

### Redakční rada

Doc. Ing. Dr. L. Oppl, CSc. (vedoucí redaktor) — Ing. V. Bašus (výkonný redaktor) — Doc. Ing. Dr. J. Čihelka — V. Fridrich — Ing. J. Haber — Prof. Ing. L. Hrdina — Ing. 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. — Prof. Ing. arch. J. Moravec — 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. Novák, CSc.:	Vztahy pro turbulentní tečné napětí, turbulentní viskozitu a Prandtlův empirický koeficient $\alpha_1$ v úplavech za tělesy a ve volném osové souměrném proudu . . . . .	1
Ing. K. Ferstl, CSc.:	Lamelový kontaktný výmeník pre adiabaticke vlhčenie vzduchu	11
Ing. V. Mašek, CSc.:	3,4-benzpyren v polétavém prachu pracovišť destilace černouhelného dehtu . . . . .	25
A. V. Lykov — P. S. Kuc:	Nové metody sušení a provoz sušáren navržených v Ústavu sdílení tepla a hmoty (IMTO) Akademie věd BSSR . . . . .	33
Dipl. techn. B. Vojkovský:	Vzduchotechnika v provozech textilního průmyslu v SSSR . . . . .	43
Kartonová příloha 96		

### S U M M A R Y

Ing. J. Novák, CSc.:	Relations for turbulent tangential stress, turbulent viscosity and for Prandtl's empirical coefficient $\alpha_1$ on wakes behind the bodies and on free jet symmetrical with respect to the axis . . . . .	1
Ing. K. Ferstl, CSc.:	Multiple plate contact exchanger for adiabatic air humidification	11
Ing. V. Mašek, CSc.:	3,4-Benzpyrene in flying dust in the coal tar distillation working places . . . . .	25
A. V. Lykov — P. S. Kuc:	New methods of drying and driers' operation designed in the Institute of heat and mass transmission (ITMO) Academy of Sciences BSSR . . . . .	33
Dipl. techn. B. Vojkovský:	Air technique in textile industry plants in the Union of Socialist Soviet Republics (USSR) . . . . .	43
Cardboard supplement 91		

## СОДЕРЖАНИЕ

Инж. Й. Новак, канд. тех. наук:	Отношения для турбулентного тангенциального напряжения и турбулентной вязкости и эмпирического коэффициента Прандтла $\kappa_1$ в следах за телами и в свободной симметричной относительно оси струи . . . . .	1
Инж. К. Ферстл, канд. тех. наук:	Пластинчатый контактный обменник для адиабатического увлажнения воздуха . . . . .	11
Инж. В. Машек, канд. тех. наук:	3,4-Бензпирен в летучей пыли на рабочих местах для дис- тиляции каменноугольного дегтя . . . . .	25
А. В. Лыков—П. С. Куц:	Новые методы сушки и эксплуатация сушилок, спроекти- рованных в Институте тепломассообмена (ИТМО) Академии Наук БССР, . . . . .	33
Дипл. техн. Б. Войковский:	Вентиляционная техника в условиях эксплуатации текстиль- ной промышленности в СССР . . . . .	43

Картонное приложение 96

## SOMMAIRE

Ing. J. Novák, CSc.:	Relations concernant la tension turbulente tangentielle, la viscosité turbulente et le coefficient empirique $\kappa_1$ de Prandtl dans les remous derrière les corps et dans le jet libre, symétrique par rapport à une droite . . . . .	1
Ing. K. Ferstl, CSc.:	Echangeur de contact lamellé pour humidification adiabatique	11
Ing. V. Mašek, CSc.:	3,4-Benzpyrene en poussière volante sur les postes de travail de la distillation du goudron de houille . . . . .	25
A. V. Lykov—P. S. Kuc:	Nouvelles méthodes du séchage et la marche des séchoirs pro- jetés par l'Institut de transmission de chaleur et de masse (ITMO) Académie des sciences de BSSR . . . . .	33
Dipl. techn. B. Vojkovský:	Technique d'air dans les usines de l'industrie textile en URSS	43

Annexe de carton 96

## INHALT

Ing. J. Novák, CSc.:	Beziehungen für die turbulente Tangentialspannung, turbulente Viskosität und für den Prandlschen empirischen Koeffizienten $\kappa_1$ im Totwasser hinter der Körpern und im freien, achsen-symmetrischen Strom . . . . .	1
Ing. K. Ferstl, CSc.:	Kontaktlamellenaustauscher für die adiabatische Luftbefeu- tung . . . . .	11
Ing. V. Mašek, CSc.:	3,4-Benzpyren im Flugstaub der Arbeitsstätten der Destillation des Steinkohlenteers . . . . .	25
A. V. Lykov—P. S. Kuc:	Neue Trocknungsmethoden und Betrieb der vom Institut für die Wärme- und Stoffübertragung (IMTO) Akademie der Wissenschaften der BSSR entworfenen Trockenanlagen . . . . .	33
Dipl. techn. B. Vojkovský:	Lufttechnik in Betrieben der Textilindustrie in der Sowjet Union . . . . .	43

Kartonbeilage 96

# VZTAHY PRO TURBULENTNÍ TEČNÉ NAPĚtí, TURBULENTNÍ VISKOZITU A PRANDTLŮV EMPIRICKÝ KOEFICIENT $\chi_1$ V ÚPLAVECH ZA TĚLESY A VE VOLNém OSOVě SOUMĚRNém PROUDU

ING. JOSEF NOVÁK, CSc.

SVÚSS, Běchovice u Prahy

V článku jsou podobně jako v [1] odvozeny vztahy pro přibližné určení turbulentního tečného napětí, turbulentní viskozity a Prandtlova empirického koeficientu v dvojrozměrném a osově souměrném turbulentním úplavu a ve volném, osově souměrném turbulentním proudu. Tyto úplavy se uvažují jako nestlačitelné a jmenované veličiny v nich se pomocí odvozených vztahů určují ze změřené konvenční hranice.

Recenzoval: Ing. Vratislav Hladký

## POUŽITÁ OZNAČENÍ

$x$	— podélná souřadnice,
$y$	— příčná, resp. radiální souřadnice,
$h$	— hodnota souřadnice $y$
$d$	— čelní rozměr obtékaného tělesa (průměr válce, resp. koule) a průměr výtoku-vého otvoru volného proudu,
$b$	— konvenční šířka úplavu, resp. oblasti mísení volného proudu,
$y_\varphi$	— konvenční hranice
$y_0$	— skutečná hranice, resp. hodnota $\xi y_\varphi$ ,
$y_1$	— hranice jádra proudu,
$\tau, \tau_\varphi$	— turbulentní tečné napětí,
$\varepsilon, \varepsilon_\varphi$	— turbulentní viskozita,
$\chi_1, \chi_{1\varphi}$	— Prandtlův empirický koeficient,
$\varrho$	— měrná hmota tekutiny,
$U$	— střední podélná rychlosť podle času,
$U_m$	— hodnota rychlosť $U$ v ose úplavu, resp. v ose účinného úseku volného proudu,
$U_0$	— rychlosť v okolí úplavu, resp. rychlosť v jádře a počátku volného proudu,
$U_b$	— rychlosť v okolí volného proudu,
$u', v'$	— podélná a příčná turbulentní fluktuace rychlosťi,
$\varphi_k$	— parametr,
$\varphi(\xi)$	— funkce,
$\xi$	— argument funkce $\varphi$ ,
$\xi_0$	— horní mez argumentu $\xi$ (pro $y = y_0$ ),
$B_1$ až $B_8$ , $P$	— konstanty,
$\beta, \gamma$	— integrační konstanty,
$x^* = \frac{x}{d}, y_\varphi^* = \frac{y_\varphi}{d}, U_b^* = \frac{U_b}{U_0}, U_m^* = \frac{U_m}{U_0}, \tau_\varphi^* = \frac{\tau_\varphi}{\varrho U_0^2}, \varepsilon_\varphi^* = \frac{\varepsilon_\varphi}{d U_0}$	— poměrné veličiny,
$\Psi = 1 - U_m^*$	— proměnná veličina,
$\tilde{U}_m^*, \tilde{y}_\varphi^*, \tilde{x}^*, \tilde{\Psi}$	— okrajové hodnoty.

## 1. ÚVOD

V článku [1] byly pro volný dvojrozměrný a radiální turbulentní proud tekutiny odvozeny pomocí rovnice o změně hybnosti vztahy pro přibližný výpočet turbulentního tečného napětí

$$\tau = -\rho \overline{u'v'}, \quad (1)$$

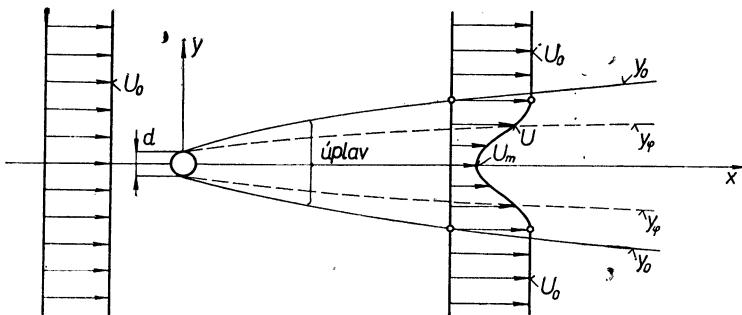
turbulentní viskozity

$$\varepsilon = \frac{\tau}{\rho \frac{dU}{dy}} \quad (2)$$

a Prandtlova empirického koeficientu  $\kappa_1$

$$\kappa_1 = \frac{\varepsilon}{b(U_{\max} - U_{\min})} = \frac{\tau}{\rho b(U_{\max} - U_{\min}) \frac{dU}{dy}}, \quad (3)$$

kde  $u'$  a  $v'$  jsou podélná a příčná turbulentní fluktuace,  $U$  střední podélná rychlosť podle času,  $U_{\max}$  a  $U_{\min}$  maximální a minimální hodnota rychlosti  $U$  v oblasti míšení proudů,  $b$  konvenční šířka této oblasti a  $\rho$  měrná hmota tekutiny. Pruh nad



Obr. 1. Společné schéma turbulentních úplavů.

$u'v'$  v (1) značí, že jde o střední hodnotu podle času. Pomocí odvozených vztahů se pak  $\tau$ ,  $\varepsilon$  a  $\kappa_1$  určují z průběhu naměřené konvenční hranice proudu  $\gamma_\phi$ . Důvodem k tomuto postupu bylo, že určovat veličiny  $\tau$ ,  $\varepsilon$  a  $\kappa_1$  přímo experimentálně činí potíže.

V předkládaném článku odvozujeme ze stejného důvodu a stejným způsobem vztahy pro  $\tau$ ,  $\varepsilon$  a  $\kappa_1$  u dvojrozměrného a osově souměrného turbulentního úplavu za tělesy (schéma viz obr. 1) a u volného osově souměrného turbulentního proudu (schéma viz obr. 2). O těchto proudových útvarech předpokládáme, že

1. jsou nestlačitelné,
2. statický tlak v nich je konstantní,
3. příčná střední rychlosť ( $V$ ) je alespoň o jeden řád menší než podélná střední rychlosť ( $U$ ),
4. rychlosť okolní tekutiny u úplavů  $U_0$ , okolní tekutiny u volného proudu  $U_b$  a rychlosť v jádře tohoto proudu  $U_0$  jsou konstantní,

5. rozložení podélných rychlosí  $U$  v příčných řezech úplavů a rovněž tak oblasti míšení uvažovaného volného proudu je podobné,

6. molekulární viskozita je jak v úplavech, tak ve jmenované oblasti míšení volného proudu, zanedbatelná proti viskozitě turbulentní.

Konvenční hranici úplavů  $y_\varphi$  definujeme jako geometrické místo poloh podélných rychlosí

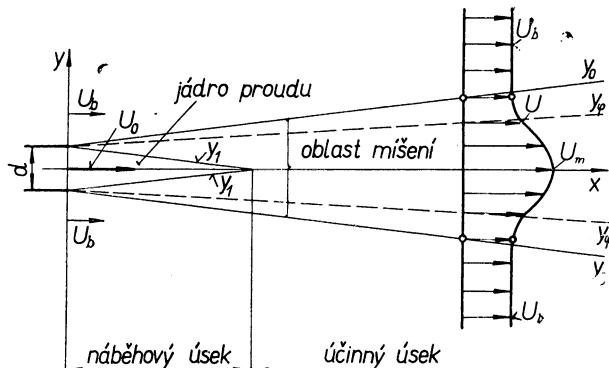
$$U = U_0 - (U_0 - U_m) \varphi_k \quad (4)$$

a u volného proudu jako geometrické místo poloh rychlosí

$$U = U_b + (U_{\max} - U_b) \varphi_k \quad (5)$$

kde  $U_m$  je rychlos v ose úplavu,  $U_{\max}$  je maximální rychlos v oblasti míšení volného proudu a  $\varphi_k$  je parametr, který probíhá interval

$$0 < \varphi_k < 1. \quad (6)$$



Obr. 2. Schéma volného osově souměrného turbulentního proudu.

Konvenční šířka  $b$  úplavů a účinného úseku volného proudu je

$$b = y_\varphi \quad (7)$$

a oblasti míšení náběhového úseku tohoto proudu

$$b = y_\varphi - y_1. \quad (8)$$

## 2. VÝCHOZÍ ROVNICE PRO ODVOZENÍ VZTAHŮ PRO $\tau$ , $\varepsilon$ A $\kappa$ U ÚPLAVŮ A VOLNÉHO PROUDU

Při odvozování vztahu pro  $\tau$  vycházíme u dvojrozměrného úplavu z rovnice

$$\tau_h = \varrho \left[ \frac{d}{dx} \int_0^h U(U - U_0) dy - (U_h - U_0) \frac{d}{dx} \int_0^h U dy \right] \quad (9)$$

a u úplavu osově souměrného z rovnice

$$\tau_h = \frac{\varrho}{h} \left[ \frac{d}{dx} \int_0^h U(U - U_0) y \, dy - (U_h - U_0) \frac{d}{dx} \int_0^h Uy \, dy \right], \quad (10)$$

kde index  $h$  u  $\tau_h$  značí, že jde o veličinu v místě  $y = h$ , ve kterém má rychlosť  $U$  hodnotu  $U_h$ . Pro volný osově souměrný proud platí rovněž rovnice (10), jenomže v ní místo  $U_0$  musíme uvažovat  $U_b$ .

Z rovnice (10) s  $U_b$  místo  $U_0$  vychází pro jádro jmenovaného proudu včetně jeho hranice  $y_1$  napětí  $\tau_h = 0$  a v důsledku zachování celkové hybnosti tekutiny po proudu a po úplavech se z obou rovnic dospěje k též hodnotě i na hranici tohoto proudu a hranici úplavů  $y_0$ .

Rozložení rychlosťí  $U$  napříč úplavů vyjádříme analogicky jako v [1] vztahem

$$U = U_0 - (U_0 - U_m) \varphi(\xi) \quad (11)$$

a v oblasti míšení volného proudu vztahem

$$U = U_b + (U_{\max} - U_b) \varphi(\xi), \quad (12)$$

kde pro náběhový úsek proudu  $U_{\max} = U_0$  a pro úsek účinný  $U_{\max} = U_m$  (rychlosť v ose proudu) a  $\xi$  u úplavů a v účinném úseku proudu je

$$\xi = \frac{y}{y_\varphi} \quad (13)$$

a v náběhovém úseku uvažovaného proudu

$$\xi = \frac{y - y_1}{y_\varphi - y_1}. \quad (14)$$

Symbol  $\varphi(\xi)$  značí funkci explicitně nezávislou na  $x$ , která v intervalu  $0 \leq \xi \leq \xi_0$  ( $\xi_0 = \text{konst.}$  a je to hodnota pro  $y = y_0$ ) nabývá hodnot 1 až 0, je v tomto intervalu spojitá a monotonně klesající. Předpokládáme o ní, že pro  $\xi = 0$  a  $\xi = \xi_0$  má nulové první derivace a pro  $\xi = 1$  je její hodnota ve shodě s (4) a (5) rovna

$$\varphi(\xi)_{\xi=1} = \varphi_k. \quad (15)$$

Počítáme-li nyní napětí  $\tau_h$  pomocí rovnice (9) a (10) za předpokladu  $h = y_\varphi$ , dostaneme toto napětí nejen jako funkci veličiny  $y_\varphi$ , ale v úplavech a v účinném úseku volného proudu i jako funkci rychlosti  $U_m(x)$  a v náběhovém úseku tohoto proudu i jako funkci hranice  $y_1(x)$ . Abychom veličiny  $U_m$  a  $y_1$  ze získaných výsledků mohli vyloučit, potřebujeme pro  $U_m$  a  $y_1$  nalézt ještě další relace. Ty vyjdou též z rovnic (9) a (10), jakmile tyto rovnice pišeme pro  $h = y_0$ . Veličinu  $\tau_h$ , určenou pro  $h = y_\varphi$ , označujeme  $\tau_\varphi$ .

Pomocí  $\tau_\varphi$  a vzoreček (2) a (3) určíme na hranici  $y_\varphi$  pak i viskozitu  $\varepsilon$  a koeficient  $\kappa_1$ . K symbolům  $\varepsilon$  a  $\kappa_1$  rovněž připojujeme index  $\varphi$ . Přitom za šířku  $b$  volíme v (3) hodnotu podle výrazu (7), resp. (8).

Probíhá-li parametr  $\varphi_k$  interval (6), mění se poloha hranice  $y_\varphi$ , a to tak, že s rostoucím  $\varphi_k$  se tato hranice posouvá od vnější hranice  $y_0$  úplavu a účinného úseku volného proudu k ose těchto útvarů a u náběhového úseku tohoto proudu ke hranici  $y_1$ ,

aniž těchto linií dosáhne. Tedy použitou metodou lze určit  $\tau_\varphi$ ,  $\varepsilon_\varphi$  a  $\kappa_{1\varphi}$  v celém úplavu s výjimkou osy a hranice  $y_0$  a u volného proudu v celé oblasti mísení kromě osy a hranice  $y_0$  a  $y_1$ .

Při odvozování vztahů pro  $\tau_\varphi$ ,  $\varepsilon_\varphi$  a  $\kappa_{1\varphi}$  je výhodné používat podobně jako v [1] místo veličin rozměrových  $x$ ,  $y_\varphi$ ,  $U_b$  atd. veličiny poměrné

$$\left. \begin{aligned} x^* &= \frac{x}{d}, \quad y_\varphi^* = \frac{y_\varphi}{d}, \quad y_1^* = \frac{y_1}{d}, \quad U_b^* = \frac{U_b}{U_0}, \\ U_m^* &= \frac{U_m}{U_0}, \quad \tau_\varphi^* = \frac{\tau_\varphi}{\varrho U_0^2}, \quad \varepsilon_\varphi^* = \frac{\varepsilon_\varphi}{d U_0}, \quad \dots \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

### 3. VZTAH PRO $\tau_\varphi$ U DVOJROZMĚRNÉHO ÚPLAVU

Jestliže rovnici (9) píšeme pro  $h = y_\varphi$  a dosadíme do ní za  $U$  výraz (11) a za  $y$  proměnnou  $\xi$  podle (13), dostaneme

$$\tau_\varphi^* = - \frac{d}{dx^*} (B_3 y_\varphi^* \Psi - B_4 y_\varphi^* \Psi^2) + \Psi \varphi_k \frac{d}{dx^*} (y_\varphi^* - B_3 y_\varphi^* \Psi), \quad (17)$$

kde  $\Psi = 1 - U_m^*$  a  $B_3$  a  $B_4$  jsou konstanty

$$B_3 = \int_0^1 \varphi \, d\xi, \quad B_4 = \int_0^1 \varphi^2 \, d\xi. \quad (18)$$

Relaci pro  $\Psi$ , vystupující v rovnici (17), dostaneme z rovnice (9), když tuto píšeme pro  $h = y_0$ . Vychází

$$\frac{d}{dx^*} (B_1 y_\varphi^* \Psi - B_2 y_\varphi^* \Psi^2) = 0, \quad (19)$$

kde  $B_1$  a  $B_2$  jsou konstanty

$$B_1 = \int_0^{\xi_0} \varphi \, d\xi, \quad B_2 = \int_0^{\xi_0} \varphi^2 \, d\xi. \quad (20)$$

Uvážíme-li k rovnici (19) okrajové podmínky, že pro  $x^* = \tilde{x}^*$  je

$$U_m^* = \tilde{U}_m^*, \quad y_\varphi^* = \tilde{y}_\varphi^*, \quad (21)$$

a  $\Psi = \tilde{\Psi} = 1 - \tilde{U}_m^*$ , vychází po integraci

$$B_1 y_\varphi^* \Psi - B_2 y_\varphi^* \Psi^2 = \beta, \quad (22)$$

kde integrační konstanta  $\beta$  je

$$\beta = \tilde{\Psi} \tilde{y}_\varphi^* (B_1 - B_2 \tilde{\Psi}). \quad (23)$$

Z rovnice (22) pak pro  $\Psi$  vyplývá

$$\Psi = \frac{1}{2 B_2 y_\varphi^*} (B_1 y_\varphi^* - \sqrt{B_1^2 y_\varphi^{*2} - 4 B_2 \beta y_\varphi^*}) \quad (24)$$

a tento výsledek je třeba při výpočtu  $\tau_\varphi$  dosadit do (17).

#### 4. VZTAH PRO $\tau_\varphi$ U OSOVĚ SOUMĚRNÉHO ÚPLAVU

Jestliže rovnici (10) píšeme pro  $h = y_\varphi$  a za  $U$  a  $y$  dosadíme podobně jako v dvojrozměrném případě, dostaneme pro napětí  $\tau_\varphi^*$  vztah

$$\tau_\varphi^* = \frac{1}{y_\varphi^*} \left\{ -\frac{d}{dx^*} [y_\varphi^{*2} \Psi(B_7 - B_8 \Psi)] - y_\varphi^* \Psi \frac{d}{dx^*} y_\varphi^{*2} \left( \frac{1}{2} - B_7 \Psi \right) \right\}, \quad (25)$$

v němž  $B_7$  a  $B_8$  jsou konstanty

$$B_7 = \int_0^1 \varphi \xi \, d\xi, \quad B_8 = \int_0^1 \varphi^2 \xi \, d\xi. \quad (26)$$

Relaci pro proměnnou  $\Psi$ , která vystupuje v předcházejícím vztahu (25), dostaneme z rovnice (10), když ji píšeme pro  $h = y_0$ . Vychází

$$\frac{d}{dx^*} y_\varphi^{*2} \Psi(B_5 - B_6 \Psi) = 0, \quad (27)$$

kde  $B_5$  a  $B_6$  jsou konstanty

$$B_5 = \int_0^{\xi_0} \varphi \xi \, d\xi, \quad B_6 = \int_0^{\xi_0} \varphi^2 \xi \, d\xi. \quad (28)$$

Uvážíme-li, že k rovnici (27) patří okrajové podmínky shodné formálně s (21), plyne po integraci této rovnice

$$y_\varphi^{*2} \Psi(B_5 - B_6 \Psi) = \gamma, \quad (29)$$

kde integrační konstanta  $\gamma$  je

$$\gamma = \tilde{y}_\varphi^{*2} \tilde{\Psi}(B_5 - B_6 \tilde{\Psi}). \quad (30)$$

Z rovnice (29) pak pro  $\Psi$  vychází

$$\Psi = \frac{1}{2B_6 y_\varphi^{*2}} (B_5 y_\varphi^{*2} - \sqrt{B_5^2 y_\varphi^{*4} - 4B_5 \gamma y_\varphi^{*2}}) \quad (31)$$

a tento výsledek je třeba dosadit do (25).

Určení turbulentní viskozity  $\varepsilon_\varphi$  a koeficientu  $\kappa_{1\varphi}$  provedeme pro oba úplavy v kap. 6.

#### 5. VZTAHY PRO $\tau_\varphi$ U VOLNÉHO OSOVĚ SOUMĚRNÉHO PROUDU

Uvažované vztahy odvodíme nejdřív pro náběhový úsek proudu, potom pro úsek účinný.

##### a. Náběhový úsek proudu

Píšeme-li rovnici (10), kde místo  $U_0$  uvažujeme  $U_b$ , pro  $h = y_\varphi$  a za  $U$  a  $y$  dosazujeme podle (12) a (14), dostaneme po úpravě

$$\tau_\varphi^* = \frac{1 - U_b^*}{y_\varphi^*} \frac{d}{dx^*} \left[ \frac{1}{2} (1 - \varphi_k) y_1^{*2} + y_1^* (y_\varphi^* - y_1^*) \beta_3 + (y_\varphi^* - y_1^*)^2 \beta_4 \right], \quad (32)$$

kde  $\beta_3$  a  $\beta_4$  jsou konstanty

$$\left. \begin{aligned} \beta_3 &= U_b^* [(1 + \varphi_k) B_3 - B_4 - \varphi_k] + (B_4 - \varphi_k B_3), \\ \beta_4 &= U_b^* \left[ (1 + \varphi_k) B_7 - B_8 - \frac{1}{2} \varphi_k \right] + (B_8 - \varphi_k B_7) \end{aligned} \right\}, \quad (33)$$

v nichž  $B_3$ ,  $B_4$ ,  $B_7$  a  $B_8$  jsou základní konstanty podle (18) a (26).

Ve vztahu (32) vystupuje veličina  $y_1^*$ , pro kterou najdeme relaci pomocí rovnice (10), když tuto s uvážením  $U_b$  místo  $U_0$  píšeme pro  $h = y_0$ . Po úpravě vychází

$$(1 - U_b^*) \frac{d}{dx^*} \left[ \frac{1}{2} y_1^{*2} + (y_\varphi^* - y_1^*)^2 \beta_2 + y_1^* (y_\varphi^* - y_1^*) \beta_1 \right] = 0, \quad (34)$$

kde  $\beta_1$  a  $\beta_2$  jsou konstanty

$$\begin{aligned} \beta_1 &= U_b^* B_1 + (1 - U_b^*) B_2, \\ \beta_2 &= U_b^* B_5 + (1 - U_b^*) B_6, \end{aligned} \quad (35)$$

v nichž  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_5$  a  $B_6$  jsou konstanty základní (20) a (28). Uvážíme-li, že k rovnici (34) patří okrajové podmínky, že pro  $x^* = 0$  je

$$y_1^* = y_\varphi^* = \frac{1}{2}, \quad U^* = 1, \quad (36)$$

dostaneme po integraci této rovnice

$$\frac{1}{2} y_1^{*2} + (y_\varphi^* - y_1^*)^2 \beta_2 + y_1^* (y_\varphi^* - y_1^*) \beta_1 = \frac{1}{8}, \quad (37)$$

resp.

$$\left( \frac{1}{2} - \beta_1 + \beta_2 \right) y_1^{*2} + (\beta_1 - 2B_2) r_\varphi^* r_1^* + \beta_2 r_\varphi^{*2} = \frac{1}{8}. \quad (38)$$

Řešením této rovnice dostaneme pro  $y_1^*$

$$y_1^* = a y_\varphi^* \pm \sqrt{b - c y_\varphi^{*2}}, \quad (39)$$

kde  $a$ ,  $b$  a  $c$  jsou konstanty

$$a = \frac{2\beta_2 - \beta_1}{2 \left( \frac{1}{2} - \beta_1 + \beta_2 \right)}, \quad b = \frac{1}{8} \frac{1}{\frac{1}{2} - \beta_1 + \beta_2}, \quad c = \frac{\beta_2}{\frac{1}{2} - \beta_1 + \beta_2} - a^2. \quad (40)$$

Při výpočtu  $r_\varphi$  je pak třeba za  $y_1^*$  do (32) dosadit podle (39).

### b. Účinný úsek proudu

Píšeme-li rovnici (10), v níž místo  $U_0$  uvažujeme  $U_b$  a za  $U$  a  $y$  dosazujeme podle (12) a (13), dostaneme po úpravě

$$\tau^* = \frac{1}{y_\varphi^*} \left\{ \frac{d}{dx^*} [y_\varphi^{*2} \Psi(U_b^* B_7 + B_8 \Psi)] - \varphi_k \Psi \frac{d}{dx^*} \left[ y_\varphi^{*2} \left( \frac{1}{2} U_b^* + B_7 \Psi \right) \right] \right\}, \quad (41)$$

kde  $B_7$  a  $B_8$  jsou konstanty podle (26).

Pro  $\Psi = 1 - U_m^*$  ve vztahu (41) najdeme relaci z rovnice (10), kterou píšeme pro  $h = y_0$  a do které dosazujeme stejné veličiny jako v předcházejícím případě. Dostaneme po úpravě

$$\frac{d}{dx^*} [y_\varphi^{*2} \Psi (U_b^* B_5 + B_6 \Psi)] = 0, \quad (42)$$

kde  $B_5$  a  $B_6$  jsou konstanty podle (28). Uvážíme-li k této rovnici okrajové podmínky, že pro  $x^* = \tilde{x}^*$  je

$$y_\varphi^* = \tilde{y}_\varphi^*, \quad U_m^* = \tilde{U}_m^* \quad (43)$$

a  $\Psi = \tilde{\Psi} = 1 - \tilde{U}_m^*$ , vychází odtud po integraci

$$y_\varphi^{*2} \Psi (U_b^* B_5 + B_6 \Psi) = \delta, \quad (44)$$

kde integrační konstanta  $\delta$  je

$$\delta = \tilde{y}_\varphi^{*2} \tilde{\Psi} (U_b^* B_5 + B_6 \tilde{\Psi}). \quad (45)$$

Z rovnice (44) pak pro  $\Psi$  vychází

$$\Psi = \frac{1}{2B_6 y_\varphi^{*2}} (-U_b^* B_5 y_\varphi^{*2} + \sqrt{U_b^{*2} B_5^2 y_\varphi^{*4} + 4\delta B_6 y_\varphi^{*2}}) \quad (46)$$

a tento výsledek je třeba dosadit do vztahu (41).

Pro  $U_b^* = 0$  se vztahy (41) a (46) sjednoduší na vztahy

$$\tau_\varphi^* = \frac{1}{y_\varphi^*} \left[ B_8 \frac{d}{dx^*} (y_\varphi^{*2} U_m^*) - \varphi_k U_m^* B_7 \frac{d}{dx^*} (y_\varphi^{*2} U_m^*) \right], \quad (47)$$

$$U_m^* = \tilde{U}_m^* \frac{\tilde{y}_\varphi^*}{y_\varphi^*}. \quad (48)$$

Vyloučíme-li pak ze vztahu (47) veličinu  $U_m^*$  pomocí vztahu (48), dostaneme po úpravě vztah

$$\tau_\varphi^* = -\varphi_k B_7 U_m^{*2} \frac{\tilde{y}_\varphi^{*2}}{y_\varphi^{*2}} \frac{dy_\varphi^*}{dx^*}. \quad (49)$$

Turbulentní viskozitu  $\varepsilon_\varphi$  a koeficient  $\kappa_{1\varphi}$  určíme pro sledovaný volný proud podle následující kapitoly.

## 6. VZTAHY PRO $\varepsilon_\varphi$ A $\kappa_{1\varphi}$ U ÚPLAVŮ A U VOLNÉHO OSOVĚ SOUMĚRNÉHO PROUDU

Při odvozování vztahů pro  $\varepsilon_\varphi$  a  $\kappa_{1\varphi}$  vycházíme ze vzorců (2) a (3). Úpravou vzorce (2) dostáváme

$$\varepsilon_\varphi^* = \frac{y_\varphi^*}{P\Psi} \tau_\varphi^*, \quad (50)$$

kde  $P$  je konstanta

$$P = -\left(\frac{d\varphi}{d\xi}\right)_{\xi=1}. \quad (51)$$

Úpravou vzorce (3) pak vychází

$$\kappa_{1\varphi} = \frac{1}{y_\varphi^* \bar{\Psi}} \varepsilon_\varphi^* = \frac{1}{P \bar{\Psi}^2} \tau_\varphi^*. \quad (52)$$

Dosadíme-li pak do (50) a (52) za  $\tau_\varphi^*$  v případě úplavů výrazy (17) a (25) a v případě volného proudu výrazy (32) a (41), resp. (49) dostaneme konečné vztahy pro  $\varepsilon_\varphi$  a  $\kappa_{1\varphi}$ .

