.

Rozsahy naměřených teplot uhelné sloje v jednotlivých dolech jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1

závod	Teplota uhel. sloje /° C/
Kohinoor	30,8 - 37,1
Prezident Gottwald	29,6 - 34,5
Pluto	30,5 - 33,2
Vítězný únor	28,5 - 32,5
Julius III	28,8 - 30,5
M. J. Hus	27,6 - 28,5
Zdeněk Nejedlý	24,0 - 27,7
Centrum	23,1 - 30,6

Z tabulky vyplývá již zmíněná proměnlivost geotermického gradientu, kterou lze hledat v samotném horninovém prostředí, v jeho nehomogenitě a anizotropii.

2. Vliv uhelné sloje na teplotu důlních větrů

Teplota důlních větrů se při proudění důlními díly neustále mění. Svůj podíl, a ne malý, na těchto změnách má teplota uhelné sloje.

Pro orientační výpočet teploty větrů na konci stanoveného úseku větrní cesty je v odborné literatuře [1] uveden vzorec:

$$t = t_h - (t_h - t_o) e^{-\frac{\delta}{\rho_m c_p} \cdot \frac{L}{V_m}}$$

kde: t_h ... teplota uhelné sloje /° C/
 t_o ... teplota větrů na začátku úseku /° C/
 t_i ... teplota větrů na konci úseku /° C/
 δ ... součinitel teplotní změny /Wm⁻¹ K⁻¹ /
 V_m ... objemové množství větrů /m³.s⁻¹ /
 ρ_m ... měrná hmotnost vzduchu /kg.m⁻³ /
 L ... délka úseku /m /
 c_p ... měrné teplo vzduchu při stálém tlaku /J kg⁻¹ K⁻¹ /

Aby bylo možno tohoto vztlaku použít, je nezbytné znát součinitel teplotní změny. Pro jeho výpočet byl v [1] odvozen vztah:

$$\delta = \frac{V_m \cdot \rho_m \cdot c_p}{\log e} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n L_i y_i}{\sum_{i=1}^n L_i^2}$$

kde:
$$y_i = \log \frac{t_h - t_o}{t_h - t_i}$$

Součinitel teplotní změny je experimentální veličina, která v sobě zahrnuje vnější a vnitřní tepelnou vodivost a charakterizuje sdílení tepla v důlních dílech.

Pro zjišťování tohoto součinitele byly vybírány úseky důlních chodeb, které byly vizuálně naprosto suché. V nich byly měřeny a zjišťovány následující údaje:

- teplota uhelné sloje
- suchá a mokrá teplota
- tlak vzduchu
- průměrná rychlost proudění větrů
- staničení míst měření od počátečního bodu
- měření obvodu příčného profilu důlní chodby
- ostatní popisné údaje.

Důlní chodby, v kterých byl experimentálně zjišťován součinitel teplotní změny, byly různého stáří /7 dní až nad 5 let/. Vzhledem k tomu, že uvedený součinitel se stářím důlního díla klesá, je možné provést jejich srovnání pouze ve stejné časové rovině.

Vliv stáří důlního díla na součinitel teplotní změny je vyjádřen vztahem:

$$\delta = \lambda \cdot \kappa \cdot s$$

kde: λ je součinitel tepelné vodivosti

κ ... součinitel závislý na tvaru příčného profilu

s ... součinitel stáří.

Pro konkrétní případy je možné uvedený vztah zjednodušit, a to tak, že součin $\lambda \cdot \kappa$ položíme roven konstantě.

Po úpravě dostaneme: $\delta = \text{konst} \cdot s$

a z toho výrazu: $\text{konst} = \frac{\delta}{s}$

Součinitel stáří byl převzat z [2].

Upravené součinitele teplotní změny pro stáří důlního díla: 1 týden, 1 měsíc, 1 rok, jsou uvedeny v tabulce 2.

