

# ztv

## ZDRAVOTNÍ TECHNIKA A VZDUCHOTECHNIKA

nositel Čestného uznání České vědeckotechnické společnosti

Ročník 19

Číslo 1

### Redakční rada:

Doc. Ing. Dr. L. Oppl, CSc. (vedoucí redaktor) – Ing. V. Bašus (výkonný redaktor) –  
Doc. Ing. Dr. J. Cihelka – V. Fridrich – Prof. Ing. L. Hrdina – Ing. arch. L. Chalupský –  
Doc. Ing. J. Chyský, CSc. – Ing. B. Jelen – Ing. L. Kubíček – Ing. Dr. M. Lázňovský –  
F. Máca – Doc. Ing. Dr. J. Mikula, CSc. – Ing. Dr. J. Němec, CSc. – Doc. Ing. J. Valchář, CSc.

Adresa redakce: Dvorecká 3, 147 00 Praha 4

### O B S A H

Ing. J. Běťák:	Rosný vlhkoměr . . . . .	1
Ing. Dr. J. Němec, CSc.:	Příspěvek k určování akustického výkonu ventilátorů . . . . .	11
Ing. J. Vítek, CSc.:	Stabilizace stupně disperzity u vzorků suspendovaných aerosolů ve vodných roztocích elektrolytů smáčedlem Slovafol 909 . . . . .	17
Ing. L. Mareš:	Souvislost mezi rychlostí větru a teplotou venkovního vzduchu . . . . .	29
Pavel Žalud:	Regulace teploty kapaliny směšovací ventil . . . . .	39
Doc. Ing. J. Řehánek, DrSc., Ing. A. Janouš:	Výpočet součinitele prostupu tepla sendvičového panelu se spojovací ocelovou výztuží . . . . .	53

Kartonové přílohy 102/22—102/25

### C O N T E N T S

Ing. J. Běťák:	Dew-point hygrometer . . . . .	1
Ing. Dr. J. Němec, CSc.:	Ascertaining the sound of fans . . . . .	11
Ing. J. Vítek, CSc.:	Stabilizing the dispersion grade of aerosol samples suspended in water-soluted electrolytes, by wetting agent Slovafol 909 . . . . .	17
Ing. L. Mareš:	Relation between the wind velocity and the temperature of outdoor air . . . . .	29
Pavel Žalud:	Control of water temperature by a mixing valve . . . . .	39
Doc. Ing. J. Řehánek, DrSc., Ing. A. Janouš:	Calculation of heat transfer coefficient of the laminated panel with the connecting steel reinforcement . . . . .	53

Cardboard supplement 102/22—102/25

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Инж. Й. Бетяк:	Влагомер предназначенный для измерения температуры точки росы . . . . .	1
Инж. доктор Я. Немец, к. т. н.:	Определение акустической мощности вентиляторов . . . . .	11
Инж. Й. Витек, к. т. н.:	Стабилизация степени дисперсности у проб суспендированных аэрозолей в водных растворах электролитов смачивателем Slovafol 909 . . . . .	17
Инж. Л. Мареш:	Связь между скоростями ветра и температурой наружного воздуха . . . . .	29
Павел Жалуд:	Регулирование температуры жидкости с помощью смесительного вентиля . . . . .	39
Доц. инж. Я. Реганек, доктор наук, инж. А. Яноуш:	Вычисление коэффициента теплопередачи трехслойной панели с соединительной стальной арматурой . . . . .	53
Картонное приложение 102/22—102/25		



## S O M M A I R E

Ing. J. Běťák:	Humidimètre de rosée . . . . .	1
Ing. Dr. J. Němec, CSc.:	Détermination de la puissance acoustique des ventilateurs . . . . .	11
Ing. J. Vitek, CSc.:	Stabilisation d'un degré de la dispersion des échantillons des aérosols suspendus dans les solutions aqueuses des électrolytes à l'aide du mouillant „Slovafol 909“ . . . . .	17
Ing. L. Mareš:	Connexion entre une vitesse du vent et une température de l'air extérieur . . . . .	29
Pavel Žalud:	Régulation de la température d'une liquide par la valve de mélange . . . . .	39
Doc. Ing. J. Řehánek, DrSc., Ing. A. Janouš:	Calcul du coefficient de transmission de la chaleur d'un panneau en couches avec le renforcement de raccord aciéreur . . . . .	53
Annexe de carton 102/22—102/25		



## I N H A L T

Ing. J. Běťák:	Taupunkt-Feuchtigkeitsmesser . . . . .	1
Ing. Dr. J. Němec, CSc.:	Zur Frage der Bestimmung von Schalleistung der Ventilatoren . . . . .	11
Ing. J. Vitek, CSc.:	Stabilisierung des Dispersiongrades bei den Mittels Benetzungsmittels Slovafol 909 in Wasserlösungen von Elektrolyten suspendierten Aerosolproben . . . . .	17
Ing. L. Mareš:	Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Aussenlufttemperatur . . . . .	29
Pavel Žalud:	Wassertemperaturregulierung mit Dreiwegventilen . . . . .	39
Doc. Ing. J. Řehánek, DrSc., Ing. A. Janouš:	Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizientes eines Schichtpanels mit der Verbindungsstahlverstärkung . . . . .	53
Kartonbeilage 102/22—102/25		

# ROSNÝ VLHKOMĚŘ

ING. JINDŘICH BĚŤÁK

SVÚSS, Běchovice

V příspěvku je vysvětlena teorie tvoření orosení na chladném povrchu. Jsou probírány a hodnoceny komplikace, které měření ztěžují. Je popsána konstrukce vlhkoměru, měřícího teplotu rosného bodu, který byl vyvinut v SVÚSS. Fotonka indikuje orosení povrchu niklového plechu, který je ochlazován Peltiérovým článkem. Teplota, odpovídající teplotě rosného bodu se udržuje automaticky. Tato měření jsou poměrně přesná a dobře použitelná v různých oborech, kde je třeba sledovat, popřípadě regulovat vlhkost vzduchu.

Recenzoval: doc. Ing. J. Chyský, CSc.

## 1. ÚVOD

Přítomnost vodní páry ve vzduchu ovlivňuje některé technologické pochody a mění vlastnosti různých materiálů. Proto je nutné sledovat vlhkostní poměry vzduchu v textilním průmyslu, v papírnách, při sušení, při zkoušení a měření, ve ve skladech, atd.

Obsah vlhkosti ve vzduchu se hodnotí některou z vlhkostních veličin podle okolností, které je nutné uvažovat. Často určujeme vlhkost nezávisle na vzduchu a jiných plynech: stanovíme například parciální tlak vodní páry, její hustotu (absolutní vlhkost), relativní vlhkost, stupeň nasycení vzduchu a podobně. Jinou skupinu tvoří veličiny, které vyjadřují poměry vodní páry v závislosti na vzduchu, který je v daném prostoru, např. měrná vlhkost, hmotnostní koncentrace páry atd. Některé veličiny plynou z měření (teplota rosného bodu a teplota mezního adiabatického ochlazení), jiné jsou určeny matematickým výrazem (např. virtuální nebo ekvivalentní teplota). Mezi uvedenými veličinami platí několik vztahů a pro vzájemný převod je nutné znát další veličiny, hlavně teplotu prostředí, celkový tlak a tlak vodní páry.

Údaje o vodní páře ve vzduchu se nejčastěji vyjadřují relativní vlhkostí, kterou měří přímo například vlasový hygrometr. Je to jednoduchý přístroj s nenáročnou obsluhou. Má malou přesnost, která ale pro většinu aplikací postačí. Je-li třeba znát relativní vlhkost s přesností lepší jak dvě procenta, používají se především dvě měřicí metody: psychrometrická metoda nebo metoda rosného bodu. V obou případech je celý postup měření složitější hlavně tím, že relativní vlhkost se neměří přímo, ale musí se vypočítat z jiných přímo naměřených údajů. V tomto článku bude uvedeno několik podrobností spojených s použitím metody měření teploty rosného bodu, která se už používá druhé století. Poněvadž v posledních letech byla zdokonalena novými technikami, dostává se nyní do popředí při měření vlhkosti vzduchu.

## 2. HLAVNÍ ZÁSADY METODY MĚŘENÍ TEPLoty ROSNÉHO BODU

### 2.1 Fyzikální základy

Pro rozbor metody rosného bodu vyjdeme ze stavové rovnice ideálního plynu. Uvažujeme určitý objem  $v_1$  vlhkého plynu, v němž je celkový tlak  $P$  a parciální tlak

vodní páry  $e$ . Hmotnost plynu v uvedeném prostoru označíme  $m_L$  a hmotnost vody  $m_D$ . Výchozí teplota uvažovaného plynu je  $T$ ; po rovnoměrném ochlazení na rosnou teplotu  $T_r$  při konstantním tlaku  $P$  bude tlak nasycených par  $E$ , takže dostaneme vztahy

$$(P - e) \cdot v_1 = m_L \cdot R \frac{T}{M_L} \quad (1)$$

$$e \cdot v_1 = m_D \cdot R \frac{T}{M_D} \quad (2)$$

Z rovnic (1) a (2) plyne

$$\frac{P - e}{e} = \frac{\frac{m_L}{M_L}}{\frac{m_D}{M_D}} \quad (3)$$

kde  $M_L$  je molární hmotnost vzduchu,  
 $M_D$  je molární hmotnost vody.

Je-li  $v_2$  konečný objem plynu po ochlazení, lze psát

$$v_2 \cdot (P - e) = m_L \cdot R \frac{T_r}{M_L} \quad (4)$$

$$v_2 E = m_D \cdot R \frac{T_r}{M_D} \quad (5)$$

tedy

$$\frac{P - E}{E} = \frac{\frac{m_L}{M_L}}{\frac{m_D}{M_D}} = \frac{P - e}{e}$$

takže

$$\frac{P}{E} = \frac{P}{e}; \quad e = E \quad (6)$$

Z toho plyne, že parní složka zůstává při konstantním tlaku stálá v průběhu celého procesu ochlazování.

Relativní vlhkost se určuje poměrem

$$\varphi = \frac{\text{tlak nasycení při } T_r}{\text{tlak nasycení při } T}$$

## 2.2 Kondenzace vody

Na chladných plochách ve vlhkém prostředí kondenzuje vodní pára za složitých podmínek: záleží například na materiálu plochy, na opracování, na nečistotách, které jsou na ploše a v jejím okolí a jejich vlastnostech ve vztahu k vodě. V dalším budeme uvažovat takovou plošku, která zajišťuje reprodukovatelné průběhy kondenzace. Budeme ji označovat názvem „měřicí ploška“.

Má-li měřicí ploška teplotu nižší nebo stejnou, jako je rosná teplota (předpokládáme nadnulové teploty), pak na jejím povrchu se tvoří drobné kapičky. Pokud vzdálenost mezi nimi je větší než je jejich průměr, mluvíme o volném pokrytí.

Jakmile kapky rostou spojitě, je to případ koalescence (uzavřené pokrytí plošky), kdy se jednotlivé kapičky spojily a utvořily vrstvičku, která se postupně zvětšuje, Nové samostatné kapičky mohou pak vznikat jen na čisté plošce.

Rozptyl světla na oroseném povrchu je nejpříznivější, když stav kapiček je na rozhraní mezi volným a uzavřeným pokrytím. Takový stav se špatně udržuje, poněvadž při ochlazování v okolí teploty rosného bodu mají kapičky sklon ke koalescenci, zatímco při náhlém ohřevu vypařování postupuje od nejmenších kapek. Vizualní sledování stavu orosení vyžaduje výše uvedený mezní stav. Příznivější je fotoelektrické sledování kapiček na měřicí plošce se samočinným udržováním rosné teploty.

Je-li teplota měřicí plošky při kondenzaci nižší než  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pak na ní roste ojinění, které po optické stránce má odlišné vlastnosti než orosení a je příznivé pro vizualní sledování. Oko je schopné určit nejmenší stopy ojinění, kdy kondenzovaná vrstvička má plošnou hmotnost  $3\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Taková vrstvička může vznikat při rosné teplotě  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , při nižších teplotách již není v blízkém okolí plošky dost vodní páry pro vytvoření zrakem zjistitelné vrstvičky jinovatky. Fotoelektrické sledování často vystačí s menším množstvím kondenzátu než jsou uvedené tři mikrogramy na čtverečný centimetr, takže hranice měření se dá posunout například až k rosné teplotě  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Přitom roste doba, za níž se nastaví rovnovážné poměry. V *tab. 1* je uvedena závislost mezi rychlostí plynu, rosnou teplotou a dobou, za níž se objeví orosení nebo ojinění. Čas začneme měřit, jakmile teplota měřicí plošky je o  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  vyšší než rosná teplota.

Tab. 1. Doba nutná k výskytu orosení [s]

Rychlost plynu [m . s <sup>-1</sup> ]	Teplota rosného bodu [°C]		
	-20	0	20
0,1	470	110	35
1	150	35	11
10	45	11	4

### 2.3 Rozbor citlivosti a přesnosti metody měření teploty rosného bodu

Kondenzace vody na měřicí plošce představuje fázovou přeměnu prvního řádu, při níž je souvislost mezi teplem přechodu, změnou specifického objemu a směrnici přechodové křivky. Tuto souvislost vyjadřuje Clapeyron—Clausiova rovnice (použijeme tvar pro 1 mol, upravený stavovou rovnicí ideálního plynu):

$$\frac{dE}{dT} = \frac{L \cdot E}{kT^2} \quad (7)$$

kde  $E$  je tlak nasycené vodní páry při teplotě  $T$ ,

$k$  — Boltzmannova konstanta,

$L$  — skupenské teplo pro vypařování molu vody nebo ledu.

Po integraci rovnice (7) od teploty  $T_0$  do  $T$ , kdy tlaky nasycených par jsou  $E_0$  a  $E$ , dostaneme

$$E = E_0 e^{\frac{L}{k} \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)} \quad (8)$$

Nechť při teplotě  $T$  je relativní vlhkost vzduchu  $\varphi$  a tlak vodní páry je  $e = \varphi E$ . Při měření rosným vlhkoměrem předpokládáme, že tlak vodní páry  $e$  je roven tlaku nasycené vodní páry při rosné teplotě, tedy  $e = E_r$ , takže

$$E_r = \varphi E \quad (9)$$

Z rovnic (8) a (9) dostaneme

$$E_0 e^{\frac{L}{k} \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_r} \right)} = \varphi E_0 e^{\frac{L}{k} \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)}$$

Řešíme-li z této rovnice  $\varphi$  a zanedbáme-li teplotní závislost  $L$  v rozsahu teplot od  $T$  až do  $T_r$ , dostaneme

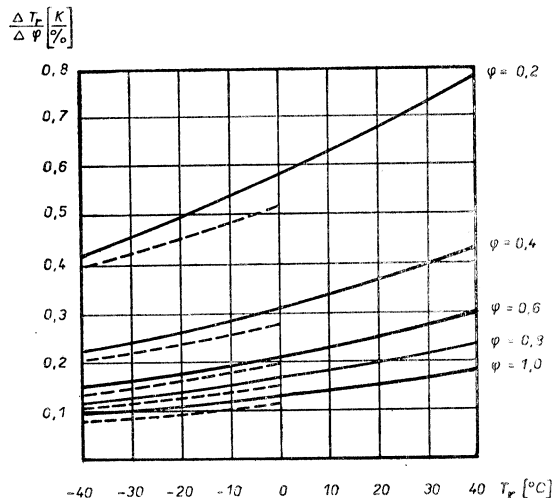
$$\ln \varphi = \frac{L}{k} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_r} \right) \quad (10)$$

Z rovnice (10) určíme vztah pro teplotu rosného bodu

$$T_r = \frac{1}{\frac{1}{T} - \frac{k}{L} \ln \varphi} \quad (11)$$

Rovnici pro citlivost rosné metody dostaneme z rovnice (11) po derivaci podle relativní vlhkosti

$$\frac{dT_r}{d\varphi} = \frac{\frac{k}{L} \frac{1}{\varphi}}{\left( \frac{1}{T} - \frac{k}{L} \ln \varphi \right)^2} \quad (12)$$



Obr. 1. Vztah mezi citlivostí měření a teplotou rosného bodu pro různé relativní vlhkosti

Vyjádříme-li citlivost měření v kelvinech na procento  $\left(\frac{\text{K}}{\%}\right)$ , pak upravíme rovnici (12) na tvar

$$\frac{dT_r}{d\varphi} = \frac{0,01 \frac{k}{L} \frac{1}{\varphi}}{\left(\frac{1}{T} - \frac{k}{L} \ln \varphi\right)^2} \quad (13)$$

Vyhodnocení tohoto vztahu pro rosné teploty od  $-40$  do  $+40$  °C a pro relativní vlhkosti  $\varphi = 0,2$  až  $1$  je na *obr. 1*. Z průběhů křivek je vidět, že citlivost metody rosného bodu je vysoká jak pro nadnulové, tak i pro podnulové teploty a požadavky na přesnost měření teploty jsou přibližně stejné v celém rozsahu. Většinou postačí přesnost  $\pm (0,1 \div 0,2)$  K, a to je hlavní přednost této metody.

#### 2.4 Indikace orosení

Stav orosení nebo ojinění měřicí plošky se obvykle určoval zrakem a pro osvětlení stačilo denní světlo. Tato metoda se dá použít jen u ručně řízených vlhkoměrů. Samočinně pracující přístroje musí mít objektivní určování kondenzace vody na měřicí plošce. V současné době se k tomu používá pět principů:

- fotoelektrická metoda,
- změna elektrické vodivosti oroseného povrchu,
- změna absorpce  $\alpha$ -částic v bezprostředním okolí měřicí plošky,
- vysokofrekvenční elektromagnetický tloušťkoměr kondenzované vody,
- změna frekvence oroseného kmitajícího krystalu.

Konstrukčně jednoduchý je druhý způsob, který používá změnu elektrické vodivosti oroseného povrchu. Na materiál měřicí plošky jsou kladeny přísné požadavky: musí mít v suchém stavu vysoký izolační odpor, který těsně kolem rosného bodu se má podstatně zmenšit. Tato ploška musí mít dobré spojení s platinovými elektrodami tak, aby neustálé střídání teplot a vlhkostí ji nekorodovalo. Ploška se musí dát snadno očistit. Tento způsob indikace vlhkosti se nepoužívá příliš často.

Nejčastěji se používá fotoelektrická metoda. Její aplikace má několik variant. Zdroj světla definovaných vlastností (například žárovka se stabilizovaným proudem a s optikou) osvětluje pod vhodným úhlem měřicí plošku. Fotonka indikuje buď odražený nebo rozptýlený světelný tok. U některých přístrojů dopadají na fotonku střídavě světelné toky od žárovky přímo a po odraze na měřicí plošce. To umožní omezit vliv změn svítivosti žárovky, změn citlivosti fotonky a celkové zesílení jejího signálu.

#### 2.5 Nastavení rosné teploty měřicí plošky

Udržování teploty na měřicí plošce je nutné řešit především s ohledem na vzájemné poměry teploty okolí, teploty měřeného média a teploty rosného bodu. V případě, že teplota měřeného média a také rosná teplota jsou vyšší než teplota okolí, pak se dá spolehlivá činnost zajistit zahříváním.

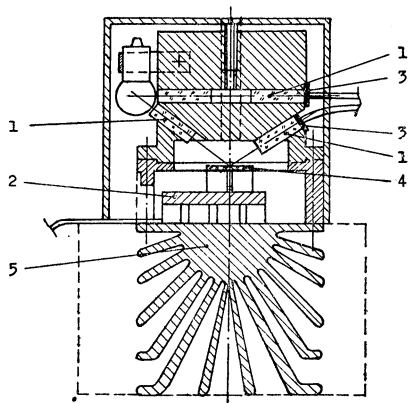
V případě, že rosná teplota je nižší než teplota okolí, což je nejčastější, je nutné zajišťovat orosení měřicí plošky ochlazováním. Používá se k tomu celá řada metod: odpařování lehké prchavých látek, ledem, tuhým kyslíkem uhlíčitým, kapalným dusíkem a podobně. V poslední době se hodně používá Peltiéřova jevu.

### 3. ROSNÝ VLHKOMĚR SVÚSS

Rosný vlhkoměr SVÚSS má tři hlavní části: měřicí sondu, řízený usměrňovač a teplotoměrnou část.

#### 3.1 Měřicí sonda

Sonda rosného vlhkoměru obsahuje měřicí plošku, ochlazenou Peltiérovou baterií (obr. 2). Osvětlování zajišťuje žárovka a světlovody: jeden směřuje pod úhlem  $75^\circ$



Obr. 2. Sonda rosného vlhkoměru (1 — světlovody, 2 — Peltiérova baterie, 3 — fotonky, 4 — zrcátko, měřicí ploška, 5 — chladič)

k měřicí plošce, druhý, kolmý na osu sondy, směřuje ke srovnávací fotonce. Má dvě části a mezi nimi je clonka k nastavení srovnávacího světelného toku. Další světlovod sbírá světlo, odražené od měřicí plošky, na druhou fotonku. Jsou to křemíkové hradlové fotonky Tesla 1 PP 75 a jsou vybírané tak, aby měly při pracovních hodnotách přibližně stejné vlastnosti. Jsou zapojeny antiparalelně, takže není-li měřicí ploška orosena, pak na fotonkách není napětí a po orosení je na výstupu sondy napětí až 5 mV.

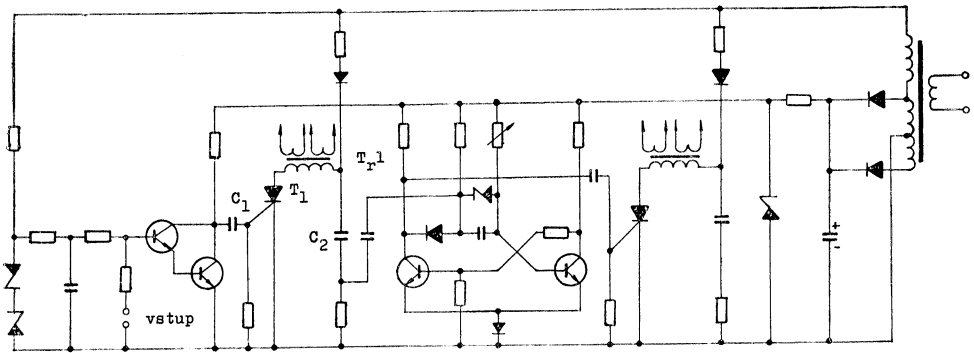
Pro měřicí plošku používáme leštěný niklový plech. Na okrajích je přilepen ke sklolaminátové fólii, která tvoří přepážku mezi měřicí a chladičí částí sondy. Na měřicí plošce je termistor a jeden spoj diferenciálního termoelektrického článku. Druhý spoj je v přívodu měřené vzdušiny, která se pak vede kolem měřicí plošky. Její přívod a odvod je v horní části sondy. Chlazení měřicí plošky zajišťuje dvoustupňová Peltiérova baterie, která má v prvním stupni sedm článků a ve druhém stupni dva články. Všemi články teče stejný proud. Teplá strana prvního stupně má žebrovaný chladič. V případě, že je nutné zajišťovat dlouhodobě větší rozdíl teplot mezi měřicí ploškou a chladičem než  $\Delta t = 30^\circ\text{C}$ , pak je nebezpečí, že teplota chladiče se zvýší o deset až patnáct stupňů nad teplotu okolí. Potom je vhodné ofukovat chladič a tím zajistit spolehlivý provoz.

Sonda je s ostatním zařízením spojena desetizilovým kabelem.



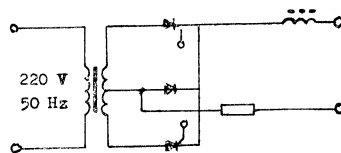
### 3.2 Řízený usměrňovač

K napájení Peltiérový baterie potřebujeme stejnosměrný proud 10 A při napětí 1 V. Tento proud je nutné řídit z maximální hodnoty až k nule, v závislosti na tvorbě orosení na měřicí plošce. To splňuje usměrňovač s fázově řízenými tyristory. Signál z fotonek je zesílen operačním zesilovačem a pak se přivádí na vstup spouštěcího obvodu (obr. 3) pro fázové řízení tyristorů. Na kombinaci Zenerových diod je obděl-



Obr. 3. Schéma obvodu fázového řízení tyristorů

níkové napětí, které po integraci má trojúhelníkový tvar vlny, která začíná při každé půlperiodě napájecího napětí. S tímto průběhem se srovnává řídicí napětí. Jakmile jsou obě napětí stejná, pak Darlingtonovo spojení transistorů se dostane z vodivého stavu do nevodivého, začne se nabíjet kondenzátor  $C_1$  a otevře se pomocný tyristor  $T1$ ,



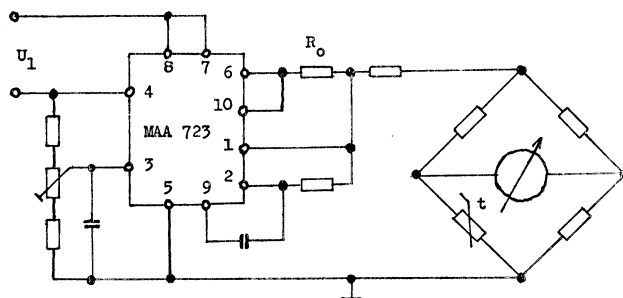
Obr. 4. Řízený usměrňovač

kterým se vybije kondenzátor  $C_2$  přes transformátor  $T_{r1}$ . V jeho sekundárním vinutí se indukuje puls, který zajistí ovládnání jednoho tyristoru. Pro řízení druhého tyristoru se vytvoří signál ve vedlejší jednotce, která je řízena hlavní jednotkou. Monostabilní dvojice transistorů přejde do své nestálé polohy za časový interval, který odpovídá  $180^\circ$ , nastavitelný kombinací hodnot RC. Jakmile se obvod vrátí do původního stavu, vznikne impuls, který ovládá pomocný tyristor a další části jsou pak stejné jako v hlavní jednotce.

Vlastní usměrňovač (obr. 4) má v obvodu nízkého napětí dva výkonové tyristory, ovládané řídicí jednotkou a ve středním vodiči je zapojena komutační dioda. V přívodu k Peltiérově baterii je vyhlazovací tlumivka.

### 3.3 Měření teploty

U metody měření teploty rosného bodu je výchozím údajem teplota. V případě, že teplota vzduchu je stálá, pak stačí měřit rozdíl mezi rosnou teplotou a teplotou vzduchu a tento rozdíl se dá přímo uvádět v hodnotách relativní vlhkosti. V případě, že okolní teplota se mění, například v rozsahu 10 °C až 30 °C, pak toto zjednodušené měření může působit systematickou chybu až 20 %.



Obr. 5. Termistorový teploměr

Když se měří teplota vzduchu samostatně, stačí znát teplotu rosného bodu. Tu je výhodné měřit termistorem, umístěným přímo na měřicí plošce. Termistor je zapojen v jedné větvi výchylkového můstku, jehož napájení zajišťuje stabilizovaný zdroj (obr. 5) s integrovaným obvodem MAA 723.

V případě, že je třeba znát stav vzduchu, aby se z naměřených hodnot mohly určit libovolné vlhkostní veličiny, pak je nutné znát rosnou teplotu, teplotu vzduchu a jeho celkový tlak. Z toho se v parních tabulkách určí příslušné tlaky syté vodní páry a vypočítají se požadované údaje.

## 4. ZÁVĚR

Metoda rosného bodu získává významné místo při měření vlhkosti vzduchu hlavně pro laboratoře a tam, kde se požaduje zvýšená přesnost. Jednotlivé přístroje se navzájem liší vlastnostmi kondenzačního povrchu, metodami jeho ochlazování, způsoby řízení rosné teploty a zjišťováním kondenzace a měřením této teploty.

Rosný vlhkoměr, vyvinutý v SVÚSS Běchovice, je samočinný přístroj s ochlazením měřicí plošky Peltiérovou baterií, která je napájena usměrňovačem s tyristory, fázově řízenými podle signálu z fotonek. Rosná teplota se měří termistorovým teploměrem, který je podle potřeby doplněn buď diferenciálním termoelektrickým článkem pro měření rozdílu mezi původní teplotou vzduchu a jeho rosnou teplotou nebo druhým termistorem.

Hlavní výhody rosného vlhkoměru jsou především v tom, že správně pracující přístroj není nutné ověřovat ve speciálním zařízení, pro vyčíslení stačí parní tabulky, výsledek měření parciálního tlaku vodní páry neovlivní kolísání teplot vzduchu když mimo vodní páru jsou ve vzduchu také jiné látky, které ovlivní činnost přístroje. Pevné částice (prach) se mohou usazovat na zrcátku a pak změní poměry při odrazu

nebo rozptylu světla. Pokud tyto částice jsou rozpustné ve vodě, pak způsobí změnu tlaku vodní páry. Pevné částice ze vzduchu je nutné odstranit nehygroskopickým filtrem. Obtížnější je omezit škodlivý vliv jiných par a plynů, přítomných ve vzduchu, které kondenzují na zrcátku (páry některých olejů) nebo se rozpouštějí v kondenzované vodě (kysličník siřičitý a sírový, sírovodík, chlor, kyselina chlorovodíková, amoniak).