Praktické příklady výpočtu  $\tau_\varphi$ ,  $\varepsilon_\varphi$  a  $\kappa_{1\varphi}$  uvedeme v jiné statí.

## ZÁVĚR

V článku jsou odvozeny vztahy pro turbulentní tečné napětí ( $\tau$ ), turbulentní viskozitu ( $\varepsilon$ ) a Prandtlův empirický koeficient ( $\kappa_1$ ) v dvojrozměrném a osově souměrném turbulentním úplavu a ve volném osově souměrném turbulentním proudění. Pomocí těchto vztahů se jmenované veličiny určují z experimentálně zjištěné konvenční hranice ( $y_\varphi$ ), a to za předpokladu, že známe rozložení středních podélných rychlostí v příčných řezech těchto útvarů.

## LITERATURA

- [1] Novák J., Vztahy pro turbulentní tečné napětí, turbulentní viskozitu a Prandtlův empirický koeficient  $\kappa_1$  ve volných proudech, zasláno k publikaci.

## RELATIONS FOR TURBULENT TANGENTIAL STRESS, TURBULENT VISCOSITY AND FOR PRANDTL'S EMPIRICAL COEFFICIENT $\kappa_1$ ON WAKES BEHIND THE BODIES AND ON FREE JET SYMMETRICAL WITH RESPECT TO THE AXIS

Ing. Josef Novák, CSc.

The paper deals, similarly as in [1] with derivation of relations for the approximate determination of turbulent tangential stress, turbulent viscosity and of Prandtl's empirical coefficient on the two-dimensional and axial symmetrical turbulent wake and on the free, axial symmetrical turbulent jet. These wakes and the jet are considered as incompressible and the named quantities in them are determined from the measured convection limit by means of derived relations.

## ОТНОШЕНИЯ ДЛЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ТУРБУЛЕНТНОЙ ВЯЗКОСТИ И ЭМПИРИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРАНДТЛА $\kappa_1$ В СЛЕДАХ ЗА ТЕЛАМИ И В СВОБОДНОЙ СИММЕТРИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ СТРУЙ

Инж. Йосиф Новák, канд. тех. наук

В статье подобно как в [1] выведены отношения для приближенного определения турбулентного тангенциального напряжения, турбулентной вязкости и эмпирического коэффициента Прандтла в двухразмерном и симметричном относительно оси турбулентного следа и в свободной, симметричной относительно оси турбулентной струи.

Указанные следы и течение считаются несжимаемыми и приведенные в них величины при помощи выведенных отношений определяются из измеренного обусловленного предела.

## **RELATIONS CONCERNANT LA TENSION TURBULENT TANGENTIELLE, LA VISCOSITE TURBULENT ET LE COEFFICIENT EMPIRIQUE $\alpha_1$ DE PRANDTL DANS LES REMOUS DERRIERE LES CORPS ET DANS LE JET LIBRE, SYMETRIQUE PAR RAPPORT A UNE DROITE**

*Ing. Josef Novák, CSc.*

Dans l'article présente on déduit, pareillement comme dans celui [1], des relations concernant a détermination approximative de la tension turbulente tangentielles, de la viscosité turbulente et du coefficient empirique de Prandtl dans le remous à deux dimensions, symétrique par rapport à une droite, turbulent et dans le jet libre, symétrique par rapport à une droite, turbulent. Les remous et le courant sont considérés comme incompressibles et les grandeurs susnommées dans ceux-ci sont déterminées de la limite de convection à l'aide des relations déduites.

## **BEZIEHUNGEN FÜR DIE TURBULENTE TANGENTIALSPANNUNG, TURBULENTE VISKOSITÄT UND FÜR DEN PRANDTLSCHEN EMPIRISCHEN KOEFFIZIENT $\alpha_1$ IM TOTWASSER HINTER DEN KÖRPERN UND IM FREIEN, ACHSENSYMMETRISCHEN STROM**

*Ing. Josef Novák, CSc.*

Im vorliegenden Artikel werden, ebenso wie im [1], die Beziehungen für die approximative Bestimmung der turbulenten Tangentialspannung, der turbulenten Viskosität und für den Prandtlschen empirischen Koefizient im zweidimensionalen, achsensymmetrischen turbulenten Totwasser und im freien, achsensymmetrischen turbulenten Strom abgeleitet. Dieses Totwasser und der Strom werden als unverdichtbar betrachtet und die genannten Größen in diesen werden mittels der abgeleiteten Beziehungen aus der abgemessenen Konvektionsgrenze bestimmt.

---

### **● Nové směrnice VDI**

VDI/VDE — odborná skupina pro regulační techniku vydala novou směrnici VDI/VDE 2176 — list 1: „Proudové charakteristiky regulačních klapek“ (Strömungstechnische Kenngrößen von Stellklappen), která navazuje na dříve vydanou směrnici VDI/VDE 2173: „Proudové charakteristiky regulačních ventilů“ (Strömungstechnische Kenngrößen von Stellventilen).

Vzhledem k tomu, že se směrnice 2173 u výrobců a uživatelů regulačních orgánů velmi osvědčila, byla požadována obdobná směrnice také pro regulační klapky, které získávají stále více na významu. Ulehčí se správné osazování regulačních klapek, jsou-li známy jejich regulační vlastnosti na podkladě měření. Dají se zvolit vhodné velikosti a lze určit změny průtoku klapkami v závislosti na úhlu nastav-

ení. Směrnice je zpracována na podkladě měření klapek typu NW 100 až NW 400.

---

S + HT 7/71

(Ku)

### **● Sauna v našem životě (MUDr. A. Mikolášek)**

Kniha hovoří o zařízení a proceduře nejrůznějších druhů saun a velmi podrobně a zasvěceně se zabývá fyziologickým, estetickým, morálním i společenským účinkem saun na člověka. Velké množství fotografií, obrázků a diagramů ještě zvyšuje celkovou hodnotu publikace, která je tak určena pro nejširší okruh čtenářů.

Vydalo SNTL v roce 1972, 104 stran, 102 obrázků, 4 tabulky, 6 grafů, cena vázaného výtisku 19 Kčs.

# LAMELOVÝ KONTAKTNÝ VÝMENÍK PRE ADIABATICKÉ VLHČENIE VZDUCHU

ING. KAROL FERSTL, CSc.

*Strojnická fakulta SVŠT, Bratislava*

Článek obsahuje odvození vzťahů pro určení účinnosti adiabatické blánové práčky vzduchu a jejich hydraulických odporníků. Odvozené vzťahy byly experimentálne ovŕšené a získaný optimálni rozmerové teplosmenných ploch. Podľa výsledkov optimalizácie bolo navrhnutá blánová práčka, ktorá sa v súčasné době vyrába v závode Vzduchotechnika Nové Mesto n. Váhom.

Recenzoval: doc. Ing. Jaroslav Chyský, CSc.

## PREHĽAD POUŽITÝCH OZNAČENÍ:

<i>A</i>	— výška kanála,
<i>a</i>	— súčinatel teplotovej vodivosti,
<i>C</i>	— dĺžka (hlbka) kanála,
<i>c<sub>v</sub>, p</i>	— merné teplo vzduchu pri konštantnom tlaku,
<i>D<sub>c</sub></i>	— súčinatel difúzie,
<i>G</i>	— hmotnosť tekutiny pripadajúcej na jednotku šírky kanála,
<i>i</i>	— merná entalpia vzduchu,
<i>k</i>	— súčinatel kontrakcie,
<i>L</i>	— Lewisov súčinatel,
<i>Le</i> $\left( = \frac{a_v}{D_c} \right)$ ; <i>Eu</i> ; <i>Nu</i> ; <i>Pe</i> ; <i>Pr</i> ; <i>Re</i>	— Lewisovo, Eulerovo, Nusseltovo, Pépletovo, Prandtovo, Reynoldsovo kritérium
<i>p</i>	— celkový tlak v kanáli,
<i>p<sub>p</sub></i>	— parciálny tlak vodných pár,
<i>p'p</i>	— tlak nasýtených pár,
<i>r<sub>w</sub></i>	— výparné teplo vody pri teplote <i>t<sub>w</sub></i> ,
<i>t</i>	— teplota,
<i>t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub></i>	— „suchá“ teplota vzduchu pred a po zvlhčení,
<i>t<sub>m</sub></i>	— mokrá teplota vzduchu,
<i>t<sub>v</sub></i> = $(t_v + t_w) : 2$	— stredná teplota vzduchu v kanáli,
<i>w</i>	— rýchlosť,
<i>x</i>	— merná vlhkosť nenasýteného vzduchu,
<i>x''</i>	— merná vlhkosť nasýteného vzduchu,
<i>z*</i>	— bezrozmerná dĺžka kanála,
<i>α</i>	— súčinatel preistupu tepla,
<i>β<sub>p</sub></i>	— súčinatel prenosu hmoty vztažený na rozdiel parciálnych tlakov,
<i>β<sub>x</sub></i>	— súčinatel prenosu hmoty vztažený na rozdiel merných vlhkostí,
<i>λ</i>	— súčinatel teplnej vodivosti,
<i>v</i>	— kinematická väzkosť,
<i>μ</i>	— dynamická väzkosť,
<i>ρ</i>	— merná hmota,
<i>ρ'</i>	— pomerné množstvo vody.

### *indexy:*

- v* — pre vzduch,  
*w* — pre vodnú blanu,  
*z* — v smere súradnice *z*.

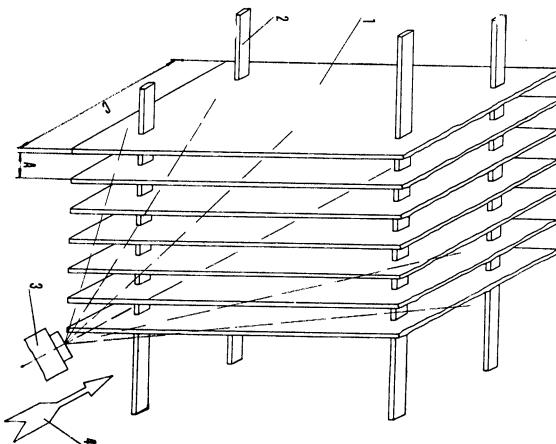
### *indexy v spojení s p<sub>p</sub>; t; x:*

- v* — v jadre vzdušného prúdu pri teplote *t<sub>v</sub>*.  
*w* — na povrchu vodnej blany pri teplote *t<sub>w</sub>*.

## 1. ÚVOD

V klimatizačnej technike sa vlhčí vzduch až doposiaľ prevažne v sprchových práčkach. Ich dĺžka býva v medziach 1 600 až 3 000 mm a pracujú obvykle pri rýchlosťach vzduchu od 1,5 po 2,5 m/s, s pomerným množstvom vody od 0,4 do 1,4 kg/kg s. v. Táto, pomerne vysoká hodnota, je spojená s veľkou spotrebou energie a vyžaduje veľký počet jemne rozprášujúcich dýz, ktoré sa ľahko upchávajú. Odlučovač kvapiek, s viacnásobne lomenými lamelami, zvyšuje popri tom tlakovú stratu zariadenia.

Spomenuté, ako aj iné nedostatky sprchových práčiek prinútili výrobcov vyvíjať ľúčinnejšie zvlhčovacie zariadenia [9]. Väčšina z nich prislúcha k tzv. blanovým kontaktným výmeníkom, ktoré pracujú na princípe styku vzduchu s vodnou blanou



Obr. 1. Zväzok lamiel vlhčiacej bunky.

voľne stekajúcou po pevnom povrchu. Výmeníky tohto druhu sa presadzujú v poslednej dobe pre celý rad výhod, najmä k chladeniu a vlhčeniu vzduchu v klimatizácii. Z posúdenia charakteristických hodnôt týchto výmeníkov, ako aj z literárnych údajov vyplýva, že vlhčenie vzduchu v blanových systémoch možno považovať za veľmi intenzívne [8], [10]. Napriek tomu doterajšie konštrukcie nevyužívajú všetky výhody, ktoré sa dajú získať aplikáciou blanového systému pri laminárnom prúdení upravovaného vzduchu. Je to zaviné jednak nevhodnou voľbou tvaru a rozmeru povrchu, po ktorom steká vodná blana a jednak jeho nedostatočnou zmáčavosťou. V snahe vyhnúť sa týmto nedostatkom bol navrhnutý a skonštruovaný teplosmenný prvok, ktorý bol vynájdený na základe teoretických úvah o zvlhčovacích sústavách so zmáčaným povrhom [7].

Prvok na obr. 1 pozostáva z teplosmenných plôch 1 v podstate vzájomne rovnoobežných, ostrekovaných vodou z dýzy 3 a od seba oddelených vložkami 2, ktoré udržujú konštantný rozstup lamiel. Význam tejto konštrukcie spočíva v tom, že pri prestrepe tepla a prenose vlhkosti pri chladení a súčasnom vlhčení vzduchu v klimatizačnom zariadení splňuje požiadavky, aby súčinitel účinku adiabatického vlhče-

nia  $E_a$  pri rýchlosťi vzduchu okolo 3 m/s pred zvlhčovačom bol vyšší než 0,85 popri strate tlaku na strane vzduchu (odpor zvlhčovača voči prúdeniu vzduchu) nižšej než 60 N/m<sup>2</sup>. Súčinatel účinku adiabatického vlhčenia je definovaný ako obvykle

$$E_a = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_m}. \quad (1)$$

## 2. PRESTUP TEPLA V KANÁLI — SÚČINITEĽ ÚČINKU ADIABATICKÉHO VLHČENIA $E_a$

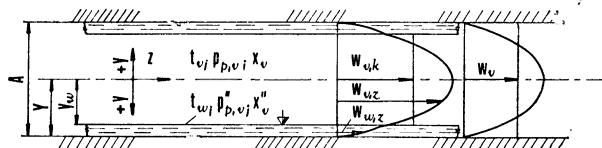
Pri prúdení vzduchu v rovinnom (plochom) kanáli, ktorého steny sú pokryté vodnou blanou *obr. 2*, platí pre adiabatický proces prestupu tepla medzi vzduchom a vodnou blanou približne, ale s dostatočnou presnosťou rovnica izoentalpickeho vlhčenia (pre jednotku šírky kanála)

$$2\alpha (t_v - t_w) dz + 2\beta_p (p_{p,v} - p_{p,w}'') r_w dz = -G_v di = 0 \quad (2)$$

a pre proces prenosu hmoty (vodnej pary) rovnica

$$2\beta_p (p_{p,v} - p_{p,w}'') dz = -G_v dx. \quad (3)$$

Geometria úlohy je daná nasledovnou (symetrickou) schémou — *obr. 2*.



Obr. 2. Schéma prúdenia vzduchu a vodnej blany v kanáli.

Prenos hmoty však môžeme vyjadriť dostatočne presne aj pomocou merných vlhkostí [6]

$$2\beta_x (x_v - x_w'') dz = -G_v dx, \quad (3a)$$

kde  $\beta_x = 1,61 \beta_p p$ .

Za týchto okolností upravíme rovnicu (2) na tvar

$$t_v - t_w = (x_w'' - x_v) \frac{\beta_x}{\alpha} r_w. \quad (2a)$$

Riešením diferenciálnej rovnice (3a) pri okrajovej podmienke: pre  $z = 0$ ;  $x_v = x_{v1}$ , je

$$x_w'' - x_v = (x_w'' - x_{v1}) \exp\left(-\frac{2\beta_x}{G_v} z\right). \quad (4)$$

Ak za rozdiel merných vlhkostí ( $x_w'' - x_v$ ) dosadíme do vzťahu (2a) pravú stranu rovnice (4), dostaneme

$$t_v - t_w = (x_w'' - x_{v1}) \frac{\beta_x}{\alpha} r_w \exp\left(-\frac{2\beta_x}{G_v} z\right). \quad (5)$$

Pre  $z = C$  (na konci kanála) je teplota vzduchu  $t_v = t_{v2}$ ; dosadením týchto hodnôt do predošlého vzťahu a vykonaním príslušných úprav obdržíme rovnicu

$$\frac{t_{v1} - t_w}{x''_w - x_{v1}} \left( 1 - \frac{t_{v1} - t_{v2}}{t_{v1} - t_w} \right) = \frac{\beta_x}{\alpha} r_w \exp \left( - \frac{2\beta_x C}{G_v} \right). \quad (6)$$

Zlomok v zátvorke na ľavej strane je však súčinom súčinitelov adiabatického vlhčenia  $E_a$ , definovaným vzťahom (1), pretože teplota vody  $t_w$  už na veľmi krátkej vzdialenosť od vstupu do kanála nadobudne hodnotu mokrej teploty vzduchu  $t_m$  [10]; môžeme preto napísť

$$E_a = 1 - \frac{x''_w - x_{v1}}{t_{v1} - t_w} \frac{\beta_x}{\alpha} r_w \exp \left( - \frac{2\beta_x C}{G_v} \right). \quad (7)$$

Prietočné množstvo vzduchu v kanáli jednotkovej šírky je však

$$G_v = 3600 w_v Q_v A \quad [\text{kg/h}]. \quad (8)$$

Označme ďalej

$$(x''_w - x_{v1}) \beta_x r_w = q_{\beta 1}, \quad (9)$$

$$(t_{v1} - t_w) \alpha = q_{\alpha 1}. \quad (10)$$

Zavedením súčinitela teplotovej vodivosti vzduchu

$$a_v = \frac{\lambda_v}{c_{v, p} Q_v}$$

kritérií podobnosti

$$Re = \frac{w_v 2A}{\nu_v}, \quad Pr = \frac{\nu_v}{a_v}, \quad Nu = \frac{\alpha 2A}{\lambda_v},$$

$$L = \frac{\alpha}{\beta_x c_{v, p}}, \quad Pe = Re Pr$$

kde  $2A = De$  — ekvivalentný priemer štrbinového kanála, bezrozmernej dĺžky kanála vzťahom [1]

$$z^* = \frac{C}{2A \text{Re} \text{Pr}} \quad (11)$$

a dosadením vzťahov (8), (9) a (10) do vzťahu (7), obdržíme pre súčinu týchto hodnôt súčinu súčinitelov adiabatického vlhčenia  $E_a$  výraz

$$E_a = 1 - \frac{q_{\beta 1}}{q_{\alpha 1}} \exp \left( -4z^* \frac{Nu}{L} \right). \quad (12)$$

Zlomok  $\frac{q_{\beta 1}}{q_{\alpha 1}}$  vyjadruje vplyv neadiabatičnosti procesu na vstupe do kanála. Tento vplyv však vzhľadom na veľmi krátky úsek tepelnej stabilizácie môžeme zanedbať, tj. hodnotu zlomku položiť rovnú 1 [2], [10]. Podobne aj hodnotu  $L$  pokladáme za rovnú približne 1 (vzhľadom na pomer  $a_v/D_c \approx 1$ ) [4]. O laminárnom prúdení v plochom (štrbinovom) kanáli je ďalej známe [5], že pri dodržaní podmienky

$$Pe \frac{2A}{C} = \frac{1}{z^*} < 70, \quad (13)$$

tj. pre  $z^* > 0,015$  je stredná hodnota Nusseltovho čísla pri stabilizovanom prestupe tepla  $\bar{Nu} = 7,5$ . Majúc na zreteli uvedené skutočnosti, upravíme vzťah (12) na tvar

$$E_a = 1 - \exp(-30 z^*) \quad (14)$$

**Poznámka:**

Teplo v kanáli prestupuje medzi vzduchom a povrchom vodnej blany; určujúcou rýchlosťou, ktorá vystupuje v Reynoldsovom kritériu je preto relatívna rýchlosť medzi vzduchom a vodnou blanou  $w_{rel}$ . Pre zjednodušenie výpočtov k získaniu údajov o tepelných vlastnostiach kanála je výhodné poukázať na to [8], [10], že  $w_{rel}$  sa nelíši podstatne od strednej rýchlosťi vzduchu v súchom, tj. nezmáčkanom kanáli  $w_v$ . Tento poznatok umožnil v rovniciach pre prestup tepla počítať s rýchlosťou  $w_v$  ako rýchlosťou charakteristickou.

### 3. HYDRODYNAMICKE RIEŠENIE SPRCHOVANÉHO „PLOCHÉHO KANÁLA“ PRI LAMINÁRNOM PRÚDENÍ

#### Prietočné množstvo vody a vzduchu

Uvažujeme rovinné, hydrodynamicky stabilizované laminárne prúdenie, pri ktorom sa rýchlosť  $w_z$  mení len v smere osi  $y$  (obr. 2), tlakové sily pôsobia len v smere osi  $z$  a šmykové napätie  $s$  je úmerné gradientu rýchlosťi  $w_z$  v smere osi  $y$ . Za týchto okolností môžeme odvodiť diferenciálnu pohybovú rovnicu Navier–Stokesovú pre prúdenie nestlačiteľnej tekutiny v kanáli v smere osi  $z$ . Pre prúdenie vzduchu bude mať tvar

$$\frac{d^2 w_{v,z}}{dy^2} = \frac{1}{\mu_v} \frac{dp}{dz}, \quad (15)$$

ktorej obecným riešením je

$$w_{v,z} = \frac{1}{2\mu_v} \frac{dp}{dz} y^2 + C_{1v} y + C_{2v}. \quad (16)$$

Pre prúdenie vodnej blany dostaneme analogicky rovnicu

$$\frac{d^2 w_{w,z}}{dy^2} = \frac{1}{\mu_w} \frac{dp}{dz}, \quad (17)$$

ktorej obecným riešením je

$$w_{w,z} = \frac{1}{2\mu_w} \frac{dp}{dz} y^2 + C_{1w} y + C_{2w}. \quad (18)$$

Kladná hodnota  $dp$  značí prírastok tlaku v smere prúdenia (osi  $z$ ). Nás však zaujíma úbytok tlaku (tlaková strata), tj. záporná hodnota  $dp$ . Preto úbytok tlaku v smere prúdenia bude

$$dp_s = -dp. \quad (19)$$

Geometria úlohy je daná opäť symetrickou schémou podľa obr. 2. Okrajové podmienky úlohy sú

$$\text{pre } y = 0 \quad \text{je} \quad \frac{dw_{v,z}}{dy} = 0 \quad \text{a})$$

$$y = y_w; \quad w_{v,z} = w_{w,z} \quad \text{b})$$

$$y = Y; \quad w_{w,z} = 0 \quad \text{c})$$

a z rovnováhy trecích a tlakových síl

$$\text{pre } y = Y; \quad \frac{dp_s}{dz} Y = -\mu_w \left( \frac{dw_{w,z}}{dy} \right)_{y=Y}. \quad (d)$$

Po zistení integračných konštant z uvedených okrajových podmienok a ich dosadení do príslušných rovníc dostaneme po úprave úplné riešenie diferenciálnych rovnic (15) a (17) v tvare

$$w_{v,z} = \frac{1}{2\mu_v} \frac{dp_s}{dz} \left\{ \left[ \frac{\mu_v}{\mu_w} + k^2 \left( 1 - \frac{\mu_v}{\mu_w} \right) \right] Y^2 - y^2 \right\}, \quad (20)$$

$$w_{w,z} = \frac{1}{2\mu_w} \frac{dp_s}{dz} (Y^2 - y^2), \quad (21)$$

kde

$$k = \frac{y_w}{Y} \quad (22)$$

je súčinitel kontrakcie.

Objemové množstvo vzduchu pripadajúce na jednotku šírky (v smere súradnice  $x$ ) kanála je

$$O_{v1} = 2 \int_0^{y_w} w_{v,z} dy. \quad (23)$$

Po dosadení  $w_{v,z}$  zo vzťahu (20) a integrovaní dostaneme

$$O_{v1} = \frac{k Y^3}{\mu_v} \frac{dp_s}{dz} \left[ \frac{\mu_v}{\mu_w} + k^2 \left( \frac{2}{3} - \frac{\mu_v}{\mu_w} \right) \right]. \quad (24)$$

Objemové množstvo vody pripadajúce na jednotku šírky kanála je

$$O_{w1} = 2 \int_{y_w}^Y w_{w,z} dy, \quad (25)$$

kde  $w_{w,z}$  dosadíme zo vzťahu (21).

Obdobne integrovaním a vykonávaním príslušných úprav dostaneme

$$O_{w1} = \frac{Y^3}{\mu_w} \frac{dp_s}{dz} \left( \frac{2}{3} - k + \frac{k^3}{3} \right). \quad (26)$$

Pomerné množstvo vody, definované vzťahom

$$\varrho^* = \frac{G_w}{G_v} \quad (27)$$

potom bude

$$\varrho^* = \frac{O_{w1}\varrho_w}{O_{v1}\varrho_v} = \frac{\mu_v \varrho_w}{\mu_w \varrho_v} \frac{\frac{2}{3} - k + \frac{k^3}{3}}{\left[ \frac{\mu_v}{\mu_w} + k^2 \left( \frac{2}{3} - \frac{\mu_v}{\mu_w} \right) \right] k}. \quad (28)$$

### Strata tlaku $\Delta p_s$

Zavedeme strednu rýchlosť vzduchu  $w_{v,k}$  v kanáli jednotkovej šírky. kontrahovanom vodnou blanou, vzťahom

$$w_{v,k} = \frac{O_{v1}}{2y_w}, \quad (29)$$

kde  $O_{v1}$  dosadíme zo vzťahu [24]. Použitím vzťahu (22) a úpravou potom dostaneme

$$\frac{dp_s}{dz} = -\frac{2\mu_v}{\frac{\mu_v}{\mu_w} + k^2 \left( \frac{2}{3} - \frac{\mu_v}{\mu_w} \right)} \frac{w_{v,k}}{Y^2}. \quad (30)$$

Je zrejmé, že  $dp_s/dz$  nie je funkciou súradnice  $z$ , čo je charakteristické pre stabilizované laminárne prúdenie. Z toho vyplýva, že pre kanál s danými rozmermi, pri známych tepelnofyzikálnych parametroch vzduchu a vody a udanom pomernom množstve vody je hodnotou konštantnou. Platí preto

$$\Delta p_s = \int_0^{dp_s} dp_s = \frac{2\mu_v}{\frac{\mu_v}{\mu_w} + k^2 \left( \frac{2}{3} - \frac{\mu_v}{\mu_w} \right)} \frac{w_{v,k}}{Y^2} \int_0^C dz$$

a teda

$$\Delta p_s = \frac{dp_s}{dz} C. \quad (31)$$

Zavedením strednej rýchlosťi vzduchu v suchom — vodnou blanou nezúženom kanáli  $w_v$  dostaneme z rovnice kontinuity

$$Ov_1 = 2w_{v,k}y_w = 2w_v Y$$

pre  $w_{v,k}$  vzťah

$$w_{v,k} = \frac{Y}{y_w} w_v,$$

tj.

$$w_{v,k} = \frac{w_v}{k}, \quad (32)$$

čo dosadíme do vzťahu (30).

Porovnaním vzťahov (30) a (31), pre stratu tlaku v kanáli obdržíme výraz

$$\Delta p_s = \frac{2\mu_v}{\left[ \frac{\mu_v}{\mu_w} + k^2 \left( \frac{2}{3} - \frac{\mu_v}{\mu_w} \right) \right] k} \frac{w_v C}{Y^2} \quad (33)$$

a napokon v bezrozmernej závislosti

$$Eu = \frac{32}{\left[ \frac{\mu_v}{\mu_w} + k^2 \left( \frac{2}{3} - \frac{\mu_v}{\mu_w} \right) \right] k} \Pr{z^*}, \quad (34)$$

kde

$$Eu = \frac{\Delta p_s}{\rho_v w_v^2}.$$

#### 4. POČETNÉ SPRACOVANIE RIEŠENÍ

Pre návrh optimálneho vlhčiaceho elementu sú dôležité nasledovné charakteristické činitele:

zo vzťahu (34) je

$$\frac{\text{Eu}}{z^*} = \frac{32 \text{ Pr}}{\left[ \frac{\mu_v}{\mu_w} + k^2 \left( \frac{2}{3} - \frac{\mu_v}{\mu_w} \right) \right] k} = K_1, \quad (35)$$

zo vzťahu (14)

$$\frac{-\ln E}{z^*} = K_2, \quad (36)$$

kde

$$E = 1 - E_a \quad (37)$$

a

$$K_2 = 30;$$

napokon je to vzťah (28) medzi pomerným množstvom vody  $\varrho^*$  a súčiniteľom kontrakcie prierezu vodnej blanou  $k$ . Pre zvolené hodnoty  $k$  (od 0,9 do 0,99 po jednej stotine) boli vypočítané hodnoty  $K_1$  a  $\varrho^*$  a zanesené do tabuľky pre nasledovné charakteristické parametre vzduchu a vody:

$i$	$t_{v1}$ [°C]	$t_w(t_m)$ [°C]	$\bar{t}_v$ [°C]
1	25	14	19,5
2	35	17	26
3	28	16	22
4	40	20	30
5	17	11	14

So zreteľom na pomerné množstvo vody  $\varrho^*$ , ktoré pri sprchovaní vlhčiaceho elementu je v medziach  $0,02 \leq \varrho^* \leq 0,11$ , je vhodné závislosti  $k$  a  $K_1$  na  $\varrho^*$  (v diagramoch, alebo údaje v tabuľke) aproximovať vhodnými vzťahmi. Tak je možné získať uvedených medziach  $\varrho^*$  a  $i = 1$  až 5 nasledovné vzťahy:

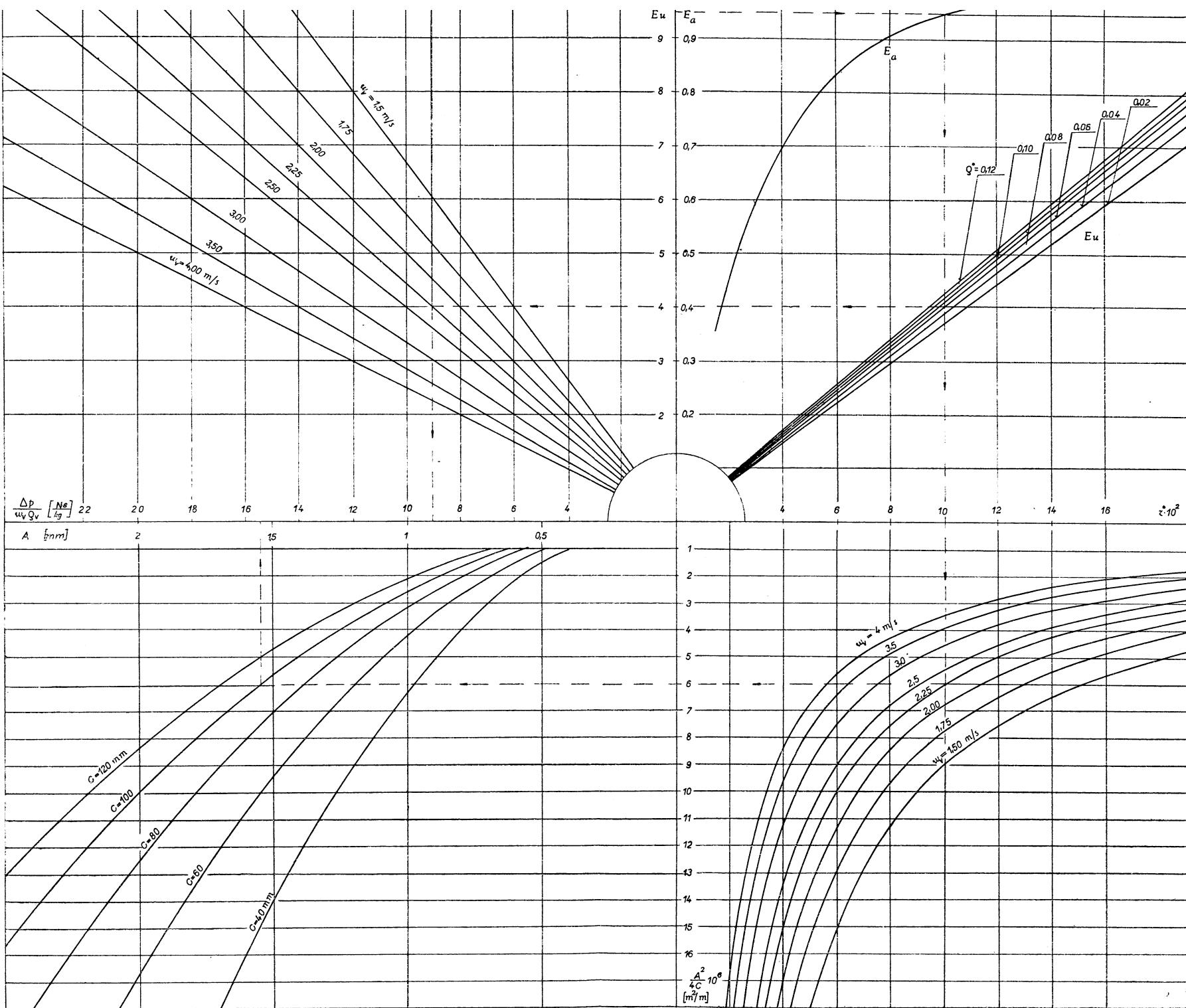
$$k = 0,98 - 0,4 \varrho^*, \quad (38)$$

$$K_1 = 49,54 \varrho^{*0,075}, \quad (39)$$

s chybou menšou než 2,5 %.