Profil	Součinitel teplotní změny $/Wm^{-1}K^{-1}/$		
	1 týden	1 měsíc	1 rok
OK	11,51	7,53	4,16
01	14,14	9,25	5,11
02	8,89-13,42	5,81-8,77	3,21-4,85
03	12,66-18,08	8,28-11,82	4,58-6,54
D9	11,95	7,81	4,32
D13	11,05-14,61	7,23-9,55	4,00-5,28
D14	9,91	6,48	3,58

U stejných profilů byl u neúplně zapažených chodeb součinitel teplotní změny vyšší /u některých profilů 02, 03, D13/. Značně vyšší byl u chodeb částečně deformovaných. Tyto chodby nejsou zahrnuty do tabulky č. 2. Máme za to, že zvýšení bylo s největší pravděpodobností způsobeno zvětšením stykových ploch mezi uhelnou slojí a důlními větry na 1 m délky chodby.

Příklad č. 1

Zadání: profil důlní chodby 02

stáří chodby 1 měsíc

teplota uhelné sloje $t_h = 30^{\circ}C$

teplota vstupních větrů $t_o = 25^{\circ}C$

délka chodby $L = 500\text{ m}$

průtočné objemové množství větrů $V_m = 9,2\text{ m}^3 \cdot s^{-1}$

Chceme vypočítat, jakou teplotu budou mít důlní větry na konci chodby dlouhé 500 m.

$$\text{Výpočet: } t = t_h - (t_h - t_o) \cdot e^{-\frac{\delta \cdot L}{\rho_m \cdot c_p \cdot v_m}}$$

$$\text{kde: } \frac{\delta \cdot L}{v_m \cdot \rho_m \cdot c_p} = \frac{7,00 \cdot 500}{9,2 \cdot 1,18 \cdot 1005} = 0,32$$

$$t = 30 - (30 - 25) \cdot e^{-0,32}$$

$$\underline{\underline{t = 26,4^{\circ} \text{ C}}}$$

Teplota na konci uvažované chodby bude $26,4^{\circ} \text{C}$. Pro výpočet byla použita hodnota $\delta = 7,0 \text{ W}_m^{-1} \text{K}^{-1}$ z intervalu pro profil 02 a stáří 1 měsíc /viz tab. 2/.

Vedle součinitele teplotní změny se dá vliv uhelné sloje na teplotu důlních větrů vyjádřit produkcí tepla uhelné sloje do důlních větrů.

Pro přímé měření tepelného toku, přestupujícího povrchem uhelné sloje do důlních větrů, nebyl k dispozici vhodný přístroj.

Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k experimentální metodě, založené na zkoumání změn tepelného obsahu důlních větrů při proudění důlními díly.

Výpočet tepelné produkce Q/W_m^{-1} z 1 m délky důlní chodby byl proveden podle vztahu:

$$Q = (h_2 - h_1) \cdot \frac{m_s}{L}$$

kde: Q ... produkce tepla z 1 m délky chodby $/\text{W}_m^{-1}/$

h_1, h_2 ... entalpie vlhkého vzduchu v místě 1, 2 $/J.kg^{-1}/$
 m_s ... průtočná hmotnost suchého vzduchu $/kg.s^{-1}/$
 L ... vzdálenost mezi místy 1, 2 $/m/$.

Zjistěné produkce tepla jsou uvedeny v tabulce 3, ve které jsou rozříděny podle profilů a stáří důlních chodeb. Vedle produkce Q je v tabulce uvedena i produkce vlhkosti W .

Tabulka č. 3

Profil	Stáří	Q	W
	/rok/	$/W.m^{-1}/$	$/kg.m^{-2}.h^{-1}/$
02	do 2,0	68,9 - 121,3	0,0043-0,0136
02	nad 5,0	15,0	0,0027
03	do 1,0	126,6	0,0091
D13	do 2,0	88,9	0,0091

Výběr vhodných chodeb byl poměrně obtížný. Chodba musela být horizontální, vizuálně suchá a produkce z ostatních zdrojů zanedbatelná.

3. Produkce vlhkosti z uhlénné sloje

Produkce vlhkosti $W /kg.m^{-2}.h^{-1}/$ byla zjišťována zároveň s produkcí tepla $Q /W.m^{-1}/$, ve stejných důlních chodbách.