## LITERATURA

- [1] *Dancy, R. G.*: Modular type trigger units. *Sasco News and Component Digest*. Circle No 129, s. 3—6.
- [2] *Kačurin, L. G.*: Električeskije izmerenija aerofizičeskich veličin. Leningrad, Izdatel'stvo Leningradskovo universiteta, 1962, s. 416.
- [3] NF X 15-012. Enceintes et conditions d'essais. Mesure de l'humidité au moyen des hygromètres a condensation a surface refroidie. Février 1973.
- [4] *Wylie, R. G.—Davies, D. K.—Caw W. A.*: The Basic Process of the Dew-point Hygrometer. In: *Humidity and Moisture* (Wexler A.). New York. Reinhold Publishing Corporation, 1965, vol. 1, s. 125.
- [5] *Spencer—Gregory, H.—Rourke, E.*: Hygrometry. London. Crosby Lockwood & Son LTD 1957, s. 204.
- [6] *Zorin, I. V.—Zorina, Z. Ja.*: Termoelektričeskije chloditel'niki i generatory. Leningrad. Energija, 1973, s. 136.

## ВЛАГОМЕР ПРЕДЗНАЧЕННЫЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТОЧКИ РОСЫ

*Инж. Й. Бетяк*

В статье описывается теория образования орошения на холодной поверхности. Разбираются и оцениваются осложнения, затрудняющие измерение. Описывается конструкция влагомера, разработанного институтом SV ŮSS, предназначенного для измерения температуры точки росы. Фотоэлемент определит орошение поверхности никелевого листа, который охлаждается с помощью элемента Пельтье. Температура, которая отвечает температуре точки росы, сохраняется автоматически. Эти измерения сравнительно точные и можно их хорошо употребить в различных специальностях, где нужно следить, в случае потребности регулировать, влажность воздуха.

## HUMIDIMÈTRE DE ROSÉE

*Ing. Jindřich Běták*

Dans l'article présenté, on explique une théorie de l'origine de la rosée sur une surface froide. On introduit et apprécie les complications qui aggravent la mesure. On décrit une construction de l'humidimètre mesurant la température du point de rosée qui était développé dans SVŮSS. Une photocellule indique la rosée d'une surface de la tôle de nickel qui se refroidit par une cellule de Peltier. La température répondant à la température du point de rosée se maintient automatiquement. Ces mesures sont précises proportionnellement et utilisables bien dans différents domaines où il faut poursuivre éventuellement régler l'humidité de l'air.

## DEW-POINT HYGROMETER

*Ing. Jindřich Bětlák*

The article clarifies the theory of dew precipitation on a cool surface. Some complications rendering the measurements difficult have been discussed. A hygrometer developed in SVŮSS for dew-point measurements has been described. An electronic photoelement signalizes the beginning of dew precipitation on a nickel surface cooled by a Peltier element. The dew-point temperature is being held constant automatically. Such measurements are relatively exact and very useful in many fields, where air humidity is to be registered or controlled.

## TAUPUNKT-FEUCHTIGKEITSMESSER

*Ing. Jindřich Bětlák*

Der Artikel erklärt die Theorie der Tauwasserniederschlagung an einer kühlen Oberfläche. Es werden auch einige Komplikationen, die eine solche Messung erschweren, erwähnt. Es wird weiter die konstruktive Ausführung eines in SVŮSS entwickelten Feuchtigkeitsmessers beschrieben. Ein Fotoelement bewacht den Anfang der Tauwasserniederschlagung an einer durch ein Peltierelement gekühlten Nickelblechoberfläche. Die Taupunkttemperatur wird automatisch gehalten. Diese Messungen sind relativ exakt und man kann sie sehr gut in verschiedenen Arbeitsgebieten benutzen, wo man die Luftfeuchtigkeit evidieren bzw. regulieren muss.

## **Ing. Rudolf D. Straka — 70 let**

Dne 9. května 1976 se dožívá 70 let známý pracovník z oboru vytápění Ing. Rudolf D. Straka (nar. 9. 5. 1906). Po vystudování strojního inženýrství na ČVUT v Praze působil v oboru energetiky a vytápění na různých pracovištích, např. v Ústavu pro hospodárné využití paliv (v období 1939—1945), v závodech a institucích stavebního resortu, ve vývojovém oddělení nár. podniku Bohumínské železárny a drátovny (v období 1952—1959), na Ústřední správě energetiky (v období 1961 až 1967) aj.

Věnoval se zejména otázkám hospodárného využívání paliv při provozu spalovacích zařízení komunálního sektoru. Z tohoto oboru pak také publikoval řadu příruček, např. příručku *Obsluha ústředního vytápění*, která vyšla v několika vydáních, *Kvalifikační příručku pro obsluhovatele ústředních vytápění* atd.

V roce 1957 byl Ing. Straka členem kolektivu pracovníků vývojového oddělení ŽDB, kterému byl udělen Řád práce za úspěchy při vývoji litinových článkových kotlů na podřadná tuhá paliva.

Ing. Straka také aktivně pracoval jako funkcionář ČVTS — komitétu techniky prostředí, přednesl velký počet referátů na konferencích a je činný jako soudní znalec z oboru vytápění. V poslední době jsou velmi ceněny jeho pravidelné roční přehledy klimatických veličin důležitých pro hodnocení provozu vytápění, publikované v časopise ZTV.

Ing. Strakovi přejeme pevné zdraví a mnoho úspěchů v další činnosti.

*Redakční rada*

## **10 let od úmrtí prof. J. Pulkrábka**

Dne 31. ledna 1976 uplynulo již 10 let od úmrtí prof. Ing. Dr. Jana Pulkrábka, DrSc., spoluzakladatele a prvního předsedy Vědeckotechnické společnosti pro zdravotní techniku a vřduchotechniku (předohůdkyně nynějšího komitétu techniky prostředí) a prvního předsedy redakční rady našeho časopisu. Při té příležitosti si připomeňme, že prof. Pulkrábek se narodil 18. dubna 1902 v Humpolci, vystudoval reálku na Kladně a strojní inženýrství na ČVUT v Praze. V období od 1929 do 1939 byl asistentem u prof. Krouzy na katedře všeobecného strojnictví a tehdy zaměřil svůj zájem především na tepelnou techniku. Po druhé světové válce byl jmenován profesorem pro vytápění a větrání na strojní fakultě ČVUT, kde založil a vedl katedru tepelné techniky a vřduchotechniky později přejmenovanou na katedru techniky prostředí.

Svěřený obor, který byl dříve u nás na okraji zájmů techniky a strojírenské výroby, vyzvedl prof. Pulkrábek na vědeckou úroveň a s velkou předvídavostí založil komplexní obor — techniku prostředí, jejíž význam je dnes, v době ohrožení životního prostředí člověka, plně oceňován. To je největší zásluha prof. Pulkrábka a za to právem patří čest a úcta jeho památce.

*Redakční rada*

# PŘÍSPĚVEK K URČOVÁNÍ AKUSTICKÉHO VÝKONU VENTILÁTORŮ

ING. DR. JAROSLAV NĚMEC, CSc.  
SVŮŠS, Běchovice

Článek shrnuje užívané vztahy pro výpočet celkové hladiny akustického výkonu ventilátorů, případně doporučené různými autory. Autor uvádí na základě úprav teoretických vztahů a experimentálního ověření jednoduchý vztah, vycházející ze základních provozních údajů pro ventilátor včetně účinnosti. Použitím známých korekcí lze stanovit výpočtově oktávové spektrum hladin akustického výkonu spojitého hluku ventilátorů.

Recenzoval: Ing. L. Louda, CSc.

## 1. ÚVOD

Pro popis hluku ventilátorů šířeného do připojeného potrubí nebo i do okolí, pro srovnávání hlukových vlastností ventilátorů různých velikostí a typů a pro projektové účely při akustickém výpočtu, se jeví nejvhodnější veličinou akustický výkon. S ohledem na užívaný systém hladin akustického tlaku pro popis hlukových situací se rovněž užívá obdobná veličina, tj. hladina akustického výkonu vyjadřovaná v decibelech a stanovená jednoduchým převodem z akustického výkonu.

Hlukové vlastnosti ventilátorů popisovali někteří autoři již v letech 1950 až 1955 pomocí akustického výkonu [1], [2], [3]. Postupný vývoj ukazuje, že je to účelné. Téma článku přispívá k této problematice s ohledem na její postupný vývoj, na novější poznatky a na lepší přesnost vypočítávaných hodnot.

## 2. VZTAHY PRO VÝPOČET CELKOVÉ HLADINY AKUSTICKÉHO VÝKONU VENTILÁTORU

Akustický výkon, resp. hladinu akustického výkonu ventilátorů různých typů a velikostí, který se šíří zejména do připojeného potrubí na sací nebo výtlačné straně nebo z otevřeného sání sledoval autor již v dřívějších letech [3], [4]. Výsledek pozorování pro provozní stav v okolí optimální účinnosti pro ventilátory starší konstrukce naznačuje diagram v *obr. 1*. Hladina akustického výkonu ventilátoru je zde vymezena v závislosti na vzduchovém výkonu  $P_v$  daném vztahem

$$P_v = Q_v \cdot \Delta p_c \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW}, \text{m}^3/\text{s}, \text{Pa}] \quad (1)$$

Přitom hladina akustického výkonu odpovídá celkovému akustickému výkonu v širokém kmitočtovém rozsahu a nesleduje podrobněji kmitočtové spektrum. Podle souhrnných výsledků v *obr. 1* byl navržen empirický vztah pro stanovení hladiny akustického výkonu  $L(P)$  v okolí navrhového pracovního stavu ve tvaru

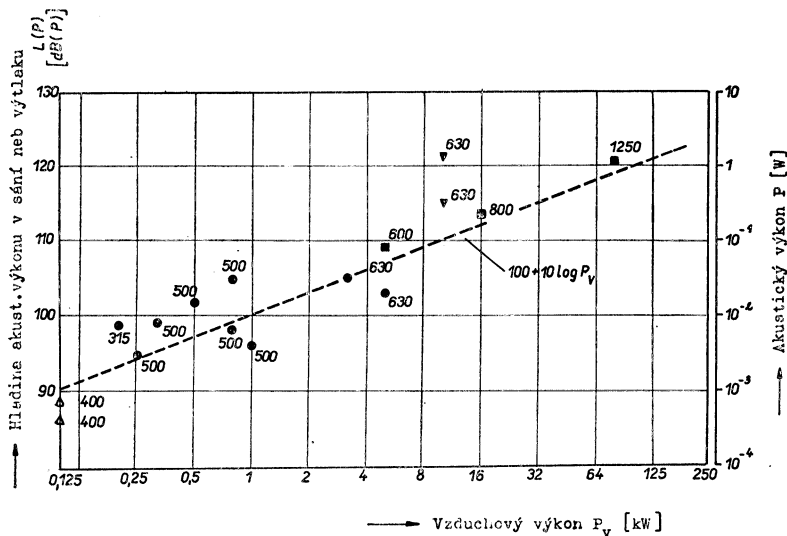
$$L(P) = 100 + 10 \log P_v \quad [\text{dB}(P), \text{kW}] \quad (2)$$

Spektrum hladin akustického výkonu se odvodí od celkové hladiny korekcemi  $\Delta L$ , které se odečtou. Tab. 1 uvádí korekce  $\Delta L$  v dB a rozlišuje radiální a axiální typy ventilátorů.

Tab. 1. Korekce  $\Delta L$  [dB] pro oktávové spektrum hladin akustického výkonu ventilátorů

Druh ventilátoru	Korekce $\Delta L$ [dB] v oktávovém pásmu [Hz]						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Radiální	-6	-7	-11	-15	-20	-25	-30
Axiální	-9	-8	-7	-6	-8	-10	-12

Beránek [2] užil obdobnou závislost. Pro vzduchový výkon doporučil dosazovat hodnotu odpovídající polovině jmenovitého výkonu hnacího elektromotoru v kW.



Obr. 1. Celková hladina akustického výkonu ventilátorů v závislosti na vzduchovém výkonu

Diagram v obr. 1 ukazuje, že pro široký rozsah výkonů vznikají rozdíly proti hodnotám daným vztahem (2), které převyšují přijatelné meze. Proto je žádoucí hledat přesnější vyjádření.

Základní závislosti akustického výkonu na rozměru a obvodové rychlosti ventilátoru vyjádřil Judin [1] a později Sharland [5]. Podle Judina je možné psát vztah pro akustický výkon

$$P = K \cdot \frac{\rho_0}{C^3} u_2^6 \cdot d_2^2 \quad (3)$$

kde  $K$  je konstanta shrnující různé dílčí faktory,  
 $\rho_0$  — hustota dopravovaného média [kg/m<sup>3</sup>]

$C_0$  — rychlost šíření zvuku v médiu [m/s],  
 $u_2$  — obvodová rychlost oběžného kola [m/s],  
 $d_2$  — vnější průměr oběžného kola [m].

Uváží-li se, že je  $\Delta p_c \sim u_2^2$  a  $Q_v \sim d_2^2 \cdot u_2$ , může se vztah upravit pro celkovou hladinu akustického výkonu

$$L(P) = L_{sp} + 10 \log Q_v + 25 \log \Delta p_c \quad (4)$$

kde  $L(P)$  je hladina akustického výkonu v decibelech [dB(P)],

$Q_v$  — objemový průtok [m<sup>3</sup>/s],

$\Delta p_c$  — celkový tlak [Pa],

$L_{sp}$  — konstanta označovaná jako specifická hladina a její hodnota bývá v tomto vztahu v rozmezí 25 až 35 dB.

Součinitel ve vztahu (4) se někdy uvádí rovněž v rozmezí 20 až 25 místo 25, aby se tím vystihly některé další vlivy. Tento vztah se dosti často užívá různými výrobci, přičemž hodnota  $L_{sp}$  se zjišťuje na základě měření pro daný typ a popřípadě ještě v závislosti na průtoku  $Q_v$ . Hladiny akustického výkonu v kmitočtových (oktávo-ových) pásmech se stanoví z celkové hladiny akustického výkonu odečtením korekcí podle tab. 1.

Zkušenost i podrobnější rozbor ukázaly, že se v uvedených vztazích opomíjejí některé dosti závažné faktory, což vedlo k návrhu přesnějších výpočtových vztahů, založených na respektování dalších závislostí a faktorů. K tomu přispěli např. Sharland [5] a Judin [6]. Autor se rovněž zabýval tímto problémem a dospěl k poměrně jednoduchým vztahům, které poskytují přesnější výsledky než tyto vztahy a mohou se užít pro širší výběr typů a velikostí ventilátorů.

Sharland [5] odvodil pro spektrální složku akustického výkonu o kmitočtu  $f$  výraz

$$P_f = \frac{1}{6} \pi \frac{\rho_0}{C_0^3} u_2^2 d_2^2 \cdot S^2 \cdot \left( \frac{\bar{u}_f}{u} \right)^2 \cdot z \cdot k_c \quad (5)$$

kde  $u_2$  je obvodová rychlost [m/s],

$d_2$  — průměr oběžného kola [m],

$S$  — bezrozměrový parametr pro kmitočet, obdobný Strouhalovu číslu [—],

$\left( \frac{\bar{u}_f}{u} \right)^2$  — je přibližně kvadrát intenzity turbulence proudění v oblasti rozhodující o vyzářování zvuku (např. při povrchu lopatek stroje) a při kmitočtu  $f$  [—],

$z$  — je počet zvuk vyzářujících lopatek (např. počet lopatek oběžného kola),

$k_c$  — je souhrn koeficientů,

$\rho_0$  — hustota dopravovaného média [kg/m<sup>3</sup>],

$C_0$  — rychlost šíření zvuku v médiu [m/s].

Výraz platí pro složky diskretního a spojitého spektra. Lze jej upravit i pro celkový akustický výkon a můžeme psát

$$P = \pi \frac{\rho_0}{C_0^3} u_2^2 \cdot d_2^2 \cdot \Phi \left[ \left( \frac{\bar{u}_c}{u} \right)^2, z, Q_v, \dots \right] \quad (6)$$

Funkce  $\Phi \left[ \left( \frac{\bar{u}_c}{u} \right)^2, z, Q_v, \dots \right]$  zahrnuje konstrukční faktory, provozní faktory a konstanty, které mají menší vliv na akustický výkon než ostatní veličiny. Tento vztah se blíží vztahu (3).

Podle Judina [6] lze užít bezrozměrové součinitele  $\varphi$  a  $\psi$ , tedy

$$\varphi = \frac{Q_v}{\frac{\pi}{4} d_2^2 u_2} \quad (7)$$

$$\psi = \frac{2 \Delta p_c}{\rho_0 u_2^2} \quad (8)$$

a po úpravě psát

$$\frac{Q_v^2}{\varphi^2} = \frac{\pi^2}{16} d_2^4 u_2^2 \quad (9)$$

$$\frac{\Delta p_c^2}{\psi^2} = \frac{\rho_0^2}{4} u_2^4 \quad (10)$$

Pak lze napsat pro akustický výkon vztah ve tvaru

$$P = \frac{1}{\rho_0 C_0^3} \frac{Q_v^2 \cdot \Delta p_c^2}{d_2^2} \frac{1}{\varphi^2 \psi^2} \Phi \left[ \left( \frac{\bar{u}_c}{u} \right)^2, z, Q_v, \dots \right] \quad (11)$$

Uvažuje-li se vzduch a jeho stálá hustota  $\rho_0$ , je akustický výkon závislý hlavně na části výrazu  $\frac{Q_v^2 \cdot \Delta p_c^2}{d_2^2}$ , tedy na kvadrátu vzduchového výkonu a jeho poměru ke kvadrátu průměru  $d_2$ . Bylo shledáno, že závažný vliv má na spojité spektrum intenzita turbulence, resp. její kvadrát  $\left( \frac{\bar{u}_c}{u} \right)^2$ . Pokusíme-li se empiricky porovnat tento člen s poměrem ztrát ve stroji  $P_z$  k výkonu stroje  $P_v$ , lze do vztahu (11) zavést účinnost  $\eta$ . Předpokládáme tedy

$$\left( \frac{\bar{u}_c}{u} \right)^2 \sim \frac{P_z}{P_v} \sim \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) \quad (12)$$

a dále předpokládejme malý vliv hodnot  $\varphi$  a  $\psi$ , které zahrneme do funkce  $\Phi'$ . Dospíváme tak k přesnějšímu výrazu pro celkový akustický výkon ventilátoru

$$P = \frac{1}{\rho_0 C_0^3} \frac{Q_v^2 \Delta p_c^2}{d_2^2} \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) \cdot \Phi' [z, Q_v, \varphi, \psi] \quad (13)$$

Hlavní veličiny, které ovlivňují akustický výkon ventilátoru jsou tedy  $Q_v$ ,  $\Delta p_c$ ,  $d_2$  a  $\eta$ . Pro celkovou hladinu akustického výkonu v decibelech [dB(P)] lze tedy napsat

$$L(P) = 10 \log \frac{P}{P_0} = L_{sp} + 20 \log \frac{Q_v \cdot \Delta p_c}{d_2} + 10 \log \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) \quad (14)$$

kde  $P$  je celkový akustický výkon [W],

$P_0 = 10^{-12}$  W,

$L_{sp}$  — specifická hladina, pro níž lze užít rozmezí 35 až 38 dB,

$Q_v$  — průtok vzduchu [m<sup>3</sup>/s],

$\Delta p_c$  — celkový tlak [Pa],

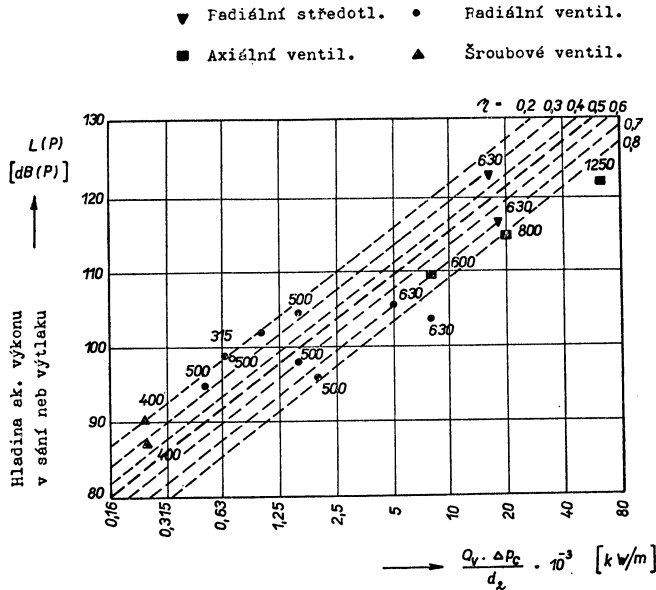
$d_2$  — průměr oběžného kola ventilátoru [m],

$\eta$  — účinnost ventilátoru při daném pracovním stavu [—].



Tento výraz lze užít pro radiální i axiální stroje včetně provozních stavů v rozsahu obvyklého využití stroje.

Uvedený výraz (14) lze ověřit z údajů v diagramu obr. 2. Celkové hladiny akustického výkonu ventilátorů měřené na sací nebo výtlačné straně jsou vyneseny v závislosti na hodnotě  $\frac{Q_v \cdot \Delta p_c}{d_2}$  pro typy strojů vyráběné v ČSSR v dřívější nebo současné době. Jsou rozlišeny radiální, axiální, šroubové a radiální vysokotlaké stroje.



Obr. 2. Celková hladina akustického výkonu ventilátorů v závislosti na vzduchovém výkonu, průměru  $d_2$  a účinnosti  $\eta$

Jako parametr se uvažuje účinnost  $\eta$ . Je patrný velmi dobrý souhlas se závislostí na hodnotě  $\frac{Q_v \cdot \Delta p_c}{d_2}$  v širokém rozsahu výkonů. Pokud údaj pro některý stroj vybočuje, může to být především ovlivněno méně přesným měřením nebo silně převládajícími diskretními složkami ve spektru hluku, které nezávisí na účinnosti.

Pokud se má určit spektrum hluku, lze přibližně užít údaje z tab. 1 a odečítat je od celkové hladiny akustického výkonu vypočtené ze vztahu (14).

### 3. ZÁVĚR

Úpravy teoretických vztahů a výsledky měření potvrdily, že existují výrazné podobnosti pro akustický výkon ventilátorů. Na jejich základě navrhl autor přesnější vztah pro výpočet celkové hladiny akustického výkonu, který může být dobře použitelný při výpočtech hluku způsobeného ventilátory. Autor děkuje za poskytnutí některých velmi užitečných údajů pracovníkům ZVVZ — VÚV Praha-Malešice.

## LITERATURA

- [1] *Judin J. J.*: Issledovanije šuma ventiljatornych ustanovek, 1968, Moskva, Oborongiz.
- [2] *Beranek L. L.*: Noise of Centrifugal Fans. Journ. Acoust. Soc. Amer., Vol. 27, Nr. 2, March 1955.
- [3] *Němec J.*: Výzkum hluku ventilátorů, Výzk. zpráva VUTT 55 — 03059, 1955.
- [4] *Němec J.*: Hlukové vlastnosti ventilátorů. Strojnický sborník, 15, SNTL, str. 175—195.
- [5] *Sharland I. J.*: Sources of noise in axial flow fans. J. Sound. Vib. (1964), 302—322.
- [6] *Judin J. J.*: Acoustic Power of Aerodynamic Noise of Fans. Report P-0-9, 6th Intern. Congress on Acoustics, Tokyo, 1968, Elsevier Publ. Co.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ ВЕНТИЛЯТОРОВ

*Инж. доктор Я. Немец, к. т. н.*

Статья резюмирует употребляемые отношения для расчета общего уровня акустической мощности вентиляторов, в случае потребности рекомендованные различными авторами. Автор приводит на основе оформлений теоретических отношений и экспериментального удостоверения простое отношение, основанное на главных эксплуатационных данных вентилятора включая действия. Применением знакомых коррекций можно определить расчетом октавный спектр уровня акустической мощности непрерывного спектра шума вентиляторов.

## DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE ACOUSTIQUE DES VENTILATEURS

*Ing. Dr. Jaroslav Němec, CSc.*

L'article présenté le résumé des relations utilisées pour un calcul du niveau total de la puissance acoustique des ventilateurs ou recommandées par différents auteurs. En vertu des préparations des relations théorétiques et en vertu de la vérification expérimentale, l'auteur introduit une relation simple fondée sur les données d'exploitation principales pour le ventilateur y compris l'efficacité. Par l'application des corrections connues, on peut calculer le spectre d'octave des niveaux de la puissance acoustique d'un spetre continu du bruit des ventilateurs.

## ASCERTAINING THE SOUND OF FANS

*Ing. Dr. Jaroslav Němec, CSc.*

The article summarizes used relations, recommended by various authors for computing the total sound power of fans. From some theoretical relations and their experimental verification the author develops a simple relation based on main operational fan data, the fan efficiency included. It is possible by using some known corrections to compute an octave-spectrum of sound power levels of a continuous fan noise.

## ZUR FRAGE DER BESTIMMUNG VON SCHALLEISTUNG DER VENTILATOREN

*Ing. Dr. Jaroslav Němec, CSc.*

Der Artikel fasst die am meisten benutzen Gleichungen für Berechnung der Schalleistung von Ventilatoren zusammen. Auf Grund einiger Formänderungen der theoretischen Gleichungen sowie experimentellen Bestätigungen davon wird eine einfache Gleichung, die von betrieblichen Grunddaten des Ventilators, dessen Wirkungsgrad inbegriffen, ausgeht, von dem Verfasser vorgelegt. Bei Verwendung von bekannten Korrekturen kann man das Oktavspektrum des Schalleistungspegels eines kontinuierlichen Ventilatorgeräusches berechnen.

# STABILIZACE STUPNĚ DISPERZITY U VZORKŮ SUSPENDOVANÝCH AEROSOLŮ VE VODNÝCH ROZTOCÍCH ELEKTROLYTŮ SMÁČEDEM SLOVAFOL 909

Ing. JAN VÍTEK, CSc.

*Vědeckovýzkumný uhelný ústav, Ostrava-Radvanice*

Předmětem práce je studium disperzity suspenzí křemenného a uhelného prachu ve vodném roztoku elektrolytu za použití čs. smáčedla Slovafol 909. Je sledován zejména stabilizační účinek smáčedla na disperzitu suspenze v rozsahu trvání suspenze asi 0,5 až 100 hodin od jejího vzniku. Nalezené výsledky prokazují vyhovující stabilizační účinek smáčedla Slovafol 909 v daných podmínkách.

*Recenzoval: Ing. J. Šimeček, CSc.*

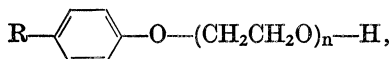
## 1. ÚVOD

Při posuzování hygienické závadnosti aerosolů hraje významnou roli jejich disperzita. Řada metod stanovení stupně disperzity (vodivostní metoda, sedimentační metody, některé optické metody) předpokládá převedení vzorku aerosolu do suspenze. Obvykle se pro tento účel používá suspenzí ve vodě nebo ve vodných roztocích elektrolytů za přítomnosti smáčedel, která mají zaručit konstantní stupeň disperzity suspenze po dobu přípravy vzorku a vlastního stanovení (tj. po několik hodin a v případě sedimentačních metod i několik dní).

V této práci jsou studovány suspenze dvou významných průmyslových aerosolů, a to křemenného a černouhelného prachu, ve vodných roztocích  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ . Je hodnocena disperzita suspenzí a její časový průběh v rozsahu asi 100 hodin při použití smáčedla Slovafol 909. Přídavek smáčedla zajišťuje dobré smočení tuhých částic, (bez jeho přídavku by např. u uhelného prachu nebylo možno vůbec připravit suspenzi ve vodném roztoku), dispergaci tuhých částic, tj. rozptýlení shluků jednotlivých částic, a konečně stabilizaci stupně disperzity. Posouzení stability suspenzí se Slovafolem 909 je hlavní náplní této práce.

## 2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Jako suspendované materiály byly použity jemně mleté vzorky křemenného a uhelného prachu o velikosti zrna do 20  $\mu\text{m}$ . Tyto vzorky byly v různých koncentracích suspendovány ve 4 % roztoku  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  v destilované vodě s přídavkem různých množství smáčedla Slovafol 909. Jedná se o neionogenní smáčedlo, výrobek Chemických závodů W. Piecka, n. p., Nováky, v podstatě tekutou směs alkylfenylpolyglykoletů typu



kde  $R$  může být  $C_9H_{19-}$ ,  $C_8H_{17-}$  nebo  $C_7H_{15-}$ , a kde  $n$  se pohybuje od 0 do  $\infty$  (nejčastěji  $n = 9$ ). Toto činidlo je známo jako účinné smáčedlo a dispergovadlo pro některé materiály (uhelný prach apod.) [1—3].

Při přípravě suspenzí byl dodržován standardní postup. Pro každou sérii měření byl připraven společný základní roztok. Navážený vzorek tuhého rozmělněného materiálu byl kvantitativně převeden do odměrky 1 000 ml, přelit 25 ml 1,0 % roztoku Slovafolu 909 a promícháním důkladně smočen. Pak bylo přidáno příslušné množství roztoku  $Na_4P_2O_7$ . Po dokonalém promíchání základního roztoku bylo z něj pipetováno po 100 ml do kádinek 250 ml a doplněno na 200 ml roztokem  $Na_4P_2O_7$  se smáčedlem Slovafol 909 tak, aby koncentrace elektrolytu i smáčedla dosáhla požadované výše pro každý experiment.