#### 5. STANOVENIE NAJVÝHODNEJŠÍCH GEOMETRICKÝCH PARAMETROV KANÁLA

Za predpokladu, že celá aktívna plocha vlhčiaceho elementu je dokonale zvlhčená, môžeme k návrhu geometrických parametrov kanála použiť rovnice (11, ) (28) a (35) až (39), pomocou ktorých boli zostrojené diagrame na obr. 3.



Obr. 3. Sústava diagramov k návrhu geometrických parametrov kanálu vlhčiaceho elementu (bunky).

*Postup je nasledovný:*

V pravom hornom diagrame sú pre hodnoty  $z^*$  od  $2 \cdot 10^{-2}$  po  $18 \cdot 10^{-2}$  vynesené hodnoty súčinitela účinku  $E_a$  a Eulerovho čísla  $\text{Eu}$  podľa závislostí

$$E_a = 1 - \exp(-K_2 z^*) \quad (14a)$$

a

$$\text{Eu} = K_1 z^*, \quad (35a)$$

kde  $K_1$  je funkciou  $z^*$  podľa vzťahu (39).

V pravom dolnom diagrame sú pre uvedené rozmedzie hodnôt  $z^*$  a zvolené hodnoty rýchlosťi  $w_v$  ( $1,5; 1,75; 2,00; 2,25; 2,50; 3,00; 3,50$  a  $4,00 \text{ m/s}$ ) vynesené hodnoty pomerov geometrických parametrov kanála buňky ( $A^2/4C$ )  $10^6$  podľa vzťahu

$$\frac{A^2}{4C} = \frac{a_v}{16 \cdot 3600 w_v z^*} \quad \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{m}} \right], \quad (40)$$

odvodeneho z výrazu (11).

Pre strednú hodnotu teploty vzduchu v kanáli  $t_v = 22^\circ\text{C}$  (pre  $i = 1 \div 5$ ) je súčinieľ teplotovej vodivosti vzduchu  $a_v = 7,795 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{h}$ ; po dosadení do vzťahu (40) a úpravou dostaneme

$$\frac{A^2}{4C} 10^6 = \frac{1,351}{w_v z^*} = K_3. \quad (41)$$

V ľavom dolnom diagrame sú čiary znázorňujúce závislosť rozmeru  $A$  [mm] na pomeru  $A^2/4C$  pre zvolené hodnoty hĺbky kanála  $C$  [mm] podľa vzťahu

$$A = \sqrt{\frac{4CK_3}{10^6}} \quad [\text{mm}]. \quad (42)$$

Napokon v ľavom hornom diagrame je znázornená graficky závislosť

$$\frac{\Delta p_s}{w_v q_v} = \text{Eu } w_v, \quad (43)$$

kde  $\text{Eu}$  je nezávisle premenná veličina a  $w_v$  je parameter. Priebeh čiar v diagramoch dokazuje, že plochý kanál sa dá realizovať bez podstatných obtiaží.

Pri konštrukčnom návrhu účinného vlhčacieho elementu vychádzame okrem iného z nasledovných požiadaviek: dosiahnuť čo možno najlepšiu účinnosť  $E_a$  pri čo možno najnižšej hodnote straty tlaku  $\Delta p_s$ , za podmienky, aby sa element so zreteľom na technológiu výroby ďal ľahko realizovať. Okrem toho je žiaduce, aby sa súčinieľ účinku  $E_a$  zmenou rýchlosťi  $w_v$  v kanáli menil čo najmenej.

Pri pohľade na diagram vidíme, že pri vysokých hodnotach pomeru  $A^2/4C$  sú hodnoty  $z^*$ , ako aj im odpovedajúce hodnoty  $\text{Eu}$  malé, teda i hodnoty straty tlaku pri prúdení vzduchu cez buňku sú nízke. Táto výhoda je však oproti tomu potlačená malými dosažiteľnými hodnotami účinnosti  $E_a$ , ktorá naviac, vzrastom rýchlosťi cez element rapídne klesá. Pri nízkych hodnotach pomeru  $A^2/4C$  sú hodnoty  $z^*$ , ako aj im odpovedajúce hodnoty účinnosti  $E_a$  vysoké, avšak hodnoty  $\text{Eu}$ , a teda i straty tlaku sú veľké. Voľba takéhoto elementu by bola z hľadiska energetického málo efektívna. Okrem toho pri pohľade na priebeh kriviek  $A = f(A^2/4C; C)$  vidíme, že pre  $C = 40 \text{ mm}$  je hodnota  $A$  veľmi malá, v praxi pracnejšie realizovateľná. Pre

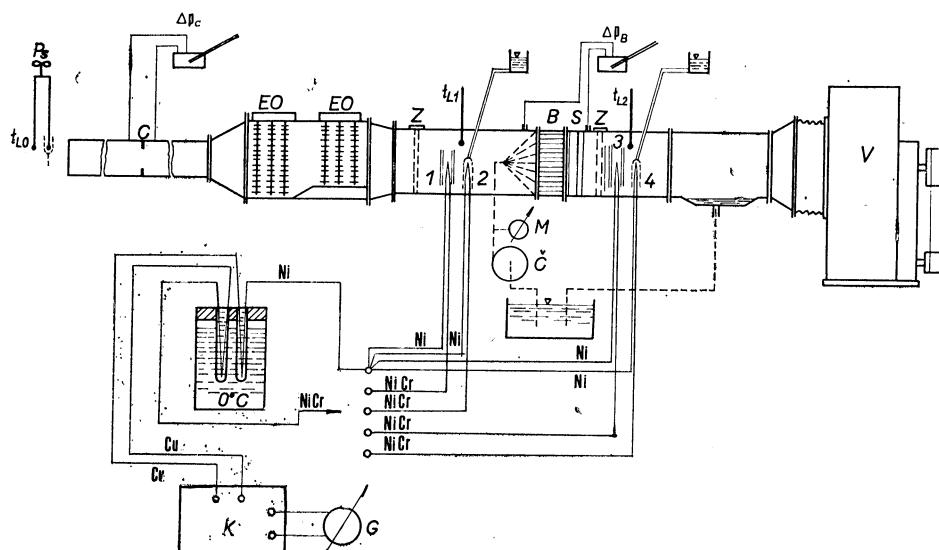
$C = 120$  mm vychádza hodnota  $A$  priažnivejšie, avšak predlžuje sa tým celé zariadenie.

Z vyslovených úvah je zrejmé, že optimálne parametre vlhčiaceho prvku sa budú nachádzať medzi spomenutými okrajovými oblastami  $z^*$  ako aj pomeru  $A^2/4C$ . Pre potreby klimatizačnej praxe, ako i z hľadiska komplexného hodnotenia účinného vlhčiaceho prvku vyhovuje oblasť charakterizovaná hodnotami [7], [8], [10]

$$\frac{\Delta p_s}{w_v Q_v} = 6 \div 15 \quad \left[ \frac{\text{N s}}{\text{kg}} \right]$$

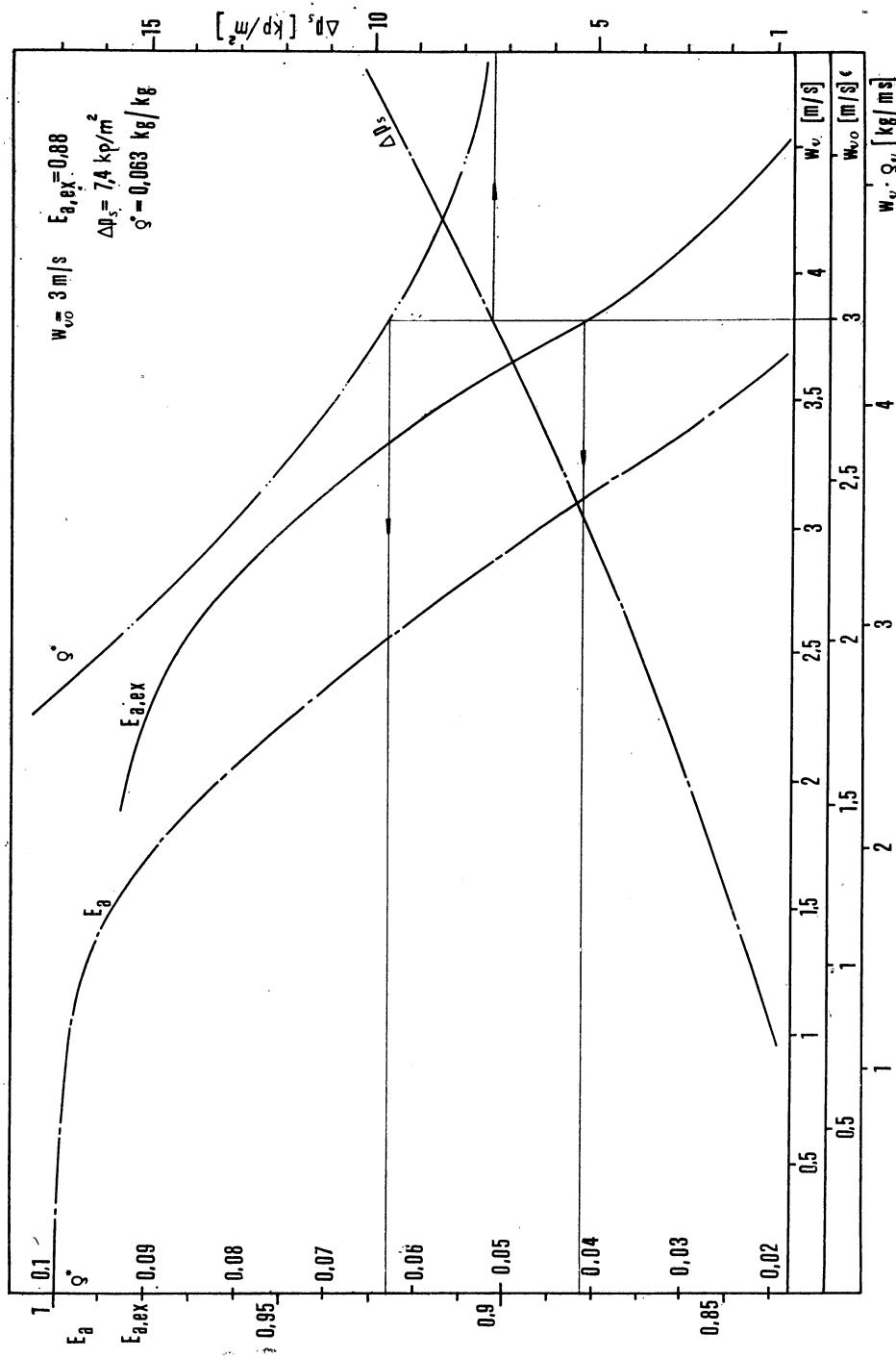
alebo

$$\frac{A^2}{4C} = (3,5 \div 9) 10^{-6} \quad \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{m}} \right].$$



Obr. 4. Schéma skúšobného zariadenia ( $t_{L1}$ ,  $t_{L2}$  — ortutové teplomery prevažne pre informatívne meranie; 1, 3 — termočlánky pre suchú teplotu vzduchu pred a za bunkou (pre presné meranie); 2, 4 — termočlánky pre mokrú teplotu vzduchu pred a za bunkou;  $\Delta p_c$  — mikromanometer pre tlakový rozdiel pred a za meracou clonkou;  $\Delta p_B$  — mikromanometer pre meranie tlakovej straty bunky (včítane separátora);  $B$  — vlhčiacia bunka;  $C$  — clonka pre meranie prietocného množstva vzduchu;  $EO$  — elektrické ohrievače vzduchu;  $Z$  — perforované plechy k premiešaniu vzduchu;  $V$  — ventilátor;  $\tilde{C}$  — čerpadlo;  $M$  — manometer;  $P_s$  — psychrometer;  $K$  — kompenzátor;  $G$  — galvanometer; Ni, NiCr — termočlánkové drôty; Cu — spojovacie vedenie).

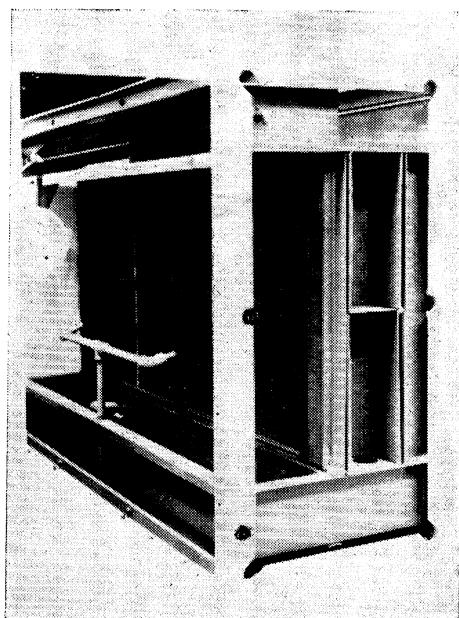
Účinok tohto usporiadania, ako je známe, sa stupňuje, ak je prevažná časť alebo celý povrch rovnobežných plôch hydrofilný. Pre vlhčenie vzduchu v klimatizácii vyhovuje tejto požiadavke zvlášť papier, a to pre svoju nízku hmotnosť i cenu; jeho vhodnosť pre opísaný účel bola overená skúškami. Vlhčiaca buňka bola vytvorená zo zväzku papierových lamiel, cez ktorý prechádzajú vložky udržujúce konštantný rozstup lamiel a ktorý je obalený tenkým hliníkovým plechom.



## 6. EXPERIMENTÁLNE OVERENIE VÝPOČTOVÝCH ÚDAJOV

K tomuto účelu boli zhotovené vlhčiace buňky s veľkosťou  $0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$ . Lamely pozostávali z impregnovaného sulfátového papiera s hrúbkou 0,25 mm (hmotnosť  $100 \text{ g/m}^2$ ); rozstup lamiel zaisťovali vložky z hliníkových pások. Bunky s parametrami  $A = 1,56 \text{ mm}$ ,  $C = 100 \text{ mm}$  ( $A^2/4C = 6,084 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{m}$ ) boli zainštalované do zvlhčovacej komory zvisle, so zvislou polohou lamiel a zmerané v rozsahu hodnôt  $z^*$  od cca 4 do 11. Schéma skúšobného zariadenia je na obr. 4.

K ostrekovaniu lamiel sa použila dýza SSC typ 1/8 GG 1,5 s plným rozstrekovacím kužeľom. Merania sa vykonali pri adiabatickom procese k overeniu vlhčiaceho



Obr. 6. Laminárna práčka vzduchu.

účinku a tlakovej straty buniek. Mokrá teplota vzduchu  $t_m$ , ktorá sa merala vlhčenou termočlánkovou sondou, charakterizuje prostredníctvom rozdielu ( $t_1 - t_m$ ) skutočné potenciálne možnosti, ktoré sú k dispozícii pre proces vlhčenia vzduchu zmáčanými lamelami. V diagrame na obr. 5 sú krivky, ktoré boli zostrojené z nameraných hodnôt  $t_1$  a  $t_m$  (krivka  $E_{a,ex}$ ), tlakovej straty  $\Delta p_s$  (včítane separátora) a pomerného množstva vody  $q^*$ . Experimentálne výsledky sa napokon porovnali s výsledkami teoretičkými; ako vidieť z priebehu kriviek experimentálnych hodnôt  $E_{a,ex}$  a hodnôt výpočtových  $E_a$ , je medzi nimi dobrá zhoda.

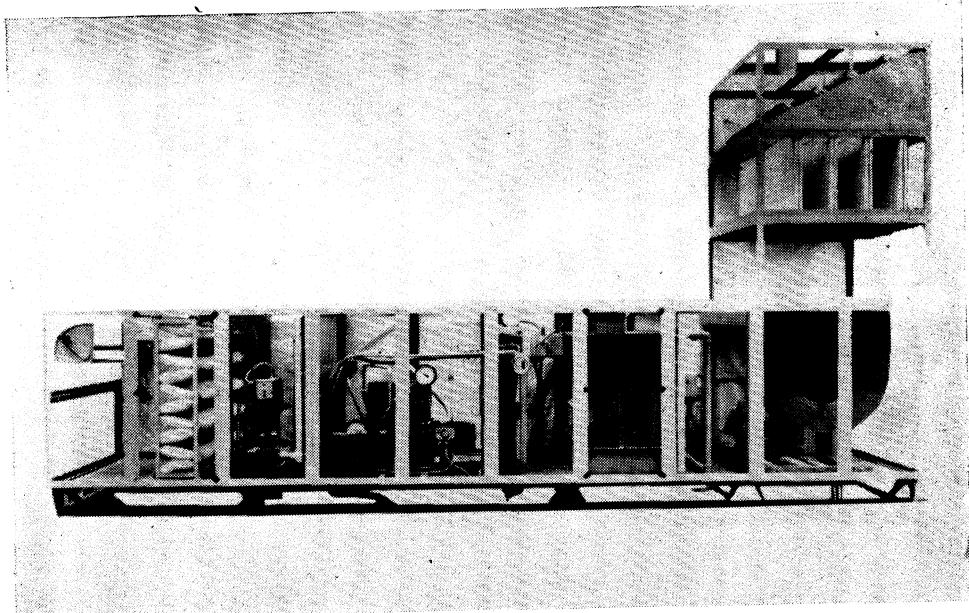
Skúškami sa overila vysoká hodnota súčiniteľa účinku adiabatického procesu vlhčenia vzduchu pri jeho laminárnom prúdení v bunke a boli objasnené i mnohé iné otázky súvisiace s prevádzkou laminárnej práčky. Pohľad na ňu je na obr. 6.

K ilustrácii predností skúmaného laminárneho vlhčiaceho systému môžeme uviesť nasledovné — experimentami potvrdené údaje: pri rýchlosťi vzduchu  $3 \text{ m/s}$

pred vstupom do bunky s rozmermi  $A = 1,56$  mm a  $C = 100$  mm bola zistená hodnota súčiniteľa účinku adiabatického vlhčenia  $E_a = 0,88$ , pri strate tlaku na strane vzduchu  $\Delta p_s = 72,5 \text{ N/m}^2 (= 7,4 \text{ kp/m}^2)$ . Množstvo sprchujúcej vody ne-prekročilo hodnotu  $0,1 \text{ kg/kg}$  s. v. — pozri diagram na obr. 5.

Z hľadiska chovania sa lamiel za prevádzky je možné konštatovať, že vhodnou technológiou impregnovania papieru bola docieľaná ich rovinná stálosť a pevnosť (lamely sa za prevádzky nešúveria).

Klimatizačné zariadenia s opisanými laminárnymi bunkami pre adiabatické vlhčenie vzduchu vyrába u nás n. p. Vzduchotechnika v Novom Meste n/Váhom. Pohľad na práčku v zostave zariadenia „Condita“ je na obr. 7.



Obr. 7. Stavebnicová ležatá klimatizačná jednotka „Condita“ s laminárnou pračkou vzduchu.

#### ZOZNAM LITERATÚRY

- [1] Baehr H. D., Hicken E.: Neue Kennzahlen und Gleichungen für den Wärmeübergang in laminar durchströmten Kanälen.  
Kältetechnik — Klimatisierung, Band 21, 2, 1969.
- [2] Grigull U., Tratz N.: Thermischer Einlauf in ausgebildeter laminarer Rohrströmung.  
Int. J. Heat. Mass Transfer, Vol. 8.
- [3] Petuchov B. S.: Teploobmen i soprotivlenie pri laminarnom tečenii ťídkosti v trubkach.  
Energia, Moskva 1967.
- [4] Chyský J.: Vlhký vzduch.  
SNTL, Praha 1963.
- [5] Kutateladze S. S.: Osnovy teorii teploobmena. Mašgiz, Moskva 1962.
- [6] Berman L. D.: IspaiiteInoje ochlaždenie cirkulacionnoj vody. Gosenergeoizdat, Moskva 1957.
- [7] Němeček M., Fersl K.: Teplosměnný prvek pro sdílení tepla a hmoty mezi vzdušinou a vodou, zejména pro chlazení a vlhčení vzduchu.  
Patentový spis č. 132 168, Úřad pro patenty a vynálezy ČSSR, Praha 15. IV. 1969.

- [8] Němeček M.: Laminární pračky vzduchu. Výskumná správa VÚV Praha č. Z — 68-563, 1968.
- [9] Fersl K.: Vlhčenie vzduchu. I. a II. časť. Zdravotní technika a vzduchotechnika, roč. 12 (1969), č. 4 a 5—6.
- [10] Fersl K.: Teoretické riešenie a experimentálne overenie pôvodného blanového prvku pre adiabatické vlhčenie vzduchu. Kandidátska dizertačná práca, Strojnícka fakulta SVŠT v Bratislave, 1970.

## MULTIPLE PLATE CONTACT EXCHANGER FOR ADIABATIC AIR HUMIDIFICATION

*Ing. Karol Fersl, CSc.*

The paper deals with the derivation of relations determining the adiabatic membrane air washer efficiency and its hydraulic resistances. The derived relations were experimentally verified and the most favorable dimensions of the heat exchanger surfaces gained. In accordance with the results of the optimization a membrane washer was projected which is fabricated, at the same time, in the establishment „Vzduchotechnika“, Nové Mesto n. Váhom.

## ПЛАСТИНЧАТЫЙ КОНТАКТНЫЙ ОБМЕННИК ДЛЯ АДИАБАТИЧЕСКОГО УВЛАЖНЕНИЯ ВОЗДУХА

*Инж. Карол Ферсл, кандидат технических наук*

Статья занимается выведением отношений для определения коэффициента полезного действия адиабатической пленочной мойки воздуха и ее гидравлических сопротивлений. Выведенные отношения были проверены экспериментальным путем и были получены оптимальные размеры теплообменных площадей. На основе результатов оптимизации была проектирована пленочная мойка, которую в настоящее время выпускает завод „Воздухотехника“ Нове Место над Вагом.

## KONTAKTLAMELLENAUSTAUSCHER FÜR DIE ADIABATISCHE LUFTBEFEUCHTUNG

*Ing. Karol Fersl, CSc.*

Der Artikel befasst sich mit der Ableitung der Beziehungen für die Bestimmung des Wirkungsgrades des adiabatischen Wasserhautwäschers und seiner hydraulischen Widerstände. Die abgeleiteten Beziehungen wurden experimentell nachgewiesen und optimale Abmessungen der Wärmetauschflächen erzielt. Den Ergebnissen der Optimalisierung entsprechend wurde ein Wasserhautwäscher entworfen, der gegenwärtig im Werk für Lufttechnik „Vzduchotechnika“ in Nové Mesto n. Váhom erzeugt wird.

## ECHANGEUR DE CONTACT LAMELLE POUR HUMIDIFICATION ADIABATIQUE

*Ing. Karol Fersl, CSc.*

L'article présenté s'occupe de la dérivation des relations pour la détermination du rendement du laveur de l'air à membrane adiabatique et de ses résistances hydrauliques. Les relations dérivées ont été vérifiées expérimentalement et on a obtenu les dimensions optimales des surfaces d'échange de chaleur. Basé sur les résultats de l'optimisation on a élaboré le projet d'un laveur à membrane qui est construit, à présent, dans l'entreprise „Vzduchotechnika“ à Nové Mesto n. Váhom.

# 3,4-BENZPYREN V POLÉTAVÉM PRACHU PRACOVIŠT DESTILACE ČERNOUHELNÉHO DEHTU

ING. VÁCLAV MAŠEK, CSc.\*)

Výzkumný a zkušební ústav NHKG, Ostrava-Kunčice

Na dvaceti odběrových stanovištích tří čs. destilací černouhelného dehtu zjišťoval autor obsah 3,4-benzpyrenu v polétavém prachu a v ovzduší. Rozbor ukázal přítomnost zjištované látky ve všech vzorcích, zejména však v respirabilních podilech do 5 µm. Je nutná pečlivá údržba zejména čerpadel smoly a rekonstrukce zařízení k plnění a vyprazdňování cisteren s horkou smolou.

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

## 1. ÚVOD

Od roku 1933 stojí v popředí zájmu uhlovodík 3,4-benzpyren, který krystaluje z benzenmetylalkoholového roztoku ve žlutavých jehlicích o bodu tání kolem 177 °C a bodu varu 495, 5 °C. Je to látka poměrně dosti stálá, oxidací se mění jen nesnadno, má význačné fluorescenční a absorpcní spektrum, je však relativně velmi prchavá [1]. Z polycyklických uhlovodíků je to do dnešní doby nejstudovanější látka, a to především pro její vysokou kancerogenní aktivitu a nežádoucí rozšíření v ovzduší především průmyslových měst a některých pracovišť. Pokusy korelovat kancerogenní účinnost s koncentrací 3,4-benzpyrenu v ovzduší nemusí však být vždy oprávněné. Přítomnost této látky v prostředí pracovišt může však vždy sloužit jako indikátor produktů nedokonalého spalování.

3,4-benzpyren vzniká v černouhelných deitech koksováním uhelné vsázky za nepřistupu vzduchu při teplotách nad 600 °C. Tato látka se tvoří s největší pravděpodobností [2] jen v menší míře pyrogenní kondenzací aromátů popřípadě parafinů, ale v protikladu k mnohým výše- a vysokokondenzovaným aromátům spíše dienovou syntézou, pro níž jsou ve sběrném prostoru koksárenské peci vhodné teplotní a reakční podmínky (dienofily, etylén, acetylén). Větší tvorba 3,4-benzpyrenu v deitech pocházejících z uhelné vsázky o větším obsahu prchavých láttek je způsobena tím, že za daných teplotních podmínek vytváří se v koksárenské peci pestřejší paleta i větší množství láttek vhodných k syntéze. Jsou přítomny ve větším množství látky, které mají dvojnou vazbu v poloze 1,3 a tak mají zvýšenou reakční schopnost k polymerizaci a k vazbě na jiné látky [3] až [8].

K základnímu dělení černouhelného dehtu dochází při destilaci, kde se získává 40—50 % olejových podílů a 50—60 % destilačního zbytku — smoly. V některých závodech dochází i k odesílání popřípadě přijímání zásilek dehtu neb smoly k dalšímu zpracování. Netěsnostmi technologického zařízení a v důsledku vyšších provozních teplot může docházet k menšímu či většímu úniku 3,4-benzpyrenu do ovzduší. O přítomnosti 3,4-benzpyrenu v polétavém prachu pracovišt destilace černouhelného dehtu nenašli jsme však žádných literárních zpráv.

\*) Za pečlivou laboratorní spolupráci děkuje autor Ing. Otmarovi Trytkovi.

## 2. ČÁST EXPERIMENTÁLNÍ

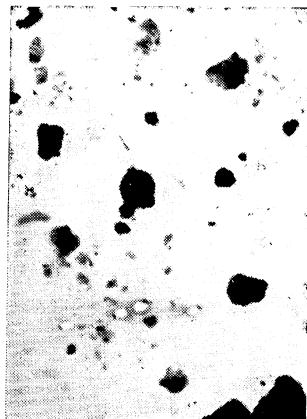
K odběru vzorků polétavého prachu na vybraných pracovištích zvolili jsme 3 dehtové destilace, přičemž destilace závodu I byla nejstarší, závodu III nejnovější. Destilace závodu II byla součástí velkého hutního podniku s koksovnou. Zvláštní pozornost jsme při odběru vzorků věnovali obsluze čerpacích stanic a stáčení, po případě plnění cisteren dehtem nebo smolou.

Vzorky jsme odebrali na 20 stanovištích (*tab. I*) v roce 1969, a to jednak na 566 impregnovaných filtroch Schleicher-Schüll (bílá pánska) o průměru 11 cm při prosáti téměř  $5\ 000\ m^3$  vzduchu ke stanovení obsahu 3,4-benzpyrenu chromatograficky podle *Zdražila a Pichy* [9] a jednak ke stanovení prašnosti a získání větších vzorků polétavého prachu Soxhletovými patronami při dlouhodobých odběrech.

Ukázky vzhledu nejmenších částic podávají *obr. 1* až *obr. 6*. Byly zhotoveny na



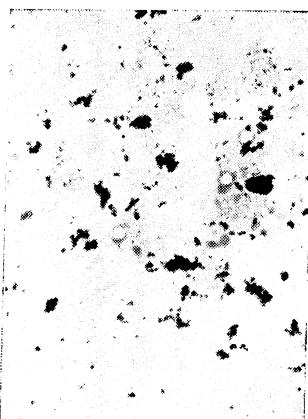
Obr. 1. Odběrové stanoviště č. 2.



Obr. 2. Odběrové stanoviště č. 3.

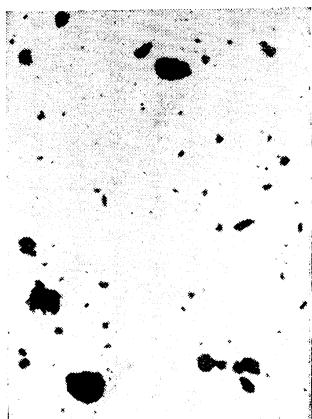


Obr. 3. Odběrové stanoviště č. 7.



Obr. 4. Odběrové stanoviště č. 9.

60 kV elektronovém mikroskopu Tesla BS 242 B při celkovém zvětšení 15 900× pomocí techniky koloidové nosné blanky.



Obr. 5. Odběrové stanoviště č. 18.



Obr. 6. Odběrové stanoviště č. 20.

Tab. I. Přehled odběrových stanovišť na 3 dehtových destilacích

Odběrové stanoviště č.	Závod	Pracoviště	
1	I	u jímadla	*)
2		ve 4. poschodí	*)
3		u smolných kotlů	***)
4		u parních čerpadel	*)
5		v čerpací stanici dehtu	*)
6		při stáčení cisteren dehtu (dole)	***)
7	II	u čerpadel smoly +)	*)
8		před čerpadlovou	***)
9		v řídícím velínu	**)
10		před správní budovou	***)
11		u trubkové pece	***)
12		v 1. poschodí destilace	****)
13		u zásobních nádrží	***)
14		u stáčení horké smoly z cisteren (dole)	***)
15	III	vedle čerpadla pro dehet	*)
16		vedle čerpadla pro prací olej	*)
17		v řídícím velínu	**)
18		u trubkové pece	***)
19		při plnění cisteren horkou smolou (nahoře)	****)
20		při stáčení dehtu z cisteren (dole)	****)

\*) větrání otevřenými dveřmi, po případě oknem

\*\*) klimatizované prostředí

\*\*\*) na volném prostranství

\*\*\*\*) zastřešeno, volné boční stěny

+ ) ve špatném mechanickém stavu

Základní výsledky stanovení prašnosti a obsahu 3,4-benzypyrenu ve vysušených vzorcích polétavého prachu a v ovzduší jsou obsaženy v tab. II. Ve všech vzorcích byla zjištěna přítomnost 3,4-benzypyrenu, největší však při plnění a vyprazdňování cisteren s horkou smolou; toto pracoviště si vyžaduje technologickou rekonstrukci. Na odběrovém stanovišti č. 7 byla prokázána nutnost pečlivé údržby zařízení pro zamezení nadměrných emisí.