Vztah pro výpočet W byl odvozen ze základní rovnice:

$$W = m_s /x_i - x_o/ \cdot \frac{1}{L_i \cdot \theta}$$

vyrovnávací metodou nejmenších čtverců.

Výsledný vztah má tvar:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_0) \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n L_i^2} \cdot \frac{m_s}{0} \cdot 3600$$

Kde: W ... produkce vlhkosti z 1 m² důlní chodby /kg.m⁻².h⁻¹/
 x_i .. měrná vlhkost v místě i /kg.kg⁻¹/
 x_0 .. měrná vlhkost v počátku /kg.kg⁻¹/
 L_i .. staničení místa i /m/
 m_s .. průtočná hmotnost suchého vzduchu /kg.s⁻¹/
 0 ... obvod důlního díla /m/.

Zjištěné produkce vlhkosti jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Známe-li produkci vlhkosti, je možné, na základě výše uvedeného vztahu, vypočítat změnu měrné vlhkosti důlních větrů na konci uvažovaného úseku důlní chodby.

Příklad č. 2

Zadání: profil důlní chodby 02

produkce vlhkosti $W = 0,0043 \text{ kg.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

průtočná hmotnost suchého vzduchu $m_s = 10,7 \text{ kg.s}^{-1}$

délka chodby $L = 500 \text{ m}$

obvod příčného profilu $0 = 10 \text{ m}$

$$\Delta x = \frac{L \cdot 0}{m_s} \cdot \frac{W}{3600}$$

$$\Delta x = \frac{500 \cdot 10}{10,7} \cdot \frac{0,0043}{3600}$$

$$\Delta x = 0,00056 \text{ kg.kg}^{-1}$$

Měrná vlhkost důlních větrů se vlivem přirozené vlhkosti zvýší o $0,00056 \text{ kg.kg}^{-1}$.

Produkce vlhkosti klesá se stářím důlního díla. Tato skutečnost byla potvrzena na závodě Jan Žižka experimentálním zjišťováním produkce u chodeb stejných profilů, kterými proudilo přibližně stejné množství větrů. U těchto chodeb se dalo předpokládat, že se odlišují především stářím. Průběh závislosti je vyjádřen křivkou 1 v obr. č. 1. Obdobným způsobem bylo postupováno při výběru chodeb z ostatních důlů, u kterých teplota uhelné sloje docíluje hodnot nad 30°C /viz křivka 2/.

Obě křivky mají klesající tendenci. Liší se ve strmosti, tj. ve směrnících tečen v bodech o stejných úsečkách /s/. U křivky 1 chybí body pro s v intervalu od 0 do 0,4 roku. Pravděpodobný průběh této části křivky je vyznačen čárkovaně.

Na základě průběhů křivek lze usuzovat na to, že během 1/2 roku /od vyrazení důlního díla/ dochází k podstatnému poklesu produkce vlhkosti z obnažených stěn uhelné sloje.