Tímto způsobem bylo docíleno, že u každé série měření byly získány výchozí suspenze vždy v přesně stejném složení a se stejným počátečním stupněm disperzity tuhé fáze. Trvání suspenze bylo počítáno od okamžiku smočení suchého vzorku dispergované tuhé látky smáčedlem. Jednotlivé vzorky suspenzí byly přechovávány v podmínkách laboratoře v kádinkách 250 ml s hodinovými sklíčky po dobu asi 100 hodin a v průběhu této doby byla opakovaně proměřována disperzita suspenze vodivostní metodou za použití přístroje Coulter Counter Model A [4—8].

Měření disperzity na Coulterově počítači bylo prováděno následovně. Do kádinky s hodnocenou suspenzí byla vsunuta měřicí tryska přístroje a vnější platinová elektroda [8], předem pečlivě opláchnutá ostříknutím čistým 4 % roztokem  $Na_4P_2O_7$  s přísádkem Slovafolu 909 ve stejné koncentraci, jako u právě hodnocené suspenze. Pomocí elektrického míchadla byla suspenze v kádince prudce míchána po dobu cca 30 s a pak bylo vyčkáno ustálení roztoku a vyprcháání vzduchových bublinek, vzniklých v suspenzi v průběhu míchání. Pak bylo po nastavení velmi nízkých obrátek elektrického míchadla provedeno vlastní stanovení disperzity suspenze standardním postupem (8). Za použití měřicí trysky s otvorem 50  $\mu m$  byly stanoveny počty částic tuhé látky v konstantním objemu suspenze (0,5 ml), náležející do jednotlivých zvolených velikostních tříd. Coulterův počítač třídí částice podle jejich objemu. V této práci jsou výsledky přepočteny tak, aby velikost částic byla charakterizována průměrem koulí, objemově ekvivalentních jednotlivým částicím, což je obvyklý způsob zpracování údajů u částic nepravidelného tvaru [9]. Platí zde vztah

$$V = \frac{1}{6} \pi d^3 \quad (1)$$

a odtud

$$d = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}, \quad (2)$$

kde  $V$  = objem částice, určený měřením [ $\mu m^3$ ],

$d$  = průměr hypotetické kulové částice, objemově ekvivalentní sledované reálné částici nepravidelného tvaru [ $\mu m$ ].

Uvedený přepočít lze v případě obou hodnocených vzorků tuhé dispergované látky použít, neboť částice jsou převážně izometrické, což bylo prokázáno mikroskopickým pozorováním.

Podle takto vypočtených hodnot průměru  $d$  byly částice tříděny do několika velikostních frakcí s mezními hodnotami  $d_i$ , tvořícími geometrickou řadu s kvocien-tem  $\sqrt{2}$ . Každá velikostní frakce je nadále charakterizována střední hodnotou  $d$  pro daný velikostní interval, tj. geometrickým průměrem horní a dolní meze daného

intervalu. Jedná se o intervaly 0,89—1,25  $\mu\text{m}$  (střední hodnota  $\bar{d}$  je 1,05  $\mu\text{m}$ ), 1,25—1,77  $\mu\text{m}$  (střední hodnota 1,47  $\mu\text{m}$ ), 1,77—2,50  $\mu\text{m}$  (střední hodnota 2,10  $\mu\text{m}$ ), 2,50—3,54  $\mu\text{m}$  (střední hodnota 2,97  $\mu\text{m}$ ), 3,54—5,00  $\mu\text{m}$  (střední hodnota 4,20  $\mu\text{m}$ ), 5,00—7,07  $\mu\text{m}$  (střední hodnota 5,94  $\mu\text{m}$ ), 7,07—10,00  $\mu\text{m}$  (střední hodnota 8,41  $\mu\text{m}$ ), 10,00—14,14  $\mu\text{m}$  (střední hodnota 11,89  $\mu\text{m}$ ), 14,14—20,00  $\mu\text{m}$  (střední hodnota 16,82  $\mu\text{m}$ ), 20,00—28,28  $\mu\text{m}$  (střední hodnota 23,78  $\mu\text{m}$ ). Částice o velikosti nad 28,28  $\mu\text{m}$  nebyly v suspenzích nalezeny, částice o velikosti pod 0,89  $\mu\text{m}$ , které nelze za použití Coulterovy metody hodnotit, byly sice ve vzorcích zastoupeny (podle mikroskopického pozorování), jejich podíl na celkové hmotnosti dispergované tuhé fáze byl však tak nepatrný, že jej bylo možno zanedbat. Doba trvání suspenze  $T$  (h), příslušná každému jednotlivému stanovení disperzity, byla vypočtena ze vztahu

$$T = \frac{t_2 + t_3}{2} - t_1, \quad (3)$$

kde  $t_1$  = doba přípravy suspenze (smočení suché dispergované tuhé látky smáčedlem) [h],

$t_2$  = doba započetí stanovení disperzity na Coulterově počítači [h],

$t_3$  = doba ukončení tohoto stanovení [h].

Pro každou takto nalezenou distribuční křivku velikostí částic, odpovídající danému složení suspenze a dané době jejího trvání, byly vypočteny běžné globální ukazatele disperzity (9), a to střední geometrický průměr velikostí částic podle počtu  $d_p$ , střední geometrický průměr velikostí částic podle hmotnosti (objemu)  $d_g$  a střední geometrická odchylka  $s$  podle vztahů

$$\log d_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=I} n_i \log d_i}{\sum_{i=1}^{i=I} n_i} \quad (4)$$

$$\log d_g = \frac{\sum_{i=1}^{i=I} g_i \log d_i}{\sum_{i=1}^{i=I} g_i} \quad (5)$$

$$\log s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=I} n_i (\log d_i - \log d_p)^2}{\sum_{i=1}^{i=I} n_i}} \quad (6)$$

kde  $n_i$  = počet částic v  $i$ -té velikostní frakci,

$g_i$  = hmotnostní (objemový) podíl částic, náležejících do  $i$ -té velikostní frakce, vztažený na celkovou hmotnost (celkový objem) částic všech velikostí u hodnoceného podílu vzorku.

$i$  — pořadový index velikostních frakcí částic,

$I$  — celkový počet velikostních frakcí.

Ukazatele rozdělení velikostí částic podle objemu a podle hmotnosti lze ztotožnit, mají-li všechny částice hodnoceného souboru konstantní měrnou hmotnost. Tento požadavek je u popisovaných experimentů splněn vzhledem k homogenosti výchozích tuhých dispergovaných materiálů.

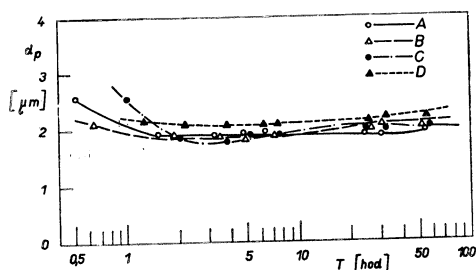
Při výpočtu výsledků hodnocení disperzity suspenzí na Coulterově počítači byly zavedeny obvyklé korekce (eliminace vlivu koincidence částic, elektronického

šumu a mechanických nečistot elektrolytu [8]). Vypočty byly provedeny na samostatném počítači ICT 1900 s použitím programovacího jazyka Fortran 1900 [10].

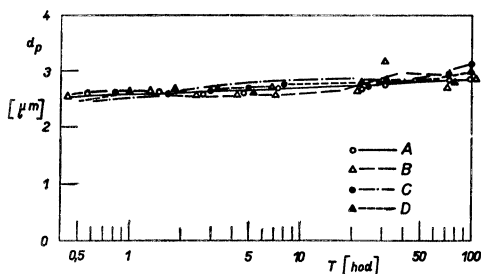
### 3. VÝSLEDKY A DISKUSE

Při hodnocení suspenzí uhlénoho prachu byly zpracovány tři samostatné série měření se společným výchozím základním roztokem, jak bylo popsáno v předchozí kapitole. U těchto sérií měření byly připraveny suspenze o různé koncentraci uhlénoho prachu, a to následovně:

U I. série s koncentrací uhlénoho prachu 4,4 mg/l suspenze, u II. série s koncentrací uhlénoho prachu 17,1 mg/l suspenze a u III. série s koncentrací uhlénoho prachu 72,3 mg/l suspenze. Dále byla zpracována jediná, IV. série měření s křemenným prachem, a to s koncentrací 121,5 mg/l suspenze.



Obr. 1. Závislost středního geometrického průměru velikosti částic v suspenzi podle počtu  $d_p$  na době trvání suspenze v semilogaritickém zobrazení u suspenze uhlénoho prachu o koncentraci 4,4 mg/l suspenze (A — koncentrace smáčedla 25 mg/l suspenze, B — koncentrace smáčedla 50 mg/l suspenze, C — koncentrace smáčedla 100 mg/l suspenze, D — koncentrace smáčedla 250 mg/l suspenze,  $T$  — doba trvání suspenze v hodinách).



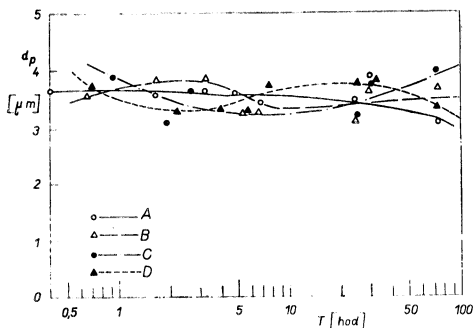
Obr. 2. Závislost středního geometrického průměru velikosti částic podle počtu  $d_p$  na době trvání suspenze  $T$  v semilogaritickém zobrazení u suspenze uhlénoho prachu o koncentraci 17,1 mg/l suspenze (A — koncentrace smáčedla 12,5 mg/l suspenze, B — koncentrace smáčedla 37,5 mg/l suspenze, C — koncentrace smáčedla 87,5 mg/l suspenze, D — koncentrace smáčedla 237,5 mg/l suspenze).

U všech čtyř uvedených sérií měření bylo aplikováno smáčedlo Slovafof 909, a to vždy ve čtyřech různých koncentracích. U sérií I, III a IV to byly koncentrace smáčedla 25, 50, 100 a 250 mg/l suspenze, u série II koncentrace 12,5, 37,5, 87,5 a 237,5 mg/l suspenze.

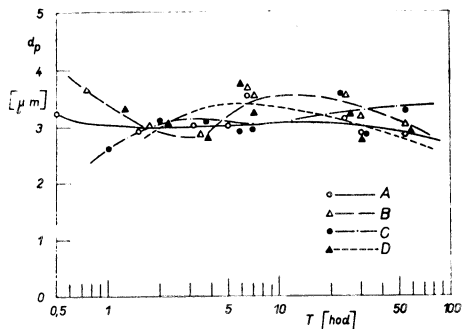
Změny disperzity suspenzí byly sledovány ve všech případech po dobu asi 100 hodin trvání suspenze, přičemž první hodnocení disperzity bylo provedeno vždy po 0,5—1,0 hodině po přípravě suspenze. Výsledky těchto měření jsou zachyceny na obr. 1—16. Ježto není možno pro přílišnou rozsáhlost experimentálního materiálu uvést všechny vyhodnocené distribuční křivky velikostí částic, jsou na obr. 1—8 uvedeny alespoň časové průběhy hodnot  $d_p$  a  $d_g$  (podle (4) a (5)) u sérií měření I—IV.

Některé ze stanovených distribučních křivek velikostí částic jsou uvedeny grafickou formou na obr. 9—16. Jsou zde zobrazeny diferenciální distribuční křivky velikostí částic podle hmotnosti v semilogaritickém zobrazení (hodnoty středních průměrů částic  $d$  pro jednotlivé velikostní intervaly jsou vyneseny v logaritmičké

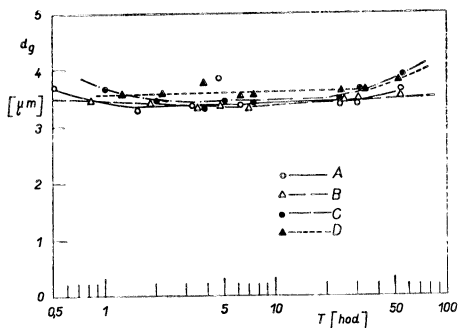
stupnici, hmotnostní zastoupení jednotlivých velikostních frakcí, vyjádřená v %, v lineární stupnici). Pro každou sérii měření jsou takto graficky zpracovány vždy suspenze s nejvyšší a nejnižší koncentrací smáčedla. Na každém z grafů na obr. 9—16 jsou uvedeny vždy tři distribuční křivky velikostí částic pro tutéž suspenzi, stanovené v různých časech  $T$  [h], a to pro nejkratší sledované, střední a nejdelší sledované trvání suspenze.



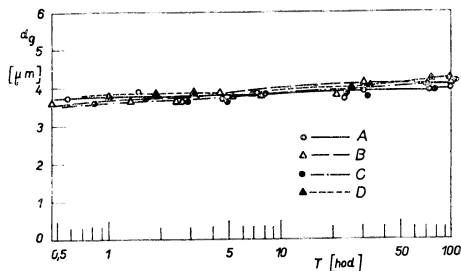
Obr. 3. Závislost středního geometrického průměru velikosti částic podle počtu  $d_p$  na době trvání suspenze  $T$  v semilogaritmickém zobrazení u suspenze uhlénoh prachu o koncentraci 72,3 mg/l suspenze ( $A$  — koncentrace smáčedla 25 mg/l suspenze,  $B$  — koncentrace smáčedla 50 mg/l suspenze,  $C$  — koncentrace smáčedla 100 mg/l suspenze,  $D$  — koncentrace smáčedla 250 mg/l suspenze).



Obr. 4. Závislost středního geometrického průměru velikosti částic podle počtu  $d_p$  na době trvání suspenze  $T$  v semilogaritmickém zobrazení u suspenze křemenného prachu o koncentraci 121,5 mg/l suspenze ( $A$  — koncentrace smáčedla 25 mg/l suspenze,  $B$  — koncentrace smáčedla 50 mg/l suspenze,  $C$  — koncentrace smáčedla 100 mg/l suspenze,  $D$  — koncentrace smáčedla 250 mg/l suspenze).

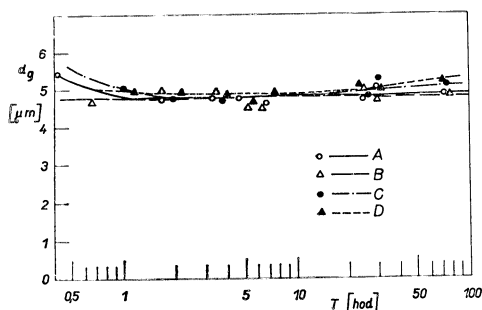


Obr. 5. Závislost středního geometrického průměru velikosti částic v suspenzi podle hmotnosti  $d_g$  na době trvání suspenze  $T$  v semilogaritmickém zobrazení u suspenze uhlénoh prachu o koncentraci 4,4 mg/l suspenze ( $A$  — koncentrace smáčedla 25 mg/l suspenze,  $B$  — koncentrace smáčedla 50 mg/l suspenze,  $C$  — koncentrace smáčedla 100 mg/l suspenze,  $D$  — koncentrace smáčedla 250 mg/l suspenze).

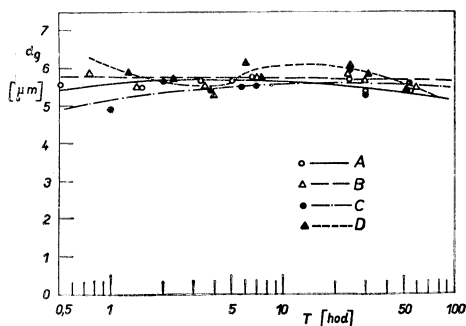


Obr. 6. Závislost středního geometrického průměru velikosti částic v suspenzi podle hmotnosti  $d_g$  na době trvání suspenze  $T$  v semilogaritmickém zobrazení u suspenze uhlénoh prachu o koncentraci 17,1 mg/l suspenze ( $A$  — koncentrace smáčedla 12,5 mg/l suspenze,  $B$  — koncentrace smáčedla 37,5 mg/l suspenze,  $C$  — koncentrace smáčedla 87,5 mg/l suspenze,  $D$  — koncentrace smáčedla 237,5 mg/l suspenze).

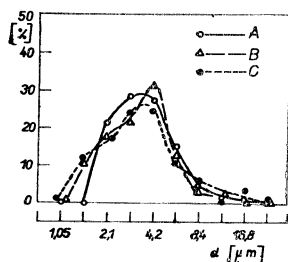
Z obr. 1—8 je zřejmo, že hodnoty středních průměrů částic  $d_p$  i  $d_g$  se v průběhu trvání suspenze velmi málo mění a je možno je považovat za prakticky konstantní. Obě řady hodnot,  $d_p$  i  $d_g$ , jsou záměrně souběžně sledovány. Hodnoty středního průměru částic podle počtu  $d_p$  jsou totiž velmi citlivé na změny zastoupení jednotlivých velikostních frakcí v oblasti jemných částic, kterých je ve sledovaných suspenzích podstatně více než částic hrubších. Hodnoty středního průměru částic podle hmotnosti (objemu)  $d_g$  jsou naopak citlivé na změny zastoupení jednotlivých velikostních frakcí v oblasti hrubších částic. Těchto hrubších částic je v hodnocených suspenzích sice relativně malý počet, tvoří však význačný podíl z celkové hmotnosti resp. objemu suspenzovaných částic.



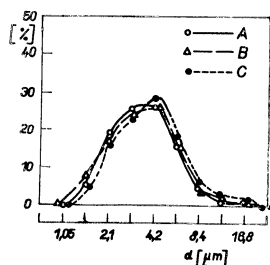
Obr. 7. Závislost středního geometrického průměru velikosti částic v suspenzi podle hmotnosti  $d_g$  na době trvání suspenze  $T$  v semilogaritmickém zobrazení u suspenze uhlénoho prachu o koncentraci 72,3 mg/l suspenze (A — koncentrace smáčedla 25 mg/l suspenze, B — koncentrace smáčedla 50 mg/l suspenze, C — koncentrace smáčedla 100 mg/l suspenze, D — koncentrace smáčedla 250 mg/l suspenze).



Obr. 8. Závislost středního geometrického průměru velikosti částic v suspenzi  $d_g$  na době trvání suspenze  $T$  v semilogaritmickém zobrazení u suspenze křemenného prachu o koncentraci 121,5 mg/l suspenze (A — koncentrace smáčedla 50 mg/l suspenze, C — koncentrace smáčedla 25 mg/l suspenze, B — koncentrace smáčedla 100 mg/l suspenze, D — koncentrace smáčedla 250 mg/l suspenze).

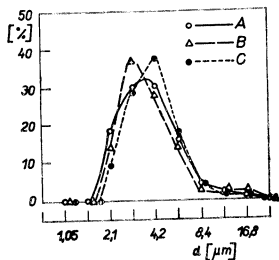


Obr. 9. Diferenciální distribuční křivky velikostí částic v suspenzi podle hmotnosti v semilogaritmickém zobrazení. Suspenze uhlénoho prachu o koncentraci 4,4 mg/l suspenze, koncentrace smáčedla 25 mg/l suspenze (A — trvání suspenze 0,5 h, B — trvání suspenze 6,3 h, C — trvání suspenze 53,9 h).

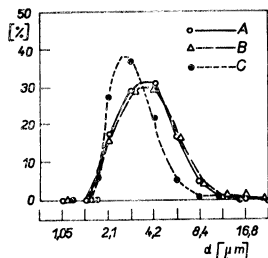


Obr. 10. Diferenciální distribuční křivky velikostí částic v suspenzi podle hmotnosti v semilogaritmickém zobrazení. Suspenze uhlénoho prachu o koncentraci 4,4 mg/l suspenze, koncentrace smáčedla 250 mg/l suspenze (A — trvání suspenze 1,3 h, B — trvání suspenze 7,6 h, C — trvání suspenze 55,2 h).

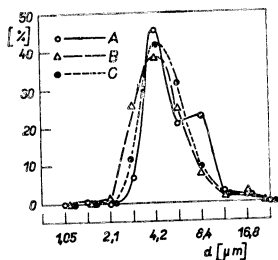




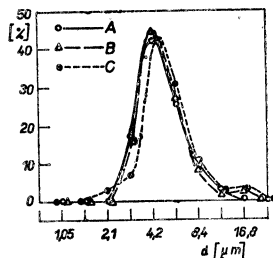
Obr. 11. Diferenciální distribuční křivky velikostí částic v suspenzi podle hmotnosti v semi-logaritmičtém zobrazení. Suspenze uhlénoho prachu o koncentraci 17,1 mg/l suspenze, koncentrace smáčedla 12,5 mg/l suspenze (A — trvání suspenze 0,6 h, B — trvání suspenze 7,6 h, C — trvání suspenze 101,2 h).



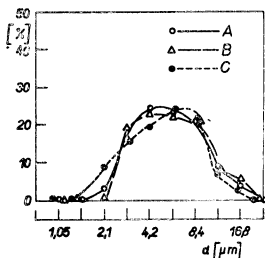
Obr. 12. Diferenciální distribuční křivky velikostí částic v suspenzi podle hmotnosti v semi-logaritmičtém zobrazení. Suspenze uhlénoho prachu o koncentraci 17,1 mg/l suspenze, koncentrace smáčedla 237,5 mg/l suspenze (A — trvání suspenze 1,0 h, B — trvání suspenze 7,1 h, C — trvání suspenze 101,7 h).



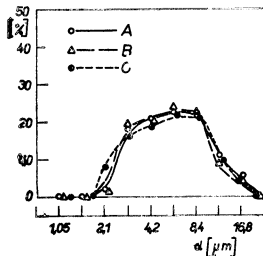
Obr. 13. Diferenciální distribuční křivky velikostí částic v suspenzi podle hmotnosti v semi-logaritmičtém zobrazení. Suspenze uhlénoho prachu o koncentraci 72,3 mg/l suspenze, koncentrace smáčedla 25 mg/l suspenze (A — trvání suspenze 0,4 h, B — trvání suspenze 6,7 h, C — trvání suspenze 72,8 h).



Obr. 14. Diferenciální distribuční křivky velikostí částic v suspenzi podle hmotnosti v semi-logaritmičtém zobrazení. Suspenze uhlénoho prachu o koncentraci 72,3 mg/l suspenze, koncentrace smáčedla 250 mg/l suspenze (A — trvání suspenze 1,2 h, B — trvání suspenze 7,4 h, C — trvání suspenze 73,9 h).



Obr. 15. Diferenciální distribuční křivky velikostí částic v suspenzi podle hmotnosti v semi-logaritmičtém zobrazení. Suspenze křemenného prachu o koncentraci 121,5 mg/l suspenze, koncentrace smáčedla 25 mg/l suspenze (A — trvání suspenze 0,5 h, B — trvání suspenze 6,5 h, C — trvání suspenze 54,7 h).



Obr. 16. Diferenciální distribuční křivky velikostí částic v suspenzi podle hmotnosti v semi-logaritmičtém zobrazení. Suspenze křemenného prachu o koncentraci 121,5 mg/l suspenze, koncentrace smáčedla 250 mg/l suspenze (A — trvání suspenze 1,3 h, B — trvání suspenze 7,2 h, C — trvání suspenze 55,2 h).

U hodnot  $d_p$  nacházíme v I. sérii měření (*obr. 1*) v počáteční fázi do cca 2 hodin trvání suspenze při koncentraci smáčedla 25 a 100 mg/l suspenze znatelný pokles. V dalším průběhu jsou již tyto hodnoty téměř konstantní. U II. série měření (*obr. 2*) je možno konstatovat v celém časovém průběhu nepatrný rovnoměrný vzestup hodnot  $d_p$  u všech čtyř suspenzí s různými koncentracemi smáčedla. U III. a IV. série měření (*obr. 3 a 4*) jsou hodnoty  $d_p$  již poněkud rozkolísanější a není možno jednoznačně popsat jejich časový průběh, i zde jsou však nalezené rozdíly mezi jednotlivými hodnotami vcelku málo významné.

Hodnoty  $d_g$  vykazují u I. série měření (*obr. 5*) vcelku konstantní průběh s nepatrným zvýšením v oblasti 50—100 hodin trvání suspenze u koncentrací smáčedla 100 a 250 mg/l suspenze. U II. série měření (*obr. 6*) lze sledovat rovnoměrný pozvolný vzestup hodnot  $d_g$  u všech hodnocených koncentrací smáčedla. U III. a IV. série měření (*obr. 7 a 8*) jsou hodnoty  $d_g$  opět poněkud rozkolísanější, nelze však v žádném případě hovořit o jejich významnějších změnách v závislosti na době trvání suspenze. To platí zejména o IV. sérii měření (*obr. 8*).

Souběžně s hodnotami středních průměrů částic  $d_p$  a  $d_g$  byly pro všechna stanovení disperzity suspenzí počítány i hodnoty střední geometrické odchylky  $s$  (počle [6]), které charakterizují rozptyl průměrů jednotlivých částic v suspenzi kolem středních hodnot  $d_p$  resp.  $d_g$  a jsou tedy mírou polydisperzности systému. Časové průběhy těchto hodnot pro jednotlivé série měření nejsou uváděny. Bylo totiž zjištěno, že jsou ve všech případech téměř konstantní. Významnější změny těchto hodnot v závislosti na době trvání suspenzí nebyly pozorovány. U I. série měření se hodnoty střední geometrické odchylky  $s$  pohybovaly v rozmezí 1,30—1,43, u II. série měření v rozmezí 1,28—1,42, u III. série měření v rozmezí 1,26—1,53 a konečně u IV. série měření (suspenze křemenného prachu) v rozmezí 1,33—1,46.

Při vyhodnocování uváděných závislostí je nutno vzít v úvahu možnost ovlivnění výsledků stanovení disperzity suspenzí chybami použité vodivostní metody, popř. některými dalšími vlivy. Při použití vodivostní metody stanovení distribuce velikostí částic v suspenzi se zpravidla dosahuje při práci v optimálních podmínkách vysoké reprodukovatelnosti výsledků. Dosažený stupeň reprodukovatelnosti je zejména závislý na počtu vyhodnocených částic u jednotlivých stanovení disperzity, který se pohyboval u popsáných experimentů v rozsahu asi  $1,5 \cdot 10^6$  až  $4,1 \cdot 10^6$  částic. Je známo, že u vodivostní metody dochází z principiálních, prakticky neodstranitelných příčin k určitému podhodnocení zastoupení nejjemnějších velikostních frakcí částic v oblasti těsně nad spodní mezí postřehnutelné velikosti částic. V daném případě při použití trysky o otvoru  $\Phi$  50  $\mu\text{m}$  se jedná zhruba o rozsah velikostí 0,9—2,5  $\mu\text{m}$ . Zkreslení průběhu distribučních křivek velikostí částic v důsledku této systematické chyby metody lze však předpokládat u jednotlivých sérií měření vždy stejné, neboť se jedná o suspenze stejného složení se stejnou výchozí distribucí velikostí částic tuhé fáze. Časové změny distribuce velikostí částic v dané suspenzi nemohou tedy být tímto způsobem významněji ovlivněny.

Další možností ovlivnění výsledků jsou mechanické vlivy, uplatňující se při proudění suspenze v bezprostřední blízkosti otvoru měřící trysky. Rozměrné shluky částic, pokud se v suspenzi vytvoří, mohou být dezintegrovány při nárazu na okraje otvoru trysky, neboť nasávací rychlost suspenze je poměrně vysoká (asi 5,6 m/s). Při nasávání do otvoru měřící trysky se dále může uplatnit i vliv značně rozdílné hmotnosti jednotlivých částic nebo jejich shluků. Rozměrnější a tedy hmotnější částice nebo shluky jsou mnohem obtížněji strhávány proudící kapalinou do otvoru trysky než částice jemné.

Přes všechny tyto negativní vlivy, které eventuálně mohou mít vliv na dosažené výsledky, je nutno vodivostní metodu označit zcela jednoznačně za nejuvhodnější z dostupných metod, použitelných pro daný účel. Stanovení disperzity je při aplikaci této metody proveditelné přímo ve vzorku hodnocené suspenze, přičemž suspenze není provedeným stanovením nikterak ovlivněna a její vlastnosti mohou být dále průběžně sledovány. Stanovení průběhu distribuční křivky velikostí částic trvá 10 až 15 min a počet vyhodnocených částic je dostatečně vysoký, jak již bylo uvedeno. Naproti tomu použití sedimentační metody nepřichází pro daný účel vůbec v úvahu vzhledem k dlouhému trvání stanovení průběhu distribuční křivky, mikroskopické metody nejsou vhodné vzhledem k možnosti vyhodnocení relativně pouze malého počtu částic a zdoluhavosti stanovení a metody nefelometrické resp. turbidimetrické by z daných podmínek nevedly k spolehlivým výsledkům.

Z dalších faktorů je třeba vzít v úvahu zejména vliv teploty, která může značně ovlivnit disperzitu suspenzí. Proto byly v průběhu měření udržovány teploty suspenzí na konstantní hodnotě  $25,0 \pm 1,0$  °C. Při dlouhodobém stání suspenzí dochází k sedimentaci a ochuzování kapaliny o hrubší částice a shluky, které dosedají na dno kádinek. Aby byl eliminován vliv sedimentace, byly hodnocené suspenze před každým stanovením disperzity zhomogenizovány energickým promícháním míchadlem. Je pravěpodobné, že při tomto zásahu došlo k rozrušení některých méně soudržných shluků částic. Ježto však úprava mícháním byla prováděna reprodukovatelně (tj. vždy po stejnou dobu a se stejným počtem otáček míchadla), lze předpokládat i konstantní dezintegrační účinek, který by neměl příliš ovlivnit průběh sledovaných časových závislostí ukazatelů disperzity.