Z pracovního hlediska je však méně významné stanovení obsahu této látky pouze v celkovém vzorku polétavého prachu. Lidé jsou totiž ohrožováni především částicemi.

Tab. II. Stanovení 3,4-benzypyrenu v polétavém prachu a v ovzduší 20 stanovišť

Odběrové stanoviště č.	Závod	Průměrné hodnoty		Obsah 3,4-benzypyrenu v µg ve 100 m <sup>3</sup> ovzduší		
		prašnost [mg/m <sup>3</sup> ]	obsah 3,4-benzypyrenu v prachu [µg/g]	nejméně	nejvíce	průměr
1	I	2,0	555	52	191	111
2		1,8	733	66	226	132
3		3,8	431	21	840	164
4		2,1	395	33	158	83
5		1,6	450	13	107	72
6		2,1	367	17	169	77
7	II	1,7	2 554	177	849	435
8		3,7	130	20	98	48
9		0,5**)*)	660	15	73	32
10		3,5	251	15	331	88
11		2,3	288	14	219	66
12		2,2	246	9	204	54
13		3,8	332	67	244	126
14		3,6	1 751	415	847	632
15	III	0,7	229	4	30	16
16		0,7	415	11	83	29
17		0,1	800	3	30	8
18		1,9	121	2	81	23
19		0,9	14 066*)	417	7 736	1 266
20		0,9	245	3	72	22

\*) jen přibližný údaj

\*\*) klimatizace jen částečně v provozu

cemí prachu o průměru do 5 µm, tzv. respirabilním podílem. Ze základních fyzikálních principů vyplývají jen tyto 3 metody měření, popřípadě získávání částic o různé velikosti:

- a) z geometrického tvaru částic (sítování, optická nebo elektronová mikroskopie),
- b) z hydrodynamických vlastností (sedimentace v kapalině, třídění v proudu vzduchu),
- c) z optických vlastností (nefelometrie, tranzitometrie, fotoelektrické sedimentometry).

Zvolili jsme kombinaci sítování (oddělení částic větších než 50 µm) se sedimentační Andreasenovou pipetovou metodou v popisu podle Šimečka [10]. Metoda umožňuje

změnu hloubky ponoření pipety během zkoušky; za tím účelem je pipeta protažena dolů v tálý kužel. Nasávání suspenze do pipety a vypouštění suspenze do odpařovací misky se provádí pomocí kohoutů, napojených na nasávací a vyfukovací balón. Protože však prach z odebraných vzorků nelze ani třepáním přivést do stálé vodní suspenze, bylo nutno použít smáčedla ke snížení povrchového napětí vody.

Z průměrných vzorků polétavého prachu jsme stanovili disperzitu v rozsahu do 5, 6—20, 21—50 a nad 50  $\mu\text{m}$ ; v jednotlivých podílech (kromě posledního) jsme pak stanovili obsah 3,4-benzpyrenu.

Tab. III. Průměrná disperzita polétavého prachu  
a obsah 3,4-benzpyrenu v podílech podle velikosti

Odběrové stanoviště č.	Závod	Podíly do 5 $\mu\text{m}$		Podíly 6—20 $\mu\text{m}$		Podíly 21—50 $\mu\text{m}$		Podíly nad 50 $\mu\text{m}$
		% hmot.	obsah 3,4-benz-pyrenu [ $\mu\text{g/g}$ ]	% hmot.	obsah 3,4-benz-pyrenu [ $\mu\text{g/g}$ ]	% hmot.	obsah 3,4-benz-pyrenu [ $\mu\text{g/g}$ ]	% hmot.
1	I	34,5	675	46,8	537	18,7	466	0,0
2		45,3	875	45,6	703	9,1	491	0,0
3		27,6	432	41,9	426	21,0	420	9,5
4		46,5	416	45,7	490	7,8	361	0,0
5		43,1	504	46,2	438	10,7	352	0,0
6		30,6	378	47,9	370	17,4	361	4,1
7	II	44,2	2 630	47,8	2 584	8,0	1 974	0,0
8		24,1	135	39,5	137	27,6	138	8,8
9		76,3	753	22,0	508	1,7	—	0,0
10		27,6	265	40,9	247	22,1	246	9,4
11		29,6	301	42,3	276	20,0	278	8,1
12		35,7	277	48,9	240	14,2	216	1,2
13		28,5	340	47,4	329	17,5	329	6,6
14		30,4	1 811	45,3	1 698	20,1	1 637	4,2
15	III	47,9	247	42,8	210	9,3	202	0,0
16		42,8	508	50,1	371	7,1	363	0,0
17		68,5	860	29,5	703	2,0	—	0,0
18		30,1	128	45,2	133	18,8	118	5,9
19		26,8	14 200*)	43,5	13 942*)	27,9	14 065*)	1,8
20		29,3	273	39,4	239	30,1	238	1,2

\*) jen přibližný údaj

Z výsledků v tab. III vyplývá především, že polétavý prach v uzavřených pracovištích je složen z částic o průměru nejvíce 50  $\mu\text{m}$ , v klimatizovaných prostorách většinou jen do 20  $\mu\text{m}$ . Na pracovištích nekrytých nebo jen částečně krytých jsme zjistili 1,2—9,5 % hmot. částic o průměru větším než 50  $\mu\text{m}$ . Respirabilní podíl prachu z 20 odběrových stanovišť obsahoval 24,1—76,3 % hmot. částic o průměru 6—20  $\mu\text{m}$  bylo 23,0—50,1 % hmot., částice o průměru 21—50  $\mu\text{m}$  tvořily 1,7—27,6 % hmot. V uzavřených nebo částečně uzavřených neb krytých pracovištích obsahují nejmenší částice nejvíce 3,4-benzpyrenu, částice o průměru 21—50  $\mu\text{m}$  pak nejméně. U polétavého prachu na volném prostranství není však tato závislost tak přesvědčivá.

### **3. ZÁVĚR**

Práce je pokračováním našich předcházejících studií o vlastnostech tuhých emisí na koksovnách. Polétavý prach na všech prověřovaných pracovištích destilace černouhelného dehtu obsahuje 3,4-benzpyren, a to především v nejmenších částicích o průměru do 5 μm. Přitom celkový obsah této látky je vyšší než v polétavém prachu na pracovištích baterií koksujících uhelnou vsázku. Je zapotřebí trvalá a pečlivá údržba zařízení destilace, zejména čerpadel. Proces plnění a vyprazdňování cisteren s horkým zbytkovým produktem (smolou), který je zdrojem škodlivých emisí, vyžaduje rekonstrukci s hermetizací. Na opatření ke zlepšení zjištěného stavu se pracuje.

### **LITERATURA**

- [1] Rondia D.: Sur la volatilité des hydrocarbures polycyclique. *Int. J. Air Wat. Pollut.* 38, 1965, 38, 1965, s. 113—121.
- [2] Mašek V.: K vzniku 3,4-benzpyrenu v černouhelných dehtech. *Paliva* 44, 1964, s. 266—270.
- [3] Mašek V.: 3,4-benzpyren v prachu a v ovzduší koksovny v Lazích a v jejím okolí. *Čs. hygiena* 10, 1965, s. 86—96.
- [4] Mašek V.: Polyzyklische Aromaten in den Kokereiexhalationen. *Brennstoff-Chemie* 48, 1967, s. 307—309.
- [5] Mašek V.: Zur Qualität des abgelagerten Staubes auf der Oberfläche von Kokereibatterien und in deren Umgebung. *Bergbautechnik* 19, 1969, s. 206—209.
- [6] Mašek V.: Über die Zusammensetzung des Staubes an den Arbeitsplätzen von Kokereien. *Staub-Reinhaltung der Luft* 30, 1970, s. 213—216.
- [7] Kettner H., Mašek V.: Über Staub- und Rußbelastigungen auf einer Hüttenkokerei und in derer Umgebung. *Gesundheits-Ing.* 91, 1970, s. 323—326.
- [8] Mašek V.: Benzo/a/pyrene in the Workplace atmosphere of coal and pitch coking plants. *Journ. of Occup. Medecine* 13, 1971, s. 193—198.
- [9] Zdražil J., Picho F.: Chromatografické stanovení 3,4-benzpyrenu. *Čs. hygiena* 8, 1962, s. 482—491.
- [10] Šimeček J.: Sedimentační granulometrické metody. *Zdravotní technika a vzduchotechnika* 8, 1965, s. 193—201.

### **3,4-БЕНЗПИРЕН В ЛЕТУЧЕЙ ПЫЛИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ДЛЯ ДИСТИЛЛАЦИИ КАМЕНОУГОЛЬНОГО ДЕГТА**

*Инж. В. Машек, канд. тех. наук*

Автор устанавливал содержание 3,4-бензпирена в летучей пыли и в атмосфере на двадцати потребительских пунктах трех чехословацких заводов для дистилляции каменноугольного дегтя. Анализ показал на присутствие данного вещества во всех отобранных образцах, главным образом в частицах до 5 μm. Необходим тщательный уход особенно за насосами для смолы и реконструкция устройств для наполнения и опораживания цистерн с горячей смолой.

### **3,4-BENZPYREN IM FLUGSTAUB DER ARBEITSSTÄTTE DER DESTILLATION DES STEINKOHLENTEERS**

*Ing. Václav Mašek, CSc.*

Der Verfasser stellte an zwanzig Entnahmestellen in drei Steinkohlen-Destillationsbetrieben in der Tschechoslowakei den Inhalt des 3,4-Benzpyrens im Flugstaub und in der Atmosphäre fest. Die Analyse hat die Anwesenheit des zu bestimmenden Stoffes an allen Ent-

nahmestellen, besonders in den Anteilen bis zu 5  $\mu\text{m}$  erwiesen. Notwendig ist eine sorgfältige Instandhaltung besonders der Pechpumpen und die Rekonstruktion der Einrichtung zum Füllen und zum Entleeren der Zisternen mit heissem Pech.

### **3.4-BENZPYRENE IN FLYING DUST IN THE COAL TAR DISTILLATION WORKING PLACES**

*Ing. Václav Mašek, CSc.*

The author of the paper has been surveying, in twenty off-take stations of three Czechoslovak coal tar distillations, 3,4 benzpyrene content in flying dust and in the surrounding air. The analysis showed the presence of the substance being watched in all the samples, but mainly in fractions up to 5  $\mu\text{m}$ . A careful maintenance of the pitch pumps is most necessary and the reconstruction of the equipment used for filling cisterns with hot pitch and for discharging.

### **3,4-BENZPYRÈNE EN POUSSIÈRE VOLANTE SUR LES POSTES DE TRAVAIL DE LA DISTILLATION DU GOUDRON DE HOUILLE**

*Ing. Václav Mašek, CSc.*

L'auteur de ce travail vérifiait dans vingt stations du prélèvement d'échantillon des trois distillations tchécoslovaques le contenu du 3,4 bezpyrène dans la poussière volante et dans l'atmosphère. L'analyse a prouvé la présence de la substance contrôlée dans tous les échantillons mais surtout dans les portions allant au 5  $\mu\text{m}$ . Il faut un entretien soigné surtout des pompes de brai et la reconstruction de l'installation de remplissage et de vidange des citerne avec du brai chaud.

---

#### **• Energetické stroje**

*(Prof. Ing. Jiří Mayer a kol.)*

Publikace postupně probírá energetické názvosloví, teorii energetických strojů, tepelné turbínky, parní generátory, tepelné energetické výroby, spalovací motory, vodní stroje, pístové kompresory, turbokompresory, ventilátory a techniku chlazení. Je doprovázena velkým množstvím obrázků a určena především pro posluchače fakult strojního inženýrství.

Vydalo SNTL, 556 stran, 249 obrázků, 14 tabulek, 2 vlepené přílohy, cena vázaného výtisku 38 Kčs.

#### **• Hydromechanika**

*(Prof. Ing. Dr. O. Mašťovský, DrSc.)*

Tato kniha, která je ještě stále k dostání v našich technických knihkupectvích, pojednává hlavně o hydrostaticce, hydrodynamice proudového vlákna, proudění v rovině a v prostoru a zmiňuje se i o experimentálních metodách v hydrodynamice. Je vhodná prede-

vším pro posluchače vysokých škol technických a pro inženýry v průmyslu.

Vydalo SNTL, 320 stran, 300 obrázků, 3 tabulky, cena vázaného výtisku 28,50 Kčs.

#### **• Fotografická detekce ionizujícího záření (J. Beneš)**

Publikace podává přehled základních teoretických poznatků fotografické detekce ionizujícího záření a nejdůležitějších metod jejího použití. Pozornost je zaměřena především na interakci ionizujícího záření s fotografickým materiálem, na účinek přímo a nepřímo ionizujících částic a na filmovou dozimetrii. Podrobň jen zpracovány i kapitoly o autoradiografii, radiodiagnostice a o zvláštních radiografických metodách.

Závěrečná kapitola je věnována využití fotografické detekce ionizujícího záření v jáderné fyzice. Celá publikace je doprovázena množstvím obrázků a fotografií.

Kniha je napsána jako informační příručka, takže je vhodná pro široký okruh čtenářů.

Vydala ACADEMIA, nakladatelství Československé akademie věd, v roce 1972, 196 stran, 39 obrázků, cena brožovaného výtisku 18 Kčs.

## ● Zmrazení šetří čas

U vodovodních potrubí nebo rozvodů vody pro ústřední vytápění nelze často provádět opravy na čerpadlech, ventilech a jiných armaturách bez narušení provozu. Jestliže však zmrazíme potrubí na obou stranách opravovaného elementu, pak lze opravu provést bez vypuštění vody ze systému. Zajímavá novinka pro zmrazování potrubí se objevila v Dánsku pod názvem Arctic-Spray. Kolem trubky se ovíne manžeta spojená s nádobkou spraye hadicí. Zmrazení dosáhne teploty  $-75^{\circ}\text{C}$  a doba zmrazení se udává 5—15 minut, která postačuje pro běžné opravy. Tímto přípravkem mohou být zmrazena potrubí až do světlosti 1". Mrazící prostředek je zdraví neškodný. Výrobcem je Hapas Kemoteknik A/S, Hvidore, Dánsko.

S + HT 7/71

(Ku)

## ● V polytechnické knižnici v minulých letech vyšlo:

*Využití umělého chladu* (V. Polák)

Kniha se zabývá výrobou umělého chladu, prostředky přenosu chladu, chlazenou přepravou, klimatizací a dále popisuje použití umělého chladu při výrobě potravin, v distribuci, v lékařství, v zemědělství, v zimních sportech, na inženýrských stavbách, v dolech, v chemickém průmyslu a ve strojní technice. Je určena nejširší veřejnosti.

Vydalo SNTL, 204 stran, 105 obrázků, 4 tabulky, cena brožovaného výtisku 9 Kčs.

*Vaříme a topíme propan-butanem* (Ing. J. Třešňák a kol.)

Publikace probírá vlastnosti a použití zkapalněných topných plynů a uvádí bezpečnostní předpisy pro jejich používání, některé vyhlášky, směrnice a ČSN a podává i nejdůležitější informace pro spotřebitele. Je určena všem, kteří chtějí svůj byt nebo chatu vybavit spotřebiči na propan-butan a technikum v průmyslových závodech.

Vydalo SNTL v roce 1966, 196 stran, 90 obrázků, 29 tabulek, cena brožovaného výtisku 11 Kčs.

## 5. Mezinárodní konference o sdílení tepla 1974

V návaznosti na 4. mezinárodní konferenci o sdílení tepla, pořádanou v r. 1970 v Paříži (Versailles) bude uspořádána ve dnech 3.—7. září 1974 v Tokiu 5. mezinárodní konference.

Jednací řečí bude výhradně angličtina. Tematicky se bude konference zabývat problematikou sdílení tepla sáláním, vedením, přirozenou i nucenou konvekcí, varem, kondenzací, kombinovaným přestupem tepla a přenosem hmoty, přestupem tepla v rheologických systémech, přestupem tepla v biologii, výměníky tepla, měřicí technikou a metodami analogie apod.

Předpokládaný rozsah konference: 350 referátů v rozsahu 8—10 stran.

Termíny pro přihlášky:

Do 1. března 1973 zaslat název referátu s 1 stránkovým výtahem org. výboru kongresu.

Do 1. září 1973 zaslat plný text referátu.

Předsedou organizačního výboru konference byl zvolen prof. Dr. Tokuro Mizushima, Department of Chemical Engineering, Kyoto University Kyoto, Japan.

Bližší informace o konferenci lze získat od prof. Dr. N. Afgana, Universita Bělehrad, P. př. 522, 11000 Bělehrad, Jugoslavie.

(Ku)

## ● Nový návrh směrnice VDI 2565 „Posuzování hluku v bytech“

Spolek VDI učinil první pokus o vyhodnocení hluku v bytech. Komisi pro potlačování hluku byla zveřejněna směrnice 2565, jejímž cílem je stanovit měřítko, jaká má být spodní hladina hlukového pozadí v obytných místnostech.

Podle návrhu VDI nemají být v obytných místnostech překročeny tyto hodnoty: Hladina hluku vznikajícího přímo v budově, jako od výtahů, splachovacích zařízení, rolet, domácích přístrojů, rozhlasových a televizních přijímačů apod. nemá v sousedních uzavřených místnostech překročit 40 dB(A) ve dne a 30 dB(A) v noci. Hladina hluku z dopravy, pronikajícího zvenčí nemá v průměru překročit v místnostech hodnotu 35 dB(A) ve dne a 25 dB(A) v noci. Co to konkrétně znamená lze si představit, naměří-li se až 80 dB (A) při nastavení rozhlasového přijímače na obvyklou hlasitost nebo při běžné zábavě malé společnosti.

HLH 12/71

(Ku)

## ● Zákaz vytápění olejem

Aby se snížilo znečištěování ovzduší, zakázala obecní rada Lázní Harzburg v NSR instalaci olejových topenišť. Veřejné budovy v lázních smějí být vytápěny jen zemním plynem.

HLH 11/71

(JKu)

# NOVÉ METODY SUŠENÍ A PROVOZ SUŠÁREN NAVRŽENÝCH V ÚSTAVU SDÍLENÍ TEPLA A HMOTY (ITMO) AKADEMIE VĚD BSSR

A. V. LYKOV—P. S. KUC

*Institut teplo i massoobmena AN BSSR*

Práce podává přehled o výsledcích výzkumu a vývoje sušáren s intenzifikovaným sdílením tepla a hmoty v posledních letech. Jsou zde popsány funkční návrhy a uvedeny zkušenosti s poloprovozním ověřením těchto zařízení.

*Recenzoval: Doc. Ing. J. Valchář, CSc.*

Sušící procesy, uplatňované ve všech odvětvích průmyslu a zemědělství, nabývají stále většího národního hospodářského významu. Suší se nejrůznější materiály jako zrní, palivo, minerální hnojiva, dřevovina, farmaceutické a potravinářské výrobky, tráva, papír, guma, stavební materiály, radiotechnické výrobky a výrobky z keramiky, tkаниny, umělé chemické výrobky, izolační materiály atd. Suší se materiály, jejichž výroba činí desítky milionů tun ročně a drahé materiály, jichž je ročně vyrobeno jen několik desítek kilogramů. Rozměr materiálů se pohybuje od mikrosoučástí radiotechnického průmyslu až po tak velké agregáty jako obráběcí stroje, vagóny, zemědělské stroje aj.

Téměř v každé výrobě je sušení jednou z nejdůležitějších etap technologického procesu, na jehož správné organizaci závisí kvalita produkce.

Základní požadavky kladené na sušící zařízení:

— získání vysušeného produktu s potřebnými ukazateli jakosti (obsah vlhkosti v daných mezích, zachování vitaminů a jiných cenných látek, strukturálně mechanických vlastností sušeného materiálu atd.);

— zajištění nejlepších ukazatelů specifické spotřeby tepla a energie, neboť spotřeba paliva na sušení činí 10—15 % tepelné bilance SSSR. Pro národní hospodářství má proto význam vysoce efektivní sušící zařízení o velké kapacitě, které by odpovídalo modernímu standardu vědy a techniky.

Vývoj sovětské sušící techniky těsně souvisí s rozvojem hlavních průmyslových odvětví. Základní tendencí současného technického rozvoje je intenzívní sušení materiálů a jakostní produkce. Intenzifikace a zvýšená ekonomičnost sušení různých materiálů je zaměřena na:

1. Zvýšení výkonu a výrobu komplexních velkokapacitních agregátů (např. sušárny obilí systému ITMO AV BSSR o výkonu 50 t/h).

2. Intenzifikaci procesů výměny tepla a hmoty využitím optimálních parametrů teplonosného média.

3. Intenzifikaci procesu sušení dispergováním materiálu před sušením, čímž se zvětšuje teplosměnná plocha. K sušení disperzních materiálů se stále více používá

fluidního sušení nebo sušení ve vznosu, jež proces značně urychluje, zvyšuje technicko-ekonomické ukazatele a zlepšuje jakost materiálů citlivých na teplo.

4. Využití nových metod sušení a kombinovaných metod přívodu tepla. V praxi je velký zájem o zařízení na sušení tepelně citlivých materiálů při oscilujícím režimu a střídavém ohřevu a ochlazování materiálu při dehydrataci.

Výzkum provedený v řadě ústavů a zvláště v ITMO AV BSSR ukázal, že využití oscilujících režimů umožňuje nejen zachovat jakost tak drahých potravinářských produktů, jako obilí a zeleniny, ale dokonce zvyšuje jejich zbožní hodnotu.

Velice perspektivní je využití sublimačních sušicích zařízení v potravinářském průmyslu a dalších odvětvích, neboť produkty takto sušené si zachovávají po dlouhou dobu chuťovou jakost.

K jiným moderním metodám patří sušení jemných povlakových a disperzních materiálů s radiačním přívodem tepla, sušení tekutých a pastovitých produktů ve fluidní vrstvě inertních tuhých částic, dále sušení v poli vnějších sil, např. v proudovém poli o průmyslové a vysoké frekvenci aj.

5. Racionální projektování sušicího zařízení nutné předpokládá plynulý proces, což umožňuje komplexní automatizaci technologického procesu.

Automatizované sušárny umožňují využít racionálního režimu sušení, zvyšovat výrobu a zlepšovat jakost produkce a tím také pracovní podmínky ve výrobě. Např. při přechodu na automatické proudové sušení a čištění zrna se například až dvaapůlkrát snižuje spotřeba čisticích a sušicích zařízení a příslušné elektroinstalace. Náklady na výstavbu automatizovaných agregátů na čištění a sušení zrna se vyplácí za 2–3 sezóny.

Automatizované sušení brambor a zeleniny umožní snížit konečnou vlhkost z 12 na 6 %, čímž se zvyšuje asi pětkrát doba úschovy produktu.

6. Důležitým problémem při projektování sušicího zařízení je využití sekundárních energetických zdrojů, racionální zařazení zařízení do tepelného systému podniku, využití odpadového tepla, tepelných motorů a snížení tepelných ztrát na minimum.

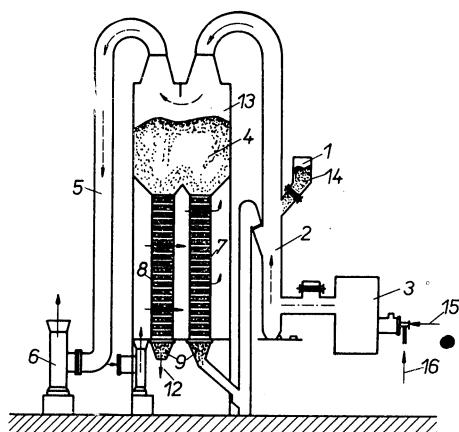
Vycházejí z těchto požadavků, byl v ústavu ITMO AV BSSR v poslední době vypracován a ověřen větší počet sušicích zařízení, jež se plně uplatnila v různých průmyslových odvětvích národního hospodářství.

V BSSR jsou dosud v provozu šachtové sušárny zrní s poměrně dobrými ukazateli spotřeby tepla a energie, avšak také s vážnými nedostatky: dochází zde ke zhoršení jakosti zrní (snižuje se množství a jakost klihoviny a semenných vlastností) v důsledku různé doby sušení.

V ITMO byla proto navržena spalinová pneumatická sušárna zrní spalinami s oscilujícím (přerušovaným) režimem, kde k témtu nedostatkům nedochází. Schéma je uvedeno na obr. 1. Surové zrní ze zásobníku 1 postupuje do sušicího potrubí 2. Do něho přichází recirkulující zrní dodávané korečkovým elevátorem, o průměrné vlhkosti asi 14 %. Do sušicího potrubí přichází z toopeniště 3 rychlostí asi 30 m/s spaliny, jejichž teplota je 300–400 °C; zrní je unášeno vzhůru (přičemž dochází k dokonalému smísení recirkulujícího a čerstvého zrní). V horní části šachty (odlučovač 13) zrní v důsledku náhlého snížení rychlosti spalin vypadává do pásmu 4 a použité sušicí médium postupuje odsávacím potrubím 5 k ventilátoru 6, který je vyfukuje do atmosféry. Pásmo 4 je úsekem kontaktní výměny tepla a hmoty; zde probíhá do značné míry vyrovnaní vlhkosti zrní. Čerstvé vlhké zrní odevzdává část své vlhkosti recirkulujícímu suchému zrní. Přímým kontaktem probíhá v tomto pásmu také úplné vyrovnaní teploty obou proudů zrní, jež při výstupu ze sušicího po-

trubí nemají stejnou teplotu (čerstvé zrní má asi 50 °C a recirkulující asi 65 °C). Teplota se vyrovnává velmi rychle (během 1—2 min. na teplotu asi 60 °C). Zároveň mizí teplotní gradient jednotlivých zrn v průřezu. Z pásmu kontaktní výměny 4 větší část obilí recirkuluje, tj. vrací se do sušicího potrubí, nejprve však projde pásmem sekundárního ochlazení 7. Zbytek, který se kvantitativně rovná čerstvému zrní postupujícímu do potrubí, projde pásmem konečného ochlazení 8 a vychází suché a dostatečně ochlazené. Pásmem 8 a 7 prochází okolní vzduch dodávaný ventilátorem 11 a ochlazuje zrní v gravitační sesuvné vrstvě.

Takto se v sušárně střídá ohřev zrní ve vznosu, trvající několik vteřin, s ochlazením v sesuvné vrstvě, trvajícím asi 10 min. za oscilujícího režimu. Druhou zvláštností sušárny je kontaktní sdílení tepla spojené s recirkulací zrní, tj. přenesení značné části vody obsažené v čerstvém zrní přímým kontaktem na recirkulující zrní, z něhož se pak odpaří voda v sušícím potrubí.



Obr. 1. Schéma pneumatické sušárny na zrní s kontaktním sdílením hmoty a oscilujícím režimem

(1 — zásobník čerstvého zrní; 2 — sušicí potrubí; 3 — topeníště; 4 — pásmo kontaktního sdílení; 5 — odsávací potrubí; 6 — ventilátor; 7 — pásmo sekundárního chlazení; 8 — pásmo konečného chlazení; 9 — vynášecí zařízení; 10 — koreckový elevátor; 11 — ventilátor pro pásma chlazení; 12 — výstup sušeného zrní; 13 — odlučovač; 14 — zrní; 15 — vstup paliva; 16 — vstup vzduchu do topeníště).

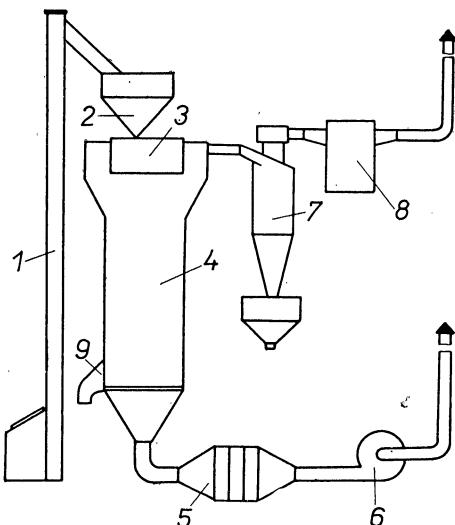
Pneumatické sušárny obilí s recirkulací spalin a přerušovaným režimem o výkonu 2—50 t/h se v SSSR používají ve značném rozsahu. V provozu bylo zjištěno, že:

- kvalita zrní (množství a jakost lepku) je zcela zachována,
- sušárna úspěšně pracuje s nečistěným a silně znečištěným zrním,
- je vyloučena možnost ohřevu zrna v šachtě,
- sušárnu o výkonu 50 t/h obsluhují 2 pracovníci,
- sušárna je plně automatizována.

V ITMO byl proveden velký výzkum sušení krystalicko-koloidních materiálů, k nimž patří velká skupina krystalických farmaceutických a vitaminových preparátů, z nichž se připravují tablety. Úzkým profilem ve výrobě hotových tablet je sušení, na němž závisí chod výroby, automatizace, jakost produkce a celková

ekonomika. V současné době tento důležitý technologický úsek značně zaostává celkové úrovni rozvoje sušárenství v SSSR i v zahraničí. Doposud nebyla nalezena vyhovující metoda sušení, která by zajistovala plynulou výrobu a zároveň splňovala všechny požadavky na hotovou produkci. Jedním takovým řešením může být využití kombinované metody sušení, navržené v ITMO AV BSSR.

Metoda spočívá v tom, že proces odpařování tekutiny z materiálu probíhá ve volně padající a ve fluidní vrstvě při podávání nakypřeného materiálu. Zásadní schéma je uvedeno na obr. 2. Farmaceutická hmota se dodává korečkovým nebo jiným dopravníkem 1 do zásobníku 2, odkud se pomocí turniketu nebo šneku dostává do granulátoru 3, v němž se mění v jednotlivá zrna, jež volně padají ve vertikální části sušící komory 4. Proti nim proudí teply vzduch. Spodní část verti-



Obr. 2. Schéma sušárny krystalických materiálů (1 — vertikální dopravní suroviny; 2 — zásobník; 3 — granulátor; 4 — sušící komora; 5 — kalorifer; 6 — ventilátor; 7 — cyklón; 8 — filtr; 9 — vynášecí zařízení).

kální sušící komory končí síťovou mřížkou, kterou prochází vzduch ohřátý v parním nebo elektrickém kaloriférku. Vzduch procházející válcovou částí a přes cyklón 7, proudí do filtru 8 a vychází do atmosféry. Hotová suchá zrna jsou kontinuálně vynášena ze zařízení a postupují na poprašování a k přípravě tablet.

Podle požadavků kladěných na hotový výrobek se podávání materiálů uskutečňuje pomocí granulátoru nebo proséváním na fluidní hladinu.