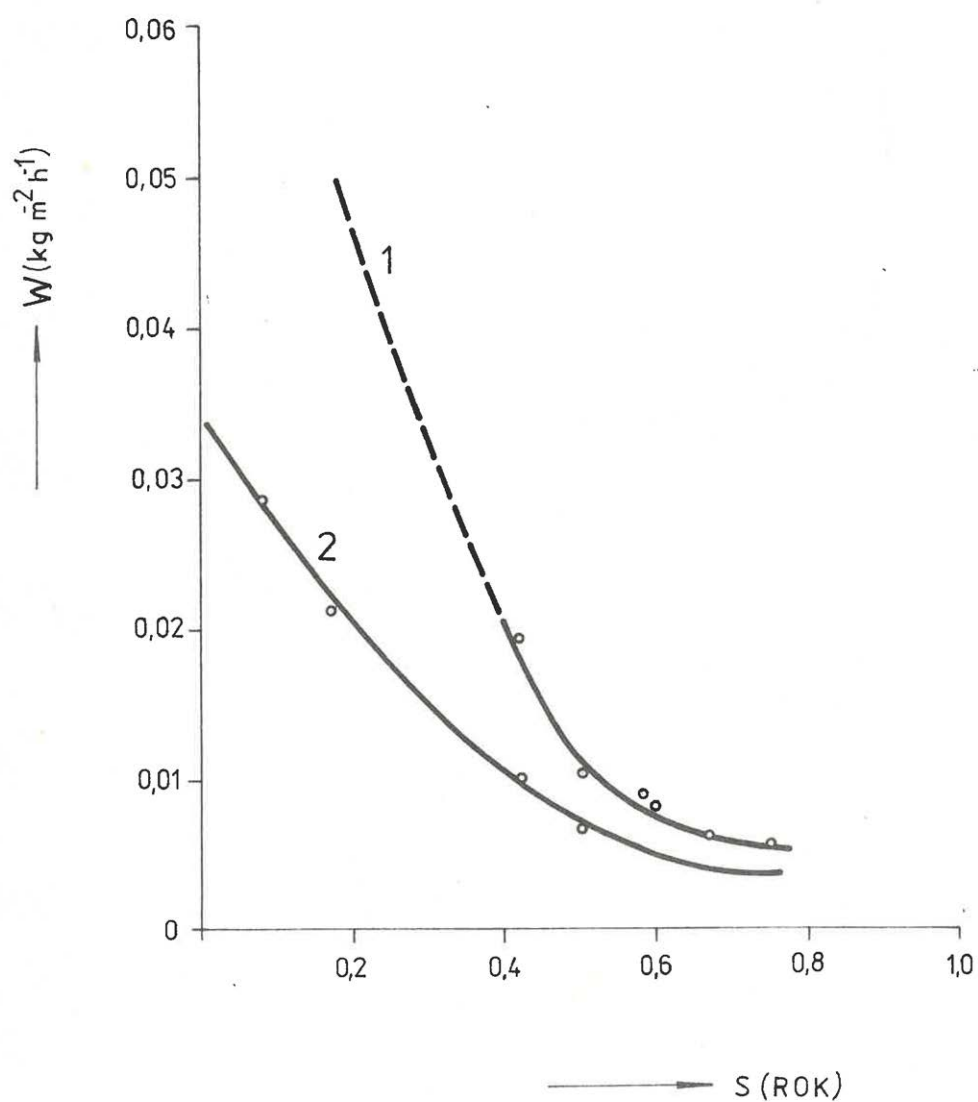
Závěr

Uhelná sloj produkuje do důlních větrů teplo a vlhkost. Tím ovlivňuje mikroklimatické podmínky v dolech. Velikost produkce není stálá, ale klesá se stářím důlního díla. Proto vliv uhelné sloje se v maximální míře projevuje v těžebních úsecích, kde dochází k neustálému uvolňování nových uhelných zásob.

Na základě teploty uhelné sloje a součinitele teplotní změny lze stanovit měrné množství větrů /M/, tj. takové množství, které musí připadat na 1 m délky důlního díla, aby jejich teplota nestoupala nad stanovenou teplotu. /Grafické vyjádření tohoto vztahu je uvedeno na obr. č. 2/. Je tedy zřejmé, že uvedené tabulkové hodnoty by měly najít uplatnění při prognostických výpočtech v oblasti dimenzování množství důlních větrů.