Střední geometrické průměry částic  $d_p$ ,  $d_g$  a geometrické odchylky  $s$ , jejichž časový průběh byl hodnocen, jsou pochopitelně pouze globální hodnoty, které sice charakterizují celkový stupeň disperzity dané suspenze, nemohou však vystihnout individuální rozdíly v průběhu jednotlivých distribučních křivek. Proto jsou pro dokonalejší vystižení disperzity suspenzí uvedeny na obr. 9—16 ještě vybrané distribuční křivky velikostí částic, nalezené za různých podmínek.

Jak je zřejmo z obr. 9—16, dochází v některých případech u distribučních křivek téže suspenze v různých časových okamžicích k určitým změnám, projevujícím se různými výškami a šířkami maxim, změnou tvaru maxim nebo posunem maxim. Z tvaru distribučních křivek vyplývá, že prakticky ve všech případech je rozdělení velikostí částic v suspenzích přibližně logaritmicko-normální [9]. Rozdíly mezi jednotlivými distribučními křivkami, odpovídajícími téže výchozí suspenzi po různé době trvání, zobrazenými vždy na témže grafu, jsou vcelku malé a zčásti vysvětlitelné chybami stanovení podle vodivostní metody, jak již bylo uvedeno. Významnější rozdíly v průběhu distribučních křivek lze nalézt např. na obr. 12, kde distribuce velikostí částic po 1 hod. trvání suspenze je zřetelně odlišná od distribucí u téže suspenze 7,1 a 101,7 hod. trvání. Takový zřetelný rozdíl v průběhu distribučních křivek u suspenzí různého stáří při jinak naprosto stejných podmínkách je ovšem spíše výjimkou, u obr. 9—11 a 13—16 jsou průběhy distribučních křivek téměř shodné.

Lze tedy i na základě zhodnocení průběhu distribučních křivek, obdobně jako podle zhodnocení průběhu hodnot  $d_p$ ,  $d_g$  a  $s$ , označit suspenze daného složení v daném časovém intervalu za poměrně stabilní. Obdobný závěr vyplývá i z vyhodnocení průběhu všech ostatních distribučních křivek, které byly v rámci popsaného experimentu vyhodnoceny a které není možno v této práci v plném rozsahu uvést.

Popsané práce, při kterých bylo použito jediného smáčedla, jediného elektrolytu a dvou druhů suspendovaného tuhého materiálu, nemohou být pochopitelně podkla-

dem k formulaci obecných závěrů. Bylo by proto žádoucí provést obdobná měření v širším rozsahu a zpracovat suspenze s různými elektrolyty a různými koncentracemi elektrolytů. Rovněž by bylo žádoucí rozšířit paletu použitých tuhých dispergovaných látek a smáčedel a zvětšit rozsah koncentrací smáčedla i tuhé látky v suspenzi a to jak směrem k vyšším, tak i k nižším koncentracím. Teprve pak bude možno některé závěry zobecnit. Poznatky, získané v rámci této práce, platí pochopitelně pouze pro dané podmínky.

#### 4. ZÁVĚR

Byla sledována disperzita a časové změny disperzity u vzorků křemenného a uhelného prachu, dispergovaných ve vodném roztoku elektrolytu za přídavku smáčedla Slovafol 909 v koncentracích 25—250 mg/l suspenze při teplotě 25 °C. Byla prokázána konstantnost disperzity takto připravených suspenzí pro trvání suspenze v rozsahu asi 0,5—100 hodin. Jsou diskutovány další možnosti výzkumu v dané oblasti.

#### LITERATURA

- [1] *Budířský, B., Harašta, M.*: Výzkum zneškodňování prachu kapalinami. Závěrečná zpráva VVUÚ Ostrava-Radvanice (1973).
- [2] *Milec, J.*: Nové účinnější tekuté smáčedlo Slovafol 909 jako přídavek do tlakové vody pro zavlažování uhelných slojí a pro protiprašný postřik. Monografie DT ČVTS Ostrava (1972).
- [3] *Harašta, M.*, soukromé sdělení.
- [4] *Batch, B. A.*: The Application of an Electronic Particle Counter to Size Analysis of Pulverized Coal and Fly-ash, *J. Inst. Fuel*, 10, str. 455—461 (1964).
- [5] *Allen, T.*; Critical Evaluation of the Coulter Counter Particle Size Analysis. Conf. of the Soc. for Anal. Chem., Loughborough University of Technology, London (1966).
- [6] *Coulter, W. H.*: High-Speed Automatic Blood-Cell Counter and Cell-Size Analyser, *Proc. of the Nat. Electronic Conf.*, 12, str. 1 034 (1956).
- [7] *Vítek, J.*: Možnosti použití vodivostní metody k hodnocení disperzity průmyslových prachů a suspenzí, *Chem. průmysl*, 23/48, 5, str. 257—265 (1973).
- [8] *Instruction Manual for Coulter Counter Model A Industrial*, Coulter Electronics Ltd., Dunstable.
- [9] *Herdan, G.*: *Small Particle Statistics*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, Houston, New York, Paris (1953).
- [10] *Vítek, J.*: Hodnocení disperzity práškových minerálních látek na Coulterově počítači částic s vyhodnocením výsledků na samočinném počítači, *Mineralia slovaca*, 5, 4, str. 495—506 (1973).

#### СТАБИЛИЗАЦИЯ СТЕПЕНИ ДИСПЕРСНОСТИ У ПРОБ СУСПЕНДИРОВАННЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ СМАЧИВАТЕЛЕМ SLOVAFOL 909

*Инж. Й. Витек, к. т. н.*

Предметом работы исследование дисперсии суспензий кварцевой и угольной пыли в водном растворе электролита при применении чехословацкого смачивателя Slovafol 909. Исследуется в особенности стабилизирующее действие смачивателя на дисперсность суспензии 0,5—100 ч с возникновения суспензии. Результаты доказывают подходящие стабилизирующее действие смачивателя Slovafol 909 в данных условиях.

## STABILIZING THE DISPERSION GRADE OF AEROSOL SAMPLES SUSPENDED IN WATER-SOLUTED ELECTROLYTES BY WETTING AGENT SLOVAFOL 909

*Ing. Jan Vitek, CSc.*

The article discusses the results of stabilizing the dispersion grade of quartz-dust and/or coal-dust suspensions in water-soluted electrolytes, when Czechoslovak wetting agent Slovafof 909 is being used. A special consideration has been given to the stabilizing effect of Slovafof 909 on the dispersion grade of the suspension during the time from half an hour till a hundred hours from the suspension preparation. The results show that the stabilizing effect of Slovafof 909 in given conditions is satisfactory.

## STABILISIERUNG DES DISPERSIONGRADES BEI DEN MITTELS BENETZUNGSMITTELS SLOVAFOL 909 IN WASSERLÖSUNGEN VON ELEKTROLYTEN SUSPENDIERTEN AEROSOLPROBEN

*Ing. Jan Vitek, CSc.*

Der Verfasser studiert Dispersionen der Suspensionen von Quarz- und Kohlestaub in Wasserlösungen von Elektrolyten, die mit tschechoslowakischem Benetzungsmittel Slovafof 909 vorbereitet wurden. Besonders der Stabilisierungseffekt des Benetzungsmittels auf Dispersität der Suspension wird verfolgt, und zwar in Zeitdauer von einer halben Stunde bis einhundert Stunden seit Entstehung der Suspension. Der Stabilisierungseffekt von Slovafof 909 ist bei gegebenen Bedingungen durch die Resultate als zufriedenstellend gezeigt worden.

## STABILISATION D'UN DEGRÉ DE LA DISPERSION DES ÉCHANTILLONS DES AÉROSOLS SUSPENDUS DANS LES SOLUTIONS AQUEUSES DES ÉLECTROLYTES A L'AIDE DU MOUILLANT „SLOVAFOL 909“

*Ing. Jan Vitek, CSc.*

Dans l'article présenté, on décrit une étude de la dispersion des suspensions de la poussière silicifère et carboneuse dans la solution aqueuse d'un électrolyte à l'aide du mouillant tchécoslovaque „Slovafof 909“. Surtout, on étudie l'effet de stabilisation d'un mouillant sur la dispersion de la suspension dans l'étendue de la durée de la suspension environ 0,5—100 heures dès son origine. Les résultats obtenus montrent l'effet de stabilisation satisfaisant du mouillant „Slovafof 909“ dans certaines conditions.

### ● Teplofyzické skvostv nasypaných gruzov (Tepelné fyzikální vlastnosti syvkých materiálů)

*Ivanov, N. S., Stepanov, A. V., Filippov, P. I.*

V monografii je vyložena metodika stanovování tepelné fyzikálních charakteristik promrzlých, tajících a roztálých syvkých materiálů, převážených železnicí. Uvádějí se grafy, nomogramy ke stanovení měrného tepla, sou-

činitele tepelné a teplotní vodivosti syvkých materiálů, železných rud a uhlí.

Kniha je určena pracovníkům, zabývajícími se zkoumáním fyzikálních vlastností dispersních prostředí.

Izdatelstvo „Nauka“, Sibirskoe otdelenie, Novosibirsk, 1974, 95 str., v příloze 37 grafů.

(Ěe)

## Vytápění a větrání

(Dr. Ing. J. Cihelka a kol.)

Význam a rychlý rozvoj nových otopných a větracích soustav si v krátké době vynutil již druhé doplněné a značně přepracované vydání této knihy. Stala se nepostradatelnou příručkou nejen pro všechny projektanty a konstruktéry vytápěcích a větracích zařízení, ale i pro architektky, energetiky a všechny techniky, kteří se zabývají úpravou vnitřního klimatu budov, jakož i pro studenty vysokých a průmyslových škol.

V druhém vydání byly přepracovány statě o proudění vzduchu v místnostech, přirozeném větrání a klimatizaci. Zeela nový je oddíl o automatické regulaci vytápěcích a klimatizačních zařízení.

V prvních dvou kapitolách se autoři zabývají fyziologickými, hygienickými, meteorologickými a klimatickými základy vytápění a větrání, tzn. tepelnou pohodou člověka, čistotou vzduchu v místnostech, teplotou a vlhkostí vzduchu a vlivy větru a slunečního záření.

Třetí kapitola pojednává o sdílení tepla a autoři v ní postupně probírají vedení tepla, sdílení tepla prouděním a sáláním a prostup tepla stěnou. Následující kapitola objasňuje čtenáři základy proudění tekutin v potrubí a proudění vzduchu v místnostech.

V dalších kapitolách autoři ukazují praktický výpočet vytápěcích a větracích zařízení. Postupně se soustřeďují na výpočty otopného příkonu, otopných těles, sálavých otopných ploch, potrubních sítí ústředního vytápění, tepelných izolací, kotlů pro ústřední vytápění, na výpočet spotřeby tepla a kontrolu provozu vytápění a dále na výpočet množství větracího vzduchu, větrání s přirozeným oběhem vzduchu, výpočet vzduchovodů, přívodu a odvodu vzduchu a klimatizačních zařízení.

Šedmá kapitola je zaměřena na vytápěcí zařízení. Autoři se v ní zabývají lokálním vytápěním, ústředními otopnými soustavami, kotli a kotelnami pro ústřední vytápění a ústřední přípravou teplé užitkové vody. Osmá kapitola je věnována dálkovému vytápění měst a sídlišť, tzn. všeobecným zásadám dálkového vytápění a příslušných tepelných sítí.

Následující část publikace popisuje větrací a klimatizační zařízení. Autoři v ní postupně pojednávají o větrání s přirozeným oběhem vzduchu, o vzduchovodech a jejich příslušenství, o ventilátorech, o hlučnosti vzduchotechnických zařízení, o větrání s nuceným oběhem vzduchu a o klimatizačních zařízeních. Desátá kapitola se zabývá automatickou regulací vytápěcích a klimatizačních zařízení. Samostatná

část této kapitoly je věnována regulaci soustav centralizovaného zásobování teplem.

Vítanou pomocí při výpočtech se stanou poslední dvě kapitoly knihy, které jsou věnovány číselným tabulkám a grafickým přílohám. Praktickému využití přispěje i mnoho řešených příkladů v textu a velké množství obrázků.

Vydalo SNTL v roce 1975 v řadě strojírenské literatury, 704 stran, 570 obrázků, 130 tabulek, 3 přílohy pod páskou, cena vázaného výtisku 65 Kčs.

## Úsporné vytápění bytů

(V. Morávek, Ing. A. Jukl)

Knihy obsahuje popis mnoha druhů a typů u nás používaných kamen, sporáků a topidel na všechny druhy dostupných paliv, ať již jde o paliva tuhá, kapalná nebo plynná, a rovněž místních spotřebičů využívajících elektrickou energii. V publikaci jsou též popsány konstrukce těchto spotřebičů určených k vytápění, k ohřevu užitkové vody a k vaření, dále možnosti svépomocného provádění oprav a čištění, přičemž se klade hlavní důraz na ekonomicky výhodné používání těchto zařízení, tj. s přihlédnutím k úspoře paliv a energie. Kniha tím podává přehled o možnostech moderního úsporného topení, ohřevu vody i jiného využívání místních spotřebičů v bytech bez ústředního vytápění.

Publikace je určena kamnářům, kamnářským učňům, kominíkům, ale zejména nejširší veřejnosti k podrobné informaci o všech druzích místních spotřebičů.

Vydalo SNTL v roce 1974 v řadě stavební literatury, 148 stran, 143 obrázků, 6 tabulek, cena brožovaného výtisku 11 Kčs.

## Elektrické rozvody a zařízení v bytech

(K. Šustr, S. Roškota)

Knihy se zabývá elektrickým rozvodem nízkého napětí v bytové výstavbě a vysvětluje druhy elektrických rozvodů, vysvětluje silový rozvod a uvádí k tomu potřebný materiál a způsob jeho montáže. Dále se v knize popisuje rozšiřování instalací, připojování spotřebičů, dimenzování a jištění vedení, rozvody v garážích a chatách a sdělovací rozvody.

Publikace je určena široké veřejnosti bez elektrotechnické kvalifikace k seznámení s možnostmi běžné údržby elektrotechnického zařízení v domácnosti.

Vydalo SNTL v roce 1974 v řadě polytechnické literatury, 184 stran, 92 obrázků, 17 tabulek, cena brožovaného výtisku 11 Kčs.

# SOUVISLOST MEZI RYCHLOSTÍ VĚTRU A TEPLOTOU VENKOVNÍHO VZDUCHU

ING. LUDĚK MAREŠ

ČVUT — fakulta strojní, Praha\*)

Rychlost větru, která je důležitým faktorem při výpočtu tepelné ztráty infiltrací, závisí do určité míry na teplotě venkovního vzduchu. V článku jsou výsledky kvantifikace tohoto jevu, získané vyhodnocením údajů meteorologické observatoře Praha-Karlov za 25leté období. Protože výsledky mají být použity pro účely vytápění, byly uvažovány pouze teploty nižší než 0 °C. Výsledky jsou ve formě rovnic a mohou pomoci ke zlepšení souhlasu výpočtem předvídaných tepelných ztrát se skutečnými, zvláště u výškových budov.

Recenzoval: Doc. Ing. Dr. L. Oppl, CSc.

## 1. ÚVOD

Značnou část tepelných ztrát budov způsobuje v zimě infiltrace venkovního chladného vzduchu do budovy. Pro výpočet tepelné ztráty infiltrací je nutné znát rychlost větru působícího na budovu. Norma [5] sice udává rychlosti větru, ale o jejich závislosti na teplotě nic neuvádí. Pro vnitrozemské podnebí však rychlost větru na venkovní teplotě vzduchu závisí [1], [3] — pro teploty kolem 0 °C je rychlost velká, kdežto pro nízké teploty je malá. Toto potvrzují i naše zkušenosti, neboť za velkých mrazů bývá rychlost větru zpravidla menší. Uvedený poznatek má velký význam pro vytápění, protože při výpočtově venkovní teplotě nebude zřejmě rychlost větru tak vysoká, jak se předpokládá v [5].

## 2. METODA

Hledání zmíněné závislosti rychlosti větru na teplotě venkovního vzduchu bylo provedeno pro Prahu [2]. Použito bylo údajů observatoře na Karlově [4]. Zde jsou uvedeny výsledky meteorologických pozorování pro každý den v 7, 14 a 21 hodin. Pro vyhodnocení byla uvažována měření v 7 (zhruba nejnižší denní teplota) a 21 hodin (zhruba průměrná denní teplota). Záznamy ze 14 hodiny (přibližně nejvyšší denní teplota) byly vynechány, neboť nižší teploty, které nás hlavně zajímají, se v tuto dobu vyskytují velmi sporadicky.

Vyhodnoceny byly záznamy z posledních 25 let (1948 až 1973), bylo uvažováno pouze otopné období (říjen až duben) a sledovány jen stavy s teplotami menšími než 0 °C, neboť výsledky mají být použity pro účely vytápění.

Venkovní teploty byly rozděleny do intervalů po 1 K (0,0 ÷ -0,9 °C; -1,0 ÷ -1,9 °C; ...) a v takto získaných intervalech byla sledována rychlost větru. Byla zhotovena síť, kde intervaly teplot byly nahrazeny svými středy, které tvořily jednu osnovu sítě. Druhou osnovou sítě byly rychlosti větru. V každém uzlu této sítě byla zjišťována četnost výskytu rychlosti větru při příslušné venkovní teplotě.

\*) Práce vznikla na Katedře techniky prostředí ČVUT v Praze jako část diplomního úkolu [2].

Do roku 1967 byla v meteorologických přehledech [4] udávána rychlost větru ve stupních Beauforta [°B], od roku 1967 pak v [m/s] (zaokrouhleně na celé [m/s]). Protože je Beaufortova stupnice hrubší než stupnice v [m/s], při přepočtu [°B] na [m/s] by starší údaje zkruslovaly rozložení četností (viz dále) — posilovaly by četnosti jen pro některé [m/s]. Proto bylo nutné přepočítat rychlost v [m/s] na [°B], a to podle *tab. 1*.

Tab. 1. Rychlosti větru  $v$  [m/s] odpovídající stupňům Beauforta

Beaufortův stupeň	Rychlost větru $v$ [m/s]	Zahrnuje rychlosti $v$ [m/s]	Střed intervalu rychlostí [m/s]
0°	0,0 ÷ 0,2	0	0,1
1°	0,3 ÷ 1,5	1	0,9
2°	1,6 ÷ 3,3	2; 3	2,45
3°	3,4 ÷ 5,4	4; 5	4,4
4°	5,5 ÷ 7,9	6; 7	6,7
5°	8,0 ÷ 10,7	8; 9; 10	9,35
6°	10,8 ÷ 13,8	11; 12; 13	12,3
7°	13,9 ÷ 17,1	14; 15	15,5

### 3. VÝSLEDKY

Četnosti rychlosti větru zjištěné popsáním způsobem jsou uvedeny pro 7 h v *tab. 2* a pro 21 h v *tab. 3*. Spojením obou tabulek vznikla *tab. 4*.

Z tabulek je ale na první pohled zřejmé, že se o nějaké závislosti nedá hovořit. Matematicky to bylo dokázáno pomocí korelačního počtu. Stupeň závislosti mezi veličinami  $t_e$  a  $w_v$  byl posouzen pomocí koeficientu korelace  $r_{tw}$  (lze ho použít jen tehdy, považujeme-li možnou závislost veličin  $t_e$  a  $w_v$  za lineární). Koeficient korelace byl vypočten ze vztahu:

$$r_{tw} = \frac{n \cdot \sum t_{e,i} \cdot w_{v,i} - \sum t_{e,i} \cdot \sum w_{v,i}}{\sqrt{[n \cdot \sum t_{e,i}^2 - (\sum t_{e,i})^2] \cdot [n \cdot \sum w_{v,i}^2 - (\sum w_{v,i})^2]}}$$

kde  $t_{e,i}$ ;  $w_{v,i}$  je hodnota veličin  $t_e$ ;  $w$  v bodě  $i$  uzlu sítě  $i = 1; 2; \dots n$   
 $n$  je celkový počet bodů (v našem případě je v každém uzlu sítě tolik bodů, kolik zde činí hodnota četnosti).

Hodnota koeficientu korelace se pohybuje v rozmezí  $-1,0 \leq r_{tw} \leq 1,0$ . Výpočtem byly získány tyto hodnoty:

pro 7 hodin :  $r_{tw} \doteq -0,14$

pro 21 hodin :  $r_{tw} \doteq -0,11$

pro 7 hodin + 21 hodin:  $r_{tw} \doteq -0,13$

Ve všech třech případech platí  $|r_{tw}| < 0,3$ , a to podle „orientačního hodnocení koeficientu korelace“ znamená, že závislost mezi veličinami  $t_e$  a  $w_v$  neexistuje. Touto cestou se tedy k hledané závislosti mezi teplotou a rychlosti větru nedošlo.



Tab. 2. Četnosti  $N$  výskytu rychlosti větru ve °B při určité teplotě  $t_e$ , pro 7 hodin, v letech 1948 až 1973, v období říjen až duben, pro Prahu (observatoř Praha Karlov)

$t_e$ [°C]	$w_v$ [°B]	0	1	2	3	4	5	6	7
—0,5		103	97	95	53	21	5	1	
—1,5		85	83	79	29	11	2	1	
—2,5		66	42	62	36	7	3	4	1
—3,5		55	34	45	28	3			
—4,5		43	36	47	23	3	1		
—5,5		28	22	36	11	4	1		
—6,5		33	35	23	15	2	1		
—7,5		34	29	26	6				
—8,5		26	13	21	4				
—9,5		19	20	11	6				
—10,5		14	13	11	2	2			
—11,5		16	5	13	5	1			
—12,5		22	7	6	2				
—13,5		11	2	3	2				
—14,5		9	3	3					
—15,5		9	1	3					
—16,5		7		8					
—17,5		3	3	3					
—18,5		1		1					
—19,5		1	1	1					
—20,5				1					
—21,5		1	1						
—22,5									
—23,5			1						
—26,5									

Při pozorném pohledu na tabulky 2; 3; 4 je však zřejmé, že pro nižší teploty četnost výskytu vyšších rychlostí větru je velmi malá a četnost výskytu vysokých rychlostí je nulová, kdežto při teplotách kolem 0 °C jsou četnosti velké i pro poměrně vysoké rychlosti větru. Na tomto poznatku byl založen další postup.

Pro každou teplotu uvedenou v tab. 4 lze zkonstruovat polygon četností rychlosti větru. Dále pak lze zvolit četnost, která pro vytápění přestává mít význam, a kde polygon četností dosáhne této zvolené četnosti vynést bod. Spojením bodů, takto získaných pro každou uvažovanou teplotu, vznikne čára, udávající závislost rychlosti větru na venkovní teplotě. Pro nižší teploty jsou ale polygony četností štihlejší, proto je smluvené četnosti dosaženo při nízké rychlosti a „stav“ (rychlost větru při určité teplotě) nad čarou se vyskytuje častěji. Z tohoto důvodu se jako výhodnější jevílo uvažování kumulativních četností. Jako významná byla zvolena kumulativní četnost 10. To odpovídá přibližně relativní kumulativní četnosti vztažené k celému souboru 0,3 %.

Tab. 3. Četnosti  $N$  výskytu rychlosti větru ve °B při určité teplotě  $t_e$  pro 21 hodin., v letech 1948 až 1973, v období říjen až duben, pro Prahu (observatoř Praha Karlov)

$t_e$ [°C] \ $w_v$ [°B]	0	1	2	3	4	5	6	7
—0,5	53	71	75	45	11	4		
—1,5	67	65	68	42	13	5		1
—2,5	39	43	57	36	13	1		
—3,5	29	29	44	26	10		1	
—4,5	27	23	52	19	5			
—5,5	20	24	24	15	1		1	
—6,5	25	24	24	12	2			
—7,5	20	14	15	6	1			
—8,5	25	10	12	8	2			
—9,5	5	6	9	6	1			
—10,5	5	4	5	4		1		
—11,5	4	3	6	1				
—12,5	10	3		3				
—13,5		2	6	1				
—14,5	5	1	1	2				
—15,5	1							
—16,5	3	1						
—17,5	1	1						
—18,5								
—19,5								
—20,5								
—21,5								
—22,5								
—23,5			1					

Body odpovídající této kumulativní četnosti byly pro každou teplotu zajištěny výpočtem a jsou vyneseny v diagramu na obr. 1. Spojením těchto bodů vznikla lomená čára a vyrovnáním metodou dvou těžišť přímka, které jsou v diagramu zakresleny. Pro lepší představu o rozložení rychlostí jsou v diagramu též zakresleny pro každou uvažovanou teplotu polygony četností (nikoli kumulativních četností!).

Definice přímky z diagramu je:

*Přímka je proložena lomenou čarou, nad kterou se „stav“ v posledních 25 letech v 7 hodin nebo 21 hodin, vyskytoval pouze 10krát (tj. 1 krát za 2,5 roku) v každém intervalu teploty  $0,0 \div -0,9$  °C;  $-2,0 \div -2,9$  °C; ..., a platí pro Prahu (observatoř Praha-Karlov) a velmi nepříznivou polohu podle charakteristiky ČSN 06 0210.*

Nepříznivá poloha je v definici proto, že observatoř v Praze na Karlově je umístěna tak, že to odpovídá charakteristice této polohy podle [5]. Rovnice takto stanovené přímky je:

$$w_v = 9,6 + 0,53 \cdot t_e \quad (1)$$

Tab. 4. Četnosti  $N$  výskytu rychlosti větru ve °B při určité teplotě  $t_e$  pro 7 hodin a 21 hodin, v letech 1948 až 1973, v období říjen až duben, pro Prahu (observatoř Praha Karlov).

$t_e$ [°C] \ $w_v$ [°B]	0	1	2	3	4	5	6	7
—0,5	156	168	170	98	32	9	1	
—1,5	152	148	147	71	24	7	1	1
—2,5	105	85	119	72	20	4	4	1
—3,5	84	63	89	54	13		1	
—4,5	70	59	99	42	8	1		
—5,5	48	46	60	26	5	1	1	
—6,5	58	59	47	27	4	1		
—7,5	54	43	41	12	1			
—8,5	51	23	33	12	2			
—9,5	24	26	20	12	1			
—10,5	19	17	16	6	2	2	1	
—11,5	20	8	19	6	1			
—12,5	32	10	6	5				
—13,5	11	4	9	3				
—14,5	14	4	4	2				
—15,5	10	1	3					
—16,5	10	1	8					
—17,5	4	4	3					
—18,5	1		1					
—19,5	1	1	1					
—20,5			1					
—21,5	1	1						
—22,5								
—23,5			1					
—26,5		1						

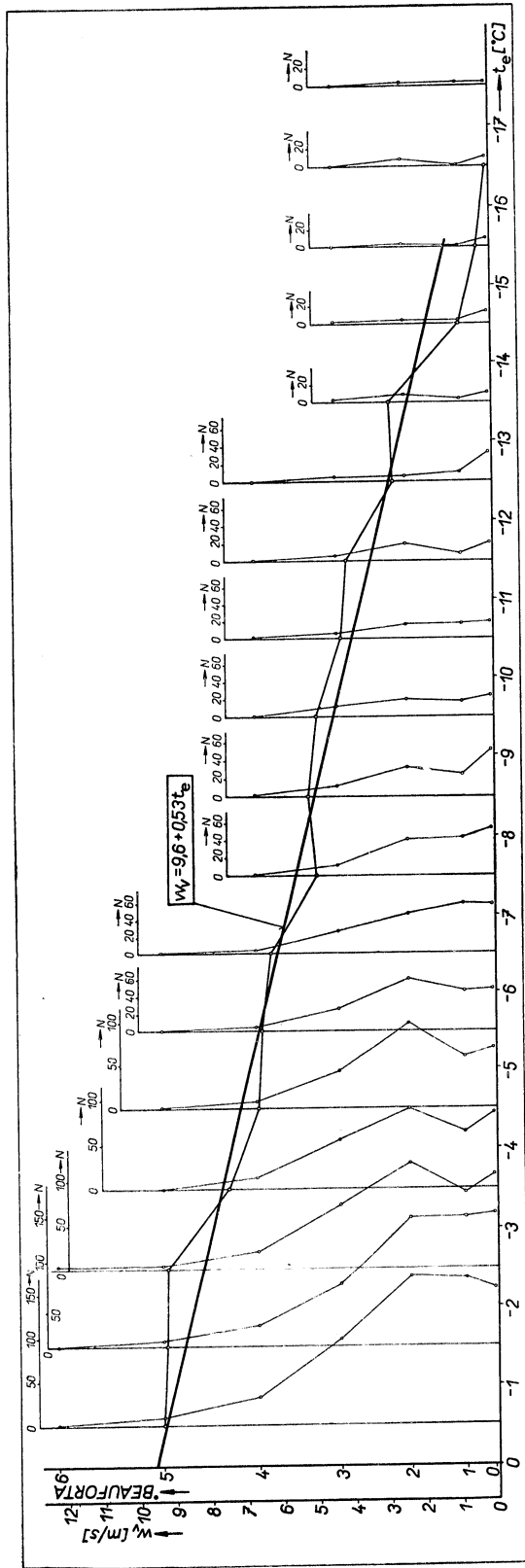
Vzorec platí pro Prahu, v rozsahu teplot 0 až —16 °C a pro velmi nepříznivou polohu.