Metoda má tyto přednosti:

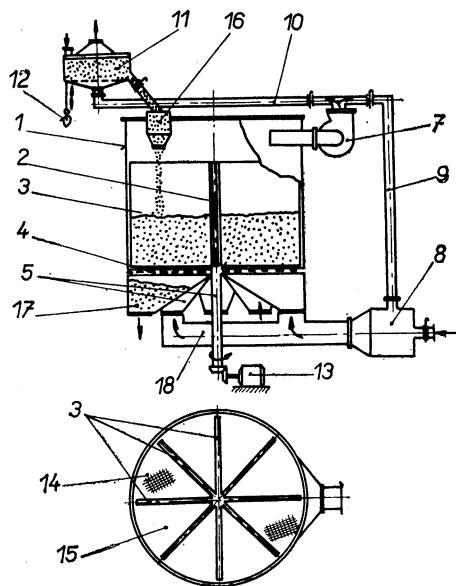
1. Sušárna pracuje kontinuálně a sušící proces je plně automatizován.
2. Kombinovaný způsob odpařování vlhkosti zajišťuje intenzifikaci sdílení tepla v kompaktním přístroji. Rychlosť sušení ve srovnání s komorovými sušárnami se zvýšila 5–10 násobně.

3. Spojení procesu granulace se sušením zajišťuje potřebné frakční složení hmoty a tím i stabilní přípravu jakostních tablet.

4. Téměř nedochází ke ztrátám při unášení drobných frakcí, protože volně padající proud zrn ve vertikální části komory do určité míry zabraňuje úletu drobných částic.

5. Podávání dezintegrovaného materiálu napomáhá stabilní fluidizaci i u hrudkovitých materiálů. U sypkých materiálů dochází k ještě vyšší intenzifikaci procesu.

6. Možnost přechodu na plynulou výrobu tabletovaných preparátů podle nové technologie a specializace produkce v SSSR.



Obr. 3. Zařízení na fluidní sušení zeleniny při přerušovaném režimu.  
(1 — sušící komory; 2 — rotor; 3 — rotorové přepážky; 4 — fluidní rošt; 5 — vzduchové potrubí; 7 — ventilátor; 8 — kalarmer; 9 — recirkulační vzduchové potrubí; 10 — vzduchové potrubí k vibračnímu žlabu; 11 — vibrační žlab; 12 — pohon vibračního žlabu; 13 — pohon rotoru; 14 — výstup materiálu; 15 — podávání materiálu; 16 — sekundární zásobník; 17 — výsypka; 18 — sběrač horkého vzduchu).

V ITMO byla tato metoda sušení vyzkoušena na sedmi preparátech v sušárenské laboratoři. Výsledky získané při zkoušce na poloprovozním zařízení umožnily specifikovat tři základní skupiny materiálů a tím určit typy provozního zařízení:

— sušící zařízení na chemicko-farmaceutické jednosložkové preparáty, jež vyžadují tuhou granulaci (zařízení pracuje v charkovském závodě na výrobu léčiv);

— zařízení na sušení vitaminových a medicinálních preparátů, jež vyžaduje měkkou granulaci (zařízení tohoto typu je v Umanském závodě na výrobu vitaminů);

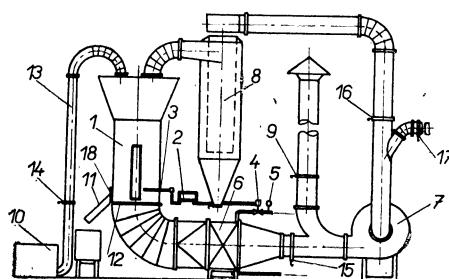
— zařízení na odpařování organických rozpouštědel z krystalických farmaceutických a vitaminových preparátů (zařízení na sušení technické kyseliny askorbové v Bělogorském kombinátu na výrobu vitaminů).

Tato zařízení byla vypracována, vyzkoušena ve výrobních podmínkách a uvedena do provozu ve jmenovaných závodech. Výsledky teoretických a experimentálních

prací nám umožnily vyvodit závěry o efektivnosti navržené metody a o pracovní způsobilosti vzorků.

Již v minulých letech se v různých průmyslových odvětvích uplatnila nová progresivní metoda dehydratace disperzních materiálů ve fluidní vrstvě při oscilujícím režimu. Její přednosti jsou zvlášt markantní při sušení tepelně citlivých materiálů biologického původu (obilovin, krupice, zeleniny atd.), neboť využití fluidizace a oscilujících režimů umožňuje výraznou intenzifikaci dehydratačního procesu, přičemž se zcela zachovává jakost výrobku. Jako příklad lze uvést fluidní sušárnu s rotujícími komorami na sušení tepelně labilních materiálů s nízkou schopností dehydratace, jež byla navržena v ITMO.

Fluidní sušení materiálů o vysoké vlhkosti (např. řezaná zelenina) a slepujících se disperzních materiálů je však spojeno s určitými potížemi. V důsledku adheze nedochází u těchto materiálů na počátku dehydratačního procesu k fluidizaci. Pro



Obr. 4. Zařízení na fluidní sušení granulovaných polymerových materiálů  
 (1 — sušicí komora; 2 — elektron. potenciometr; 3 — snímač teploty; 4 — elektromagnetický ventil; 5 — manometr; 6 — parní kalorifer; 7 — odstředivý ventilátor; 8 — cyklón; 9, 14, 15, 16, 17, 18 — regulační klapky; 10 — plnicí zásobník; 11 — výsypné hrdlo; 12 — fluidní rošt; 13 — plnicí potrubí).

normální provoz zařízení je třeba zajistit snížení adheze na minimum a tím rovnoumernou fluidizaci produktu. Jedním z nejjednodušších a nejúčinnějších opatření je předběžné vysušování ve vibračně čerlené vrstvě.

V ITMO a SKB byl vypracován technický projekt a vývojový model průmyslového zařízení na sušení brambor ve fluidní vrstvě při přerušovaném režimu. Zařízení (obr. 3) sestává z válcového tělesa 1, v němž je umístěn hřídel 2 s radiálními přepážkami 3, rozdělujícími prostor komory na stejná pásmá (zóny) a přepravující fluidní vrstvu materiálu z místa vstupu na výstup. Pod fluidním roštěm 4 jsou v šachovnicovém uspořádání vedena potrubí horkého a chladicího sušicího média 5. K fluidizaci vysušovaného materiálu dochází průchodem horkého i chladicího vzduchu (materiál se pomocí rotorových lopatek dostává z horkého do studeného pásmá, pak opět do horkého atd.). Uspořádání horkých a chladicích pásem a otáčení rotoru zajišťuje vysoušení podle oscilujícího režimu.

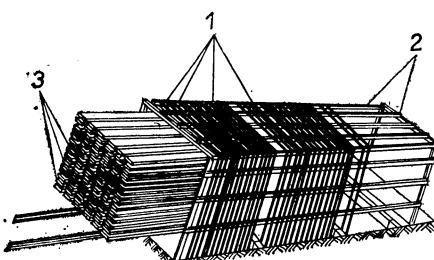
K předsušení výchozího materiálu je určen vibrační žlab 11. Jeho dnem je perforovaný rošt, pod který se od ventilátoru 7 zavádí část použitého média, odsávaného ze sušicí komory. Zbývající část použitého vzduchu postupuje recirkulačním potrubím do kalorifera 8 a dále do sběrače horkého vzduchu 18. Zařízení pracuje s uzavřeným oběhem sušicího média, což umožňuje zvýšit termickou účinnost.

Přednosti zařízení ve srovnání se známými přístroji na sušení zeleniny:

- a) vysoce intenzívní sušení zeleniny ve fluidní vrstvě v přerušovaném režimu, jehož výsledkem je jakostní produkce,
- b) možnost sušení brambor na nízkou konečnou vlhkost (6—7 %), což několikanásobně zvyšuje dobu úschovy ve srovnání s dnešními výrobky sušáren zeleniny,
- c) zařízení má vysokou tepelnou účinnost a je prakticky plně automatizováno.

Průmyslový model zařízení na sušení brambor SKO-1 o výkonu 10—20 kg/h je v provozu v běloruských průmyslových závodech. Zkoušky ukázaly, že sušené brambory mají vlhkost 5—6 % a odpovídají všem požadavkům. Doba sušení brambor nakrájených na kostky činila 2 hodiny 6 minut. Ukazatele jakosti hotového výrobku: rozvařitelnost — 23 min., bobtnavost — 2,3, objemová váha — 400 kg/m<sup>3</sup>.

V ITMO byla vypracována a uvedena do provozu také fluidní sušárna granulovaných polymerových materiálů (kapronu, polyamidové pryskyřice, polystyrénu aj.).



Obr. 5. Zařízení na sušení materiálu elektromagnetickým způsobem (1 — vinuti; 2 — kostra; 3 — feromagnetické články).

Zařízení umožňuje 5—10násobně urychlit sušení některých typů polymerových materiálů, oproti dřívějšímu zpracování suroviny ve vrstvě. Podstatně se snižuje spotřeba elektrické energie a získává se jakostní termicky citlivý materiál.

Zařízení (obr. 4) sestává z řady válcových sušicích komor 1. Horní část komor má tvar konfúzoru s přechodem na podstatně větší průměr, aby se zabránilo unášení materiálu do oběhového systému vzduchových potrubí. Ve spodní části sušicí komory je instalován fluidní rošt 12 o velké živé ploše. Zařízení je vybaveno cyklónovým odlučovačem 8, který zachycuje případné práškové frakce materiálu.

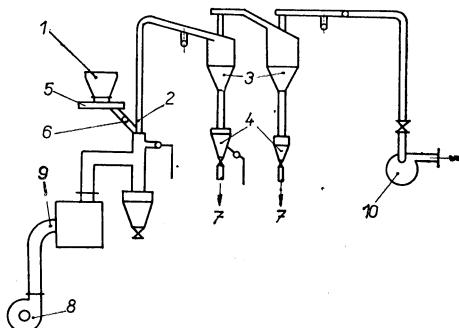
Teplonosné médium (plyn) se ohřívá v kaloriferech 6 (parních nebo elektrických). Daná teplota materiálu v komorách se udržuje automaticky. Vývojový závod ITMO AV BSSR vyrábí na přání zákazníků zařízení o různém výkonu.

V SSSR jsou velmi rozšířené dopravníkové sušárny s radiačním přívodem tepla, systém ITMO, v nichž je použito režimu sušení a tvrdnutí polymerových povlaků, s intenzifikovaným a kombinovaným sdílením tepla (radiačním a konvekčním). Tím je umožněna několikanásobná intenzifikace sušení povlakových vrstev výrobků. Zvyšuje se výkon, snižuje potřeba výrobní plochy a podstatně se zlepšuje jakost povlaků z umělých hmot. Zařízení je určeno k sušení s intenzifikovaným konvekčním přívodem tepla u povlaků o více vrstvách, např. epoxidových. Představuje dvoukanálový agregát, kde jsou komory (kanály) rozloženy nad sebou.

Komory jsou rozděleny na regulovatelná pásma, aby byla přesně dodržena technologická křivka ohřevu povlaků.

S rozvojem výroby elektrické energie a budováním výkonných energetických systémů se v posledních letech naskytla možnost využít elektrickou energii k sušení dřeva. V ITMO byla navržena elektromagnetická komora na sušení dřeva (obr. 5). Podstata způsobu tepelného zpracování materiálu je následující: Materiál, který má být sušen, se společně s feromagnetickými články umístí do elektromagnetického pole. Používá se přímého proudu o průmyslovém kmitočtu 50 Hz, napětí 380/220 V, bez mezitransformace. Na feromagnetické články působí střídavé elektromagnetické pole, články se zahřívají a přenášejí na materiál teplo vedením, konvekcí a radiací. Proces lze snadno regulovat a automatizovat. Analýza experimentálního výzkumu a průmyslových zkoušek prokázala, že v materiálu vznikají nepatrné gradienty teploty a vlhkosti.

Konkrétní údaje o sušení dřeva v průmyslových elektromagnetických komorách ukazují, že spotřeba elektrické energie na sušení 1 m<sup>3</sup> řeziva činí asi 230—240 kWh/m<sup>3</sup>. Doba sušení při  $\delta = 40$  mm materiálu,  $t = 85\text{--}90^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 70\text{--}88\%$ , činí 60—65 h.



Obr. 6. Zásadní schéma sušení chloridu draselného ve vznosu.  
(1 — zásobník soli; 2 — vertikální potrubí; 3 — cyklón I. st.; 4 — zásobník; 5 — cyklón II. st.; 10 — ventilátor sušičky; 7 — vysušená sůl; 5 — šnekový dopravník; 6 — pohazovač; 9 — tryska).

#### Výhody elektromagnetického způsobu sušení:

- a) velká tepelná kapacita a výkon na objemovou jednotku sušicího zařízení ve srovnání s parním a spalinovým sušením,
- b) možnost mechanizace a automatizace celého sušicího procesu,
- c) možnost spojení maximální spotřeby energie s nočním poklesem zatížení energetického systému, což zvyšuje ekonomickou efektivnost sušení.

Pokusy provedené v sušárenské laboratoři ITMO AV BSSR potvrdily možnost a výhody sušení draselných solí ve vznosu (pokusy se prováděly při různých režimech s počáteční teplotou plynů 200—500 °C, počáteční vlhkostí materiálu 5—9 % a různých rychlostech proudění, jež se měnily v rozmezí 15—35 m/s).

Schéma zařízení je uvedeno na obr. 6. Materiál je dodáván ze zásobníku 1 podavačem do vertikálního potrubí, kde je unášen proudem plynu o vysoké teplotě. Po odloučení v cyklónu se materiál dostane do zásobníku a plyn vychází do atmosféry.

Vysokou efektivnost sušení ve vznosu lze vysvětlit příznivými podmínkami sdílení tepla, danými velkým měrným povrchem materiálu a vysokými hodnotami součinitele přestupu tepla. V důsledku toho lze dobu sušení uvažovat ve vteřinách.

U polydisperzního materiálu není rychlosť častic v potrubí stejná a závisí kromě jiného na rozdílu častic. Menší částice proudí větší rychlostí než velké (za předpokladu vzestupného proudu). Doba setrvání větších častic v proudové sušárně a průměrná relativní rychlosť plynu a častic se zvyšuje, čímž se zlepšují podmínky sdílení tepla a hmoty. Probíhá jakési automatické vyrovnání vlhkosti častic materiálu, jejichž rozměry se různí.

Provedené pokusy prokázaly vysokou efektivnost sušení chloridu draselného ve vznosu. Např. při sušení v proudové sušárně o celkové výšce 8,7 m, při teplotě postupujících plynů  $500^{\circ}\text{C}$ , byla počáteční vlhkost soli 7—9 % snížena na konečnou hodnotu 0,1—0,2 %, tj. sůl byla prakticky zcela suchá. Měrná odpařivost sušárny dosahovala 500—700 kg/m<sup>3</sup> za hodinu, což přesahuje týž ukazatel nejen při sušení v bubnových sušárnách, nýbrž i při fluidním sušení.

Je známo, že částice flotačního koncentrátu jsou potaženy tenkým povlakem mastných aminů, chránících do značné míry chlorid draselný před sléháním. Bylo zjištěno, že obsah aminů ve vysušeném materiálu je prakticky zachován při fluidním sušení o vysoké počáteční teplotě sušicího prostředí. Je třeba poznamenat, že následkem sušení se částice poněkud zvětší, což lze vysvetlit tím, že dochází ke sdružování častic soli. Při nepatrné době sušení k mechanickému rozrušování nedochází.

Výpočty prokázaly, že pro zařízení na sušení chloridu draselného o výkonu 100 t/h, při počáteční vlhkosti 10 %, konečné vlhkosti 0,5 %, teplotě média  $800^{\circ}\text{C}$  a rychlosti 30 m/s, je třeba potrubí o průměru 1,3 m a celkové výšce 10 m. U pneumatických sušáren se zastavěná plocha snižuje více než stonásobně ve srovnání s bubnovými sušárnami, přičemž pneumatické potrubí lze umístit mimo budovu. Pneumatické sušárny mají jednoduchý provoz a lze je snadno automatizovat. Automaticky může být regulováno podávání vlhké soli v závislosti na vlhkosti materiálu na výstupu z proudové sušárny.

Pneumatické sušárny na sdraselné soli (chlorid draselný) a výkonu 100 + 120 t/h navržené v ITMO AV BSSR, se nyní s úspěchem používají v SSSR.

## НОВЫЕ МЕТОДЫ СУШКИ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУШИЛОК, СПРОЕКТИРОВАННЫХ В ИНСТИТУТЕ ТЕПЛОМАССООБМЕНА (ИТМО) АКАДЕМИИ НАУК БССР

*A. V. Lykov—P. S. Kuc*

В работе дается обзор результатов исследования и развития сушилок с повышенным тепломассообменом в последние годы. Описываются функциональные предложения и приводятся предварительные экспериментальные результаты, полученные при проверке этих устройств.

## NOUVELLES MÉTHODES DU SÉCHAGE ET LA MARCHE DES SÉCHOIRS PROJETÉS PAR L' INSTITUT DE TRANSMISSION DE CHAULEUR ET DE MASSE (ITMO) ACADEMIE DES SCIENCES DE BSSR.

*A. V. Lykov—P. S. Kuc*

Le travail passe en revue les résultats des recherches et le développement des séchoirs avec la transmission intensifiée de chaleur et de masse dans les dernières années. On décrit ici les projets fonctionnels et on mentionne les expériences gagnées avec la vérification semi-industrielle de ces installations.

# NEUE TROCKNUNGSDMETHODEN UND BETRIEB DER VOM INSTITUT FÜR DIE WÄRME- UND STOFFÜBERTRAGUNG (ITMO) AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER BSSR ENTWORFNETEN TROCKENANLAGEN.

A. V. Lykov—P. S. Kuc

Die vorgelegte Arbeit gibt eine Übersicht der Forschungsergebnisse und der Entwicklung der Trockenanlagen mit einer intensivierten Wärme- und Stoffübertragung in den letzten Jahren. Die Funktionsentwürfe sind hier beschrieben und die Erfahrungen mit halbbetrieblichen Nachprüfungen dieser Einrichtungen angeführt.

## NEW METHODS OF DRYING AND DRIERS' OPERATION DESIGNED IN THE INSTITUTE OF HEAT AND MASS TRANSFER (ITMO) ACADEMY OF SCIENCES BSSR.

A. V. Lykov—P. S. Kuc

The paper gives a review of the research results and of the development of driers with an intensified heat and mass transfer in the recent years. The functional projects here are described and the experiences with the pilot plant verification of these installations are also mentioned.

### ● Město s ústředním klimatizačním zařízením

V poušti severozápadní Austrálie má vzniknout „město budoucnosti“, při jehož plánování je využíváno nejmodernějších poznatků vědy. Veškeré budovy mají být napojeny na jedno centrální klimatizační zařízení. Ve městě má být velký park a veškerá zelen zavlažována umělým deštěm. Podle údajů architektů mají být první budovy dohotoveny do konce r. 1972.

HLH 11/71

(Ku)

### ● Lepení plastických hmot (M. Osten)

Publikace vychází jako příručka, která čtenáře seznamuje s obecnými principy lepení plastických hmot, se směrnicemi pro výběr lepidla, s příklady postupů v praxi a s příčinami nejčastějších závad. Velmi podrobně jsou probírány jednotlivé druhy tvrditelných i netrvditelných lepidel a kniha se zabývá i problémem lepení téměř všech druhů termoplastů a termosetů. Autor poukazuje i na hygienu a bezpečnost práce při zpracování syntetických lepidel. V závěru knihy je uveden přehled průmyslově vyráběných lepidel do-

mácí výroby, vhodných pro lepení plastických hmot, a literatura.

Určeno především mistrům a technologům v podnicích spotřebního průmyslu a v družstvech, ale i opravářům a domácím kutilům.

Vydalo SNTL v roce 1972, 152 stran, 21 obrázků, 23 tabulek, cena vázaného výtisku 15 Kčs.

### ● Diferenciální počet funkcí více proměnných

(Doc. RNDr. K. Šindelář, CSc.)

Publikace volně navazuje na knihu prof. RNDr. K. Havlíčka, CSc. „Diferenciální počet pro začátečníky“. Látka je vysvětlena srozumitelně a ilustrována na mnoha příkladech. Především je určena absolventům středních škol a posluchačům prvního ročníku vysokých škol technického směru a přírodovědeckých fakult universit.

Autor postupně probírá funkce dvou a více proměnných, zobrazení, limitu a spojitost, parciální derivaci, totální diferenciál a jeho užití a složené funkce a zabývá se i implicitními funkcemi jedné i více nezávisle proměnných, kvadratickými formami a extrémy. V závěru jsou uvedeny výsledky cvičení, literatura a rejstřík.

Vydalo SNTL v roce 1972, 232 stran, 30 obrázků, cena brožovaného výtisku 21 Kčs.

# VZDUCHOTECHNIKA V PROVOZECH TEXTILNÍHO PRŮMYSLU V SSSR

BEDŘICH VOJKOVSKÝ, dipl. tech.  
*CENTROPROJEKT GOTTWALDOV*

Za účelem vzájemné výměny zkušeností při projektování závodů textilního průmyslu byla uskutečněna konzultace pracovníků Centroprojektu v Sovětském svazu. Cílem bylo získat přehled o snahách v automatizaci a zkracování výrobních postupů v prádelnách bavlny, o strojním zařízení přádelen, tkalcoven a zúšlechťovacích provozů, o řešení vzduchotechniky a staveb průmyslových objektů.

Hlavní informace pro projektování textilních závodů získali ve Státní projektové organizaci GPI — Gosudarstvenij projektnej institut — I. v Moskvě.

Oboru vzduchotechniky je věnována velká pozornost a široký prostor činnosti v projekčním procesu. Autor, který byl členem konzultačního kolektivu, seznámuje v předkládané zprávě technickou veřejnost s postupem a závěry projektantů — vzduchotechniků v GPI-I, největší projektované organizaci tohoto druhu v SSSR.

## I. KLIMATIZACE SUCHÝCH PROVOZŮ

### 1. Systémy klimatizací v halových a etážových budovách

Většina textilních objektů je navrhována jako jednopodlažní bezokenní a bezsvětlíková s umělým přívodem i odváděním vzduchu. Vzhledem k technologii jsou provozy řešeny v monoblokovém řadění o max. šířce 200 m. Je tedy nutné vypořádat se s přívodem i odvodem vzduchu až do vzdálenosti 100 m. Řeší se vždy dvojím potrubím, prvním do hloubky 50 m, druhým dalších 50 m, přičemž prvních 50 m je potrubí tranzitní bez výdechů. Proplachování prostorů se řeší dvěma způsoby:

- přívod shora dolů, odsávání do podlahových kanálů,
- přívod shora dolů, odvádění do potrubí v mezistropu.

Klimatizace ad a) je výhodnější tam, kde jsou vysoké tepelné zátěže, aby část tepla ze strojů mohla být odvedena přímo do kanálu, aniž by ovlivňovala vnitřní klima. To je vhodné řešení u strojů, které mají vlastní odsávání a chlazení motorů.

Klimatizace ad b) se používá tam, kde se nemohou podpodlahové kanály instalovat pro spodní vodu nebo jiné překážky. Má tu nevýhodu, že soustředěním odváděcích a přívodních potrubí v mezistropu je mezistrop přeplněn a abnormálně zatížen, což má vliv na statiku podvěsného mezistropu a celou nosnou konstrukci střechy.

Vzhledem k údajům rychlosti vzduchu 6–8 m/s vychází profily potrubí mohutné a těžké. Veškerá rozdavná potrubí v mezistropech jsou tepelně izolována vrstvou struskové vlny s cementovým nebo sádrovým potěrem. Rovněž pračky a ventilátorové komory, pokud jsou ocelové, jsou tepelně izolovány.

Přívod vzduchu s odváděním je vyrovnán tak, aby nenastávalo přefukování z jednoho provozu do jiného. Často se vyskytují problémy tam, kde je kombinace individuálního odsávání strojů s výfukem ven a celkovým větráním, když dojde ke změně strojního parku, a tím narušení rovnováhy dopravovaného množství vzduchu.

V etážových budovách, které přicházejí výhledově v úvahu, bude snaha, aby klimatizace byla pro každou etáž samostatná. V dnešních etážových budovách staršího typu se řeší klimatizace v přístavbách s rozvody i odsávacím potrubím z plechu pozinkovaného, někdy povrchově upraveného nátěrem.

Úpravy, řešené jako etážové do max. šířky 54 m (hygienické předpisy), jsou zásobovány vzduchem z centrálních strojoven pro každou etáž samostatně, odsávací ventilátory bývají umístěny v mezistropu středního pole a jejich výfuky jsou zaústěny do odváděcích sachet budovy nad střechu.

### 2. Druhy používaných klimatizací

Zásadně se používá centrální klimatizace vzhledem k velkým rozsahům objektů a vysokým tepelným zátěžím od technologie.

Principiálně se používá převážně adiabatická úprava vzduchu pro zavlhčování i chlazení. Pračky vzduchu s rozprašováním vody v dýzách z umělé hmoty pomocí čerpadel o tlaku 3 kp/cm<sup>2</sup>.

Filtrace cirkulující vody síťovými plochými filtry, rotační filtry zatím nejsou v programu.

Čistění sít se provádí ručně kartáčem v intervalech podle druhu provozu a jeho čistoty.

Sycení vzduchu za pračkou počítá 96—97 % relativní vlhkosti.

Výkony klimatizačních strojoven jsou typizovány a stanoveny na  $V = 80\,000$ ,  $120\,000$  a  $240\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Pro nejnovější projekty počítá se s vývojem strojoven o výkonu  $V = 400\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

V laboratořích, zkušebnách a některých speciálních provozech se používají ležaté klimatizační skříně, doplněné podle potřeby ohlaďicím zařízením.

Jednotkové přístroje menších výkonů s rozprašováním priesyceného vzduchu, podvěšené pod stropem, se nepoužívají, nejsou zde vyvinuty a zatím jich není potřeba.

### 3. Podmínky klimatu v jednotlivých provozech a dimenzování zařízení

Teplota, vlhkost a čistota vzduchu jsou stanoveny závaznou normou, vypracovanou pro všechny druhy textilních vláken a pro jednotlivé stupně jejich zpracování. Zásadně se v suchých provozech nepřipouští vyšší teplota než  $30^\circ\text{C}$ , a to ani v nejteplejších oblastech. Relativní vlhkost se pohybuje v rozsahu 45—80 %. Čistota vzduchu je stanovena normou, maximální přípustný obsah prachu je  $4 \text{ mg/m}^3$ .

Výpočet klimatizace a jejího výkonu se provádí podle normy na základě údajů technologa a projektanta stavby, kteří předávají veškeré podklady tepelně-vzduchotechnické skupině. Vzduchový výkon, vypočítaný podle takto získaných podkladů, je projektantem na konci výpočtu zvýšen o 15—25 % vzhledem k možnému rozvoji a změnám v technologii. Podle takto získaného zvýšeného výkonu jsou dále dimenzovány tepelné, vodní a elektrické zdroje.

### 4. Chlazení vzduchu v klimatizovaných místnostech

Běžně prováděná adiabatická úprava vzduchu je v poslední době doplňována zařízením pro ochlazování rozprašované vody. Chlazení vody se provádí čpavkovými kompresory, umístěnými v samostatných oddělených objektech. Voda ochlazena na  $8^\circ\text{C}$  se směšuje v trojcestném ventilu a je nasávána čerpadly pro rozprašování v práci. Tím je dosahována nižší teplota, než u čistého adiabatického systému. To je důležité hlavně v teplých jižních oblastech Sovětského svazu. Chlazení tímto působem je navrhováno i pro oblasti položené v rovnoběžkové úrovni Moskvy, přičemž se předpokládá využití až 5 měsíců v roce.

Zavlhčovací systém s adiabatickým chlazením v práci je používán také v úpravnách, pokud jsou bezokenní a bezsvětlíkové s neúměrným větráním. Polytropické chlazení v suchých chladičích se používá v menším rozsahu, a to u zařízení pro laboratoře nebo jiné speciální účely.

### 5. Filtrace venkovního a cirkulačního vzduchu

Filtrování venkovního vzduchu samostatným zařízením se používá jen u strojoven teplovzdušného vytápění a větrání. Olejové filtry se nepoužívají a prosazují se odvinovací filtry s ručním nebo mechanickým posunem mykaného textilního pásu. Elektropohon s převodem pro posuv pásu je zapínán manostatem, který reaguje na odpor zaprášeného filtru. Nabalený pás s prachem a odpadem se čistí vakuovým odsáváním, takže se pás nevyměňuje, ale po převinutí a vyčištění se znova používá. Předpokládá se, že textilie pasu vydrží asi 5 opakování nabalování.

Filtrování cirkulačního vzduchu u klimatizačních zařízení se provádí rovněž pomocí odvinovacích filtrů. Odpor těchto filtrů nepřesahnuje hodnotu  $12 \text{ kp/m}^2$  při průtočné rychlosti vzduchu  $1,5$ — $2 \text{ m/s}$ . Filtrace nasávaného venkovního vzduchu se u klimatizace samostatně neprovádí, čistí se směs venkovního a cirkulačního vzduchu ve sprchové práci.

### 6. Voda pro klimatizaci

Běžně se udává požadavek pitné vody, tvrdost není zdůrazňována, protože se většinou používá upravené vody z řek a ty nemají výraznou tvrdost. Voda pro sprchovou práci a úpravu vzduchu je ochlazována v letním období v kompresorovém chladicím systému, nasávána čerpadly jako směs s cirkulační vodou. Ochlazování vody se uplatňuje hlavně v provozech s vysokou tepelnou zátěží a požadavkem vyšších relačních vlhkostí.

### 7. Topné a chladicí médium

Zásadně se pro vytápění používá topné vody  $150/90^\circ$  nebo  $130/70^\circ$  a  $90/50^\circ\text{C}$ . Je to výhodné, jednak pro regulaci teploty, jednak pro jednodušší armaturu v dopravním a regulačním systému. Polytropické chlazení s použitím podchlazené vody se používá u malých jednotek pro speciální provozy.

### 8. Ventilátory

Pro přívod vzduchu v klimatizačních systémech je použito většinou dvojitě sacích radiálních ventilátorů. Sací ústí jsou opatřena náběžnými regulovatelnými lopatkami, které mohou vytáhnout vzduch s maximem až na 75 %. Účinnost ventilátorů se počítá 0,7—0,78. Hřídele jsou ukládány ve válečkových ložiskách, které se musí často vyměňovat. Hlučnost nepřesahuje běžnou normu, zvláště opatření proti otřesům a hlučnosti se neprovádí. Odpor v důsledku dlouhých tras potrubí jsou poměrně vysoké  $80$ — $85 \text{ kp/m}^2$ , není zvláštností odpor i přes  $100 \text{ kp/m}^2$ .

Pro odsávání a cirkulaci se u klimatizací používají osové rovnootlaké ventilátory s krátkým difusorem. Náběžné regulační lopatky

se dají seřít na zmenšení množství dopravovaného vzduchu, které se vyrovnává s výkonem přívodního ventilátoru. Pro možnost údržby, výměny i opravy se ponechává před ventilátory dostatečně volné místo.

### 9. Rozvádění vzduchu, odsávání, rychlosť, tepelné izolace, vodotěsnost, nátěry, materiály

Rozvodné kanály se provádějí převážně z pozinkovaného plechu s jednoduchými výdechy. Používá se poměrně vysokých rychlostí, které však nejsou na závadu, protože výška haly se pohybuje mezi 5,4—6 m. Stavební materiály (heraklit, eternit, lisované dřevěné desky) se pro výrobu potrubí neosvědčily, při delším provozu se stávají netěsnými a musejí se pracně opravovat.

Plechová potrubí jsou tepelně izolována struskovou vlnou 4—5 cm. Rozměry potrubí se dimenzují pro rychlosti 8—10 m/s, v některých případech až pro 12 m/s. Vodotěsnost klimatizačních potrubí, pokud jsou plechová, je vyhovující, u stavebních materiálů nevyhovuje.

Odsávací kanály pod podlahou se navrhují tak, aby byly průchodné pro čištění. Nasávací podlahové mříže se provádějí jednoduše z kruhové tyčové oceli s roztečí tyčí 40—50 mm, jsou orientovány v uličkách mezi stroji, mimo hlavní dopravní trasy.