Recenzoval: Ing. Očadlo, HBZS Most

PRŮBĚH PRODUKCE VLHKOSTI (W) V ZÁVISLOSTI NA STÁŘÍ DŮLNÍHO DÍLA (S)



Obr. č. 1

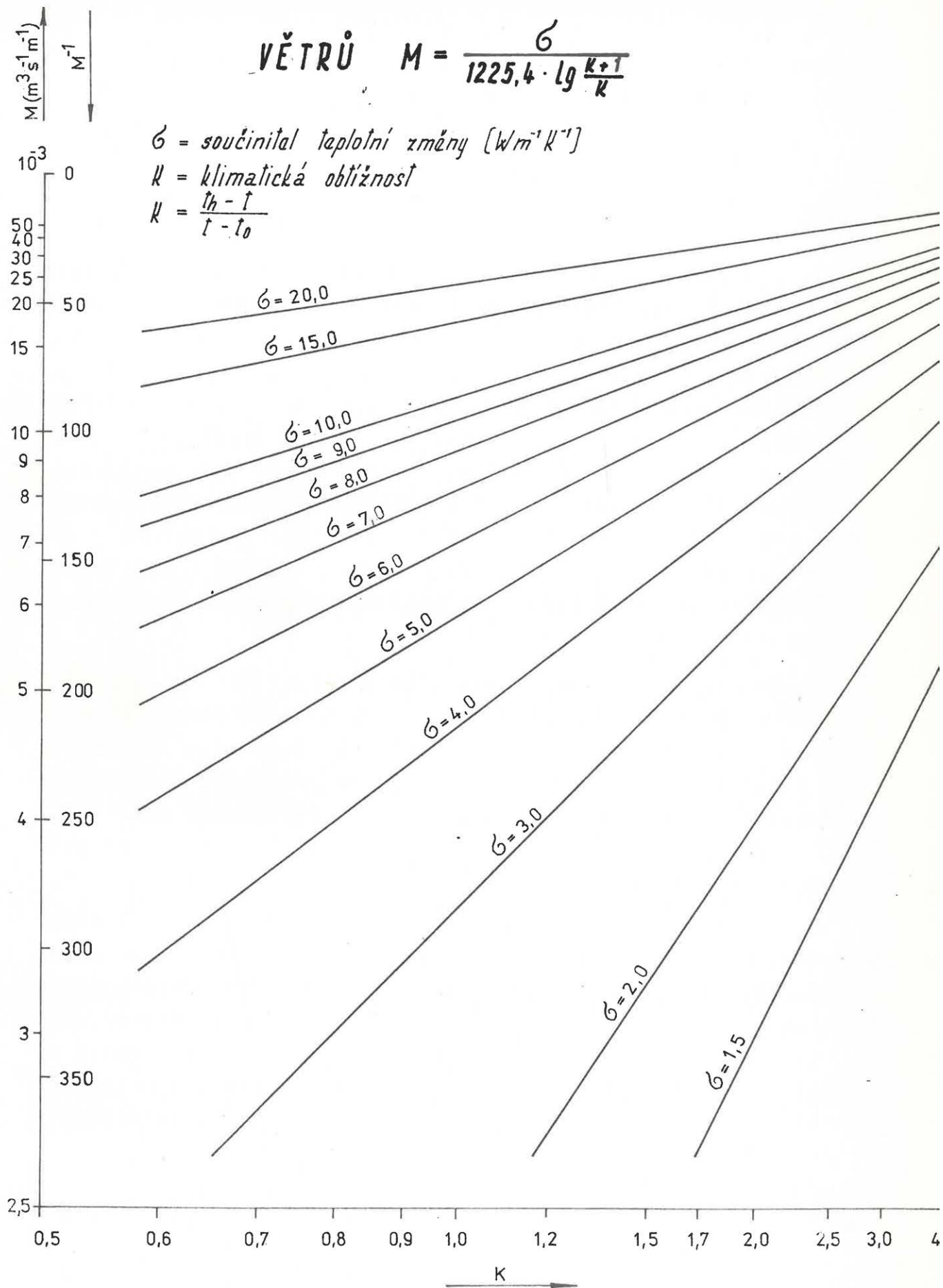
GRAF PRO STANOVENÍ MĚRNÉHO MNOŽSTVÍ

VĚTRŮ $M = \frac{\sigma}{1225,4 \cdot \lg \frac{K+1}{K}}$

σ = součinitel tepelné změny [$\text{W/m}^2 \text{K}^{-1}$]

K = klimatická obtížnost

$$K = \frac{t_h - t}{t - t_0}$$



Obr. č. 2