Pro —12 °C (výpočtová teplota pro Prahu) je pak  $w_v \doteq 3,2$  m/s. Rychlost větru při teplotách  $-12 \pm 0,5$  °C tedy přesáhne hodnotu 3,2 m/s jen 1krát za 2,5 roku (ve statistickém průměru) v 7 nebo 21 hodin. Norma [5] však udává pro nepříznivou polohu rychlost větru 8 m/s.

Kdybychom neuvažovali působení vztahu vlivem rozdílu měrných hmotností vzduchu uvnitř a vně budovy a předpokládali, že na tlakový rozdíl  $\Delta p$  způsobující infiltraci má vliv jen vítr, pak bude tepelná ztráta infiltrací:

$$\left. \begin{array}{l} Q \sim \Delta p^{2/3} \\ \Delta p \sim w_v^2 \end{array} \right\} Q \sim w_v^{4/3}.$$

Poznámka: Vyrovnáním výše zmíněných bodů metodou nejmenších čtverců byly získány konstanty ve vztahu (1) 9,9 a 0,57.



Obr. 1. Závislost rychlosti větru  $w_v$  na teplotě venkovního vzduchu  $t_e$  — pro hodnoty kumulativní četnosti 10. Praha (observatoř Praha-Karlův), období říjen až duben, v letech 1948 až 1973. V pomocných diagramech jsou vyneseny četnosti  $N$  podle tab. 4.

Potom

$$\frac{Q_{\text{sk}}}{Q_{\text{výp}}} = \left( \frac{w_{\text{v, sk}}}{w_{\text{v, výp}}} \right)^{4/3} = \left( \frac{3,2}{8} \right)^{4/3} \doteq 0,3,$$

kde index „sk“ znamená vycházející ze vztahu (1) a index „výp“ označuje počítané podle [5].

Pak by tedy skutečná tepelná ztráta infiltrací při  $-12^\circ\text{C}$  byla jen 0,3 ztráty infiltrací počítané podle [5].

Pro výškové budovy má význam změna rychlosti větru s výškou. Aplikací mocninného vztahu (platí pro  $h \geq 15$  m):

$$w_{\text{v, h}} = w_{\text{v, o}} \cdot \left( \frac{h}{h_0} \right)^{1/5}, \quad (2)$$

na vztah (1) byl získán vzorec (3) uvažující i změnu rychlosti větru s výškou.

kde  $w_{\text{v, h}}$  je rychlost větru ve výšce  $h$ ,  
 $w_{\text{v, o}}$  je rychlost větru zjištěná měřením ve výšce  $h_0$ .

Výšku měření  $h_0$  je v našem případě velmi obtížné určit, protože v okolí observatoře na Karlově je složitá terénní situace (observatoř je na terase domu, kolem kterého je ze tří stran okolní zástavba a vzrostlé stromy, kdežto na čtvrté straně je naopak snížení terénu). Jako velmi přibližná hodnota byla určena výška staničního anemometru nad okolním terénem 15 m.

Z toho vyplývá:

$$w_{\text{v}} = (9,6 + 0,53 \cdot t_e) \cdot 15^{-1/5} \cdot h^{1/5} = (5,6 + 0,31 \cdot t_e) \cdot h^{1/5}, \quad (3)$$

platí pro  $0 \geq t_e \geq -16^\circ\text{C}$  a  $h \geq 15$  m.

Pro  $h < 15$  m se může počítat s následujícím vztahem (tečna ke křivce podle vztahu (3) v 15 m):

$$w_{\text{v}} = (9,6 + 0,53 \cdot t_e) \cdot (0,8 + 0,0133 \cdot h). \quad (4)$$

#### 4. ZÁVĚR

Ze vztahu (1) lze pro zvolenou teplotu zjistit rychlost větru pro velmi nepříznivou polohu místnosti a výpočtem lze potom také zjistit, jak se mění tepelná ztráta infiltrací v závislosti na teplotě venkovního vzduchu. Vztahy (3) a (4) se použijí při známé výšce místnosti nad terénem.

Platnost vztahů je omezena teplotou  $-16^\circ\text{C}$ . Pro nižší teploty je již popsána metoda statisticky neprůkazná. Horní hranice platnosti je  $0^\circ\text{C}$ ; extrapolovat do kladných hodnot  $t_e$  nelze, neboť s dále rostoucí teplotou se bude rychlost větru naopak snižovat, až pro oblast veder bude mít velmi malou hodnotu.

Zpracován byl soubor 3 191 údajů. Pro rozsáhlejší soubor (více sledovaných okamžiků za den) by bylo nutné použít strojního vyhodnocení samočinným počítačem.

Získané výsledky mohou přispět ke zlepšení souhlasu výpočtem předvídaných tepelných ztrát se skutečnými, zvláště u výškových budov.

### Seznam použitých označení

- $h$  [m] výška nad okolním terénem,  
 $n$  [—] počet bodů,  
 $N$  [—] četnost,  
 $\Delta p$  tlakový rozdíl,  
 $Q$  [W] tepelná ztráta infiltrací,  
 $t_e$  [°C] teplota venkovního vzduchu,  
 $w_v$  [m/s] rychlost větru.

### LITERATURA

- [1] *Konstantinova, V. E.*: Vozdušno-téplovoj režim v žilych zdaniyach povyšennoj etažnosti. Strojizdat, Moskva 1969, 136 str.  
[2] *Mareš L.*: Infiltrace v budovách. Diplomová práce 12/1974 ČVUT — fakulta strojní, Katedra techniky prostředí. 72 str.  
[3] *Semenova, E. I.*: Vozduchopronicavost okon žilych i obščestvennyh zdaniy. Strojizdat, Moskva 1969, 81 str.  
[4] Měsíční přehled meteorologických pozorování observatoře Praha-Karlov. Měsíčník Hydro-meteorologického ústavu Praha. Ročníky 1948 až 1973.  
[5] ČSN 06 0210 ze dne 6. 7. 1961: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. 47 str.

### СВЯЗЬ МЕЖДУ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА И ТЕМПЕРАТУРОЙ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

*Инж. Л. Мареш*

Скорость ветра, которая важный фактор во время расчета потери тепла естественным воздухообменом, зависит в какой-то мере от температуры наружного воздуха. В статье приводятся результаты этого явления, получаемые оценкой показаний метеорологической обсерватории Прага-Карлов через 25 лет. Потому что результаты назначены для целей отопления, обдумывались только температуры ниже чем 0 °C. Результаты выражены в форме уравнений и они могут оказать помощь при улучшении соглашения расчетом предполагаемых потерь тепла с реальными потерями тепла, особенно у высотных зданий.

### RELATION BETWEEN THE WIND VELOCITY AND THE TEMPERATURE OF OUTDOOR AIR

*Ing. L. Mareš*

The wind velocity is an important parameter when computing infiltration heat-losses, but it is not a little dependent on the outdoor air-temperature. This dependence is in this article quantified on the basis of data by the meteorological laboratory in Prague-Karlov for a time-period of 25 years. According to the supposed use of these data for computing the heating parameters, the outdoor air temperatures below freezing point only have been considered. The results have been given in the form of equations with the aim to minimize the differences between computed and real values, especially concerning multistoreyed buildings.

## ZUSAMMENHANG ZWISCHEN WINDGESCHWINDIGKEIT UND AUSSENLUFTTEMPERATUR

*Ing. L. Mareš*

Die Windgeschwindigkeit, die einen wichtigen Faktor bei Berechnungen von Infiltrationswärmeverlusten darstellt, ist in einigem Masse von Aussenlufttemperatur abhängig. Der Artikel quantifiziert diese Abhängigkeit auf Grund von Auswertungen der Daten, die vom meteorologischen Laboratorium in Prag-Karlov für eine Zeitspanne von 25 Jahren gesammelt worden sind. Weil die Resultate nur für Berechnungen der Heizungsparametern bestimmt sind, wurden dabei nur die Temperaturen unter Gefrierpunkt berücksichtigt. Die Resultate sind als Gleichungen vorgelegt, die zur besseren Übereinstimmung zwischen der berechneten und wirklichen Wärmeverluste — besonders für Hochbauten helfen können.

## CONNEXION ENTRE UNE VITESSE DU VENT ET UNE TEMPÉRATURE DE L'AIR EXTÉRIEUR

*Ing. L. Mareš*

La vitesse du vent qui est un facteur important au calcul d'une perte calorifique par infiltration depend sur une température de l'air extérieur, largement. L'article présenté comprend les résultats de la quantité de cet effet obtenus par une appréciation des données de l'observatoire météorologique Prague-Karlov dans 25 années. On considéra les températures inférieures que 0 °C seulement parceque on utilisera les résultats pour les buts du chauffage. Les résultats sont en forme des équations et ils peuvent améliorer une conformité des pertes calorifiques calculées et réelles, particulièrement pour les bâtiments hauts.

---

### Termodynamika důlního větrání

*(Judr. Ing. I. Suchan, DrSc., Prof. RNDr. M. Bajer, DrSc.)*

První kapitola uvádí základní zákony a vztahy termodynamiky plynů. Ve druhé se autoři zabývají složením a vlastnostmi důlního ovzduší. Nosnou částí celé publikace je třetí kapitola, pojednávající o výměně tepla mezi důlními větry a okolím. Autoři v ní postupně popisují zákony sdílení tepla, tepelné parametry hornin, orientační výpočty teplotních změn důlních větrů, geotermický stupeň a teplotní gradient a místní zdroje tepla nebo chladu.

V následující kapitole se autoři zabývají termodynamickými pochody důlního ovzduší, tj. vratnými změnami v diagramu  $h, T$  a tlakovými změnami v ovzduší v dole bez umělého větrání i s umělým větráním, způsobenými výměnou tepla s okolním prostředím.

V páté kapitole se autoři v krátkosti soustředují na tlakové změny při důlním ohni, tzn. na výpočet tepelného vztlaku důlního ohně a zvrat větrního proudu. V závěrečné kapitole autoři popisují měření veličin vyskytujících se v procesech důlní termodynamiky a podávají přehled měřicích přístrojů a metod.

Za každou kapitolou jsou uváděny řešené příklady a publikaci doplňuje velké množství tabulek a obrázků.

Vydalo SNTL v roce 1975 v řadě hornické literatury, 288 stran, 90 obrázků, 35 tabulek, cena vázaného výtisku 38 Kčs.

### Strojní chlazení

*(Ing. Z. Fencel)*

Kniha vysvětluje použití chladicích zařízení, fyzikální základy strojního chlazení všeobecně a fyzikální základy nejpoužívanějších systémů. Objasňuje funkci základních stavebních prvků, seznamuje čtenáře s běžnými chladivými a jejich termodynamickými vlastnostmi a fyzikální podstatou sdílení tepla. Zabývá se funkcí a základy výpočtu kompresorového systému a výměníků tepla. Dále se zabývá hospodářským významem správného používání chladicích zařízení.

Je určena technikům a opravářům chladicích zařízení, záruk odborných škol, majitelům domácích chladniček, uživatelům chladicích zařízení v distribuci, v průmyslu, v jednotlivých zemědělských družstvech, ve zdravotnictví i ostatním zájemcům o tento obor.

Vydalo SNTL v roce 1975 v řadě Kurs technických znalostí, 104 stran, 36 obrázků, 16 tabulek, cena brožovaného výtisku 7 Kčs.

### **olejové topení v otázkách a odpovědích**

(Ing. Z. Čácha)

Úkolem této příručky je seznámit nejen topiče se zařízením olejového topení parních a horkovodních kotlů a s jeho obsluhou, ale i techniky investorů a provozovatelů kotlů s podmínkami pro zavádění a provozování olejového topení, počínaje žádostí o získání palivové základny až po sledování tepelné hospodárnosti provozu. Kniha obsahuje údaje o ceně, dopravě a vlastnostech topných olejů, popisuje způsoby jejich spalování a různé systémy olejových hořáků s rozбором a porovnáním jejich vlastností.

Dále pojednává o olejovém hospodářství, tj. uskladňovacích nádržích, čerpadlech, ohřívacích, potrubí a výstroji. Samostatná kapitola je věnována bezpečnostní výstroji hořáků a kotlů a jejich topeništ. Uvedeny jsou zásady a podmínky nejen pro konstrukci nových kotlů s olejovým topením, nýbrž i pro provádění rekonstrukcí a zavádění přídatného olejového topení u uhelných kotlů. Je pamatováno i na otázku škodlivosti síry v topných olejích a jejich kysličníků ve spalinách. V potřebném rozsahu je pojednáno i o tepelné hospodárnosti provozu, zjišťování tepelné účinnosti a jednotlivých tepelných ztrát.

Pro přípravu k topičské zkoušce obsahuje příručka obrázky uvedené u jednotlivých kapitol.

Určeno energetikům průmyslových závodů, topičům kotlů s olejovým topením a technikům investorů, výrobců i projektantům olejového topení.

Vydalo SNTL v roce 1974 v řadě strojřenská literatury, 188 stran, 109 obrázků, 18 tabulek, cena brožovaného výtisku 10 Kčs.

### **Číslo pro každého 1975**

V této publikaci jsou přehledně a populárním způsobem zpracovány statistické údaje týkající se obyvatelstva, zaměstnanosti, investiční výstavby, rozvoje vědy a techniky, průmyslu, zemědělství a lesního a vodního hospodářství, stavebnictví, dopravy a spojů, životní úrovně, zahraničního oběhu, rozvoje ekonomiky ČSR a SSR za 30 let budování

ČSSR. Druhá část je věnována mezinárodním ukazatelům.

Kniha je určena funkcionářům a propagandistům všech složek Národní fronty, poslancům, učitelům, lektorům i širokému okruhu čtenářů.

Vydalo SNTL ve spolupráci s n. p. ALFA v roce 1975 v řadě ekonomické literatury, 272 stran, 169 tabulek, cena vázaného výtisku 20 Kčs.

### **Umělé sušení řeziva**

(Ing. J. Kruml)

Kniha je věnována umělému sušení řeziva a jeho třem způsobům — teplovzdušnému sušení, sušení nad 100 °C a sušení elektrickým proudem o vysoké frekvenci. Obsah příručky je rozdělen do tří hlavních částí: základy sušení, vlastní technologie sušení a sušárenské zařízení.

V základech sušení jsou vysvětleny pojmy a jevy vyskytující se při sušení a bez jejichž pochopení je správné sušení nemyslitelné. Jsou to zejména nejnmutnější znalosti z anatomie dřeva ve vztahu k sušení, vlhkost dřeva a její měření, počítání, rovnovážná vlhkost dřeva a její určování, sesychání dřeva, poškození dřeva, které může při sušení vzniknout, vliv činitelů sušení na průběh sušení, jako teploty, relativní vlhkosti vzduchu, rychlosti proudění vzduchu, vlhkosti dřeva, objemové hmotnosti, dřeviny, provozu sušáren apod.

Ve vlastní technologii sušení je věnována velká pozornost procesu teplovzdušného sušení, dále sušení přehřátou párou a dielektrickému sušení.

V části, která pojednává o sušárenském zařízení, je popsána funkce jednotlivých částí sušárny, potřebné měřicí a regulační přístroje, jejich používání a údržba, rozdělení sušáren a popis nejdůležitějších typů domácí i zahraniční výroby.

Závěr publikace je věnován ekonomickému posuzování sušáren a vlastnostem a povinnostem sušárenského mistra.

Publikace je určena především všem pracovníkům v sušárnách závodů na zpracování dřeva, tj. v dřevokombinátech, nábytkářských závodech, stavebně truhlářské výrobě aj. Bude též dobrou pomůckou žákům odborných dřevařských škol všech stupňů.

Vydalo SNTL v roce 1974 v řadě dřevařské literatury, 228 stran, 133 obrázků, 27 tabulek, cena vázaného výtisku 26 Kčs.



## REGULACE TĚPLOTY KAPALINY SMĚŠOVACÍM VENTILEM

PAVEL ŽALUD

Severočeské elektrárny Komořany, n. p.

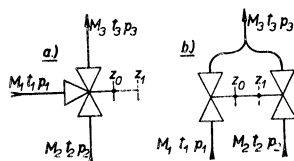
Autor se zabývá řešením regulace teploty vody směřováním v trojcestném ventilu. Populárním způsobem upozorňuje na hlavní zásady, které je nutno při navrhování automaticky regulovaných směšovacíh soustav respektovat. Výsledky svých úvah shrnuje v grafické části do přehledných diagramů a schémat.

Recenzoval Ing. Jiří Cihlář, CSc.,  
doc. Ing. Dr. J. Mikula, CSc.

### 1. ČINNOST TROJCESTNÉHO SMĚŠOVACÍHO VENTILU

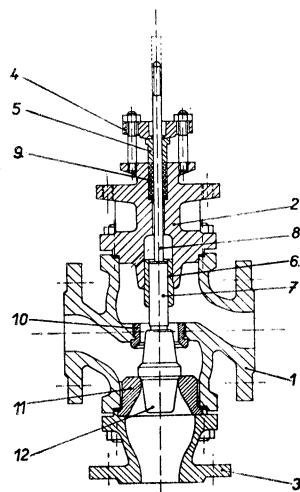
Řízení teploty protékající kapaliny směšováním dvou stejných médií o různých teplotách je možno řešit řadou způsobů. V převážné většině případů lze k tomuto účelu použít trojcestného regulačního směšovacího ventilu. V zásadě se jedná o trubní armaturu, umožňující směšování dvou kapalin, přitékajících ze dvou nezávislých potrubních větví, a to v poměru plynule přestavitelném v závislosti na poloze škrticího systému.

Schematický znak a popis parametrů jednotlivých proudů u zmíněného ventilu jsou uvedeny na obr. 1a, náhradní schéma této armatury, vyjadřující přibližně totožnou funkci v zapojení dvou stejných přímých regulačních ventilů s přestavnými škrticími systémy, spojenými mezi sebou pevnou nesouhlasnou vazbou je naznačeno na obr. 1b. Konstruktivní uspořádání je patrné z obr. 2.

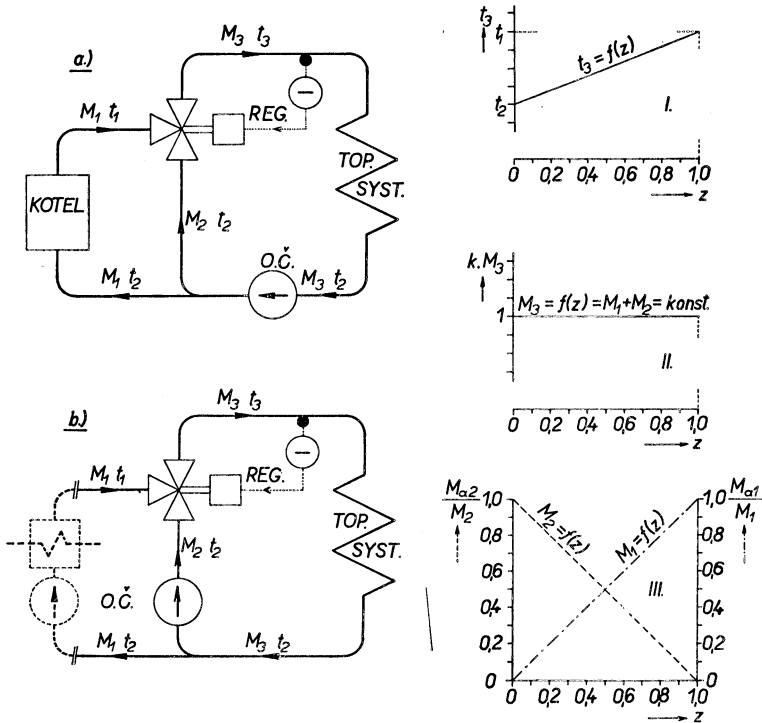


Obr. 1. Trojcestný směšovací ventil: a) funkční znak, b) náhradní schéma.  $M$ ,  $t$ ,  $p$  — průtokové hmotnosti, teploty médií a tlaky ve větvích 1, 2, 3. Pro další úvahy platí, že  $t_1 > t_3 > t_2$ . Konstruktivní (otevřací) charakteristiky škrticích orgánů jsou lineární a v obou větvích stejné.

Obr. 2. Charakteristické uspořádání a konstrukční řešení trojcestného směšovacího ventilu: 1 — tělo ventilu, 2 — ucpávková příruba, 3 — přírubové víko, 4 — ucpávkový těmen, 5 — přítlačný roubík, 6 — vodící pouzdro, 7 — vodící těleso, 8 — vřeteno, 9 — ucpávka, 10 — sedlo horní, 11 — sedlo spodní, 12 — kuželka.



Velmi časté uplatnění nalezne trojcestný směšovací ventil u tepelných zdrojů malých soustav ústředního vytápění podle obr. 3a, případně v předávacích stanicích soustav centralizovaného zásobování teplem podle obr. 3b. V obou zmíněných případech se jedná o řízené snižování teploty  $t_1$  vody, přicházející buď z kotle, nebo z primární distribuční soustavy do směšovacího ventilu, na hodnotu  $t_3$ , určenou provozním režimem topného systému. Zmíněná úprava teploty  $t_1$  se provádí přimícháváním příslušného množství vratné vody z topného systému, ochlazené na teplotu  $t_2$ .



Obr. 3. Zjednodušené schéma zapojení trojcestného směšovacího ventilu v tepelných zařízeních a) se zdrojem místním, b) v předávací stanici soustav centralizovaného zásobování teplem. I. II. III. ideální průběhy hydraulických parametrů, ke kterým by se měly blížit průběhy skutečné při přestavování škrticího systému směšovacího ventilu z jedné krajní polohy ( $z_0$ ) do druhé ( $z_1$ ).

Hlavní požadavky, kladené na činnost trojcestného směšovacího ventilu ve zmíněných soustavách, jsou vyjádřeny v diagramech I a III obr. 3. Jedná se o zajištění pokud možno lineárního přírůstku teploty  $t_3$  smíšené vody v závislosti na zdvihu kuželky škrticího systému a o zajištění pokud možno konstantní hodnoty průtokové hmotnosti  $M_3$  v průběhu celé přestavné dráhy kuželky. Diagram III v obr. 3 vyjadřuje idealizované průběhy průtokových hmotností v obou nezávislých potrubních větvích 1 a 2 opět v závislosti na zdvihu kuželky. Těmto průběhům by se měly přibližovat i průběhy průtokových hmotností v praktickém provozu skutečného zařízení.

Požadavek, vyjádřený v diagramu I, je diktován funkčními podmínkami vyhovující regulovatelnosti soustavy, požadavek podle diagramu II vyplývá z provozních předpokladů zvládnutí hydraulických pochodů v komplexu okruhů dílčích proudových smyček topného systému. Důvod, pro který nelze v běžných podmínkách zmíněným požadavkům v absolutní míře vyhovět, spočívá ve skutečnosti, že průtokové charakteristiky potrubních větví 1 a 2 podle diagramu III nemohou být ve vztahu ke zdvihu škrticí kuželky lineární, i když konstrukční charakteristiky příslušných škrticích orgánů ventilů lineárními budou, jelikož potrubí těchto větví nemá zanedbatelné odpory proudění. V daném případě se jedná o známou problematiku, mnohokrát již publikovanou [1 až 9].

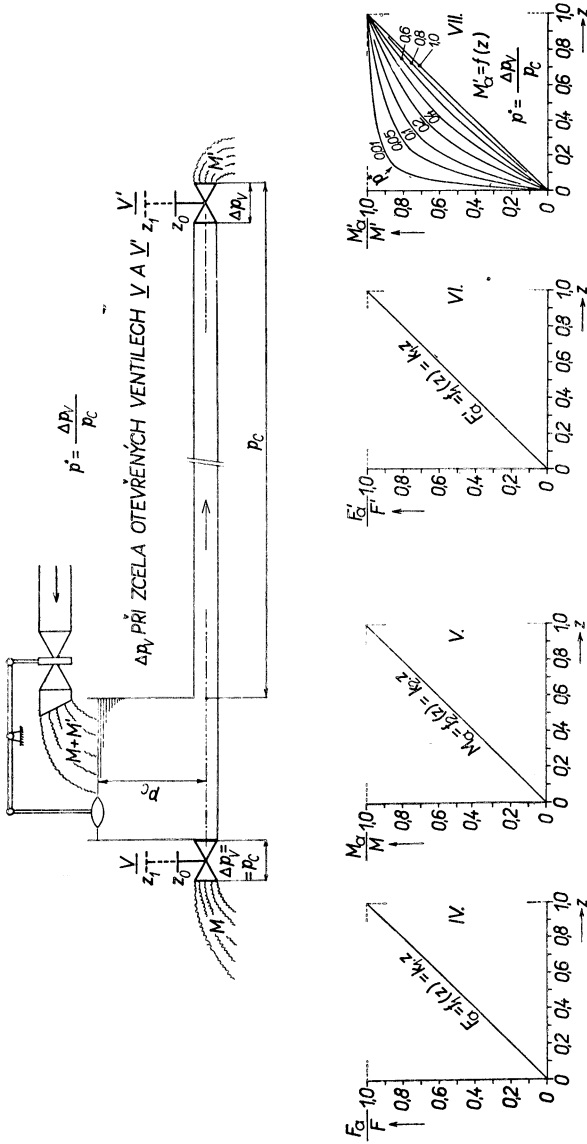
## 2. PRŮTOKOVÉ CHARAKTERISTIKY ŠKRTICÍCH ORGÁNŮ REGULAČNÍCH VENTILŮ

Vyjádření vzájemných vztahů mezi hlavními parametry kapaliny, protékající jednotlivými větvemi soustavy, řízené trojcestným směšovací ventilem, je záležitostí poměrně složitou. Nahradíme-li funkci trojcestného směšovacího ventilu podle obr. 1 dvěma stejnými jednoduchými regulačními ventily s lineární konstrukční charakteristikou jejich škrticích orgánů, a to v zapojení s pevnou nesouhlasnou vazbou, dojdeme k určitému zpřehlednění situace. V tomto případě můžeme již vliv nezanedbatelných průtokových odporů v jednotlivých větvích posuzovat ve smyslu zmíněných již známých zásad. Příslušná problematika je stručně rekapitulována v obr. 4.

Jak z diagramu VII obr. 4. vyplývá, jest míra nelinearity průtokové charakteristiky tím větší, čím je menší hodnota tlakového parametru  $p^*$ , neboli čím menší je tlakový úbytek  $\Delta p_v$  na zcela otevřeném ventilu  $V'$  vůči celkovému tlaku  $p_c$ .

Jakákoliv regulace průtoku, hlavně pak automatická, je v daných případech tím nesnadnější, čím nelineárnější je průběh průtokové charakteristiky, tzn., čím menší je hodnota  $p^*$ . V převážné většině případů automaticky regulovaných soustav popisovaného typu, vybavených běžnou automatizační technikou, vyhovějí podmínky pro  $p^* \geq 0,6$ . V oboru  $0,6 > p^* > 0,3$  je automatická regulace provozuschopná pouze za určitých podmínek a pokud  $p^* < 0,3$  lze konstatovat, že automatická regulace může obstát pouze v případech zcela výjimečných. Regulační schopnost soustavy musíme posuzovat pro celý obor dynamiky řízeného výkonu. V oblasti nižších zdvihů škrticí kuželky vybočuje totiž vesměs z mezí stability, přestává být spojitou a nevyhnutelně musí se dostat do kmitavého průběhu. Takovýto provozní stav je krajně nepříznivý nejen pouze vůči pohybovým mechanismům zařízení, ale ve většině případů není přijatelným jak pro technologický proces regulované soustavy v důsledku nepřijatelného kolísání řízené veličiny, tak pro celky funkčně nadřazené, např. kotle i primární distribuční sítě SCZT, do jejichž vesměs klidné a spojitě řízené činnosti zanáší nepřijatelnou pulsní interakci.

Pro takřka všechny typy regulátorů přímých (např. typu MERTIK apod.), ať již ve formě jednocestných nebo trojcestných, lze takovoto provozní průběhy označit přímo jako destruktivní. V oblasti strmých částí charakteristik totiž průtok ventilem při sebenepatrnější změně zdvihu kuželky velmi rychle a v širokých mezích mění svoji velikost (podle terminologie regulační techniky „má velké zesílení“) a většinou s ohledem na dopravní zpoždění média a taktéž zpožděnou reakci čidla regulátoru, dochází ke střídavému kolísání požadovaných hodnot. Za těchto okolností škrticí orgán



Obr. 4. Průtoková charakteristika regulačního ventilu s lineární charakteristikou konstrukční. Ventil V je napojen na zdroj kapaliny o stálém tlaku  $p_c$  (celkový přetlak). Kapalina protéká tímto ventilem bez vlivu jakýchkoliv průtokových a nahodilých odporů. Ventil V' je napojen za stejných podmínek, avšak přírodní potrubí k ventilu obsahuje nezanedbatelný odpor proudění. Průtočné množství kapaliny ventilem V je podle diagramů IV a V přímo úměrné zdvihu kuželky. Průběh průtokové hmotnosti ventilem V' v závislosti na zdvihu kuželky není lineární. Míra nelinearity je podle diagramů VI a VII dána velikostí tlakového parametru  $p^*$ .

$F$  = průtočná plocha zcela otevřeného škrťacího orgánu,

$M$  = průtočná hmotnost kapaliny, protékající škrťacím orgánem za jednotku času,

$p^*$  = tlakový parametr [1],

$p_c$  = celkový neměnný tlak, nezávislý na průtocích,

$p_v$  = přetlak na zcela otevřeném regulačním orgánu při plném průtoku.