Omitnuto plochy kanálů i strojoven se natírají, zůstává jen cementová hlazená omítka. Strojní zařízení se opatrují běžnými ochrannými nátěry. Pračky, ve kterých se používá chlazená voda, jsou tepelně izolovány, stejně tak i rozvodná potrubí.

### 10. Automatická regulace

Používá se tlakovzdušná, elektrická a kombinovaná. Zdrojem tlakového vzduchu jsou kompresory, vzdach pro regulaci se redukuje, čistí a zbarvuje oleje a vody. Každý systém má silikagelový odlučovač vody, který se pravidelně v poměrně krátkých intervalech regeneruje. Údržba téhoto zařízení je pro obsluhu prvořadou záležitostí.

Spotřeba vzduchu se pohybuje v rozsahu 2—3 Nm<sup>3</sup>/h pro jednu strojovnu. Komprezory se mnohokrát předimensují proti jmenovité spotřebě automatiky, protože slouží většinou ještě dalším technologickým zařízením. Automatická regulace pneumatická i elektrická jsou výhradně sovětské výroby, dobré a spolehlivé fungující.

## II. VZDUCHOTECHNIKA ZUŠLECHTOVACÍCH PROVOZŮ

### 1. Typy budov

a) *Halové budovy* — bezokenní, bezsvětlíkové, s nuceným přívodem větracího vzduchu, s odtahy par a výparů od strojů a celkovým

odvodem. Přívod vzduchu plechovým potrubím pod stropem s výfukovými odbočkami, svedenými do 2—2,5 m nad podlahu za účelem lepšího a spolehlivějšího provětrání pracovního pásma.

Odtahy od strojů se vedou nejkratší cestou přímo nad střechu objektu. Plechová potrubí pro odvod výparů jsou běžně z pozinkovaného plechu bez zvláštní úpravy povrchu nebo vnitřku. U strojů s produkcí agresivních výparů je nutno častěji vyměňovat potrubí. V poslední době se takové případy řeší použitím nerezových materiálů.

b) *Etážové budovy* — většinou třítraktové do max. šíře 54 m (hygienická norma). Ve středních polích každého traktu je řešen snížený nosný mezinárodní, ve kterém jsou soustředěny jednak hlavní instalacní trasy, jednak čerpadla a ventilátory pro odtahy výparů od strojů. Výfuková potrubí se napojují do průběžných šachet, vyúsťujících nad střechou budovy.

Přívody vzduchu jsou řešeny centrálně, pro každou etáž samostatně. Automatická regulace se používá pouze na řízení teploty vyfukovaného vzduchu. Zařízení se navrhují pro přívod venkovního vzduchu bez recirkulace.

c) *Speciální budovy* pro zušlechtovací provozy se připravují jako rozvojová práce. Budou řešeny jako přízemní objekty s dýmníkovětlíky pro odvod vzduchu samotízným způsobem.

### 2. Způsoby výpočtu pro stanovení množství přívaděného vzduchu

Provádí se výpočet pro letní a pro zimní provoz. Rozhodující jsou tepelné a vodní zisky ze strojů a z oslunění. Pro každý stroj jsou udány v přehledných tabulkách tepelné zátěže, sálání do provozu, únik vodních par do prostoru a potřebné odsávané množství. Pro nové stroje, které nemají hodnoty zpracovány, stanoví zvláštní skupina technologického oddělení přesným výpočtem potřebné údaje a předává je příslušným profesionům.

Vzduch se v letním období vyměňuje 16 až 20 krát za hodinu (podle výšky budovy), v zimním období 10—12krát za hodinu. Počítá se s tím, že nové stroje budou vybaveny lepšími základy a izolovány, takže i výměny vzduchu budou nižší a zařízení méně náročná.

### 3. Individuální odsávání od strojů s agresivními výpary

Je určeno výrobcem a dodavatelem stroje. Množství odváděných par a jejich agresivita je udávána současně s technickými parametry a výkonem stroje. Současně je v požadavku stanoven materiál, odolný proti agresivitě. Většinou jsou to nerezavějící chrom-molybden-niklové plechy s vysokou odolností proti chemikáliím. Náhrada plechů materiály novodurovými (novoplasty) se neosvědčila.

#### **4. Automatika v provozu vzduchotechnických zařízení**

Provoz odsávacích zařízení je vázán na chod individuálních strojů a jejich funkce. V systému přívodu vzduchu je automatikou řízena pouze jeho teplota a množství, vztaženo na tepelnou zátěž a odtahy od strojů.

#### **5. Údržba vzduchotechnických zařízení**

Údržba zařízení a jeho funkcí je věnována velká péče. Pro každou klimatizační strojovnu i přívod pro větrání jsou stanoveni odpovědní pracovníci, kteří dbají o stálý a správný chod, hospodárné provozování a bezporuchový provoz.

---

#### **Вентиляционная техника в условиях эксплуатации текстильной промышленности в СССР**

*Дипл. техн. Б. Войковский*

Автор делится опытом, приобретенным при консультациях работников Центро-проекта Готтвальдов с заместителями Государственной проектной организации ГПИ в Москве.

Статья занимается решением вопросов вентиляционной техники сухого и мокрого способов производства в текстильной промышленности.

#### **Lufttechnik in der Betrieben der Textilindustrie in der UdSSR**

*Dipl. Techn. B. Vojkovský*

Der Autor führt die Erfahrungen an, die die Projektanten von Centropunkt Gottwaldov bei den Konsultationen mit den Vertretern der Staatlichen Projektanstalt GPI in Moskau gemacht haben. Der Artikel betrifft die lufttechnischen Lösungen der nach dem Trocken- und Nassverfahren arbeitenden Betriebe in der Textilindustrie.

#### **Air technique in USSR textile industry plants**

*Dipl. Techn. B. Vojkovský*

The author mentions the experiences gained during the consultations of Centro-projekt Gottwaldov designers with representatives of the State project organisation GPI in Moscow. The paper deals with air technique solutions of problems in the dry as well as wet textile industry operations.

#### **Technique d'air dans les exploitations de l'industrie du textile en URSS**

*Dipl. Techn. B. Vojkovský*

L'auteur mentionne les expériences faites à Moscou à l'occasion des entretiens des travailleurs du Centropunkt, Gottwaldov avec les représentants de l'Organisation étatique de projet GPI. L'article s'occupe des réalisations des problèmes concernant la technique d'air dans les exploitations sèches ainsi que humides.

---

#### **PUBLIKACE KV-ČVTS-KTP, ÚSTÍ NAD LABEM**

Krajská rada ČVTS,  
Velká hradební 2, poštovní příhrádka 183, 400 27 Ústí nad Labem,  
zašle zájemcům tyto publikace:

*Cikhart:* Regulace tepelných sítí (cena 40,— Kčs)

*Valášek:* Izolace potrubí proti ztrátám tepla (cena 40,— Kčs)

## RACIONÁLNÍ PODMÍNKY TEPELNÉ POHODY ČLOVĚKA

*Ing. Jiří Cikhart, CSc.*

Na Dánské vysoké škole technické byla v uplynulých letech provedena řada experimentálních měření, kterým se podrobily stovky dobrovolníků. Cílem těchto pokusů bylo získání racionálních podkladů o tepelné pohodě člověka za různých podmínek daných jeho činností, oblečením a okolním prostředím. Vedoucím výzkumu byl Dr. P. O. Fanger, který výsledky svých prací shrnul v knize: Thermal Comfort — Analysis and Applications in Environmental Engineering (Tepelná pohoda — její rozbor a aplikace v technice prostředí), která vyšla v Kodani v listopadu 1970. Recenze této knihy byla uveřejněna v č. 6 ročníku 14 (1971) časopisu Zdravotní technika a vzduchotechnika a stručný výtah vyšel jako článek v časopise Danfoss Journal v roce 1972. V tomto příspěvku se zamýjeme čtenáře s jeho obsahem. Pomocí moderní výpočtové techniky byl vyhodnocen nejen materiál získaný rozsáhlými experimenty, ale byly provedeny i velmi složité výpočty komplikované rovnice tepelné pohody. Výsledky výpočtů byly shrnuty do soustavy velmi názorných a přehledných nomogramů a grafů, které jsou velmi cennou pomůckou zejména pro projektanty tepelných a klimatizačních zařízení.

V práci Dr. Fanga se zavádí jednotka tepelného odporu oděvu 1 clo =  $0,18 \text{ m}^2 \text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal} = 0,155 \text{ m}^2 \text{C/W}$ . Tato jednotka je zvolena tak, aby obvyklý mužský oděv (lehké prádlo, košile, kalhoty a sako) měl tepelný odpor rovný 1 clo.

### Definice tepelné pohody prostředí

Pod pojmem tepelné pohody nějakého člověka se rozumí stav, při němž je příslušná osoba spokojena s tepelným stavem svého okolí. To v prvé řadě znamená, že tato osoba neví, přeje-li si být v teplejším nebo chladnějším prostředí. Dále to znamená, že výdaj tepla tohoto člověka nesmí být nerovnoměrný.

Všichni lidé nejsou stejní, ani pokud jde o tepelné podmínky. Nachází-li se skupina lidí v témež prostředí, není obvykle možné uspokojit všechny najednou. Proto je nutno pro tuto skupinu požadovat optimální pohodu, tj. stav, při němž bude pocítovat pohodu prostředí co největší počet členů této skupiny.

### Tepelně regulační systém člověka

Podmínky pohody prostředí úzce souvisejí s funkcí lidského tepelně regulačního systému. Proto se o tomto systému krátce zmímíme. Tepelně regulační systém člověka je tak zařízen, že vnější povrchová teplota těla se udržuje na přibližně konstantní výši. Aby

se toho dalo dosáhnout, musí platit rovnost mezi teplem, které tělo odevzdává do okolí a teplem, které se v těle vytváří oxidačními procesy a jež je v podstatě funkcí činnosti, kterou člověk vykonává.

Ke sdílení tepla dochází jednak dýcháním, při němž se nadechovaný vzduch ohřívá a zvlhčuje, jednak difuzi vodních par, a odpařováním potu z pokožky oděvem, z jehož povrchu je pak odevzdáváno teplo do okolí konvekcí a sáláním.

Člověk má velmi účinné mechanismy, které mu slouží k udržení tepelné rovnováhy ve velmi různých tepelných podmínkách.

Změnou průtoku krve pokožkou dochází ke změně teploty pokožky a tím i k jinému toku tepla do okolí. Pocením se zvyšuje ztráta tepla odpařováním a třesem se chladem, dochází tak zároveň k zvýšení vnitřní výroby tepla.

Účinnost termoregulačního systému způsobuje, že si člověk může udržet tepelnou rovnováhu a žít při teplotách okolí, které se mohou měnit ve velmi širokých mezích. Jak ale později uvidíme, existuje v těchto mezích jen velmi úzké pásmo, které je možno považovat za vyhovující z hlediska pohody prostředí.

### Parametry pohody prostředí

Nejpodstatnější proměnné veličiny, které působí na tepelnou rovnováhu a tím i na pohodu prostředí jsou:

1. Činnost člověka (vnitřní výroba tepla v těle);
2. Tepelná vodivost oděvu;
3. Teplota vzduchu;
4. Střední teplota sálání — (účinná teplota okolních ploch);

Tab. I

Činnost	$M/A_{Du}$ [kcal/m <sup>2</sup> h]
spánek	40
klidné sedění	50
psaní na stroji	60
stání	60
práce ve stojce v kuchyni, laboratoři, obchodě	80 ÷ 100
pomalá chůze rychlostí 3 km/h	100
průměrně rychlá chůze rychlostí 5 km/h	130
rychlá chůze 7 km/h	200
práce tesáře nebo zedníka běh rychlostí 10 km/h	150
	400

5. Relativní rychlosť proudenia vzduchu;  
6. Vlhkosť vzduchu.

Pracovná činnosť a tepelná vodivost oděvu, mohou byť odhadnuté s prímerenou presnosťou s ohľadom na účel príslušného miestnosti. Vnitřní vývin tepla, ktorý sa normálne udáva na  $m^2$  povrchové plochy ľudského tela, je funkcia vykonávanej práce. Hodnoty tepelné produkcie pri rôznych typických činnostach sú uvedené v tab. I.

Tepelný odpor oděvu  $I_{cl}$  je uveden pre rôzne druhy oděvu v tab. II.

Tab. II

Oděv	$I_{cl}$ [clo]
nahý člověk	0
bikiny	0,01
šortky	0,1
oděv obvyklý v tropech: šortky, rozhalenka s krát. rukávem, lehké prádlo	0,3
lehký letní oděv: dlouhé tenké kalhoty, rozhalenka krát. rukáv, lehké prádlo	0,5
lehký letní oblek	0,8
obvyklý oblek	1,0
těžký severoevropský oblek s vestou, dlouhé spodky a košile s dl. rukávem	1,5
dánský zimní pracovní oblek	2,2
polární oblečení	3 ÷ 4

$$\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,35 \left[ 43 - 0,061 \cdot \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - P_a \right] - 0,42 \left[ \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 50 \right] - \\ - 0,0023 \cdot \frac{M}{A_{Du}}(44 - P_a) - 0,0014 \cdot \frac{M}{A_{Du}}(34 - t_a) = \\ = 3,4 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c (t_{cl} - t_a)$$

kde

$$t_{cl} = 35,7 - 0,032 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,18 \cdot I_{cl} \left\{ \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,35 \left[ 43 - 0,061 \cdot \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - P_a \right] - 0,42 \left[ \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 50 \right] - 0,0023 \cdot \frac{M}{A_{Du}}(44 - P_a) - 0,0014 \cdot \frac{M}{A_{Du}}(34 - t_a) \right\} \\ h_c = \begin{cases} 2,05(t_{cl} - t_a)^{0,25} & \text{pri } 2,05(t_{cl} - t_a)^{0,25} > 10,4Vv \\ 10,4Vv & \text{pri } 2,05(t_{cl} - t_a)^{0,25} < 10,4Vv \end{cases}$$

Další prímenné veličiny vytvárajú vnitřní tepelné klíma, ktoré je nutno prizpísobiť dané kombináciu pracovnej činnosti a obleku tak, aby bolo dosaženo optimálnu tepelnú pohodu.

Teplota vzduchu sa bere ako strednú teplotu vzduchu v oblasti pobytu človeka.

Učinná teplota okolných ploch odpovedá v danom prípade približne strednej teploti stien, podlahy a stropu v uvažované miestnosti. Presne definovaná je účinná teplota okolných ploch v pomere k osobě rovna teploti absolútne černého telosa obklopujúceho túto osobu, ktoré odníma této osobě sáláním stejné množ-

ství tepla ako ohraničujúce plochy miestnosti ve skutečnosti.

Relativná rychlosť proudenia vzduchu je rychlosť vzduchu vzhľadom k človeku, t.j. včetne rychlosťi proudenia vyvolaných pohybom človeka.

Vliv vlhkosti vzduchu souvisí s parciálnym tlakom vodné páry ve vzduchu.

Jelikož na pohod prostredí pôsobí všetky šesť týchto prímených, bylo by nesmyselné snažiť se o stanovenie podmienok pre optimálnu tepelnú pohodu, pouze na základe jednej jedinej z nich (napr. teploty vzduchu), i keďby velikosť ostatných bola pevná stanovená. Mnoho dôvodových studií o pohode prostredí má pouze omezený význam, protože neměřily napr. jednu nebo několik uvedených prímených.

### Rovnice pohody

Vzniká tedy otázka, jaké kombinace šesti prímených dávajú tepelnú pohodu. Obecné řešenie tohto problému našiel dr. Fanger vedením tzv. rovnice pohody, ktorá spočívá na rozsáhlých experimentálnych studiach s veľkým počtom pokusných osôb.

Vyhodnocení fyzikálnych a fyziologických měření spolu se subjektivním posouzením pokusných osôb udalo úzkou souvislost mezi subjektivními pocitami tepelné pohody a velikostí teploty pokožky a vylučováním potu.

Tak vznikla rovnica optimálnu tepelnú pohodu. Jde zde vlastne o soustavu většího počtu rovnic, ale substituci vznikne v podstatě jedna rovnica, ktorá obsahuje šesť uvedených parametrov jakožto prímených:

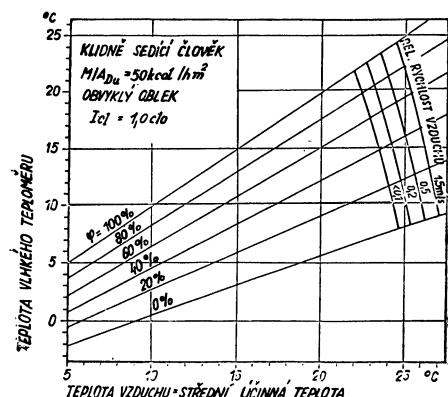
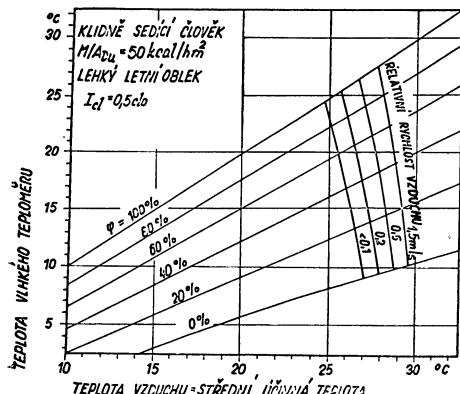
- kde  $\frac{M}{A_{Du}}$  — vnitřní prímena energie tela vztažená na jednotku jeho povrchu, stupeň pracovnej činnosti (viz tab. I) [kcal/m<sup>2</sup>h],  
 $\eta$  — vnější mechanická účinnosť tela; pri většině činností je rovna nule,  
 $I_{cl}$  — tepelný odpor oděvu (viz tab. II)  
 $[clo]$ ,  
 $f_{cl}$  — poměr mezi povrchy oděvu a nahé pokožky; závisí na  $I_{cl}$ ,

- $P_a$  — parciální tlak vodní páry [ $\text{kPa}/\text{cm}^2$ ],  
 $v$  — relativní rychlosť vzduchu [ $\text{m/s}$ ],  
 $t_a$  — teplota vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ],  
 $t_{mrt}$  — střední účinná teplota [ $^\circ\text{C}$ ],  
 $t_{cl}$  — střední teplota vnějšího povrchu oblečené osoby [ $^\circ\text{C}$ ],  
 $h_c$  — součinitel přestupu tepla při konvekci na vnějším povrchu oblečené osoby [ $\text{kcal}/\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ ],

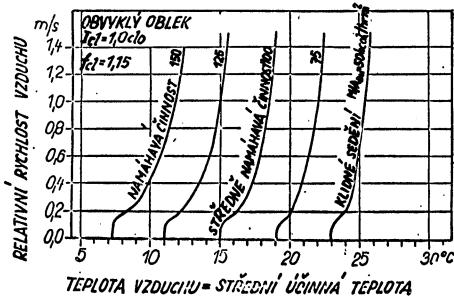
### Diagramy pohody

Rovnice pohody se nehodí pro ruční výpočet; byla však řešena strojně a výsledky byly zakresleny do velkého počtu diagramů. Jako ukázky jsou zde uvedeny diagramy na obr. 1 až 3.

Křivky v diagramech jsou křivkami pohody, tzn. jsou spojnicemi bodů, které vyhovují rovnici pohody a tvoří proto optimální tepelnou pohodu.



Obr. 1. Diagramy pohody pro klidně sedícího člověka s dvěma různými druhy oděvu ( $\text{clo} = 1,0$  a  $0,5$ ). V každém diagramu jsou zakresleny křivky pohody pro 4 různé rychlosti proudění vzduchu, tj. křivky, jež dávají pro různé kombinace okolní teploty a vlhkosti tepelnou pohodu.



Obr. 2. Diagram pohody pro osoby s oděvem  $\text{clo} = 1,0$ . Pro 5 různých druhů činnosti jsou zakresleny křivky pohody, tj. křivky udávající pro různé kombinace rychlosti proudění a okolní teploty pohodu prostředí. Platí pro vlhkost 50 %.

V obr. 1 jsou uvedeny jako příklad dva diagramy pohody, které ukazují speciálně vliv vlhkosti na klidně sedící osobu s oděvem 0,5 a 1,0 clo. V každém diagramu jsou zakresleny křivky pohody odpovídající čtyřem relativním rychlostem proudění vzduchu, tj. čáry udávající tepelnou pohodu vzniklou různými kombinacemi vlhkosti vzduchu a teploty.

Jak je vidět, je vliv vlhkosti vzduchu nepatrný. Změna z absolutně suchého v nasycený vzduch vede k poklesu okolní teploty o 2 až 3 °C. Budí však podotknuto, že nepatrná závislost na vlhkosti vzduchu platí pouze ve stavu pohody nebo v jeho blízkosti. Ve velmi teplých prostředích je míra nepohody závislá na vlhkosti velmi značně.

Diagram pohody na obr. 2 ukazuje názorně vliv činnosti a relativní rychlosťi vzduchu. Pro obléčení 1,0 clo jsou zde zakresleny křivky pohody pro pět různých úrovní činnosti. Každá z těchto křivek prochází různými kombinacemi rychlosti proudění vzduchu a teploty, které vytvářejí pohodu prostředí. Je vidět, že křivky pohody mají svislou tangentu pro rychlosť  $v = 0 \text{ m/s}$ , neboť se zde vychází z přirozené konvekce. Při velmi malých rychlosťech (pod 0,1 m/s) nemá rychlosť proudění na velikost konvekčního součinitele přestupu tepla žádný vliv a neovlivní tedy ani teplotu požadovanou pro tepelnou pohodu. Křivky pohody mají nejmenší sklon při rychlosti cca 0,2 m/s (inflexní bod). Zvýšení rychlosťi proudění z 0,1 na 0,3 m/s může být tedy vyrovnanou zvýšením teploty o 2 až 3 °C.

Protože je obtížné zajistit v pobytové zóně člověka rovnoměrnou rychlosť proudění např. 0,3 m/s, pokoušme se obvykle, abyhom dosáhli v mírnosti rovnoměrného tepelného vlivu, udržet rychlosť proudění pod cca 0,1 m/s. Při této hodnotě dochází pouze k přirozené konvekci.

Jako příklad významu tepelného sálání jsou uvedeny dva diagramy pohody v obr. 3. V každém diagramu jsou vyneseny křivky pohody pro 5 různých rychlosťi proudění, které dávají tepelnou pohodu pro různé kombinace účinných teplot a teploty vzduchu. Účinná teplota

má přibližně stejný význam jako teplota vzduchu. Křivky pohody se navzájem protínají v jednom bodě. V tomto bodě se rovná teplota vzduchu vnější povrchové teplotě oblečeného člověka, protože konvekční sdílení tepla je nulové a nezávisí na rychlosti proudění. Vlevo od tohoto průsečíku je teplota povrchu oblečeného člověka vyšší než teplota vzduchu. Zvýšení relativní rychlosti proudění tedy vyžaduje zvýšení teploty vzduchu (a nebo účinné teploty). Vpravo od tohoto průsečíku nastává opačný případ. Zvýšení rychlosti proudění vzduchu vyžaduje snížení jeho teploty, neboť v tomto případě jde o konvekční sdílení tepla lidskému tělu.

#### Praktické použití rovnice pohody

Při praktickém použití rovnice pohody a diagramů je nutno nejprve odhadnout pra-

covní činnost a hodnoty „clo“ s ohledem na použití místnosti, roční období atd. Potom je možno na základě použití kompletní sady diagramů najít takovou kombinaci zbyvajících čtyř parametrů, aby daly tepelnou pohodu. Přitom hraje samozřejmou úlohu zvolený systém, tepelné podmínky, izolace místnosti atd., což obvykle vytvoří již jistý vztah mezi zbyvajícími proměnnými.

#### Příklad a:

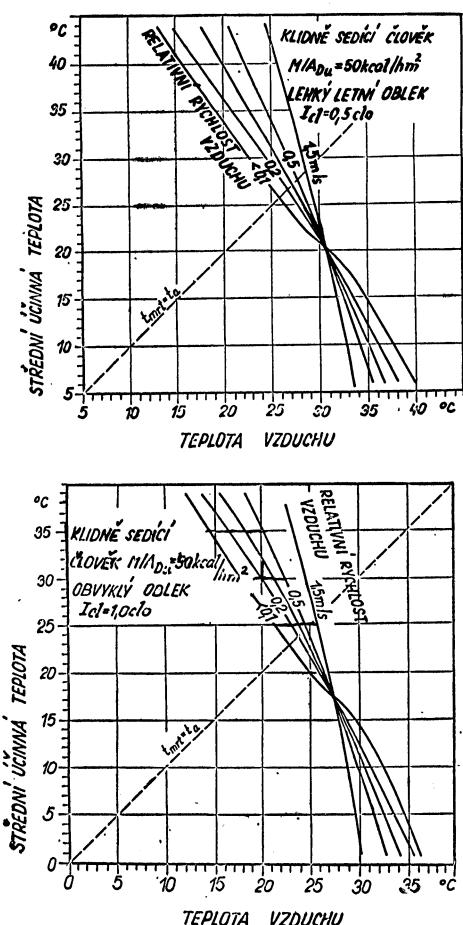
V konferenčním sále se počítá s tím, že klidně sedící lidé jsou v zimě oblečeni do normálního obleku  $1,0 \text{ clo}$  a v létě budou mít na sobě lehké kalhoty a košili s krátkým rukávem a kravatu ( $0,6 \text{ clo}$ ). Při rychlosti proudění vzduchu pod  $0,1 \text{ m/s}$  a při relativní vlhkosti vzduchu v zimě  $40\%$  a v létě  $70\%$  hledáme optimální okolní teplotu (účinné teploty = teplota vzduchu). V zimě vychází  $t_a = t_{mrt} = 23,3^\circ\text{C}$  ze spodního diagramu na obr. 3. V létě dostaneme  $t_a = t_{mrt} = 24,9^\circ\text{C}$  interpolací mezi oběma diagramy na obr. 3.

#### Příklad b:

Pro personál v obchodě máme nalézt teplotu pohody za předpokladu, že vykonávají střední činnost  $75 \text{ kcal/h}$  při chůzi rychlosti  $1,5 \text{ km/h}$  (relativní rychlosť vzduchu  $v = 0,4 \text{ m/s}$ ), jejich oděv má clo =  $1,0$  a relativní vlhkost je  $50\%$ . Z obr. 2 vyplývá  $t_a = t_{mrt} = 21,0^\circ\text{C}$

#### Příklad c:

V zimních podmírkách se počítá u dálkového autobusu, že účinná teplota stěn bude asi o  $6^\circ\text{C}$  nižší než teplota vzduchu. Má se určit teplota vzduchu pro zajištění pohody za předpokladu, že cestující sedí bez svrchního oblečení, tj. clo =  $1,0$  a že proudění vzduchu dosahuje rychlosti  $0,2 \text{ m/s}$  při relativní vlhkosti  $50\%$ . Ze spodního diagramu na obr. 3 vyplývá  $t_a = 26^\circ\text{C}$ ,  $t_{mrt} = 20^\circ\text{C}$ .



Obr. 3. Diagramy pohody pro klidně sedící osoby s dvěma druhy oblečení clo =  $0,5$  a  $1,0$ . V každém diagramu jsou zakresleny křivky pohody pro 5 různých rychlosťí proudění, tj. křivky udávající pro různé kombinace účinné teploty a teploty vzduchu tepelnou pohodu. Platí pro vlhkost  $50\%$ .

Rovnice pohody je velmi důležitým nástrojem i při podrobných tepelných rozborech místností. Kromě rovnice pohody jsou stanoveny i rovnice tepelné rovnováhy pro všechny ohraničující plochy místnosti a pro vnitřní vzduch stejně jako definiční rovnice pro účinnou teplotu okolních ploch. Pomocí takového rozboru, zpracovaného přirozeně strojově, je možno např. vypočítat teplotu sálavých topných nebo chladičích stěn, vstupní teplotu větracího vzduchu, teploty všech stěn, tepelné proudy atd. vše s ohledem na dosažení pohody. Konvekční a sálavé soustavy je pak možno ekonomicky porovnat na základě konstantní pohody místo na základě konstantní vnitřní teploty.

Ale i v přirozeném klimatu je možno rovnice pohody používat. Tak se uplatní např. při určování mikroklimatu na terasách, verandách, na sportovištích, při doplňkovém vytápění sálavými zářicemi apod. Předpovědi počasí

a meteorologické statistiky se vždy vztahují na jednotlivé parametry, což má bezpochyby význam pro zemědělství nebo námořní plavbu. Mnoho lidí má zájem na počasí. Rovnice pohody může být použita ke kombinaci meteorologických údajů, takže mohou být udávány a určovány s ohledem na tepelnou pohodu člověka.

#### Význam věku, pohlavi, návyku atd.

Nehledě na již dříve uvedených šest parametrů se velmi často tvrdí, že na to, jakým tepelným podmínkám dávají lidé přednost má vliv ještě celá řada dalších faktorů. Velmi rozšířen je mínění, že starší lidé mají raději teplo než lidé mladší, že muži dávají přednost chladnějšímu okolí než ženy, a že lidé z tropů jsou zvyklí dávat přednost podstatně teplejšímu vnitřnímu prostředí než lidé z mírných pásů.

Dále se často tvrdí, že tepelná pohoda závisí na tělesné konstrukci, denním rytmu, menstruačním cyklu, etnických rozdílech, příjmu potravin a barvě okolí. V knize dr. Fangera se o těchto vlivech podrobně pojednává a komentují se rozsáhlé pokusy, které mohly za účel prozkoumat vliv těchto faktorů.

Výzkumy ukázaly, že sotva má některý z těchto faktorů nějaký větší vliv. Proto může být také rovnice pohody použita nezávisle na těchto činitelích. Odvození rovnice pohody předpokládá alespoň poněkud stejnorođe tepelné okolí a stacionární poměry. Ve zvláštních odstavných knihy je pojednáno o významu neustálených poměrů a jednostranného působení na lidské tělo (asymetrická sálavá pole, průvan, teplé a studené podlahy).

#### Nová metoda pro určení vnitřního klimatu

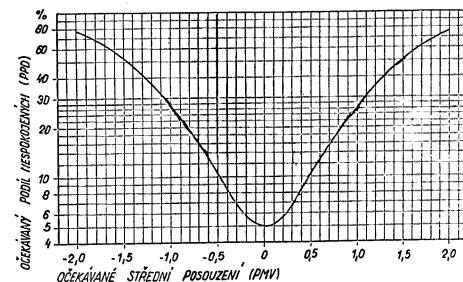
Pomocí rovnice pohody se poprvé stanovuje racionální metoda praktická pro určení tepelného vnitřního klimatu. Byl odvozen nový tepelný index. Udává očekávané střední posouzení, PMV (Predicted Mean Vote) pro velkou skupinu osob jako funkci činnosti, oděvu a zbylých čtyř parametrů. Hodnota PMV je očekávaná střední hodnota subjektivních vyjádření lidí, jak se cítí v tepelném slova smyslu. Vyjádření může být vyjádřeno čísly podle následující stupnice:

— 3	zima
— 2	chladno
— 1	lehce chladno
0	neutrálne
+ 1	lehce teplo
+ 2	teplo
+ 3	horko

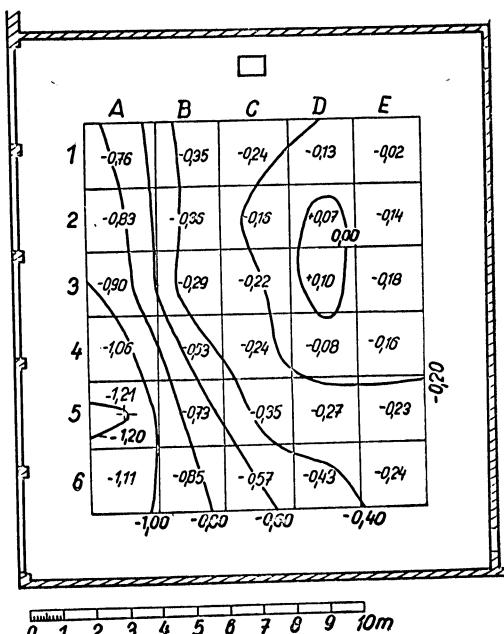
Nový index spočívá na teoretickém modelu ve spojení s výsledky pokusů, které zahrnuly asi 1 300 pokusných osob.