Značení parametrů s čárkou (') se týká funkční činnosti ventilu V'. Analytické vyjádření průběhu  $M'_a = f(z)$ :

$$M'_a = \frac{z}{\sqrt{p^* + z^2(1 - p^*)}} \quad [1]$$

periodicky úplně zavírá, se všemi dopady mechanických účinků na konstrukční části nejen regulačních ventilů, ale celého silového přenosu od servopohonu až po vřetenou škrtkovací kuželky samotné. V případě regulátorů přímých pak navíc dochází k přetěžování vlnovců tepelně dilatačního ústrojí, vysokou amplitudou a četností přestavných cyklů k jejich postupnému tvrdnutí, včetně následujícího popraskání v důsledku únavy náročně kovotlačitelsky tvarovaného materiálu, ze kterého jsou vyráběny.

Úkolem navrhovatele takového zařízení tudíž bude, aby škrtkovací systém regulačního orgánu byl ve stavu otevřeném, tj. při maximálním průtoku, vždy dotován dostatečným tlakovým spádem i za cenu maření příslušného podílu výkonu na oběhových, či transportních čerpadlech, a to ve snaze po docílení maximální hospodárně dostupné hodnoty tlakového parametru  $p^*$  a tím i maximální hospodárně dostupné linearitě průběhu průtokové charakteristiky regulačního orgánu.

### 3. PRŮTOKOVÉ CHARAKTERISTIKY TROJCESTNÝCH SMĚŠOVACÍCH VENTILŮ

V případě jednoduchých regulačních ventilů je analýza průtokových charakteristik pro kapalinu záležitostí poměrně snadnou. Hodnoty nezanedbatelných odporů proudění, zařazených v potrubní trase před a za vlastní armaturou se totiž pouze algebraicky sčítají a řešení se omezuje na jedinou větev, ve které proměnný odpor škrtkovacího orgánu ovlivňuje rovněž jediný proud. V případě směšovacích trojcestných ventilů, jak již pouhý pohled na obr. 5 až 8 napovídá, je záležitost komplikovaná s ohledem na dva nezávislé proudy ze dvou samostatných větví, které se slučují v proměnném poměru do větve třetí, přičemž v případě nejnepříznivějším mohou jak průtokové odpory u každé z uvažovaných tří větví, tak i tlaky, působící na vstupu do obou nezávislých větví přívodních, být rozdílné.

Analytické vyjádření jednotlivých vztahů vede k poměrně rozvinutým výrazům, které se nedají zjednodušovat na hospodárně použitelnou míru běžné praxe a jejichž vyčíslení je pro vyhodnocení charakteristik v takovýchto případech časově neúnosně náročné. Aby bylo možné alespoň náznakově dojít k odvození tvarů charakteristik obecných a aby alespoň rámcově mohly být vyjádřeny hlavní zásady, platící pro navrhování obvodů, obsahujících popisované směšovací ventily, byly vybrány vhodné mezní případy uspořádání, které jsou ve schématech, případně diagramech příslušných vyobrazení, jakožto účelově zvolené hydraulické modely v popise pak komentovány. Pro názornější vyjádření dané problematiky je použito funkčních schémat, doplněných zjednodušenými schématy zapojovacími, spolu s diagramy průběhů charakteristických hodnot. Vše je uspořádáno ve stejné úpravě, se stejným značením tak, aby bylo usnadněno porovnání charakterů sledovaných vztahů a stavů.

*Pro všechna vyobrazení platí následující znaky a dohody:*

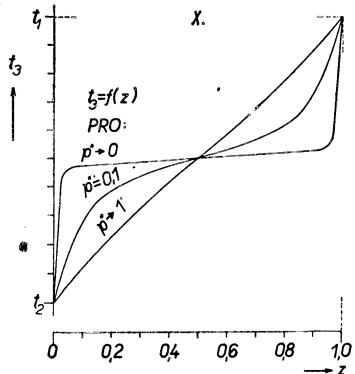
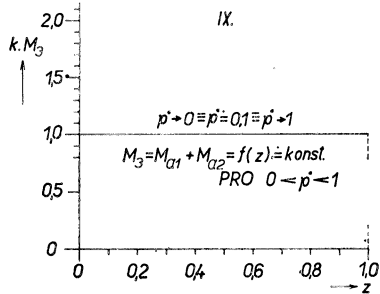
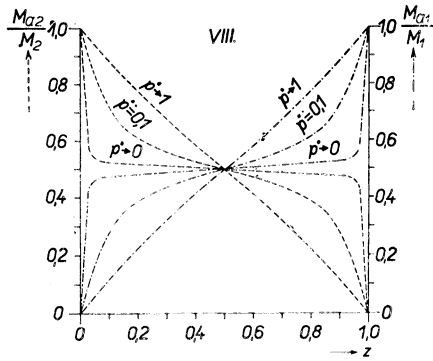
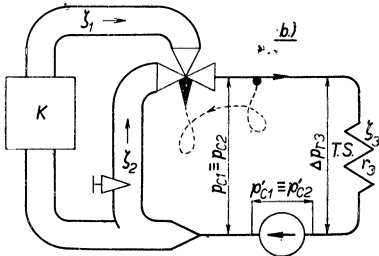
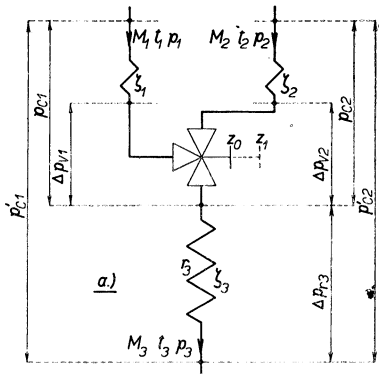
- $M_{1,2,3}$  = průtoková hmotnost kapaliny v místě značení,
- $t_{1,2,3}$  = teplota kapaliny, uvažovaná v místě značení,
- $p_{1,2,3}$  = tlak působící v místě značení,
- $p^*$  = tlakový parametr podle [1] — bezrozměrné číslo,
- $p_v$  = přetlak na zcela otevřeném ventilu při maximálním průtoku,
- $K$  = kotel, zdroj tepla apod.,
- $TS$  = topný systém, vytápěcí soustava s řízeným příkonem,
- $\zeta$  = ztrátový součinitel, charakterizující odpor proudění média v potrubních větvích 1, 2, 3,
- $z_0$  = nulový zdvih kuželky, uzavírající průtok z větve 1,

- $z_1$  = maximální zdvih kuželky, uzavírající průtok z větve 2,
- $z$  = zdvih kuželky mezi oběma krajními polohami,
- $a$  = index značící hodnotu příslušné veličiny mezi krajními polohami kuželky.

Velmi malý, až zanedbatelný odpor proudění znázorněn malou vlnovkou, popřípadě tlustou trubicí, velký odpor velkou vlnovkou a tenkou trubicí. U hydraulicky symetrických soustav (viz dále) obsahuje větev 2 ladící prvek.

Hydraulický model podle obr. 5 představuje krajní případ, ze kterého lze odvodit:

a) Průtok  $M_3$  je charakterizován prakticky pouze dopravní výškou oběhového čerpadla a souhrnným odporem proudění větve 3. Jelikož  $p_{c1} \equiv p_{c2} \ll p_{c1} \equiv p_{c2}$ , proudění větvemi 2 a 3,



Obr. 5. Směšovací regulovaná soustava hydraulicky symetrická, s průtokovými odpory v přívodních větvích 1 a 2 stejnými, téměř zanedbatelnými a s průtokovým odporem ve větvi společné velkým, nezanedbatelným.

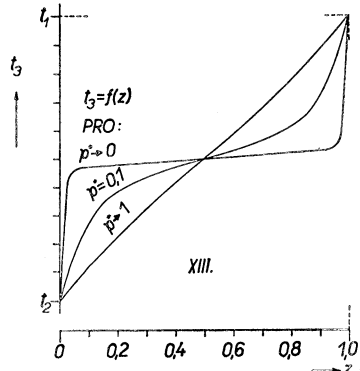
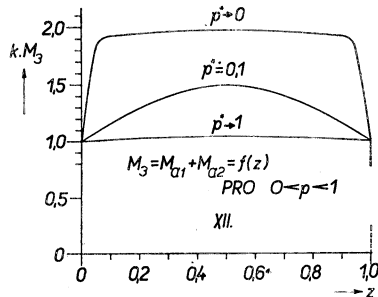
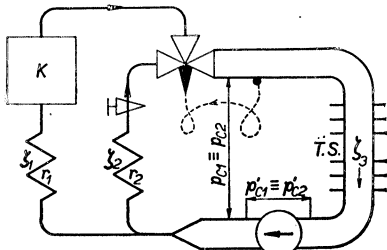
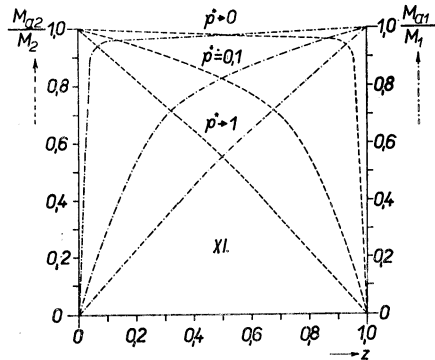
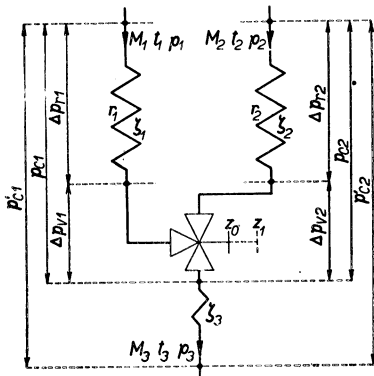
$$\zeta_1 \ll \zeta_3, \quad \zeta_2 \ll \zeta_3, \quad \zeta_1 = \zeta_2, \quad p_1 = p_2.$$

ať již kapalina protéká jednou, druhou, či oběma současně, průtok  $M_3$  prakticky takřka neovlivní. Ten zůstává při přestavování kuželky směšovacího ventilu skoro konstantní. Hodnota celkového přetlaku na oběhovém čerpadle  $p_{c1} = p_{c2}$  zůstává taktéž takřka konstantní, právě tak jako hodnota tlakového úbytku na odporu větve 3, tj.  $\Delta p_{r3}$ .

b) Průběhy proudění potrubních větví 1 a 2 v závislosti na poloze škrtkové kuželky vyjadřuje diagram VIII. Průběh teploty ve větvi 3, odvozený z diagramu VIII vyjadřuje diagram X. V obou diagramech lze názorně sledovat vliv velikosti tlakového parametru  $p^*$  na utváření průběhu jednotlivých vztahů.

c) Abychom vyhověli požadavkům, vyplývajícím z podmínek regulovatelnosti, jsme nuceni směšovací ventil dimenzovat pouze se vztahem k tlakovému parametru větví 2 a 3, tj.

$$p^* = \frac{\Delta p_{v1}}{\Delta p_{c1}} = \frac{\Delta p_{v2}}{\Delta p_{c2}}$$



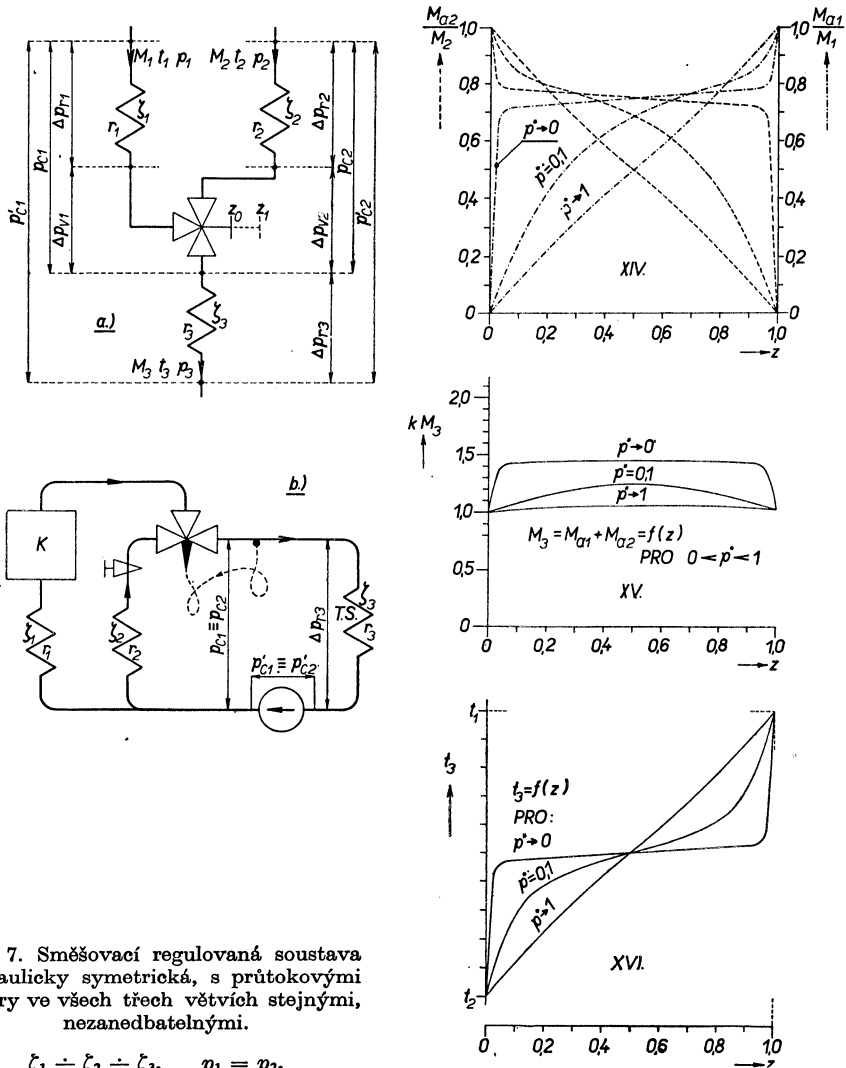
Obr. 6. Směšovací regulovaná soustava hydraulicky symetrická, s průtokovými odpory v přívodních větvích 1 a 2 stejnými, velkými, nezanedbatelnými a s průtokovým odporem ve společné větvi zanedbatelným.

$$\zeta_1 \geq \zeta_3, \quad \zeta_2 \geq \zeta_3, \quad \zeta_1 = \zeta_2, \quad p_1 = p_2$$

Tlakové úbytky na otevřených škrtkách systémech směšovacího ventilu budou v tomto případě větší dopravní výšce oběhového čerpadla, při porovnání hydraulických modelů dalších, relativně menší. S ohledem na funkční podstatu řešené úlohy jsou odpory proudění ve větvích 2 a 3 sice považovány za „velmi malé“, nikoliv však za „zanedbatelné“, jelikož parametry v úvahu přicházejícího ventilu nutno vztáhnout k reálněji definovatelným hodnotám.

Hydraulický model podle obr. 6 představuje druhý krajní případ, ze kterého lze odvodit:

a) Průtok  $M_3$  je charakterizován kromě základního vlivu, tj. dopravní výšky oběhového čerpadla, ještě souhrnnými odpory proudění v potrubních větvích 1 a 2 a navíc pak ještě mírou směšování, tj. polohou škrtky kuželky. Oproti modelu prvnímu podle obr. 5 se v tomto případě stabilizující



Obr. 7. Směšovací regulovaná soustava hydraulicky symetrická, s průtokovými odpory ve všech třech větvích stejnými, nezanedbatelnými.

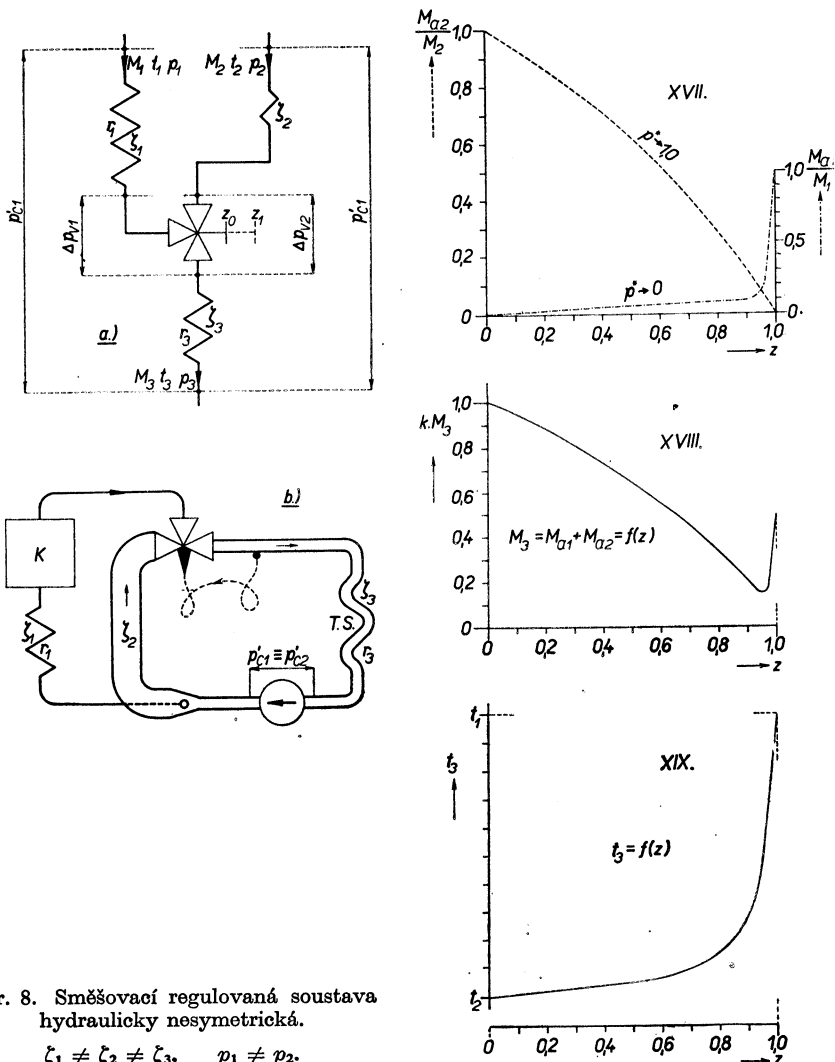
$$\zeta_1 \doteq \zeta_2 \doteq \zeta_3, \quad p_1 = p_2.$$



vliv větve 3 na celkové utváření hydraulických poměrů prakticky nemůže projevit, jelikož její průtokový odpor a příslušný tlakový úbytek jsou téměř zanedbatelné. Jelikož  $p_{c1} \equiv p_{c2} \equiv p_{c1} \equiv p_{c2}$ , proudění vřetvemi 2 a 3 v tomto případě průtok  $M_3$  ve větvi 3 ovlivní natolik, že v extrémním případě pro  $p^* = 0$  podle diagramu XII by v mezipoloze kuželky škrticího systému velikost průtoku  $M_3$  mohla být i dvojnásobná, oproti průtokům, odpovídajícím stavu při kterékoliv z krajních poloh regulační kuželky. Se zvětšující se hodnotou tlakového parametru  $p^*$  se velikost změny průtoku  $M_3$  zmenšuje a při hodnotě  $p^* \rightarrow 0$  zůstává přibližně konstantní.

b) Z diagramů XI a XIII lze opět vysledovat vliv velikosti tlakového parametru  $p^*$  na utváření průběhů vzájemných vztahů mezi jednotlivými průtokovými vřetvemi.

c) S přihlédnutím k požadavkům, daným provozními podmínkami vyhovující regulovatelnosti zařízení, bychom byli nuceni tentokráté dimenzovat celou soustavu tak, abychom opět ve snaze po maximální hospodárné linearizaci průtoků směšovacími ventilem mařili v krajních polohách na jeho škrticím systému při maximálních průtocích maximální tlaky. Příslušné tlakové parametry



Obr. 8. Směšovací regulovaná soustava hydraulicky nesymetrická.

$$\zeta_1 \neq \zeta_2 \neq \zeta_3, \quad p_1 \neq p_2.$$

by se měly pohybovat v hodnotách podle předešlých úvah. V tomto případě by pro uspořádání komentovaného zařízení v praxi vycházela výtlačná výška oběhového čerpadla poměrně velká.

Hydraulický model podle *obr. 7* je navržen se stejnými odpory proudění, zařazenými ve všech větvích, tj. v obou přítokových i v odtokové. Z hlediska sledované problematiky řadí se mezi oba modely předešlé. V témže smyslu lze klasifikovat i jeho vlastnosti a chování, jimiž se přibližuje srovnatelným zařízením, uplatňovaným v praxi. V rámci relací, formulovaných k oběma předešlým modelům, lze konstatovat následující:

- a) Průtok  $M_3$  je charakterizován podobnými vztahy jako v modelu druhém, s tím, že odpor ve třetí větvi poněkud stabilizuje působení vlivů větví přítokových a současně i vlivu průběhu přestavování škrtecí kuželky.
- b) Velikost tlakového parametru je opět hlavním činitelem, od kterého závisí regulovatelnost soustavy. Tuto skutečnost plně potvrzují i naznačené diagramy XIV až XVI.
- c) Soustava v tomto případě bude dimenzována jako v případě druhého popisovaného modelu podle *obr. 6*. Velikost výtlačné výšky oběhového čerpadla, i když zůstane poměrně vysoká, přes to nedosáhne již relativně velikosti výtlačné výšky čerpadla, jak vyplývá z úvah o druhém modelu.

V předchozích hydraulických modelech jsme předpokládali v přívodních větvích hydraulickou symetrii. Pokud vytvoříme soustavu s přívodními větvemi hydraulicky nesymetrickými, napojenými na směšovací ventil hydraulicky symetrický, jak je tomu ve čtvrtém modelu podle *obr. 8*, můžeme v diagramech XVII až XIX vysledovat příslušné důsledky takového uspořádání. Nerovnost velikostí stupnic  $M_1$  a  $M_2$  v diagramu XVII je volena ve snaze přiblížit názoru podmínku, že  $\zeta_1 \gg \zeta_2$  a  $M_1 \ll M_2$ . Závěry, vyplývající z tohoto, v pořadí čtvrtého modelu, jsou následující:

- a) Jakákoliv hydraulická nesymetrie v přívodních větvích zavádí do problematiky návrhu příslušné soustavy a do dimenzování jejich parametrů velmi obtížně řešitelné a někdy takřka nedefinovatelné vztahy.
- b) Takováto soustava je velmi obtížná nejen pouze při jejím navrhování, ale je i krajně nepříznivá z hlediska regulovatelnosti, což jasně potvrzují i diagramy XVII až XIX.
- c) V tomto případě bude snahou řešitele převést uspořádání soustavy hydraulicky nesymetrické na soustavu symetrizovanou, a to ladicím prvkem s pevně nastavitelným škrtecím orgánem, osazeným v přívodní větvi s menším odporem proudění. Toto řešení je schůdné pouze v případě, že obě větve přívodní jsou napájeny buď z jediného tlakového zdroje, nebo ze dvou zdrojů o stejných tlacích a stejných vnitřních odporech proudění, jako např. dvě čerpadla se stejnými charakteristikami  $Q = f(h)$ .

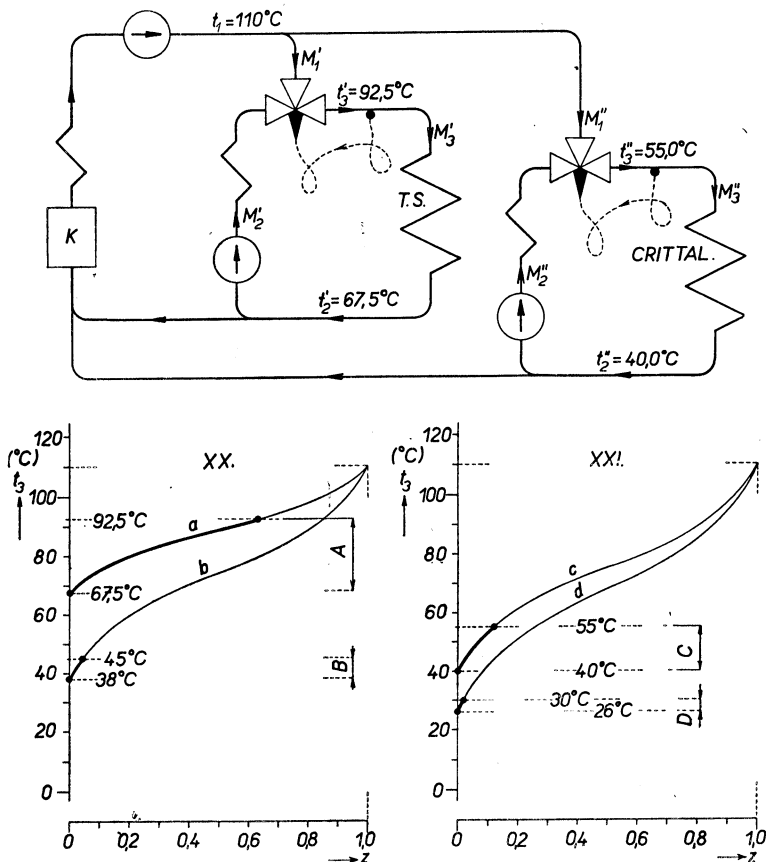
V *obr. 9* lze si alespoň v hrubých rysech vytvořit představu o důležitosti přešetření vlivu teplotového rozsahu pracovního oboru směšovacího ventilu na schopnost regulovatelnosti navrženého uspořádání. V daném případě se jedná o dvě směšovací soustavy, které z hlediska zásad, popsanych v předešlých státech, by se měly jevit jakožto vyhovující, tj. symetrické,  $p^* = 0,5$ . Oba uvedené diagramy, vyjadřující vztah  $t_3 = f(z)$ , signalizují, že i v těchto případech je nutno při návrhu postupovat s určitým přehledem. Předmětem pozornosti zde bude reálná využitelnost pracovního zdvihu kuželky směšovacího ventilu.

Užitečný zdvih regulační kuželky, odpovídající dynamice mezi maximálními a minimálními příkony topného systému ústředního vytápění bude se pohybovat mezi 63 % pro  $t'_3 = +92,5^\circ\text{C}$  a 5 % pro  $t'_3 = +45^\circ\text{C}$ . Využito tedy bude asi 58 % z celkové přestavné dráhy kuželky.

Užitečný zdvih regulační kuželky, odpovídající dynamice mezi maximálními a minimálními příkony systému Crittal bude se pohybovat mezi 12 % pro  $t'_3 = +55,0^\circ\text{C}$  a 2 % pro  $t'_3 = +40,0^\circ\text{C}$ . Využito bude tedy přibližně 10 % celého

rozsahu přestavné dráhy kuželky, a to ještě v nejstrmější a pro regulaci v nejméně vhodné partii, na počátku přestavné dráhy.

Důsledky takto zvolených pracovních oborů jak na kvalitu regulace, tak na mechaniku automatizační techniky není třeba rozvádět. Stačí pouze připomenout, že obor přestavných drah u armatur se servopohonu elektrickými se pohybuje v rozmezí od 8 do 60 mm, se servopohonu pneumatickými od 5 do 30 mm



Obr. 9. Směšovací regulované soustavy s různými teplotovými pracovními obory. Vodou o konstantní teplotě  $+110^{\circ}\text{C}$  je napájena jednak regulovaná směšovací soustava pro řízení příkonu běžného teplovodního topného systému  $92,5^{\circ}/67,5^{\circ}\text{C}$ , jednak regulovaná směšovací soustava pro řízení běžného stropního topného systému Crittal  $55,0^{\circ}/40,0^{\circ}\text{C}$ . Obě soustavy pracují v uspořádání, odpovídajícím hydraulickému modelu třetímu (obr. 7) s tlakovými parametry  $p^* \pm 0,5$ . V diagramu XX jsou zobrazeny teplotové vztahy v závislosti na zdvihu kuželky směšovacího ventilu pro řízení soustavy ústředního vytápění, v diagramu XXI pro řízení soustavy Crittal.

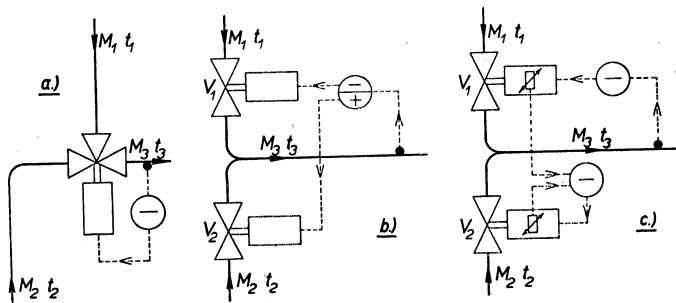
A, C teplotové spády soustav při nejnižších oblastních teplotách,  
 B, D teplotové spády soustav na počátku a konci topného období,  
 a—b, c—d krajní křivky, vymezující pole pracovních charakteristik celého výkonového oboru řízené soustavy.

a s ústrojím parotlačným a tepelně dilatačním u přímých regulátorů teploty již od 2 mm do 8 mm, popřípadě do 10 mm.