Matematické vyjádření PMV je velmi komplikované. V knize dr. Fangera je proto

uváděna rozsáhlá tabulka, z níž se dá hodnota PMV lehce určit, byly-li v praxi změřeny parametry klimatu.



Obr. 4. Očekávaný podíl tepelně nespokojeňných osob PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), jako funkce očekávaného středního vyjádření PMV. Pozoruhodné je, že křivka je symetrická a má minimální hodnotu 5 % nespokojeňných při PMV = 0. To odpovídá optimální tepelné pohodě.



Obr. 5. Stanovení tepelného klimatu v posluhárně novou metodou. Pobytná zóna je rozdělena na síť čtverců. Parametry klimatu jsou měřeny uprostřed každého čtverce. Příslušná hodnota PMV je uvedena v každém čtverci. Na základě toho jsou v pobytové zóně zakresleny křivky PMV = konst. PPD bylo stanoveno 11,3 % a LPPD 7,6 %. Tepelná nestejnorodost způsobená chladnými plochami oken a chladnou zadní stěnou způsobuje, že je nutno očekávat o polovinu větší počet nespokojeňných osob než u místoňnosti tepelně stejnorođe.

Lidé nejsou stejní a proto bude existovat pochopitelně i jistý rozdíl v posouzování tepelných podmínek okolí. Na základě pokusů, které zahrnuly 1 300 pokusných osob, byla stanovena souvislost mezi počtem „teplě nespokojených“ a PMV (viz obr. 4). Očekávaný počet nespokojených osob, PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), je výrazem toho, kolik lidí je nakloněno tomu si stěžovat na vnitřní klima (potencionální stěžovatelé). PPD má tedy smysl a je to srozumitelná veličina, která se dobré hodí k tomu, aby se jej dala označit kvalitou daného vnitřního tepelného prostředí.

Z obr. 4 je patrné, že křivka je symetrická a má minimum při PMV = 0. Minimální hodnota činí 5 % a odpovídá optimální tepelné pohodě stanovené rovnici pohody. Optimum, jehož je možno v praxi dosáhnout tedy je, je-li pouze 5 % osob z velké skupiny nespokojeno s daným prostředím. Již malá odchylka od tohoto optima způsobí, jak vidno z obr. 4, silné stoupnutí počtu nespokojených.

Při použití této nové metody v praxi je nejprve nutno změřit parametry prostředí ve vhodném počtu bodů, které jsou rovnoměrně rozděleny v zóně pobytu osob v důležné místnosti. Pak mohou být pomocí diagramů a tabulek stanoveny pro každý bod hodnoty PMV

a PPD. Potom je možno stanovit střední hodnoty a zakreslit v pobytové zóně křivky PMV = konst.

Dále je možno stanovit nejmenší hodnotu PPD, již se dá dosáhnout změnou teploty v dané místnosti. Tato hodnota označovaná jako LPPD (Lowest Possible Percentage of Dissatisfied) je pak výrazem nejednotnosti tepelného pole v místnosti a hodí se proto k tomu, aby označila tepelný a klimatický systém v této místnosti. Na obr. 5 je uveden praktický příklad použití popsané metody.

#### Poznámka:

Výsledky těchto výzkumů by se mely stát podkladem pro revizi stávajících norem a výpočtových postupů při navrhování otopných a větracích soustav.

#### LITERATURA

[1] P. O. Fanger: Thermal Comfort — Analysis and Applications in Environmental Engineering. Copenhagen 1970

[2] P. P. Fanger: Thermischer Komfort — Neue und rationelle Grundlage der Wärme und Klimatechnik. Das Danfoss Journal 1971/4

## PRŮLEZNÉ A PRŮCHOZÍ KANÁLY PRO TEPELNÉ SÍTĚ

Potrubí podzemních tepelných sítí se ukládají obvykle do neprůlezných železobetonových kanálů (obr. 1), používání tzv. bezkanálových konstrukcí se zatím omezuje jen na jediného případu. Kromě této způsobu ukládání tepelných sítí se používají ve vhodných případech i kanály průlezné a průchozí, které revidovaná ČSN 38 3360, spojující dřívější ČSN 38 3360 a ČSN 38 3362, doporučuje v čl. 68 pod důležité a silně frekventované komunikace, kde není žádoucí povrch vozovky rozrušovat, a pod drážní tělesa, a to přednostně kanály průlezné (obr. 2) a jde-li o více potrubí i kanály průchozí (obr. 3). Vnitřní rozměry těchto kanálů musí být stanoveny tak, aby byla možná obsluha, opravy, případně výměna tepelné izolace. Tyto rozměry předpisuje čl. 64 revidované ČSN 38 3360 takto:

#### Kanály průlezné:

Výška (světlá) má být nejméně 160 cm a nesmí být menší než 140 cm (ve výjimečných případech).

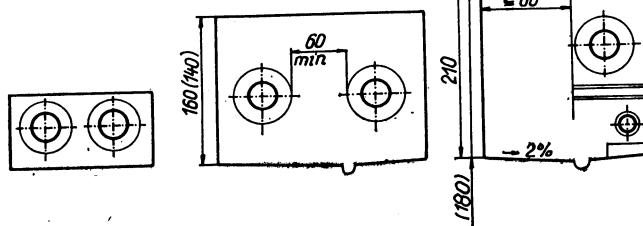
Šířka (světlá) průlezu musí být nejméně 60 cm.

#### Kanály průchozí:

Výška (světlá) má být 210 cm, nejméně však 180 cm v jednotlivých místech kanálu s překážkami.

Šířka (světlá) průchodu musí být rovna největšímu průměru ukládaných potrubí (bez uvažování tloušťky tepelné izolace při možnosti provedení tepelně izolačních prací přímo v kanále a s uvažováním tloušťky tepelné izolace při montáži potrubí s hotovou izolací zvětšenému o 10 cm, nejméně však 60 cm).

Metry v cm



Obr. 1

2

3

V čl. 68 ČSN 38 3360 se dále uvádí, že s výhodou lze jako průlezních event. průchozích kanálů použít železobetonových nebo ocelových trub a stavbu ve vhodných případech provádět protláčením, štitováním nebo štolováním. V poznámce k tomuto článku se ještě uvádí: „V průlezních kanálech se předpokládá za provozu pouze kontrola potrubí a tepelné izolace, event. jejich drobnější opravy. V průchozích kanálech je možno provádět běžnou údržbu tepelných sítí.“ Rozsah „drobnějších oprav“, které je možné provádět v průlezních kanálech, není v ČSN 38 3360 podrobněji uveden a proto je třeba pokusit se tuto neúplnost objasnit.

**OEG 38 0800 — Bezpečnostní předpisy pro energetiku.** Základní ustanovení obsahuje v článcích 246 až 252 směrnice pro práce v nádržích, jímkách apod., které lze aplikovat i na průchozí a průlezní kanály. Tyto směrnice jsou zaměřeny především na bezpečnost pracovníků, ale druh prací, které by dovolovaly nebo zakazovaly, neuvádějí. Další články 481 až 541 obsahují předpisy pro svařování a řezání kovů, rovněž bez zmínky o tom, že by některé práce tohoto druhu byly v uzavřených prostorách výslovně zakázány.

**OEG 38 0802 — Bezpečnostní předpisy pro energetiku:** Práce v parních elektrárnách a teplárnách — obsahuje v článcích 400 až 417 ustanovení pro obsluhu a údržbu tepelných sítí, které mají obecný charakter a druh prací blíže neuvádějí. Pro tunely, tj. i pro kanály průchozí a průlezní, jsou určena ustanovení článků 407 až 410, platná i pro jímky, na tyto kanály je však třeba vztahovat i ustanovení článků 400 až 406, v nichž jsou směrnice pro jímky. Články 402 až 406 se zabývají opatřeními, která chrání pracovníky i zařízení před nebezpečnými účinky plynu, tj. svitiplynu a jiných obdobných (topných) plynů. Články 407 až 417 mají opět obecný charakter, přičemž podle článku 407 je v prostorách, kde je teplota vyšší než 50 °C dovoleno provádět kontrolu a opravářské práce pouze s použitím ventilátoru pro vhánění chladného vzduchu, kterým se udržuje teplota vzduchu na praco-

višti pod 60 °C. Zmíněné kontrolní a opravářské práce nejsou ani v tomto blíže popsány a žádná z nich nemá výslovně zakázána. Další články obsahují ustanovení o pracovní teplotě v prostorách s teplotou vzduchu 50 až 60 °C a o opatřeních pro bezpečnost pracovníků.

Podle čl. 417 lze provádět opravy potrubí i za provozu, avšak jen s povolením mistra podle zvlášť vydaného pracovního příkazu a lze opravovat i ucpávky ventilů, tj. armatur avšak pouze tehdy, přesvědčí-li se vedoucí pracovní čety, že pod upravovanou ucpávkou není tlak.

**OEG 38 3012 — Prevádzkové pravidla pro elektrárne a sítě, část C: Rozvod tepla** — má ustanovení o opravách tepelných sítí v čl. 211 až 241, která se vztahují i na prohlídky stavu, zejména potrubí tepelných sítí. Rovněž tato provozní pravidla neobsahují podrobnější údaje o prováděných pracích. Podle čl. 211 lze „běžně malé opravy“ provádět za provozu, jejich rozsah není však opět blíže popsán.

Z uvedeného vyplývá, že v kanálech průchozích, popřípadě i průlezních lze provádět všechny potřebné práce, a to některé z nich i za provozu, musí však být dodrženy podmínky, uvedené v předcházejících normách a při svařování ještě ustanovení těchto dalších čs. norem:

**ČSN 05 0610 — Bezpečnostní předpisy pro svařování plamenem a řezání kyslíkem,**

**ČSN 05 0630 — Dto elektrickým obloukem, popřípadě**

**ČSN 05 0650 — Dto elektrickým odporem.**

Pro úplnost se ještě uvádí, že většinu uvedených ustanovení obsahují též nyní již ne-používané „Bezpečnostní předpisy pro práce v parních elektrárnách a teplárnách“, které pro ministerstvo energetiky vydala Práce — vydavatelstvo ROH v r. 1957, v nichž jsou v hlavě XII — Montáž, obsluha a údržba parních a vodních potrubí a v hlavě XIII — Obsluha a údržba dálkových parovodů příslušná ustanovení a směrnice přehledně uspořádány a je účelné se i s těmito „Předpisy“ seznámit.

Mikula—Strupek

## PŘEHLED NOREM VYDANÝCH V DRUHÉM POLOLETÍ 1971 (DOKONČENÍ)

- ON 13 3113 — Potrubní armatury průmyslové. Ruční kola odlehčená s jehlancovou dírou.  
Oborová norma SIGMA. Platí od 1. 11. 1971.
- ON 13 3114 — Potrubní armatury průmyslové. Ruční kola dorazová.  
Oborová norma SIGMA. Nahrazuje ON téhož čísla z 25. 4. 1962. Platí od 1. 11. 1971.
- ON 13 3130 — Potrubní armatury průmyslové. Řetězové pohony s jehlancovou dírou.
- ON 13 3131 — Potrubní armatury průmyslové. Řetězové pohony s válcovou dírou.  
Oborové normy SIGMA. Nahrazují ÚN téhož čísla z roku 1960. Platí od 1. 2. 1972.
- ON 13 4511 — Potrubní armatury průmyslové. Přímé třmenové regulační ventily přírubové ze šedé litiny Jt 16.
- ON 13 5005 — Potrubní armatury průmyslové. Ventily odluhovací přírubové Jt 40.
- ON 13 5020 — Potrubní armatury průmyslové. Ventily odkalovací přírubové Jt 40.
- ON 13 6031 — Potrubní armatury průmyslové. Regulátory tlaku membránové s rozšířeným výstupem Jt 16.
- ON 13 6032 — Potrubní armatury průmyslové. Regulátory tlaku membránové s rozšířeným výstupem Jt 25.

- ON 13 6034* — *Potrubní armatury průmyslové. Regulátory tlaku membránovové s rozšířeným výstupem a řídicím regulátorem JT 25.*  
*Oborové normy SIGMA. Platí od 1. 2. 1972.*
- ON 13 6103* — *Ventily uzavírací se šroubením napájeným ze slitin hliníku. Technické dodaci předpisy.*  
*Vyhlášení změny a ze srpna 1971 pro článek 2. Platí od 1. 9. 1971.*
- ČSN 13 6507* — *Potrubní armatury vodárenské. Šoupátkové a ventilové poklopy. Technické dodaci předpisy.*
- ČSN 13 6581* — *Potrubní armatury vodárenské. Šoupátkové poklopy.*
- ČSN 13 6586* — *Potrubní armatury vodárenské. Ventilové poklopy.*  
*Platí pro výrobky ze železitých slitin a stanoví jejich základní rozměry. Nahrazuje ON téhož čísla z 29. 12. 1962. Platí od 1. 1. 1972.*
- ČSN 13 8750* — *Potrubie z plastických hmot. Tvarovky pre potrubia z polyetylénu.*  
*Platí pro výrobu, dodávaní a zkoušení spojovacích součástí (tvarovek) z polyetylénu do vnitřního přetlaku 10 kp/cm<sup>2</sup>. Platí od 1. 1. 1972.*
- ON 13 9603* — *Armatury pro chemické látky. Pogumované armatury. Technické dodaci předpisy.*  
*Oborová norma SIGMA. Nahrazuje ON téhož čísla ze dne 3. 11. 1962. Platí od 1. 1. 1972.*
- ON 13 9662* — *Armatury pro chemické látky. Zpětné klapky pogumované Jt 10.*  
*Oborová norma SIGMA. Nahrazuje ON téhož čísla ze 4. 11. 1963. Platí od 1. 1. 1972.*
- ON 13 9820* — *Armatury pro chemické látky. Šoupátková pogumovaná Jt 6.*
- ON 13 9821* — *Armatury pro chemické látky. Šoupátková pogumovaná Jt 6 s připojovacími rozměry Jt 10.*
- ON 13 9822* — *Armatury pro chemické látky. Šoupátková pogumovaná Jt 10.*  
*Oborové normy SIGMA. Nahrazuje ON téhož čísla ze 4. 2. 1966. Platí od 1. 1. 1972.*
- ČSN 38 3350* — *Zásobování teplem. Všeobecné zásady — navrhování.*  
*Obsahuje zásady pro plánování a projektování zařízení pro centralizované zásobování teplem městských oblastí, sídlišť a průmyslových závodů. Nahrazuje ČSN téhož čísla z 16. 10. 1963. Platí od 1. 3. 1972.*
- ČSN 38 3360* — *Tepelné sítě. Strojní a stavební část — projektování.*  
*Obsahuje zásady pro projektování vodních a parních tepelných sítí soustav centralizovaného zásobování obytných, veřejných, průmyslových, zemědělských a jiných budov teplem. Nahrazuje ČSN 38 3362 z 31. 1. 1959. Platí od 1. 3. 1972.*
- ČSN 63 5365* — *Pryžové hadice. Hadice pro stlačený vzduch. Pracovní přetlak 8 kp/cm<sup>2</sup>.*  
*Obsahuje rozměrové a jakostní požadavky na hadice pro stlačený vzduch do pracovního přetlaku 8 kp/cm<sup>2</sup>. Nahrazuje ČSN téhož čísla z 20. 6. 1953. Platí od 1. 1. 1972.*

*Salzer*

## INFORMACE Z VÝROBNÍCH PODNIKŮ

N. p. Janka Radotín vypouští k 31. 12. 1972 z výroby tyto vzduchotechnické výrobky:  
 Radiální ventilátory RNA jednostranně sací s kluznými ložisky (TPE 13 3125). Po konstrukčním zdokonalení, přičemž byla sledována především otázka zvýšení provozní spolehlivosti, je připravena do výroby nová generace. Geometrie skříně a oběžného kola se nemění a proto zůstává původní označení typu i výkonové údaje. Konstrukční úprava sledovala i rozměrové sjednocení s ventilátory s valivým uložením, čímž pozbývá platnosti i příslušná norma PK 12 3122 z 1. 5. 1969. Nový výrobek nese označení „Ventilátory RNA jednostranně sací“ (PK 12 3122 z 1. 1. 1972) a zahrnuje velikost 500—1 000 s řemenovým převodem, s valivým i kluzným uložením. Provedení normální pro stupeň nebezpečí výbuchu 0.

Radiální ventilátory RNC jednostranně sací s kluznými ložisky (PK 12 3124). Jako u předešlých došlo ke konstrukční úpravě,

která přinesla zvýšení provozní spolehlivosti a rozměrové sjednocení s týmž typem s valivými ložisky (PK 12 3123 z 1. 1. 1969). Také zde se nemění výkonové údaje. Nové ventilátory nesou označení „Ventilátory RNC jednostranně sací“ (PK 12 3123 z 1. 1. 1972) a zahrnují velikosti 250—400 s řemenovým převodem s valivým i kluzným uložením. Provedení normální pro stupeň nebezpečí výbuchu 0.

Ostatní varianty ventilátorů RNA i RNC zůstávají ve výrobním programu bez změny. Regulační klapky čtyřhranné (PN 12 0624). Tyto regulační klapky nevyhovovaly po funkční stránce současným požadavkům a jsou nahrazeny novým výrobkem „Regulační klapky čtyřhranné“ (PK 12 0626), který po úspěšném vývoji přinesl jak funkční zdokonalení, především ve zvýšení tuhosti a těsnosti, tak i možnost výběru mezi dvěma variantami, a to se souběžnými i protiběžnými listy. Uspořádání s protiběžnými listy je po stránce průtoku

vých charakteristik výhodnější. Jsou vyráběny v 52 velikostech, v rozměrech od  $315 \times 200$  do  $1800 \times 1600$ .

Vyústky kruhové (PJ 12 0842), někdy též označované jako talířové anemostaty, které

byly staženy z výroby pro funkční závady. Nahrazují je v plném rozsahu difuzorové anemostaty (PA 12 0840)  $\varnothing 160$  až 450, jejichž výrobcem je n. p. Vzduchotechnika Nové Město n/V.

(Ku)

## RECENZE

V. P. Žuravleva

### MASSOTEPLOPERENOS PRI TERMOOBRABOTKE I SUŠKE KAPILLJARNOPORISTYCH STROITELNYCH MATERIALOV (PŘENOS TEPLA A HMOTY PŘI TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ A SUŠENÍ KAPILÁRNĚ PÓROVITÝCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ)

Izd. „Nauka i technika“, Minsk 1972, 191 str., cena: 92 k (12,— Kčs)

V publikaci jsou probírány základní zákonitosti vnitřního sdílení tepla a hmoty při uvažování změn technologických a strukturálně mechanických vlastností jak v procesu sušení kapilárně póróvitých a koloidních kapilárně póróvitých materiálů (hlina, písek, keramika, dřevo), tak i v procesech tvorby struktury při teplém vlhkostním zpracování materiálů (v cementové kaši, betonu). V knize se uvádějí výsledky analytických a experimentálních výzkumů difuze a termo-difuze vlhkosti u vodorozpustných látek, obsažených ve vlhkých materiálech a jiných teplém fyzikálních vlastností. Na základě teorie přenosu tepla a hmoty a učení o formách vazby vlhkosti s materiélem získávají se důležité zákonitosti kinetiky a dynamiky procesu sušení a teplého zpracovávání a také mechanismus přenosu tepla a hmoty při různých způsobech přívodu tepla do materiálu (konvekci, vedení a při působení elektromagnetického pole).

V knize jsou uvedeny zobecněné rovnice, popisující závislosti součinitelů přenosu na obsahu vlhkosti, teplotě a druhu materiálů, základní kriteriální závislost, tabulky a grafy, nezbytné pro inženýrské výpočty.

Řehánek

E. M. Sperroy, R. D. Sess:

### TEPLOOBMEN IZLUČENIEM (SDÍLENÍ TEPLA SÁLÁNÍM)

„Energiya“, Leningradskoe oddelenie 1971, 296 str., cena 1 r 60 k (20,50 Kčs), překlad z angličtiny: Radiation Heat Transfer, Brooks/Cole Publishing Company Belmont, California, 3. vyd.

V knize jsou vyloženy základní teoretické poznatky a metody výpočtu šíření tepla sáláním. Probírají se úlohy, ve kterých se vyskytuje pouze sálání, ale také úlohy obsahující problematiku sálání — vedení a sálání — proudění tepla. Teoretická řešení jsou ilustrována příklady, ve kterých se ukazuje konkrétní využití získaných závislostí. V rámci každé kapitoly jsou uvedena cvičení a úlohy. Kniha je určena inženýrům — teplém technikům, energetikům a může být použita i jako učebnice pro studenty a aspiranty.

Řehánek

S. Patankar, D. Spalding:

### TEPLO I MASSOOBMEN V POGRANIČNYCH SLOJACH (VÝMĚNA TEPLA A HMOTY V MEZNÍCH VRSTVÁCH)

„Energiya“, 1971, 128 str., cena: 1 r 27 k (16,50 Kčs), překlad z angličtiny: Heat and Mass Transfer in Boundary Layers, Morgan — Grampian, London, 1964

V knize se podává výklad relativně prosté a efektivní inženýrské metody numerického řešení úplné soustavy rovnic mezní vrstvy, umožňující dostatečně přesně stanovit odpor a výměnu tepla na povrchu tělesa, obtíkaného laminárním nebo turbulentním vysoko-rychlostním tokem plynu, při uvažování přetlaku nebo podtlaku. V knize se uvádí 273 literárních odkazů a program pro samočinný počítač. Je určena čtenářům, zajímajícím se aerodynamikou a konvektivním přenosem tepla.

Řehánek

**V. S. Volkenštejn:**

**SKOROSTNOJ METOD OPREDELENIJA TEPLOFIZIČESKICH  
CHARAKTERISTIK MATERIALOV (RYCHLOSTNÍ METODA  
VYŠETŘOVÁNÍ TEPELNĚ FYZIKÁLNÍCH CHARAKTERISTIK  
MATERIÁLŮ)**

*„Energija“ Leningradskoje odelenie 1971, 145 st., cena: 67 k (9,— Kčs)*

V knize je popsána skupina metod ke zjištování tepelně fyzikálních charakteristik. Metody jsou určeny k hromadnému tepelně fyzikálnímu výzkumu různých materiálů — pevných těles, kapalin, práškových látek, vláknitých látek atp. Kniha obsahuje jednak teoretický popis metod, jednak jejich praktické použití v různých tepelně fyzikálních měřeních. V přílozích jsou uvedeny tabulky k vyčíslování charakteristik na základě provedených experimentů.

Kniha je určena vědeckým a inženýrsko-technickým pracovníkům, zajímajícím se o tepelně fyzikální měření.

*Řehánek*

**P. V. Coj:**

**METODY RASČETA OTDELNYCH ZADAČ TEPLOMASSOPERENOSA  
(METODY VÝPOČTU JEDNOTLIVÝCH ÚLOH Z PŘENOSU TEPLA  
A HMOTY)**

*„Energija“, Moskva 1971, 384 str., cena: 1 r 27 k (16,50 Kčs)*

V knize se uvádí přibližná metoda výpočtu nestacionárního vedení tepla v tělesech klasického i neklasického tvaru, vnitřní úlohy z hydrodynamiky a výměny tepla při laminárním proudění kapalin v potrubích a kanálech různé formy a průřezu. Je navržen jednoduchý a efektivní způsob výpočtu termoelastických napětí při uvažování časově proměnlivých teplot vnitřního prostředí. Jsou uvedena řešení soustavy rovnic simultánního přenosu tepla a hmoty. Úlohy se řeší za pomocí integrálních transformací a variačních metod.

Kniha je určena inženýrsko-technickým pracovníkům, vědeckým pracovníkům a aspirantům.

*Řehánek*

---

**● Česko-anglický technický slovník  
(kolektiv autorů)**

Tato publikace tvoří protějšek k Anglicko-českému technickému slovníku, vydanému v roce 1969 a 1971 v SNTL. Druhé vydání tohoto česko-anglického slovníku je oproti prvnímu z roku 1963 podstatně přepracované a doplněné asi o čtyři tisíce hesel, především z oblasti elektrotechniky počítačů, polygrafie papírenského průmyslu, tunelářství, stavebnictví, slévárenství, hutnictví a metalurgie.

Celkově obsahuje kniha okolo 64 000 termínů z moderní techniky. Hlavní důraz je kladen např. na chemii, elektrotechniku, strojírenství a hornictví. V publikaci se nenachází hesla netechnického charakteru, např. z ekonomiky, botaniky a zoologie, ale byly zařazeny nové termíny z automatické regulace, kartografie, obalové techniky, teorie informací a počítacích strojů.

Slovník je určen technikům, inženýrům, výzkumným a vědeckým pracovníkům, předkladatelům odborných textů, pracovníkům v exportu technických výrobků a zařízení a posluchačům vysokých škol technického směru.

Vydalo SNTL v roce 1972, 948 stran, cena vázaného výtisku 95 Kčs.

**● Elektřina v našem životě  
(Ing. F. Soukup)**

Publikace je určena především těm čtenářům, kteří nemají odborné elektrotechnické znalosti, ale přesto chtějí správně používat a udržovat elektrická zařízení.

Nejdříve se zabývá teoretickými informacemi, tedy výrobou elektrické energie, elektrickým rozvodem, světlem, teplem a ponorem, bleskem a jeho účinky, sdělovací technikou, elektřinou v dopravě. Velmi užitečná je kapitola, v níž autor upozorňuje na nebezpečí při používání elektrických zařízení, poskytuje rady k zabránění poruch a úrazů a pojednává i o první pomoci při úrazech elektřinou a o hašení požáru.

V poslední kapitole podává autor mnoho praktických informací a návodů, např. co udělat, když zhaslo světlo, jak opravit elektrický vařič, jak udržovat akumulátory nebo jak vysušovat vlhké zdroje.

Kniha se zabývá jak silnoproudými, tak slaboproudými a sdělovacími zařízeními.

Vydalo SNTL v Praze roku 1972, 228 stran, 150 obrázků, 6 tabulek, cena vázaného výtisku 20 Kčs.

**Gesundheits-Ingenieur 93 (1972), č. 7**

— Diagramm zur Umrechnung von Leistungsdaten von Wärmeaustauschern auf veränderte Betriebsbedingungen (Diagram pro přepočet výkonu výměníku tepla na změněné provozní podmínky) — *Bayer C.*, 193—202.

— Insektizid-Bestimmungen in atmosphärischer Luft mittels der Filtermethode (Stanovení insekticidů v atmosférickém vzduchu filtrován metodou) — *Herzel F., Lahmann E.*, 202—205.

— Die kapilare Wasseraufnahme von Baustoffen (Kapilární přijímání vlhkosti stavebních materiálů) — *Schwarz B.*, 206—211.

— Beitrag zur isothermen Lochdecken- und Lochplattenströmung (Příspěvek k izotermnímu proudění děrovanými stropy a děrovánými deskami) — *Regenscheit B.*, 211—215.

**Gesundheits-Ingenieur 93 (1972), č. 8**

— Zeitgemäße Ausführung von Wohnungsbad und WC (Současné provedení bytových koupelen a WC) — *Roedler F.*, 226—231.

— Grundlagen und Anwendungen der Reinraumtechnik (Základy a použití techniky čistých místností) — *Schicht H.*, 232—241.

— Der Wärmestrom durch die Ecke zwischen zwei Aussenwänden (Tepelný tok rohy mezi dvěma vnějšími stěnami) — *Kast W.*, 242—245.

**Heating, piping and air conditioning 44 (1972), č. 7**

— You and the EPA: enforcement of air quality standards (Vy a EPA: zpřísňení normy kvality ovzduší) — *Beechma B. J.*, 61—64.

— The engineer's responsibility in pollution control (Odpovědnost inženýrů za kontrolu znečištění ovzduší) — *Stanley W. J.*, 65—68.

— Vertical fan-coils simplify upgrading of apartment AC (Vertikální jednotky zjednodušují zkvalitňování klimatizace bytů) — *Kinser R. E.*, 69—73.

— High efficiency centrifugal fan for dust laden gases (Vysokoučinný odstředivý ventilátor pro zaprášené plyny) — *Eck B.*, 74—78.

— Computer optimization for dual duct system (Optimalizace dvoupotrubního systému počítačem) — *Chen Y. S.*, 82—84.

— Nomograph gives emergency capacity of air receiver (Nomogram pro určení nouzové kapacity větrníku) — *Caplan F.*, 85—86.

— New prospects for the gas turbine (Nové vyhlídky plynových turbin) — *Field A. A.*, 89—90, 118.

— Selecting transformers for air conditioning (Volba transformátorů pro klimatizaci) — *Ellis G. A.*, 91—98.

**Heating, piping and air conditioning 44 (1972), č. 8**

— 40-yr-old concept proves good base for HVAC renovations (40 let stará koncepce se

ukázala být dobrým základem pro obnovu vytápění a klimatizace) — *March H. S.*, 53 až 60.

— Quick solutions to hairpin pipe loop stress problems (Rychlé řešení problémů napětí vlnásenkových smyček potrubí) — *Bertin D.*, 66—69.

— Nomograph determines velocity and flow rate of water in pipes (Nomogram pro stanovení rychlosti a průtoku vody v potrubí) — *Zanker Á.*, 85—86.

**Heizung, Lüftung, Haustechnik 23 (1972), č. 7**

— Grundlagen der Akustik (Základy akustiky) — *Kopp H.*, 204—209.

— Lüftung von innenliegenden Wohnungsküchen (Větrání domácích kuchyní, ležících uvnitř) — 209.

— Vorausberechnung des Ventilatorgeräusches (Predběžný výpočet hluku ventilátoru) — *Finkelstein W.*, 210—215.

— Berechnung der Geräuschkämmung in Lüftungs- und Klimaanlagen (Výpočet tlumení hluku ve větracích a klimatizačních zařízeních) — *Brockmeyer H.*, 216—220.

— Eigengeräuschenentwicklung in Kanälen sowie Krümmern, Abzweigungen und Auslässen (Vznik hluku v potrubí, obloucích, rozbočkách a výstupích) — *Brockmeyer H.*, 221—225.

— Schalldämpfer für Lüftungs- und Klimaanlagen (Tlumiče hluku pro větrací a klimatizační zařízení) — *Finkelstein W.*, 226—228.

— Schalldämmung in Klimaanlagen (Tlumení hluku v klimatizaci) — *Kopp H.*, 229—233.

— Akustische Berechnung einer Lüftungsanlage (Akustický výpočet klimatizačního zařízení) — *Brockmeyer H., Finkelstein W., Kopp H.*, 234—237.

— Modellversuche zur Untersuchung des Raumströmungsverhaltens in der Olympia-Sport halle München (Modelování prostorového proudění v olympijské sportovní hale v Mnichově) — 237—238.

**Heizung, Lüftung, Haustechnik 23 (1972), č. 8**

— Korrosionen in Kupferleitungen von haustechnischen Anlagen (Koroze měděných potrubí v domácích zařízeních) — *Zitzelsberger J.*, 244—246.

— Einbau von Heizungs- und Sanitäranlagen in ein historisches Gebäude (Vestavba vytápěcího a zdravotnického zařízení do historické budovy) — *Kranauer K. H.*, 247—249.

— Arithmetische Methoden für Netzmessungen des Volumenstroms in Leitungen mit Rechteck-Querschnitt (Aritmetické metody pro sítové měření objemu proudu v potrubí s pravoúhlým průřezem) — *Richter W.*, 250—253.

— Sanitäre Fertigzelnen (Zdravotní prefabrikovaná jádra) — *Arendt C. D.*, 254—262.