V rámci relací k problematice podle obr. 9 možno uvést následující:

a) Při návrhu obvodů se směšovacími ventily ve smyslu sledované problematiky musíme se snažit, aby teplota vody, přicházející do potrubní větve 1 se pokud možno blížila hodnotě maximální teploty vody, kterou si bude vyžadovat při svém nejvyšším výkonu řízený topný systém. Za krajní mez řešení, ovšem při dodržení všech ostatních zásad, nutných pro navrhování směšovacími obvodů, určených k řízení automatickou regulací, by bylo možné považovat řešení, které reguluje teplotu pro topný systém ústředního vytápění podle obr. 9.

b) V případě, že nelze této podmínce vyhovět, jak tomu je např. v témže obr. 9 u směšovacího zařízení soustavy Crittal, je nutno volit jiné schéma zapojení. Např. soustavu Crittal napájet z vratné větve topného systému ÚT, nebo použít druhého zdroje o nižší teplotě, případně samostatného povrchového ohříváče apod.



Obr. 10. Náhrada trojcestného směšovacího ventilu dvěma regulačními ventily. a) trojcestný směšovací ventil, b) dva regulační ventily s opačným chodem, c) dva regulační ventily s nepřímou vazbou.

Problematiku, kterou je nutno brát v úvahu při náhradě směšovacího ventilu trojcestného dvěma jednoduchými ventily regulačními, je naznačena v obr. 10. Veškeré vztahy a relace, formulované v předešlých úvahách, platí i pro zapojení podle schémat obr. 10b, c. Je nutno však upozornit na skutečnost, že uspořádání směšovacího systému podle zapojení obr. 10b není v případě použití dostupných servopohonů a ventilů velmi často úspěšné, a to z následujících důvodů: Malé jednofázové servomotoroky mají v provozu hluboký skluz, závislý na mechanickém zatížení. U běžných regulačních ventilů nelze seřídít ucpávky vřetene tak, aby pro dvojici ventilů přestavná síla byla vyhovující, tj. stejná. V řadě případů nelze srovnat dokonce ani přestavné momenty pro otevírání a zavírání u ventilu jediného. Jelikož pak v takovýchto nedefinovatelných případech přestavné rychlosti jsou různé jak pro každý ventil, tak dokonce i pro jednotlivé směry pohybu vřetene ventilu jediného, stává se, že regulátor sice řídí teplotu  $t_3$  poměrně přesně, ale během delší doby dostanou se i při správném poměru směšování kuželky regulačních orgánů vzájemně do polohy, při které průtoková hmotnost  $M_3$  je diametrálně vzdálena od hodnoty vypočtené. Jediným prostředkem, který v tomto případě vede k vyhovujícímu řešení, je zapojení regulačních ventilů podle obr. 10c, a to tak, aby každé poloze ventilu řídicího  $V_1$  odpovídala vždy pouze jediná poloha ventilu řízeného  $V_2$ . V tomto případě se pak jedná již jen o řešení problému v oblasti automatizační techniky. Pevná vazba je řešitelná můstkovým zapojením s balančním

relé v diagonále, nebo s upraveným regulátorem polohy, řízeným impulsem do odporového vysílače servopohonu řídicího ventilu.

## **Závěr**

Problematika regulace směšování, řešená ve vztahu k možnostem regulační a automatizační techniky je velmi rozsáhlá a až do současné doby není ani v naší, ani dostupné literatuře zahraniční vyčerpávajícím způsobem zpracována. Účelem předkládaného článku je snaha populárním způsobem upozornit alespoň na hlavní zásady, které nelze při návrhu automaticky regulovaných směšovacíh systémů opomíjet.

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ СМЕСИТЕЛЬНОГО ВЕНТИЛЯ**

*Павел Жалуд*

Автор занимается решением регулирования температуры воды с помощью трехходового смешительного вентиля и предупредит о главных принципах, которые нужно соблюдать при проектировании автоматически регулированных смешительных систем. Результаты работы автор высказал в графической части с помощью наглядных диаграмм и схем.

## **RÉGULATION DE LA TEMPÉRATURE D'UNE LIQUIDE PAR LA VALVE DE MÉLANGE**

*Pavel Žalud*

L'auteur s'occupe d'une solution de la régulation de la température de l'eau par le mélange en valve à trois voies. D'une manière populaire, il appelle l'attention sur les principes qu'on doit respecter à une proposition des systèmes de mélange réglés automatiquement. Il résume les résultats de ses considérations en partie graphique dans les diagrammes synoptiques.

## **CONTROL OF WATER TEMPERATURE BY A MIXING VALVE**

*Pavel Žalud*

The author discusses the water-temperature control by mixing in a three-way valve. Main principles that are to be respected when projecting automatically controlled mixing systems have been pointed out. Results of the respective considerations have been summarized into clear graphs and diagrams.

## **WASSERTEMPERATURREGULIERUNG MIT DREIWEGVENTILEN**

*Pavel Žalud*

Der Verfasser beschäftigt sich mit Wassertemperaturregulierung durch Vermischung in Dreiwegventilen. In vereinfachter Form hebt der Autor Grundsätze, die man bei Projektierung von automatisch regulierten Systemen respektieren soll, vor. Resultate seiner Erwägungen fasst er graphisch in übersichtlichen Diagrammen und Schemata zusammen.

## LITERATURA

- [1] Kolář – Vinopal: Hydraulika průmyslových armatur, SNTL 1963.
- [2] Cikhart, J.: Regulační ventily ve spotřebitelských předávacích stanicích. Zdravotní technika a vduchotechnika, roč. 1965.
- [3] Žalud, P.: Automaticky regulované spotřebitelské předávací stanice. Zdravotní technika a vduchotechnika, roč. 1967.
- [4] Cikhart, J.: Měření a regulace ve vytápění. Učební texty Energetického institutu při Státní energetické inspekci. Praha 1971.
- [5] Vlach, J.: Teplárenství. SNTL 1972.
- [6] Feitys, J.: Praktické použití regulačních ventilů v soustavách s řízeným průtokem. Měření a regulace. ZPA Praha, roč. 11, č. 1.
- [7] Cikhart, J.: Ekonomické uspořádání spotřebitelských stanic v souvislosti se schématem teplárny. Výzkumné zprávy EGÚ č. 43-61-240/I 1961 až 1965. Praha.
- [8] Žalud, P.: Nedostatky při projektování automatické regulace předávacích stanic v tepelných sítích. Energetika, 1967.
- [9] Vinopal, St.: Volba světlosti regulačních ventilů. Automatizace. SNTL. roč. 3, č. 10.

### • Tryskový kryt pro sušení natíraného papíru

V časopise *Wochenblatt für Papierfabrikation* 1969, č. 17 je uvedeno zajímavé řešení tryskového krytu na sušicím válci velkého průměru (Yenkee válec), který jako sušicího média používá směs spaliny — vzduch. Sušicí vzduch proudí z trysek na sušený papír rychlostí 30 m/s a má teplotu 200 °C. Při sušení natíraného papíru se dosahuje měrného výkonu 150 kg odpařené vlhkosti na m<sup>2</sup> a hodinu. Celkové uspořádání krytu včetně příslušných cirkulačních potrubí je uvedeno na obr. 1.

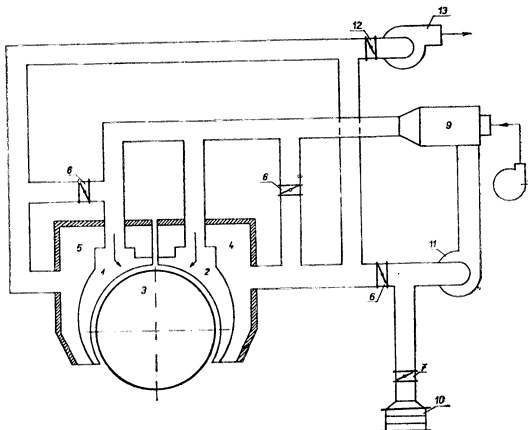
Vlastní kryt sestává ze dvou trykových komor (1, 2) z kterých proudí vzduch na sušený materiál vedený na sušicím válci (3). Odsávacími otvory v trykových komorách se vrací vzduch do komor (4, 5), které jsou spojeny s cirkulačním ventilátorem (11).

Vzduch z ventilátoru (11) proudí do spalovací komory (9), kde se směšuje se spalinami a vrací se zpět do trykových komor. Tento systém tedy tvoří uzavřený cirkulační okruh. Vzduch pro spalovací komoru dodává ventilátor (8).

Sušicí médium se skládá z 90 % vzduchu a 10 % spalin. K cirkulačnímu okruhu je připojen dále systém pro odsávání využitého vzduchu vybavený ventilátorem (13) a regulační klapkou (12) a potrubí pro přívod čerstvého vzduchu s regulační klapkou (7). Čerstvý vzduch se předehřívá v ohřivači (10). Zařízení je ještě doplněno potrubími s klapkami (6), které dovolují lepší ovládání sušicího krytu a nastavení nejvýhodnějšího provozního stavu.

Tryskový kryt a cirkulační systém jsou výrobkem firmy *Beloit Italia SpA, Pinerolo, Itálie*.

*Křížek*



Obr. 1. Tryskový kryt pro sušení natíraného papíru.

# VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA SENDVIČOVÉHO PANELU SE SPOJOVACÍ OCELOVOU VÝSTUŽÍ

DOC. ING. JAROSLAV ŘEHÁNEK, DrSc.  
ING. ANTONÍN JANOUŠ

*Výzkumný ústav pozemních staveb, Praha*

V článku se upozorňuje na to, že u panelů sendvičového typu, jehož krajní vrstvy jsou spojeny ocelovou výstuží, se výstuž často při výpočtu tepelného odporu (součinitele prostupu tepla) neuvažuje, takže hodnoty uvedených veličin vychází příznivější než jsou skutečné hodnoty.

V předloženém článku ukazujeme, jak postupovat při výpočtu tepelného odporu (součinitele prostupu tepla) sendvičového panelu se spojovací ocelovou výstuží, abychom se vyvarovali zmíněné chyby.

*Recenzoval: Doc. Ing. Dr. J. Cihelka*

## 1. ZPŮSOB VÝPOČTU

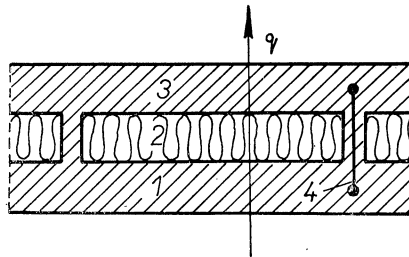
Sendvičové panely (*obr. 1*) patří k typům stavebních konstrukcí s různými vrstvami ve směru kolmém na tepelný tok i ve směru rovnoběžném s tepelným tokem. V takovém případě se stanovuje tepelný odpor ze vztahu [2]:

$$R = \frac{R_{\parallel} + 2R_{\perp}}{3}, \quad (1)$$

kde  $R$  je tepelný odpor panelu s různými vrstvami za sebou i vedle sebe [ $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$ ],

$R_{\parallel}$  je tepelný odpor panelu při uvažování vrstev rovnoběžných s tepelným tokem [ $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$ ],

$R_{\perp}$  je tepelný odpor panelu při uvažování vrstev kolmých na tepelný tok [ $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$ ].



Obr. 1. Schéma uspořádání vrstev v sendvičovém panelu. (1 a 3 – krajní betonové vrstvy; 2 – izolace; 4 – výstuž.)

Tepelný odpor panelu při uvažování vrstev rovnoběžných s tepelným tokem se stanoví ze vztahu [2]:

$$R_{\parallel} = \frac{S_I + S_{II} + \dots}{\frac{S_I}{R_I} + \frac{S_{II}}{R_{II}} + \dots}, \quad (2)$$

kde  $R_I, R_{II}, \dots$  jsou tepelné odpory vrstev I, II, ..., rovnoběžných s tepelným tokem [ $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$ ],  
 $S_I, S_{II}, \dots$  jsou plochy vrstev I, II, ..., rovnoběžných s tepelným tokem [ $\text{m}^2$ ].

Tepelný odpor panelu při uvažování vrstev kolmých na tepelný tok se stanoví ze vztahu [2]:

$$R_{\perp} = \sum_{j=1}^n R_j + \sum_{k=1}^m R_{nv,k}, \quad (3)$$

kde  $R_j$  je tepelný odpor stejnorodé vrstvy [ $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$ ],  
 $n$  je počet stejnorodých vrstev,  
 $R_{nv,k}$  je tepelný odpor nestejnorodé vrstvy [ $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$ ],  
 $m$  je počet nestejnorodých vrstev.

Tepelný odpor stejnorodé vrstvy se stanoví ze vztahu:

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (4)$$

kde  $d_j$  je tloušťka stejnorodé vrstvy [m],  
 $\lambda_j$  je součinitel tepelné vodivosti stejnorodé vrstvy [ $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ].

Tepelný odpor nestejnorodé vrstvy se stanoví ze vztahu:

$$R_{nv,k} = \frac{d_{nv,k}}{\lambda_{nv,k}}, \quad (5)$$

kde  $d_{nv,k}$  je tloušťka nestejnorodé vrstvy [m],  
 $\lambda_{nv,k}$  je součinitel tepelné vodivosti nestejnorodé vrstvy [ $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ].

Prokázali jsme [3], že výpočet tepelného odporu uvedených typů panelů je možno provádět pouze na základě vztahu (3), tj. na základě výpočtu tepelného odporu vrstev kolmých na tepelný tok, který je dán součtem tepelného odporu stejnorodých a nestejnorodých vrstev, přičemž součinitel tepelné vodivosti nestejnorodé vrstvy se stanoví ze vztahu

$$\lambda_{nv} = \frac{\lambda_I V_I + \lambda_{II} V_{II} + \dots}{V_I + V_{II} + \dots}, \quad (6)$$

kde  $\lambda_I, \lambda_{II}, \dots$  jsou součinitelé tepelné vodivosti materiálu I, II, v nestejnorodé vrstvě [ $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ],  
 $V_I, V_{II}, \dots$  jsou objemy materiálů I, II, ... v nestejnorodé vrstvě [ $\text{m}^3$ ].

## 2. PŘÍKLAD VÝPOČTU

Máme vypočítat tepelný odpor a součinitele prostupu tepla sendvičového panelu, jehož krajní vrstvy jsou ze železobetonu o součiniteli tepelné vodivosti  $\lambda = 1,57 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ , střední vrstva je z pěnového polystyrénu o součiniteli tepelné vodivosti  $\lambda = 0,041 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ . Krajní železobetonové vrstvy jsou vzájemně spojeny ocelovou výztuží; průměr tyčí ocelové výztuže je  $d = 3,5 \text{ mm}$ ; součinitel tepelné vodivosti výztuže je  $\lambda = 58 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ; tloušťky jednotlivých vrstev: vnitřní železobetonová vrstva  $d = 15 \text{ cm}$ , vnější železobetonová vrstva  $d = 5 \text{ cm}$ , střední izolační vrstva  $d = 4 \text{ cm}$ . Schéma řezu panelu, charakteristických ploch a tvaru spojovací výztuže je na obr. 2, 3, 4 a 5.

### Postup:

1. Stanovíme objem výztuže procházející izolační vrstvou.
2. Stanovíme velikost otvorů pro průchod výztuže izolační vrstvou a objem betonu



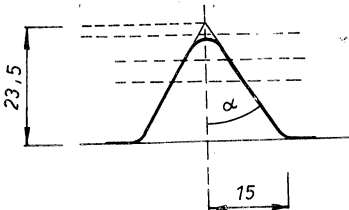
zaplňujícího tyto otvory v izolační vrstvě (součinitel tepelné vodivosti betonu =  $1,28 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ).

3. Stanovíme objem polystyrénu v charakteristické ploše (např. v  $1 \text{ m}^2$ ).

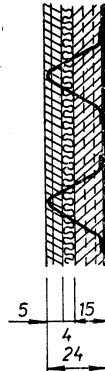
4. Ze vztahu (6) vypočítáme součinitele tepelné vodivosti nestejnorodé vrstvy  $\lambda_{nv}$  (nestejnorodou vrstvu tvoří polystyrén, beton, ocelová výztuž).

5. Ze vztahu (3) vypočítáme tepelný odpor sendvičového panelu (máme dvě vrstvy stejnorodé a jednu vrstvu nestejnorodou).

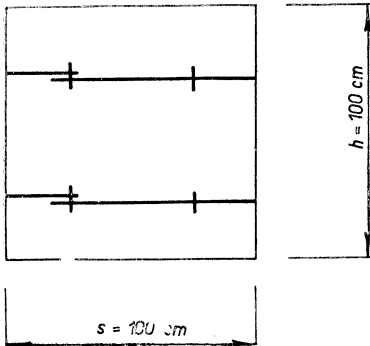
6. Stanovíme součinitele prostupu tepla panelu.



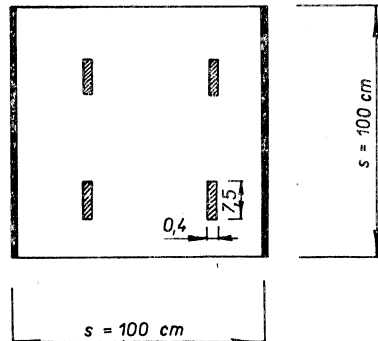
Obr. 2. Rozměry spojovací výztuže.



Obr. 3. Schéma sendvičového panelu.



Obr. 4. Charakteristická plocha sendvičového panelu.



Obr. 5. Rozložení a rozměry otvorů pro výztuž v sendvičovém panelu.

### Výpočet:

ad 1. V charakteristické ploše prochází izolační vrstvou 8 prutů. Délka prutů v izolační vrstvě — viz obr. 2 je:

$$\text{a) } \operatorname{tg} \alpha = \frac{15}{23,5} = 0,64; \alpha = 32^{\circ}30'; \cos \alpha = 0,845.$$

$$\text{b) } \text{délka jednoho prutu: } d_p = \frac{4}{0,845} \doteq 4,75 \text{ cm.}$$

c) celková délka prutů — viz obr. 3, 4:

$$d_{pc} = 8.4,75 = 38,0 \text{ cm.}$$

d) objem výztuže:

$$V_v = \frac{\pi d^2}{4} d_{pc} = \frac{\pi \cdot 0,0035^2}{4} \cdot 0,38 \doteq 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3.$$

ad 2. V izolační vrstvě jsou 4 otvory pro průchod výztuže — viz obr. 5 — jejich objem je

$$V_{ob} = 4 \cdot 0,004 \cdot 0,075 \cdot 0,04 = 0,000 \text{ 0480 m}^3.$$

Objem betonu v izolační vrstvě se stanoví jako součet rozdílů  $V'_b = V_{ob} - V_v$  a objemu zateklého do spár mezi polystyrénové desky  $V''_b$ .

a)  $V_b = 0,000 \text{ 480} - 0,000 \text{ 0036} = 0,000 \text{ 0444 m}^3.$

b) Předpokládáme, že na 1 m<sup>2</sup> charakteristické plochy připadne 2 m délky spár o šířce 1 mm zaplněné betonem, takže

$$V''_b = 2 \cdot 0,001 \cdot 0,04 = 0,000 \text{ 080 m}^3.$$

c) Celkový objem betonu v izolační vrstvě je

$$V_v \doteq 0,000 \text{ 044} + 0,000 \text{ 080} = 0,000 \text{ 124 m}^3.$$

ad 3. Objem betonu a výztuže v izolační vrstvě je:

$$\begin{array}{r} 0,000 \text{ 124} \\ 0,000 \text{ 0036} \\ \hline 0,000 \text{ 1276} \doteq 0,000 \text{ 128 m}^3. \end{array}$$

Objem polystyrénu v 1 m<sup>2</sup> plochy je:

$$V_p = 0,040 \text{ 000} - 0,000 \text{ 128} \doteq 0,0399 \text{ m}^3.$$

ad 4.  $\lambda_{nv} = \frac{0,000 \text{ 0036} \cdot 58 + 0,000 \text{ 124} \cdot 1,28 + 0,0399 \cdot 0,041}{0,04} \doteq 0,050 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}.$

ad 5.  $R = \frac{0,15}{1,57} + \frac{0,04}{0,05} + \frac{0,05}{1,57} = 0,93 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}.$

ad 6.  $k = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{R_1 + R + R_e} = \frac{1}{0,12 + 0,93 + 0,04} = 0,92 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1},$

(kde  $R_1 = 0,12 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$  je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce a  $R_e = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$  je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce).

## CITOVANÁ LITERATURA

- [1] Řehánek, J.: Stavební konstrukce z hlediska tepelných ztrát. Zdravotní technika a vzduchotechnika 18 (1975) č. 4.
- [2] Fokin, K. F.: Stroitel'naja teplotechnika ograždajuščich častej zdanij. Gosizdat., Moskva 1953, 320 str.
- [3] Řehánek, J., Janouš, A.: Teoretické hodnocení vícevrstevných panelů z hlediska tepelné techniky. Stavební výzkum č. 3/4, 1965, str. 1 až 8.

## ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПАНЕЛИ С СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРОЙ

*Доц. Инж. Ярослав Реганек, доктор наук  
Инж. Антонин Яноуш*

Статья предупредит о том, что у трехслойных панелей с крайними слоями, соединенными стальной арматурой, не рассматривается она часто при вычислении термического сопротивления (коэффициента теплопередачи), также значения введенных величин восходят благоприятнее, чем истинные значения.

Статья показывает ход вычисления термического сопротивления (коэффициента теплопередачи) трехслойной панели с соединительной стальной арматурой так, чтобы мы могли остерегаться этой ошибки.

## CALCUL DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION DE LA CHALEUR D'UN PANNEAU EN COUCHES AVEC LE RENFORCEMENT DE RACCORD ACIERÉUX

*Doc. Ing. Jaroslav Řehánek, DrSc.  
Ing. Antonín Janouš*

Dans l'article présenté, on appelle l'attention que souvent on ne considère pas au calcul de la résistance thermique (du coefficient de transmission de la chaleur) le renforcement acieréux avec lequel les couches extrêmes des panneaux en couches en couches son raccordées; ainsi, les valeurs de ces grandeurs paraissent plus favorables comme les valeurs réelles.

Dans l'article présenté, on montre le procédé de calcul de la résistance thermique (du coefficient de transmission de la chaleur) d'un panneau en couches avec le renforcement de raccord acieréux pour se garder de l'erreur ci-dessus mentionnée.

### • Zařízení pro odstraňování škodlivin ze vzduchu odcházejícího ze sušáren

V různých odvětvích průmyslu se stále častěji setkáváme s případy, kdy ze sušeného materiálu se odpařují látky, které jsou svým charakterem škodlivé a nelze je vypouštět do ovzduší v libovolných koncentracích. Zvyšováním požadavků na čistotu ovzduší a zpřísněním příslušných norem donutilo firmy, vyrábějící sušárny, zabývat se touto problematikou. Jedním z řešení je dodatečné spalování škodlivých látek, obsažených v odcházejícím vzduchu ze sušárny. Je samozřejmé, že tento postup vyžaduje dodatečné náklady na energii a proto je nutné, aby příslušná zařízení byla vhodně konstruována a pracovala za optimálních podmínek.

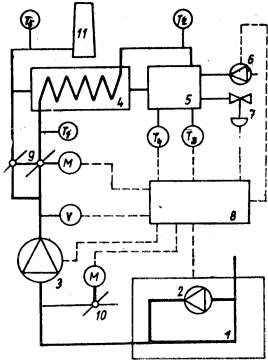
Firma Kleinewefers GMBH, Krefeld, NSR, vyvinula na tomto principu zařízení, jehož schéma, včetně připojení k sušárně, je na obr. 1. Vlastní řešení spalovacího zařízení je na obr. 2. (hořák, spalovací komora, výměník tepla). Zařízení pracuje tak, že vzduch odcházející ze sušárny (1) se vede přes ventilátor (3)

do trubkového výměníku tepla (4) spalovacího zařízení, kde se předehřeje asi na 400 °C. Z výměníku teplo proudí bočním potrubím tangenciálně do spalovací komory (5). Na dně komory je umístěn hořák s měnitelnou spalovací teplotou v rozmezí 1 000—1 600 °C. Lze použít hořáku jak na tekutá, tak na plynná paliva. Ve spalovací komoře proběhne oxidační proces, při kterém se spálí škodlivé látky (v daném případě rozpustidla blíže nespecifikována). Ve spalovací komoře se teplota pohybuje v rozmezí 600—1 000 °C. Tato teplota se reguluje množstvím paliva, přiváděným do hořáku. Vzduch ze spalovací komory pak odchází trubkovým výměníkem (4) do komína (11).

V trubkovém výměníku se tedy využívá tepla odcházejícího ze spalovacího zařízení k předehřátí vzduchu ze sušárny. V popsaném zařízení se v případě spalování rozpustidel dosáhne takového stavu, že jejich koncentrace ve vzduchu odcházejícím komínem nepřesáhne 100 mg/m<sup>3</sup>.

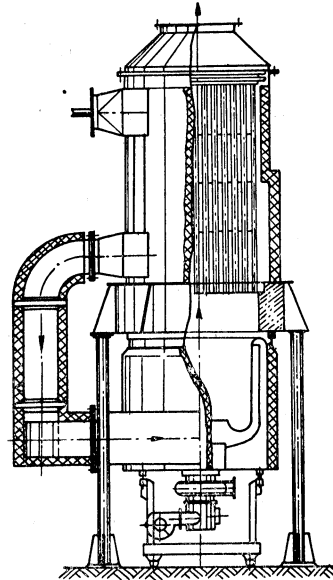
Dokonalá práce zařízení je možná jen při správně nastaveném pracovním režimu. Proto,

jak je patrné, z obr. 1, je zařízení vybaveno systémem měření všech důležitých parametrů. Regulace spalovacího zařízení se provádí buď ručně, nebo automaticky, podle charakteru provozu sušárny. Mimo to jsou u spalovacího zařízení ovládací orgány, které



Obr. 1. Schéma spalovacího zařízení pro čištění vzduchu odcházejícího ze sušárny (1 — sušárna; 2 — cirkulační ventilátor sušárny; 3 — ventilátor pro přívod vzduchu do spalovacího zařízení; 4 — trubkový výměník tepla; 5 — spalovací komora s hořákem; 6 — přívod vzduchu do hořáku; 7 — přívod paliva do hořáku; 8 — ovládací stůl; 9 — regulační klapky; 10 — klapka pro přívod vzduchu z okolí; 11 — komín; 12 — přívod čerstvého vzduchu do sušárny; V — průtok vzduchu;

$T_1$  — teplota vzduchu na vstupu do výměníku,  
 $T_2$  — teplota vzduchu na výstupu z výměníku,  
 $T_3$  — teplota v hořáku,  
 $T_4$  — teplota ve spalovací komoře (reakční teplota),  
 $T_5$  — teplota vzduchu vystupujícího komínem,  
M — motory pro ovládání klapek).



Obr. 2. Řešení spalovacího zařízení.

dovolují jeho krátkodobé vyřazení (regulační klapky 9) nebo umožňují nepřetržitou jeho funkci při zastavení sušárny (klapka pro přívod vzduchu 10). Klapky (9) a (10) jsou rovněž nezbytné při uvádění zařízení do provozu.

Nutno ještě poznamenat, že čistota, s jakou odchází vzduch ze spalovacího zařízení, závisí na reakční teplotě ve spalovací komoře. Tato se však bude měnit případ od případu, podle druhu a množství látek, obsažených ve vzduchu, odcházejícím ze sušárny. Proto je vždy třeba nalézt vhodnou reakční teplotu. Čistotu lze pak již kontrolovat jen průběžným měřením reakční teploty.

*Křížek*

### • Další sluneční vytápění

V Dorchestru (USA) je pro budovu koleje zřízeno mimo normálního elektrického vytápění ještě vytápění slunečním teplem. Zařízení sestává z kolektoru o ploše 420 m<sup>2</sup>, jenž je instalován na střeše budovy a nakloněn v úhlu 45°. Základ slunečních panelů tvoří tmavé, vysoce pohltivé články, jejichž vnitřkem probíhají trubky, kterými cirkuluje voda s příměsí mrazuvzdorné látky. Povrch panelů je pokryt průhlednou plastickou hmotou.

Cirkulující směs se ohřívá až na 70 °C

a rozvádí se do otopných těles. Při bezmračné obloze dodává zařízení 175 000 W. Přebytek tepla se odvádí do zásobníku horké vody a odebírá se, je-li obloha zatažená. Zařízení dodává 20 % celkové potřeby tepla této třípatrové budovy. Náklady na zařízení pro využívání slunečního tepla jsou zatím značně vyšší, než na normální systém vytápění.

*Zpracováno podle časopisu „Montážnyje i specialnyje raboty v stroitelstve“, č. 2/1975, str. 25.*

*Malinský*

## KRITIKA DAT PRO PEVNOSTNÍ VÝPOČTY KOMPENZAČNÍCH ÚTVARŮ

Ing. Karel Brož, CSc.

## Úvod

K vyrovnání tepelných prodloužení potrubí se využívá deformačních schopností rovinných kompenzačních útvarů  $L$  a  $Z$ , které vyplývají z přirozené trasy potrubí, a často též kompenzátorů tvaru  $U$ . Při pevnostních výpočtech těchto útvarů a kompenzátorů, jež jsou založeny na teorii tenkých křivých prutů, se pracuje s bezrozměrnými součiniteli, korigujícími odlišné chování dutých trubkových oblouků.

Trubkové oblouky (ohyby, kolena) se při zatížení ohybovým momentem vyvolaným tepelnou dilatací deformují po příčném průřezu i v rovině proložené osou oblouku jinak, než by se podle teorie tenkých křivých prutů dalo očekávat. V důsledku toho tam vzniká i zcela jiné rozložení napětí.

1. Charakteristické číslo  $h$ 

trubkového oblouku je bezrozměrným geometrickým parametrem, který do jisté míry předurčuje odchylky chování trubkových oblouků (ohybů, kolén) proti prismatickým nosníkům nebo tenkým křivým prutům, které mají stejný moment setrvačnosti příčného průřezu  $J$  jako příslušný trubkový oblouk. Čím menší je číslo  $h$ , tím větší budou odchylky při zatížení trubkového oblouku ohybovým momentem. Charakteristické číslo je definováno vztahem

$$h = \frac{R \cdot s}{r_s^2} \quad (—) \quad (1)$$

v němž značí:

$R$  — poloměr zakřivení osové čáry oblouku,  
 $s$  — tloušťka stěny trubky,

$r_s$  — střední poloměr stěny trubky  $r_s = \frac{D - s}{2}$ ,

$D$  — vnější průměr trubky.

Číslo  $h$  je definováno stejně pro všechny druhy oblouků bez ohledu na způsob výroby (tedy pro ohyby hladké i záhybové, segmentové svařované oblouky, kolena lisovaná apod.). U segmentových oblouků je poloměr  $R$  funkcí délky segmentů a úhlu řezu (podobně viz např. [3], [4]).

2. Součinitel poddajnosti  $k_T$ 

trubkových oblouků vyjadřuje zvýšenou poddajnost oblouku oproti přímému nosníku se stejným momentem setrvačnosti příčného průřezu (resp. udává, kolikrát větší je natočení průřezu v oblouku proti přímému nosníku se stejným průřezem při zatížení stejným ohybovým momentem). Při číselném vyjadřování

hodnoty  $k_T$  již záleží na technologickém provedení oblouku.

Pro hladké ohyby platí

$$k_T = \frac{1,65}{h} \geq 1 \quad (2)$$

Pro segmentové svařované oblouky, které jsou poněkud tužší, je

$$k_T = \frac{1,52}{h^{5/6}} \geq 1 \quad (3)$$

Hodnoty vztahů (1), (2), (3) lze určovat graficky z pomůcek uvedených v publikaci [4] a [6].

V normě [1] je použito pro  $k_T$  původního Kármánova vztahu (viz též [8]), který se shoduje s rovnicí (2) jen při  $h \geq 1,472$ . Většina používaných oblouků a ohybů má charakteristická čísla menší a tudíž by norma [1] neměla být v těchto případech používána.

Součinitel poddajnosti u ohybů záhybových byl u nás až dosud získáván ve formě

$$k_{Tz} = k_T \cdot z \quad (4)$$

kde  $k_T$  bylo určeno pro hladký ohyb z rovnice (2) a  $z \geq 1$  byl opravný součinitel podle počtu a výšky záhybů. Pro čs. záhybové ohyby bylo průměrně  $z \cong 1,6$ . Tento způsob určení hodnoty  $k_{Tz}$  je převzat v publikacích [1], [2], [3], [4] (v [1] a [2] je hodnota součinitele  $z$  značena symbolem  $k_z$ ). V uvedených publikacích se  $z$ , resp.  $k_z$  určuje graficky.

V posledních letech se na základě zkoušek nízkocyklové únavy a trvanlivosti záhybových ohybů, které vykazují horší výsledky než ohyby hladké, doporučuje počítat hodnoty  $k_T$  stejným způsobem pro ohyby hladké a záhybové, a to ze vztahu (2). Tento způsob výpočtu je již dodržen v připravované publikaci [6].

Podle [5] platí vztah (2) pro hladké a záhybové ohyby, které nejsou zatíženy též vnitřním přetlakem média v potrubí. Chceme-li ověřit poddajnost oblouku za provozu při pracovním přetlaku  $p$ , je třeba podle [5] použít vztahu

$$k_{Tp} = \frac{k_T}{1 + 6 \frac{p}{E} \cdot \left(\frac{r_s}{S}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{R}{s}}} \geq 1, \quad (5)$$

kde  $E$  je modul pružnosti v tahu pro materiál trubky.

Vztah (5) udává hodnoty  $k_{Tp}$  poněkud nižší než jsou čísla  $k_T$  získaná ze vztahu (2) bez vlivu vnitřního přetlaku; pro běžné případy tepelných sítí lze však tyto malé rozdíly zanedbat a vycházet jednotně ze vztahu (2).

Podle sovětských zkušeností [7] nemá se v pevnostních výpočtech používat větší hodnota  $k_t$  než 35, i kdyby tak teoreticky v některém atypickém případě podle vztahu (2) vycházela. Zvláštní opatření se má zachovat při výpočtech potrubí velkých průměrů (od  $J_s$  600 výše). Při  $k_t > 35$  mají v obloucích nastávat větší koncentrace napětí než popisují následující vztahy; vznikalo by tudíž nebezpečí poruchy.

Výsledný vliv součinitele poddajnosti  $k_t$  ve výpočtech kompenzačních útvarů je takový, že při větším  $k_t$  získá se menší hledaný rozměr kompenzačního útvaru a naopak.

### 3. Součinitel zvýšení podélných ohybových napětí $\beta$

je bezrozměrné číslo, vyjadřující, kolikrát bude v trubkovém oblouku vyšší maximální podélné napětí, než v přímé trubce o stejném průřezu a zatížení stejným velkým ohybovým momentem. Pro přímou trubku platí

$$\sigma_{o\max} = \frac{M_o}{W_o}$$

pro trubkový oblouk však

$$\sigma_{o\max} = \beta \cdot \frac{M_o}{W_o}, \quad \text{kde } \beta \geq 1.$$

Součinitel  $\beta$  má přímý vliv na hledaný rozměr kompenzačního útvaru: čím větší je  $\beta$ , tím větší vyjde hledaný rozměr. Číselné hodnoty  $\beta$  se určují opět z jednoduché závislosti na charakteristickém čísle  $h$ , a to pro hladké ohyby a segmentové oblouky podle vztahu

$$\beta = \frac{0,9}{h^{2/3}} \geq 1. \quad (6)$$

Pro ohyby záhybové se až dosud používalo starších německých podkladů, které byly zavedeny též do normy [1] (lánek 22). Podle nich se stanoví součinitel  $\beta$  pro záhybové ohyby ze vztahu

$$\beta_z = \beta \cdot z \cdot b \geq 1, \quad (7)$$

ve kterém je  $\beta$  určeno podle vztahu (6), součinitel  $z \geq 1$  je stejný jako ve vztahu (4) a součinitel  $b < 1$  vystihuje zmenšení špičky napětí vlivem posunu neutrální osy průřezu v záhybových ohybech (v [1] a [2] je tento součinitel nevhodně označen přímo symbolem posunutí osy  $\Delta R$ ).

Tento způsob vyhodnocení  $\beta_z$  byl převzat i v publikaci [4], kde na str. 18 došlo ve vztahu (11) k tiskovému omylu tím, že místo symbolu  $z$  je nesprávně tištěno  $k_t$ . Při výpočtu kompenzátoru  $U$  se záhybovými ohyby podle této pomůcky a stanovením  $\beta_z$  podle neopraveného vztahu (11) dopouštěli bychom se nevhodného předdimenzování, neboť takřka vždy je  $k_t > z$ , tudíž vychází  $\beta_z$  větší než podle vztahu (7), který byl dosud považován za správný. Vyložení kompenzátoru se záhybovými ohyby by pak mohlo vyjít dokonce větší než při po-

užití hladkých ohybů se stejnými hlavními rozměry.

Protože částečný součin  $z \cdot b$  ve vztahu (7) je zpravidla poněkud menší než 1 (cca 0,75 až 0,9), vycházela tak výpočtem nižší špička napětí  $\beta_z < \beta$  než u ohybů hladkých. To však platilo jen pokud jde o příčný průřez, který neprochází záhybem. V patách a špičkách vlastních záhybů existují však též velké koncentrace napětí, které se experimentálně velmi obtížně zjišťují a výpočtem nelze jejich velikost zjistit vůbec. Vzhledem k tomu, že záhyby jsou též příčinou koroze a vůbec snížené trvanlivosti celého ohybu, doporučuje současná světová literatura (např. [5]) určovat i součinitel  $\beta_z$  pro záhybové ohyby ze stejného vztahu jako pro ohyby hladké, tj. (6). Tento způsob výpočtu je již pojat do připravované publikace [6].

Protože tedy podle současných poznatků není mezi hladkými a záhybovými ohyby v pevnostních výpočtech žádný rozdíl, vycházejí hlavní rozměry kompenzátorů stejné u obou druhů ohybů, pokud mají stejný poměr  $R/J_s$  a tloušťku stěny  $s$ .

Vliv vnitřního přetlaku na velikost součinitele  $\beta$  lze podle [5] vyjádřit v podobné formě jako u součinitele poddajnosti:

$$\beta_p = \frac{\beta}{1 + 3,25 \frac{pr_s}{Es} \cdot \sqrt{\left(\frac{R}{s}\right)^3} \cdot \sqrt{\left(\frac{R}{r_s}\right)^2}} \geq 1, \quad (8)$$

kde  $\beta$  je určeno podle vztahu (6). Vliv vnitřního přetlaku se projeví snížením hodnoty  $\beta$  za provozu, podobně tomu bylo u  $k_t$ . Protože se u obou veličin jedná v případech tepelných sítí o snížení malá a vlivy veličin  $\beta$  a  $k_t$  na únosnost útvaru jsou protichůdné, vliv vnitřního přetlaku se v těchto případech neuvažuje.

### 4. Závěr

Výpočtová norma [1] je z hlediska dnešních poznatků o pevnostních výpočtech kompenzačních útvarů zastaralá. Uvedená kritika sjednocuje podklady vystihující chování trubkových oblouků a ve formulacích základních vztahů pro součinitel poddajnosti (rovnice (2), (3)) a součinitele zvýšení napětí (vztah (6)) pro všechny druhy oblouků a ohybů je početně zjednodušuje. Zároveň upozorňuje na tiskový omyl v publikaci [4]. Všechny zde uvedené vztahy platí pro spoje oblouků s přímými částmi trubek provedené svařováním.

### Literatura

- [1] ON 13 2701 — Kompenzátor U z trubek bezešvých. Výpočet. Platí od 1. 11. 1967
- [2] Mikula, J. a kol.: Potrubí a armatury. SNTL Praha, 1969
- [3] Brož, K.: Kompenzace dilatací v tepelných sítích. Kompenzátor. ČVTS, Komitét techniky prostředí, Praha 1970
- [4] Brož, K.: Kompenzátor U pro tepelné

- sítě. (Tabulky) ČVTS, Komitét techniky prostředí, Praha 1974
- [5] *Hampel, H.*: Rohrleitungsstatik. Springer-Verlag, 1972
- [6] *Brož, K. a Macák, J.*: Rovinné kompenzační útvary L a Z. (Tabulky). (V přípravě tisku)

- [7] *Skvorcov, A. A.*: Utočnit metody rasčeta truboprovodov na pročnost. Strojitel'stvo truboprovodov č. 1, r. 1973
- [8] *Kármán, T.*: Über die Formänderung dünnwandiger Rohre, insbesondere federnder Ausgleichrohre. VDI, Vol. 55, str. 1889 až 1895, r. 1911

## AKUMULÁTORY LATENTNÍHO TEPLA

Podle *Laing, N.*: *Latentenenergiespeicher. Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung*, 42 (1975), č. 1, s. 7—10.

V souvislosti s využíváním zvláštních druhů energie, např. odpadního tepla, přebytků vyráběné elektrické energie, energie dopadajícího slunečního záření atd., nabývá stále větší důležitosti akumulace tepla. Pro úpravu vnitřního klimatu budov, tj. pro vytápění a chlazení, se požaduje akumulace při poměrně nízké teplotě. V ideálním případě by měl akumulátor splňovat tyto požadavky:

a) vybíjecí teplota by měla být stejná jako pracovní teplota vytápěcí nebo chladičí soustavy,

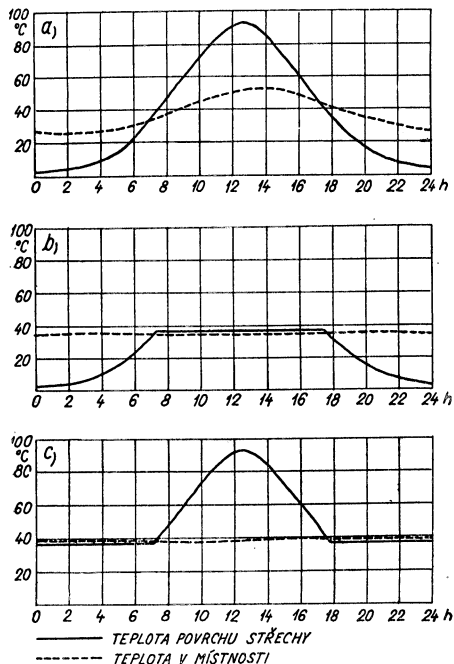
b) rozdíl mezi nabíjecí a vybíjecí teplotou by měl být co nejmenší (popřípadě nulový),

c) vybíjecí teplota by měla být konstantní.

U tradičních (např. vodních) akumulátorů by i jen přibližné splnění vpředu uvedených požadavků vedlo k jejich velké hmotnost. Požadavky však dobře splňují akumulátory latentního tepla, u nichž se teplem mění krystalická mřížka akumulační hmoty (jde o polymorfni látky), a tím se přechází na vyšší stupeň entropie. V krajním případě dochází k úplnému rozpadu krystalické mřížky a tuhá látka se taví. Akumulátory latentního tepla mohou tedy pracovat buď při změně fáze „tuhá—tuhá“, nebo při změně fáze „tuhá—kapalná“.

Pro akumulaci latentního tepla jsou vhodné především eutektické směsi solí. Například čistá kuchyňská sůl NaCl má bod tání 800 °C. Binární eutektikum (NaCl + KCl) má bod tání 640 °C, terciární eutektikum (NaCl + KCl + MgCl<sub>2</sub>) již jen 93 °C, kvartérní eutektikum (NaCl + KCl + MgCl<sub>2</sub> + AlCl<sub>3</sub>) 68 °C atd. Vhodnou kombinací jednotlivých složek lze připravit eutektické směsi s bodem tání od -80 °C do +800 °C (nízkých teplot se docílí s hydrátovými solen.). Skupenské teplo těchto eutektických směsí je sice jen asi poloviční než skupenské teplo vody při 0 °C (33,1 kJ/kg = 79 kcal/kg), ale přesto dostatečně velké pro účely akumulace.

Použití akumulátorů latentního tepla může být velmi rozmanité. Například při úpravě vnitřního klimatu budov lze z akumulační hmoty vytvořit desky (tapety), kterými se obloží stěny místnosti. Tyto desky pracující pak při změně fáze „tuhá—tuhá“ mohou během denních hodin přijímat teplo z pohlceného slunečního záření a v nočních hodinách toto teplo opět vydávat pro vytápění místnosti (obr. 1b). V opačném případě mohou akumulační desky v nočních hodinách vydávat teplo do vnějšího prostředí (tj. přijímat z vnějšího prostředí chlad) a v denních hodinách pak odebírat teplo z místnosti (obr. 1c). V obou případech je výsledkem stálá teplota v místnosti během celého 24hodinového cyklu.



Obr. 1. Denní průběh povrchové teploty střechy a vnitřní teploty místnosti za slunečního letního dne: a) v normální případě, b) v případě, kde střecha je opatřena vrstvou akumulující tepla, c) v případě, kde střecha je opatřena vrstvou akumulující chlad. Poznámka: Jde o modelový pokus, takže v „místnosti“ není udržována optimální teplota.

*Cihelka*

## Ing. J. Stefan Mielnicki: ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ – REGULACE A PROVOZ

*(Centralne ogrzewanie – regulacja i eksploatacja)**Arkady, Warszawa 1974. 700 str., 112 tab., 582 obr. Náklad 10 180 výt.*

Obsáhlá kniha polského autora se skládá z 10 kapitol:

1. Hygienické základy vytápění a větrání místností.
2. Samotížné teplovodní vytápění.
3. Etážové vytápění.
4. Vytápění s nuceným oběhem vody – dvoutrubkové.
5. Jednotrubkové otopné soustavy.
6. Charakteristiky vodních otopných soustav a jejich součástí.
7. Parní otopné soustavy.
8. Provoz ústředního vytápění.
9. Automatická regulace ústředního vytápění.
10. Dynamické vlastnosti regulovaného objektu.

Jde o pozoruhodné dílo, které je napsáno zcela netradičním způsobem. Zatímco dosavadní monografie o ústředním vytápění obsahují ve svých teoretických částech převážně jen výpočtové postupy pro určení jmenovitých parametrů otopných soustav za stálých výpočtových poměrů (např. při stálém výpočtovém rozdílu teplot  $\Delta t = t_1 - t_2$ ) a provozním vlastnostem soustav věnují jen okrajovou pozornost, je kniha Ing. Mielnickeho zaměřena především na rozbor provozních, tj. dynamických vlastností otopných soustav při proměnlivém rozdílu teplot  $\Delta t$ . Tím se stává tato kniha průkopnickým dílem nejen v polské, ale i ve světové odborné literatuře.

Dynamickými vlastnostmi otopných soustav se ve větší míře zabývají zatím jen sovětská autoři, avšak ani v sovětské literatuře dosud nevyšla rozsáhlejší publikace o provozu domovních otopných soustav (více se zde zabývají provozem venkovních tepelných sítí).

Dynamickým provozním vlastnostem různých druhů otopných soustav je věnována pozornost ve druhé až páté kapitole knihy Ing. Mielnickeho. Jsou zde zobecněny a podrobně rozvedeny poznatky o rozložení tlaku v soustavách jak s nuceným, tak také s přirozeným oběhem vody. Soustavy s přirozeným oběhem vody lze sice považovat v dnešní době za neaktuální a překonané, avšak poznatky o rozložení tlaku vlivem přirozeného vztlaku vody jsou velmi důležité i pro soustavy s nuceným oběhem, zejména u vysokých budov.

Pro poznání dynamických vlastností celých otopných soustav je důležitá znalost těchto vlastností u jednotlivých součástí, především u regulačních orgánů potrubních sítí. Těmto vlastnostem je věnována šestá kapitola knihy. Zde se uplatňují také některé součásti otopných soustav používané speciálně v Polsku, např. škrticí clony v potrubí apod.

Sedmá kapitola o parních otopných soustavách obsahuje zajímavé a původní poznatky o vlivu přetlaku páry u rozdělovače na výkon otopných těles a poznatky o sdílení tepla při kondenzaci páry v otopných tělesech. Vesměs jde o původní výsledky měření polských autorů.

V osmé kapitole o provozu ústředního vytápění jsou aplikovány poznatky z předchozích kapitol a uvedeny praktické pokyny. Jsou zde také citovány polské vyhlášky a předpisy týkající se provozu ústředního vytápění.

Devátá kapitola o automatické regulaci je převážně kapitolou popisnou, obsahující především četná schémata regulačních systémů. Konečně desátá kapitola o dynamických vlastnostech regulovaných objektů obsahuje teoretické základy automatické regulace vytápění s přihlédnutím jak k vlastnostem otopných soustav, tak také k tepelně technickým vlastnostem budov.

Kniha polského autora Ing. J. S. Mielnickeho zpracovává problémy vytápění zcela novým způsobem, a proto si zaslouží plnou pozornost. Lze ji doporučit především pracovníkům, kteří se zajímají o nové poznatky svého oboru.

Cihelka



**Heating, piping, air conditioning (1975), č. 6**

- The energy intensity of building materials (Energetická intenzita stavebních materiálů) — *Kegel R. A.*, 37—41.
- Reliability formulas for system design (Vzorce spolehlivosti pro návrh systému) — *Warren N. G.*, 42—43.
- Re-evaluation of insulation schedules reduces costs (Přehodnocení plánů izolace snižuje náklady) — *Behren F. von.*, 44—46.
- Duct mounted smoke detectors (Detektory kouře umístěné v kanálech) — *Pekarek J.*, 58, 60.
- Nomograph calculates natural convection from heated or cooled panels (Výpočet přirozené konvekce od vytápěných nebo chlazených panelů pomocí nomogramu) — *Zanker A.*, 61—62.
- Hypermarkets and hotels: a new air conditioning market in France (Hypermarkety a hotely — nový trh pro klimatizaci ve Francii) — *Field A. A.*, 65—66, 68, 70.

**Heating, piping, air conditioning (1975), č. 7**

- Solar energy in the 1970s (Sluneční energie v sedmdesátých letech) — *Yellott J. I.*, 31—37.
- Solar system employs total heat concept (Systém využití slunečního záření vyžaduje celkovou tepelnou koncepci) — *Stubblefield R. R.*, 38—40.
- Solar energy caps unique system (Unikátní systém využití sluneční energie) — *Fenner W. E.*, 41—43.
- Solar energy equipment roundup (Zařízení na využití sluneční energie — přehled a výroby) — 44—46.
- Duct estimating by the piece (Výpočet potrubí v částech) — *Wenders C. H.*, 51—58.
- Thin-wall steel tubing and press-fittings speed hydronic installations (Tenkostěnné ocelové potrubí a tlakové fitinky rychlých hydro-nických instalací) — *Field A. A.*, 61—62, 64, 66, 69.

**Heizung Lüftung Haustechnik 26 (1975), č. 6**

- Wasserstrahlpumpen als Beimischorgane in Heizungsanlagen (Vodoproudová čerpadla jako směšovací prvky ve vytápěcích zařízeních) — *Meder B.*, 205—210.
- Erhöhte Druckverluste in der stationären Rohremlaufströmung insbesondere bei rillengerahnten Rohren (Zvýšené tlakové ztráty ve stacionárním proudění na vstupu zvláště u rýhovaných drsných trubek) — *Kauder K.*, 211—215.
- Verminderung von Installationsgeräuschen durch körperschallisolierte Rohrleitungen (Snížení hluku instalací za použití potrubí se zvukovou izolací) — *Gösele K., Voigtsberger C. A.*, 216—219.

- Vorgefertigte Sanitärzellen in Deutschland (Profabrikované sanitární buňky v NSR) — *Arendt C. D.*, 220—225.
- Untersuchung von Torluftschleieranlagen. Teil 2.: Luftschleiermessungen. Untersuchung des Betriebes von Luftschleieranlagen bei verschiedenen Anordnungen (Vyšetřování vratových vzduchových clon. Díl 2.: Měření vzduchových clon. Vyšetřování provozu vzduchových clon při různém uspořádání) — *Lajos T., Preszler L.*, 226—234.

**Heizung Lüftung Haustechnik 26 (1975), č. 8**

- Bauliche Anforderungen an Heiz- und Brennstofflagerräumen. Teil 1.: Allgemeines. Heizräume (feste und flüssige Brennstoffe) (Stavební požadavky na topné prostory a skladovací prostory paliv. Díl 1.: Všeobecně. Topné prostory — pevná a kapalná paliva) — *Usemann K. W.*, 285—291.
- Neue sicherheitstechnische Vorschriften und Richtlinien auf dem Heizungssektor (Nové předpisy a směrnice v oblasti vytápění z hlediska bezpečnostní techniky) — *Dittrich A.*, 292—293.
- Kältemaschinen mit Turboverdichtern. Teil 2.: Leistungsregelung und Antriebsarten (Chladicí stroje s turbokompresory. Díl 2.: Regulace výkonu a druhy pohonu) — *Hartmann K.*, 294—298.
- Experimentierhaus zur Erforschung rationeller Energieanwendung (Experimentální dům k průzkumu racionálního využití energie) — *Jorissen H. D.*, 299—301.
- Neubearbeitung der schweizerischen Regeln für den Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden (Nové zpracování švýcarských směrnic pro tepelný příkon budov) — *Geiger W.*, 302 až 303.
- Bemerkungen zu den Zuschlägen für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden (Připomínky k návrhům na výpočet spotřeby tepla v budovách) — *Erdélyi I.*, 304—306.
- Zur Frage der Sicherheit bei Brauchwasser-Erwärmungsanlagen (K otázce bezpečnosti ohřívaců užitkové vody) — 307.

**Heizung Lüftung Haustechnik 26 (1975), č. 9**

- Thermische Behaglichkeit und Messung des Raumklimas (Tepelná pohoda a měření klimatu v místnosti) — *Marx P., Schüster G.*, 317—321.
- Schallhohlspiegel-Messung. Eine neue Methode für die Schalleistungsmessung in der Klimatechnik (Měření zvuku za použití dutého zrcadla. Nová metoda měření zvukového výkonu v klimatizační technice) — *Malachowicz L.*, 322—326.
- Wärmespeicherung in Wohnhäusern (Te-

pelná akumulace v obytných domech) — *Hebgen H.*, 327—334.

— Beheizung von Wohnhäusern mit Wärmepumpen als Alternative zur Fernwärmeversorgung (Vytápění obytných domů tepelnými čerpadly jako alternativa dálkového rozvodu tepla) — *Cube H. L.*, 335—339.

— Genauigkeitsanforderungen bei der Planung von wirtschaftlich arbeitenden Gebäudeheizungsanlagen mit Hilfe von Rechenanlagen (Požadavky na přesnost při projektování hospodárných vytápěcích zařízení budov za použití počítačů) — 339.

— Bauliche Anforderungen an Heiz- und Brennstofflagerräume. Teil 2: Lagerräume für feste und flüssige Brennstoffe (Stavební požadavky na topné prostory a skladovací prostory paliv. Díl 2.: Skladovací prostory na pevná a kapalná paliva) — *Usemann K. W.*, 340 až 342.

— Optimierungssystem zur Reduzierung von Heizkosten (Optimalizační systém snížení nákladů na vytápění) — 342.

### Luft- und Kältetechnik 11 (1975), č. 3

— Strömen und Diffundieren von Schadstoffen in Luft und Wasser (Proudění a difúze škodlivých látek ve vzduchu a ve vodě) — *Albring W.*, 118—123.

— Harmonische Analyse des Tagesgangs der Lufttemperatur (Harmonická analýza denního průběhu teploty vzduchu) — *Kaul P.*, 123 až 125.

— Ein Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Strahlungslast (Způsob výpočtu zátěže zářením) — *Trogisch A.*, 125—129.

— Hochdruckklimaanlagen in der ČSSR (Vysokotlaká klimatizační zařízení v ČSSR) — *Chyský J.*, 129—131.

— Messgerät zur angenäherten Bestimmung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit in Rohrleitungen und Kanälen (Měřicí přístroj na přibližné stanovení průměrné rychlosti prou-

dění v potrubích a kanálech) — *Horn H.*, 132—135.

— Zur Luftströmung in klimatisierten Betrieben mit Entwicklung von toxischen Gasen (Proudění vzduchu v klimatizovaných provozech s vývojem toxických plynů) — *Oppl L.*, 135—137.

— Verringerung des Rechenaufwands bei der Einregulierung von Lüftungstechnischen Anlagen (Snížení nákladů při seřizování vzduchotechnických zařízení) — *Hinrichs W.*, 137 až 141.

### Luft- und Kältetechnik 11 (1975), č. 4

— Probleme der Klimaregelung mit engen Toleranzen (Problémy regulace klimatických podmínek s nízkými tolerancemi) — *Ferst V.*, 171—174.

— Die Lüftungstechnik im Filmtheater Prager Strasse, Dresden (Technika větrání ve filmovém divadle na Pražské ulici v Drážďanech) — *Roschitzki W.*, 174—178.

— Stand und Problem der Neuearbeitung TGL 112-0319 Wärmebedarf von Gebäuden — Berechnungsgrundlagen (Stav a problém nového přepracování normy TGL 112-0319 — Potřeba tepla v budovách — základy výpočtu) — *Dietze L.*, 178—183.

— Teoretische Untersuchung der Warmfeuchtbehandlungsprozesse in einigen Apparaten von Klimaanlage zwecks Ermittlung der optimalen Betriebsparameter (Teoretické vyšetřování tepelné vlhkostních procesů v některých klimatizačních zařízeních za účelem zjišťování optimálních provozních parametrů) — *Bjalij B. I., Dincin V. A., Kulikov G. S., Stepanov A. V., Bondar P. T.*, 186—193.

— Beitrag zur statistischen Auswertung von Temperaturmessungen in nicht klimatisierten Räumen am Beispiel von Stallanlagen (Příspěvek ke statickému hodnocení měření teplot v neklimatizovaných místnostech na příkladu stájí) — *Kaul P.*, 201—203.

ztv

1

Zdravotní technika a vzduchotechnika. Ročník 19, číslo 1, 1976. Vydává Česká vědeckotechnická společnost, komitét pro techniku prostředí, v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd, Vodičkova 40, 112 29 Praha 1. Adresa redakce: Dvorecká 3, 147 00 Praha 4. — Tiskne Tisk, knižní výroba, n. p., 656 01 Brno, závod 1, — Vychází šestkrát ročně. Objednávky a předplatné přijímá PNS, admin. odbor. tisku, Jindřišská 14, 125 05 Praha 1. Lze také objednat u každého poštovního úřadu nebo doručovatele. Cena jednoho čísla Kčs 8,—, roční předplatné 48,—. (Tyto ceny jsou platné pouze pro Československo.)

Sole agents for all western countries with the exception of the German Federal Republic and West Berlin JOHN BENJAMINS B. V., Amsteldijk 44, Amsterdam (Z), Holland. Orders from the G.F.R. and West Berlin should be sent to Kubon & Sagner, P.O.Box 68, 8000 München 34 or to any other subscription agency in the G.F.R.

Annual subscription: Vol. 19, 1976 (6 issues) Dutch Glds. 52,— (DM 50,—).  
Toto číslo vyšlo v březnu 1976.

© Academia, Praha 1976.