— Gestaltung und Berechnung von Saunaanlagen (Návrh a výpočet saun) — *Paprotta K.*, 263—267.

— Allseitig anerkannte Leitlinien für die Planung von lüftungstechnischen Anlagen erforderlich (Všeobecně uznávané směrnice pro navrhování vzduchotechnických zařízení jsou nutné) — 268—270.

### Light and Lighting 65 (1972), č. 4

— Ground lighting installations at civil airports (Základní světelné instalace na civilních letištích) — *Rawson P. A.*, 126—129.

— Lamps for airports (Svítidla pro letiště) — *Anstee P. T.*, 129—130.

— Maintenance of airport lighting (Údržba letištěho osvětlení) — *Howton J. S.*, 130—131.

— Visual performance — CIE style (Hodnocení vizuálního výkonu podle CIE) — *Marsden A. M.*, 132—135.

— Lighting overseas — France (Osvětlení v zámoří — Francie) — *Deribére M.*, 136—137.

— International lighting exhibition Paris 1972 (Mezinárodní výставка světelné techniky v Paříži 1972) — *Boud J.*, 138—139.

— Lightshow 1972 (Výставка osvětlování 1972) — 139, 142.

— Display lighting techniques (Technika výstavního osvětlování) — *Turner J.*, 143—144.

— Equipment for display lighting (Zařízení pro osvětlování výstav) — 144—145.

— Let's keep it simple (3) Measuring light (Jednoduchá věc — měření světla, díl 3) — 146, 147, 149.

### Light and Lighting 65 (1972), č. 5

— Lighting overseas: Domestic lighting in Finland (Osvětlení v zámoří: bytové osvětlení ve Finsku) — *Eino Lampi*, 160—161.

— Environmental design — SWEB Central Accounting Office, Plymouth (Interiéry bankovního střediska) — 162—165.

— Coventry Cathedral floodlighting (Osvícená v prostorách katedrály v Coventry) — 166—167.

— Mounting heights for floodlighting in open areas (Montážní výšky pro osvícená na otevřených prostranstvích) — *Logan W. P. M.*, 169—170.

— Floodlighting equipment survey (Přehled výrobků pro osvícení) — 171, 174—176

— Elektrex '72 (ASEE) (Výставка Elektrex 1972) — 178—179.

### Light and Lighting 65 (1972), č. 6

— The Crucible Theatre, Sheffield (Osvětlení divadla v Shefieldu) — *Corbett T.*, 190—195.

— IES National lighting conference, University of Warwick, March 21—23 (Národní konference anglické ISE) — 196—205, 208.

— Lighting for outdoor work and storage (Osvětlení venkovních pracovišť a skladů) — *Lyons S.*, 210—214.

— Let's keep it simple (4) Dirt and maintenance (Jednoduchá věc — zašpinění a údržba, díl 4) — 215—216.

### Light and Lighting 65 (1972), č. 7

— Emergency lighting (Nouzové osvětlení) — *Heatlie — Jackson D.*, 226—228, 230.

— Emergency lighting — product survey (Přehled výrobků pro nouzové osvětlení) — 236—237, 244.

— High noise levels and hearing damage (Vysoké hlukové hladiny a poškození sluchu) — *Fearn R. W.*, 241—243.

— Let's keep it simple (5) Colour (Jednoduchá věc — díl pátý — barva) — 244—247.

— Modular lighting courses (Modulovaný světelný tok) — 247—248.

### Light and Lighting 65 (1972), č. 8

— Flameproof luminaires (Svítidla odolná proti ohni) — *Heatherington J. G.*, 256—259.

— Lighting in coal mines (Osvětlení v uhelných dolech) — *Neill A. G., Bell W. B.*, 259—262.

— Luminaires for use in hazardous areas (Svítidla pro nebezpečná prostředí) — 264, 266, 268.

— The electric environment in a superstore (Elektrická instalace ve velkoskladech) — *Maxwell A., Bartlett G. E.*, 270—272.

### Lighting design and application sv. 2 (1972), č. 3

— Lighting efficiency or comfort? (Účinnost osvětlení nebo komfort?) — *McNamara A. C.*, 6—11.

— A view of history under light (Pohled do historie s pomocí světla) — *Gierman P. E.*, 12—17.

— A breath of light (Ztvárnění osvětlení) — *Freudenberg R. W.*, 18—21.

— Laser-Art (Laser jako tvůrce umění) — *Peterson J. M.*, 22—25.

— Funkční low-voltage lighting (Funkční nízkotovarové osvětlení) — *Griffin J. D.*, 26—30.

— Lighting for a tract home (Osvětlení části domu) — *Tritschuh R.*, 34—37.

### Lighting design and application sv. 2 (1972), č. 4

— Cinesphere — radial floodlighting at Ontario Place (Speciální radiální osvícení výstavních ploch) — *Howard R. T.*, 6—9.

— A second look at low-pressure sodium (Jiný pohled na nízkotlákaté sodíkové výbojky) — *Stark R., Cossyphas H.*, 13—18.

— Texas Stadium — first US xenon arc sports installation (První instalace xenonových výbojků v USA — texasský stadion) — *Morey A. W.*.

— History by night an artistry of color in floodlighting (Umělecké ztvárnění barevnosti při osvícení historických budov) — úvod a 4 příklady — 22—24 (23—33).

— The Thomas Jefferson Memorial (Památník T. J.) — 24—25.

— Montpelier State House at night (Radnice v M. v noci) — 26—27.

- Tomb of the Unknowns (Hrob Neznámého vojána) — 28—32.
- US Supreme Court Building (Budova Nejvyššího soudu) — 33.
- Lighting Rio's famous expressway (Osvětlení slavné dálnice v Riu) — *Mioduski A. L.*, 41—43.
- Decision-marking for parking lot lighting (Barevná jistota pro světlo na parkovišti) — — *Le Vere R. C.*, 44—50.
- Light trek (Osvicování kosmických raket) — *Brown H. W.*, 51—53.
- The challenge ahead — coordinated lighting systems for our cities (Výzva dopředu: současná osvětlovací soustava pro naše města) — *McGowan T.*, 54—56.
- Roadway research — a practical report on recent findings (Význam uličního osvětlení, 2 zprávy recenzentů) — 57—62.
- IERI Report: Roadway illumination and visibility in fog (Zpráva IERI: uliční osvětlení a viditelnost v husté mlze) — *Blackwell H. R.*, 57—60.
- Semi-directional fixed lighting for one-way highways (Převážně přímé pevné osvětlování pro jednosměrnou vozovku) — 61—62.

## **Lighting design and application 2 (1972), č. 5**

- Indirect library lighting with metal halide (Nepřímé osvětlení knihovny halogenidovými výbojkami) — *Smith S. W.*, 12—14.
- A new view of patient room lighting (Nový pohled na umělé osvětlení nemocničních lůžkových pokojů) — *Williams H. G.*, 15—19.
- Lighting A „Model“ patient room (Osvětlení lůžkového pokoje speciálním svítidlem) — *Thompson W.*, 20—21.
- Custom lighting for architectural flexibility (Individuální osvětlení přinášející architektonickou proměnnost prostoru) — *Bailey L. M.*, 22—24.
- The application of environmental systems utilizing water-cooled fluorescent luminaires (Aplikace využití obecné soustavy vodou chlazených zářivkových svítidel) — *Eldridge B. G.*, *Waldbauer W. M.*, 30—41.

## **Lighting design and application 2 (1972), č. 6**

- 1972 Annual IES Conference abstracts (Abstrakta referátů z výroční konference IES) — 8—42.
- A luminance concept for working interiors (Rozložení jasů v pracovním prostředí) — *Fischer D.*.
- Effects of brightness variations on attention span in a learning environment (Účinky jasových kontrastů na napětí pozornosti ve vyučovacích prostorách) — *LaGinsa F. F.*, *Perney L. R.*,
- Veiling reflection evaluating in practice (Využití závojového odrazu v praxi) — *Griffith J. W.*, *Baker G. A.*,
- New lighting constraints associated with picturephone service (Nový způsob zmenšování osvětlení při audiovizuálním použití) — *Fuchs J.*, *Katz M.*, *Torok G.*,

- Ten years experience with water-cooled lights and louvers (10 roků pokusů se svítidly a mřížkami chlazenými vodou) — *Southwards K. W.*,
- A guide to the application of non-uniform lighting in office spaces (Doporučení pro ne-tradiční osvětlování administrativních prostor) — *DeLaney W. B.*, *Rowe G. D.*,
- Interchange illumination — engineering and economics (Střídavé osvětlování, jeho technika a ekonomie) — *Ketvietis A.*, *Rozanskas S. G.*,
- The subjective measurement of color shifts with various light sources (Subjektivní měření barevných změn různými světelnými zdroji) — *Eastenan A. A.*, *Allen C. J.*, *Brecher G. A.*,
- The flattery index (Index lichocení) — *Jerome C. W.*,
- The numerical ranges of diffuse and specular reflectance (Numerické třídění rozptylného a zrcadelného odrazu) — *Spencer D. E.*, *Gaston E. A.*,
- Radiant heating of the retina by non-uniform light sources (Zářivý ohřev retiny při neobvyklém světelném zdroji) — *O'Brien P. F.*,
- Now concept in direct glare control (Nový postup při kontrole přímého oslnění) — *Lewin I.*,
- Human performance — a pilot study (Studie výkonnosti u pilotů) — *McNelis J. F.*,
- Lighting and total hospital design (Osvětlení a jeho návrh pro nemocnice) — *Mahard E. P.*, 43—47.
- Efficient lighting for heart patent units (Pohotovostní osvětlení na koronární jednotce) — *Jeffries P. E.*, 48—49.
- Light and architecture work together in a new school (Světlo a architektura vytvářejí novou školu) — *Shemitz S. R.*, 56—62.
- Color properties of a new artificial sunlight lamp (Obsah barev v novém umělém zdroji slunečního světla) — 71—72.

## **Lichttechnik 24 (1972), č. 7**

- Ein Streifzug durch das Messeangebot an Spezialleuchten, Hallenleuchten und Leuchten höherer Schutzart (Přehled speciálních svítidel, svítidel pro halové prostory a svítidel s vysokým stupněm ochrany z veletržní nabídky) — *Scholtyssek D.*, 357—359.
- Modefrühling bei Lampenschirmen und Schirmleuchten auf der Hannover-Messe (Novinky ve stímkách a ve svítidlech se stímkou z hannoverského veletrhu) — 360—361.
- Hannover-Messe 1972: Schaufenster der Lampenindustrie (Veletrh v Hannoveru 1972 byl výkladem výrobců zdrojů) — 364—366.
- Die Vermeidung von Reflexblendung und Glanzlicht durch Indirektbeleuchtung von Innenräumen (Vyloučení oslnění odrazem a odlesků světla nepřímým osvětlením ve vnitřních prostorách) — *Dahnem E.*, 367—369.
- Beleuchtung der Rheinkniebrücke in Düsseldorf (Osvětlení mostu s nájezdy v D.) — *Voigt W.*, *Paulmann H. R.*, 369—370.

— Ein kombinierter Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemesser (Sdružený luxmetr a jasoměr) — 373.

— DIN 67 526 Sportstättenbeleuchtung — Anforderungen an die Beleuchtung mit künstlichem Licht — Entwurf April 1972 (DIN 67 526 — Osvětlování sportovních hřišť — Požadavky na osvětlení umělým světlem — návrhy normy z dubna 1972) — 374, 376, 277, 378.

## Lichttechnik 24 (1972), č. 8

— Neue Hilfsmittel der Werbung für gutes Licht im Wohnbereich (Nové prostředky propagace dobrého světla v bytových prostorách) — 399.

— Vielseitige Beleuchtung olympischer Sportstätten (Mnohostranné osvětlení olympijských sportovišť) — 400—402.

— Licht und Decke (Světlo a strop — přehled z veletržní nabídky integrovaných osvětlovacích soustav, svítících stropů a mřížek) — Scholtysek D., 402—403.

— Moderne Installationsgeräte für Beleuchtungsanlagen (Moderní instalacní prvky pro osvětlovací zařízení — veletržní přehled) — Marquardt K., 406—407 pokrač.

— Licht-Kunst: Heinz Mack — Objekte, Aktionen, Projekte 1957—1972 (Světlo-materiál pro umělecké ztvárnění: H. M., Výtvory, pojednání, návrhy z let 1957—1972) — Welk R. 408.

— Beleuchtungsstärken, Leuchtdichten und Farben in Arbeitsräumen (Intenzity osvětlení, jasy a barevnost v pracovních prostorách) — Fischer D., 411—416.

— Der Transmissionsgrad lichtdurchlässiger Materialien bei nicht senkrechtem Lichteinfall (Činitel prostupu světla propustnými světelně technickými hmotami, nedopadá-li na ně světlo kolmo) — I. díl — Fischer U., Hoffmann P., 416—418.

## Lichttechnik 24 (1972), č. 9

— Lichtverteilung idealer Spiegelreflektoren (Rozdělení svítivosti u ideálních reflektorů) — Weis B., 455—459.

— Der Transmissionsgrad lichtdurchlässiger Materialien bei nicht senkrechtem Lichteinfall — II (Činitel prostupu světla propustnými světelnětechnickými hmotami, nedopadá-li světlo kolmo — díl II.) — Fischer U., Hoffmann P., 460—462.

## Lichttechnik 24 (1972), č. 10

— Kalorimetrische Messungen an luftgekühlten Leuchten (Kalorimetrická měření na svítidlech vzduchem chlazovaných) — Hentschel H. J., Krüger, W., Pfeffer K. A., Roedler F., Schreiber L., Söllner G., Steck B., 509—513.

— Beleuchtung und Arbeitsstudien (Osvětlení a studie pracovního výkonu) — Schlaich K., 516—520.

## Luft- und Kältetechnik 8 (1972), č. 4

— Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zur Klimagestaltung in Produktionsanlagen der Viehwirtschaft (Hospodářské úvahy ke klimatizaci v produkci dobytka) — Kirschner K., Langner O., Rump W., Seidel K. D., 171—178.

— Einige Probleme der Lüftung in Stallbauten (Několik problémů větrání stájí) — Petzold K., Schwenke H., 178—184.

— Entwurfsfragen der Heizungs- und Lüftungsanlagen von Stallbauten (Otázky projektování vytápění a větrání ve stájích) — Macskásy Á., Zöld A., 185—189.

— Methodische Probleme bei stallklimatischen Messungen (Metodické problémy při klimatických měření ve stájích) — Gelbert L., 190—193.

— Untersuchungen zur Abreinigung des Sprühsystems in Elektroabscheidern (Výzkum čištění ionizačních elektrod v elektrickém odlučovači) — Karl H., Koschany E. M., 193—196.

— Luftheizung von Industriegebäuden in der UdSSR (Vytápění teplým vzduchem v průmyslových budovách SSSR) — Karpis E. E., 204—206.

— Untersuchung eines neuen Lüftungssystems mit luftführenden Stützen (Výzkum nového větracího systému s opěradly vedoucími vzduch) — Graumannitz B., 211—213.

— Arbeitstagung des Fachausschusses Lufttechnik der Kammer der Technik über Probleme der Schalldämpfung und Schwingungsisolierung in Klimaanlagen (Pracovní konference odborné skupiny vzduchotechniky KdT o problémech snižování hluku a izolace proti chvění v klimatizaci) — 216—217.

— Erprobung der ILKA-Systemlösung Stalllüftung in einer Prototypanlage (Vyzkoušení systému ILKA na prototypu zařízení pro větrání stáje) — 218.

— Verfahren und Anlage zur Kühlung aufgeheizter Bereiche von Räumen (Způsob a zařízení k chlazení přetopených oblastí místnosti) — 219—220.

— Raumlüftungsgerät, insbesondere für Krankenhäuser (Větrací jednotka zvláště pro nemocnice) — 220.

— Überwachung der Staubbemission von Kalkwerken — Ein Überblick (Řízení emise prachu ve vápenkách — přehled) — 223.

## Svetotehnika (1972), č. 4

— Metallogaloidnye lampy (Zdroje s přisadami kovových halogenidů) — Kobina Z. N., Saryčev G. S., 1—5.

— Rasčet osvěščennosti ot svetjašich linij, s nekosinusnym svetoraspredelemijem v prodolnoj ploskosti (Výpočet osvětlení od svíticích pásů s nekosinovým rozložením světla ve směru podélné osy) — Knorrin G. Mm., 5—7.

— Vlijanie vnezapnogo osleplenija na rabotosposobnosti zritel'nogo appara voditelej (Vliv náhlého oslnění na pracovní schopnost zraku řidiče) — Nauman V. V., Ostrovskij M. A., 10—11.

— K voprosu o primenennii poluprovodnikovych priborov dlja zažiganija ljuminescentnych lamp (K dotazu o použití polovodičových prvků při zažehování zářivek) — *Volochov A. A., Finogin G. S.*, 12—13.

— Srovnenie prigodnosti rjada istočnikov sveta dlja vyraščivanija rastenij (Porovnáni vhodnosti některých světelných zdrojů pro pěstování rostlin) — *Moškov B., S. Kločkova M. P., Černousov I. N.*, 14—15.

— Svetoregulatory dlja lamp nakalivaniya (Regulátory světelného výkonu žárovek) — *Rozental E. S.*, 15—17

— Vstrojennye svetilniki serii UVL (Vestavěná zářivková svítidla série UVL) — *Gunčev A. V., Kochanskaja L. P.*, 17—20

— Rasčet oblučatelnych ustanovok s ljuminescentnymi lampami dlja teplic (Výpočet tepelného výkonu zářivkových soustav pro ozařování) — *Kozinskij V. A.*, 21.

— Ocenka fotosintetickoj effektivnosti optičeskogo izlučenija (Hodnocení fotosynteticckých účinků optického záření) — *Sventickij I. I.*, 23—25.

— Metody rasčeta cilindričeskoj osveščennosti v ustanovkach vnutrennego osveščenija obšestvennych zdanij (Metody výpočtu cylindrického osvětlení v zařízeních pro vnitřní osvětlování společenských budov) — *Jepanešnikov M. M., Sidorova T. N.*, 26—29.

### Svetotechnika (1972), č. 5

— Normy osveščennosti metallorežuščich stan-kov (Normy pro osvětlování kovoobráběcích soustruhů) — *Šajkevič A. A.*, 1—4.

— Novye serii svetilnikov s ljuminescentnymi lampami dlja obšestvennych zdanij (Nová řada zářivkových svítidel pro společenské prostory) — *Lijepinš G. R., Agafonov G. I., Šeftel E. B., Kazakova G. L.*, 7—10.

— Vlijanie metoda nanesenia sloja ljumino-fora na effektivnost ljuminescentnych lamp (Vliv způsobu nanesení limumoforové vrstvy na účinnost zářivek) — *Skrebljukov A. E., Gorjunov V. A., Sizganova G. V.*, 10—11.

— Tipovye rešenija rekstrukcii obščego osveščenija mechaničeskikh cechov (Typizované řešení rekonstrukce celkového osvětlení mechanických dílen) — *Faermark M. A.*, 12—14.

— Vlijanie technologičeskikh faktorov na UF prozračnost stekol dlja baktericidnych i erytemnych lamp (Vlivy technologických činitelů na propustnost UV u skel baktericidních a erytemních zdrojů) — *Sivko A. P., Ščenin N. M., Kočetkova G. V.*, 17—18.

— Metody rasčeta pokazatelia osleplennosti v osvetitelnych ustanovkach vnutrennego osveščenija proizvodstvennych zdanij (Metody výpočtu parametrů oslňování u osvětlovacích zařízení pro vnitřní osvětlování společenských budov) — *Krol C. I., Mjasojedova E. I.*, 19—24.

— Rešenija rabočej komissii svetotehnicheskoj sekcií techničeskogo soveta instituta Tjaž-promelektroproyekt (Činnost pracovní komise světelně technické sekce technické rady projektového ústavu) — 24—28.

— Lampa DRL „Lantanida“ s ulučšennoj cvetoperedačej (Finský zdroj se zlepšeným barevným podáním) — *Lampi E.*, 28—29.

— Svetilniki serii „Kristall“ (Svitidla řady „Krystal“) — třetí strana obálky.

### Svetotechnika (1972), č. 6

— Sovremennye metody ocenki slepjaščego dejstvija ustanovok uličnogo osvěščenija (Soudobé metody hodnocení oslnování uličními osvětlovacími soustavami) — *Nauman V. V., Obrosova N. A., Ostrovskij M. A.*, 1—4.

— K opredeleniju optimalnych parametrov teplovlych istočnikov izlučenija širokogo pri-menjenija (K určování optimálních ukazatelů pro teplotní zdroje širokého využívání) — *Litvinov V. S., Lebedeva V. I., Ponizovskaja I. M., Pljaskin P. V.*, 4—6.

— O vlijani uglovogo razmera cvetnych svetovych signalov na vosprijatie ich v dnevnoe vremja (Vlivy úhlových rozměrů barevných světelných signálů na jejich vnímání za dne) — *Račkova V. G.*, 7—9.

— Serija svetovych priborov s lampami DKsT (Řada svítidel s xenonovými výbojkami) — *Glebov B. N.*, 12—15.

— O lampach „černogo sveta“ (O zdrojích černého světla) — *Zacharevskij A. V., Chorochorin Ju. Z., Andreev M. G., Cetvergov D. I., Medvedev Jiu. F.*, 15—16.

— K rasčetu osveščennosti ot bloka ljuminescentnych lamp (K výpočtu osvětlení od skupiny zářivek) — *Kisten G. E.*, 16—17.

— Ekonomičeskaja effektivnost povyšenija osveščennosti proizvodstvennych pomeščenij (Ekonomická účinnost zvyšování osvětlení výrobních závodů) — *Matjic V. S.*, 20—21.

— K voprosu iskusstvennogo osveščenija na predprijatiyah chlopčatobumažnoj i švejnoj promyšlennosti (K dotazu o umělé osvětlení v závodech na zpracování bavlny a stříže) — *Karklin E.*, 23—24.

— Rasčet polnoj osveščennosti na osnove ee prjamoj sostavljajuščej (Výpočet plného osvětlení na základě jeho přímého hromadění) — *Medvedskij N. I., Lesman E. A.*, 24—26.

— K voprosu o koeficiente  $\mu$  (K dotazu o koeficientu využití  $\mu$ ) — *Knorrung G. M.*, 26.

### Svetotechnika (1972), č. 7

— Vybor perspektivnych putej issledovanija v oblasti normirovaniya promyšlennogo osveščenija (Výběr perspektivních směrů výzkumu při normování průmyslového osvětlování) — *Faermark M. A.*, 1—4.

— Architekturnye aspekty osveščenija administrativnykh zdanij (Architektonická hlediska při osvětlování administrativních budov) — *Korobycyna I. L.*, 4—7.

— O spektre izlučenija ljuminescentnych lamp dlja osveščenija lečebnych učreždenij (Spektrální složení světla zářivek k osvětlování léčebných ústavů) — *Šeftel E. B., Skobareva Z. A.*, 7—9.

— Gigieničeskije aspekty estestvennogo osveščenija i insoljacji zdanij i territorij zasrojki

gorodov (Hygienická hlediska při denním osvětlování a oslunění budov a zastavěných území měst) — *Dancig N. M.*, 9—11.

— Ob osvěšení osnovních cechov drevobratyvajících kombinatov (K osvětlování hlavních výroben v dřevoobrábcích závodech) — *Krickij A. P., Kirij V. G.*, 11—12.

— Ob opredelenij nekotorych svetotechničeskich ponjatij (Určování některých světelně technických pojmu) — *Tkačuk G. B.*, 12—14.

— O rabotosposobnosti svetilnikov s ljuminescentnymi lampami v širokom intervalu temperatur (Výkony zářivkových svítidel v závislosti na širokém rozmezí teplot) — *Korčak E. G.*, 14—15.

— O važnych problemach svetotechničeskogo obrazovanija (O zásadních problémech ve světelně technickém navrhování) — *Levitin I. B.*, 18—19.

— Organizacija ekspluatacii naružnogo osvěščenija Leningrada (Jak je zorganizováno využití venkovního osvětlení v Leningradě) — *Ševkoplyšasov P. M.*, 20—22.

— Grafiki dlja opredelenija neobchodomogo količestva svetilnikov s ljuminescentnymi lampami (Grafy ke stanovení požadované kvality zářivkových svítidel) — *Obolencev Ju. B.*, 25—26.

## Svetotechnika (1972), č. 8

— Spektroskopičeskie issledovanija metallo-galoidnyh lamp (Spektroskopický výzkum halogenových zdrojů) — *Chachaev A. D., Vdovin V. G., Krivčenkova V. S., Krylova S. I., Luižova L. A., Nekrylova I. M., Rakushev V. V., Soljanikova V. A.*, 1—4.

— Grafičeskij rasčet osvěščennosti ot svetjaščich poverchnostej (Grafický výpočet osvětlení od svíticích ploch) — *Knorrung G. M.*, 4—7.

— O principo podchoda k dopuskam na charakteristiku elementov osvetitelnoi ustanovki (Jak řešíme dovolené úchylky na charakteristikách prvků osvětlovacích zařízení) — *Litvinov V. S., Azojan S. E.*, 11—12.

— O cvetnosti ljuminescentnych lamp povyšenoj intensivnosti (Barevnost zářivek vyšších výkonů) — *Boos V. G., Makarova N. V.*, 14—16.

— Sposob rasčeta osvěščennosti ot svetjaščich linij (Způsob výpočtu osvětlení od svíticích přímek) — *Medvedskij N. I., Lesman E. A.*, 16.

— O povyšenii ultrafioletovojo proiračnosti stekla dlja baktericidnych i erytemnych lamp (Zvýšení UV propustnosti skla pro baktericidní a erytemální zdroje) — *Sivko A. P., Ščetinin N. M., Kočetková G. V.*, 17—18.

— Techniko-ekonomičeskoe obosnovanie výbora najvygodnejších sredstv dostupa k svetilnikam dlja ich obsluživanija (Technicko-ekonomicke zdůvodnění výběru nejvýhodnejších způsobů přístupu ke svítidlům při jejich obsluze) — *Buchman G. B.*, 21—25.

— Svetilniki mestnogo osvěščenija (Svítidla pro místní osvětlování) — *Semenova N. V.*, 25—27.

## Svetotechnika (1972), č. 9

— Perspektivy razvitiija vzryvozaščitennogo i rudničnogo isvetitel'nogo elektrooborudovaniya (Perspektivy vývoje elektrických osvětlovacích zařízení, bezpečných ve výbušném prostředí a v dolech) — *Aronovič A. I., Plachotnyj N. M., Ponizko T. A.*, 1—3.

— Optimalizacija teplovogo režima metallo-galoidnyh lamp (Vhodný teplotní režim halogenidových výbojek) — *Araskin Ju. I., Zemskov V. V., Ključarev A. A., Semenova S. E.*, 3—5.

— Sopostavlenie variantov osvěščenija prjadalnyh mašin (Srovnání variant osvětlování praček v textilním průmyslu) — *Voronkova S. V., Nesterova I. L.*, 5—7.

— Ocenka radiopomech ljuminescentnych svetilnikov (Hodnocení radiových poruch, vyvolávaných zářivkami) — *Abramson Ju. M., Genina F. Ch., Kožlova L. P.*, 9—10.

— O nekotorych voprosach nadežnosti maloserijnogo osvetitel'nogo i svetosignal'nogo oborudovaniya (Některé problémy spolehlivosti malosériových osvětlovacích a signalačních zařízení) — *Ringer V. E., Černyšev V. P., Šmidt A. M.*, 11—13.

— Inženernyj metod rasčeta baktericidnoj effektivnosti insoljacií pomeščenij i territorij v dni ravnodenstvija (Inženýrská metoda výpočtu baktericidní účinnosti oslunění budov a území ve dnech rovnodennosti) — *Bacharev D. V.*, 13—14.

— Rekomenduemye veličiny osvěščennosti i kačestvennyh pokazatelej osvetitel'nyh ustavovok dlja charakternych pomeščenij (Doporučované hodnoty osvětlení a kvalitativní ukazatele osvětlovacích zařízení v průmyslu podle charakteristického rozmístění) — *Ključev S. A., Knorrung G. M., Obolencev Ju. B.*, 19—23 pokrač.

## Svetotechnika (1972), č. 10

— O perspektivach razvitiija električeskikh lamp nakalivanija obščego naznačenija (Perspektivy vývoje žárovek pro všeobecné využití) — *Pljaskin P. V.*, 4—8.

— O razvitiu galogenennych lamp nakalivanija (Vývoj halogenových žárovek) — *Javno I. O.*, 8—11.

— Konstruirovanie i proizvodstvo specialnych lamp nakalivanija (Konstrukce a výroba speciálních žárovek) — *Vugman S. M.*, 11—13.

— Lokalnyj nagrev kolb i modelirovaniye teplovogo polja lamp nakalivanija (Místní ohřev baněk a modelování teplotního pole žárovek) — *Jelovič E. P., Litvinov V. S., Pljaskin P. V.*, 14—15.

— Nekotorye aspekty razrabotki lamp nakalivanija „cholodnogo“ sveta (Některá hlediska rozpracování žárovek s chladným světlem) — *Zacharevskij A. V., Ivancev A. S.*, 16—17.

— Nekotorye metodičeskie voprosy otrraslevoj attestacii kačestva električeskikh istočnikov sveta (Některé metodické zkušenosti z oborového hodnocení vlastností světelných zdrojů) — *Budasov N. V., Levin S. I.*, 21—22.

— Rekomenduemye veličiny osveščennosti i kačestvennykh pokazatelej osvetitelnych ustanovok dlja charakternych pomešenij (Doporučované hodnoty osvětlení a kvalitativní ukazatele osvětlovacích zařízení v průmyslu podle charakteristického rozmístění) — dokončení z čísla 9/72 — 25—28.

### Vodosnabženie i sanitarnaja technika 1972, č. 5

— Ekonomičeskie sopostavlenija variantov proektnych rešenij v oblasti teplosnabženija i ventiljacii (Ekonomicke varianty projekčních řešení v zásobování teplem a ve větrání) — *Boguslavskij L. D., Bystror A. S.*, 18—22.

— Inženerný räšet podači vozducha kompaktnymi strujami (Inženýrský výpočet přívodu vzduchu plnými proudy) — *Tarnopolskij M. D.*, 23—25.

— Puti soveršenstvovaniya ustanovok dlja teplovláznostnej obrabotki pritočnégo vozducha v zimnee vremja (Cesty zdokonalení zařízení pro tepelnou a vlhkostní úpravu přívaděného vzduchu v zimě) — *Grudzinskij M. M., Livčák V. I.*, 26—29.

— Ventiljacija odelenij mašinnogo nabora tipografij (Větrání oddělení strojní sazárny) — *Agafonova L. I., Ovcinnikov P. A., Šavkin V. A., Mekler V. Ja.*, 29—30.

— Naturnye ispytanija nadplitnych filtrov (Modelový výzkum filtrů nad plotnou) — *Suchenko V. T., Dzisjak A. P.*, 31—33.

— Efektivnost glušitelej šuma dlja sistem kondicionirovaniya i ventiljacii (Účinnost tlumičů hluku pro klimatizaci a větrání) — *Leskov E. A.*, 33—36.

### Vodosnabženie i sanitarnaja technika 1972, č. 6

— Issledovaniya vzaimodejstvija ventiljatornykh gradireni (Výzkum vzájemného působení ventilátorových chladicích věží) — *Gladkov V. A., Arefjev Ju. I., Spiridonova N. V.*, 1—5.

— Novaja sistema ventiljacii v gorjačich cehach predpriyatiy občestvennogo pitanija (Nový systém větrání horkých provozů podniků veřejného stravování) — *Zusmanovič L. M., Feigin G. I., Bruk M. I.*, 20—24.

— Vichrevoj ventiljator dlja sistem aspiracii (Výrovy ventilátor pro aspirační systémy) — *Galcov V. A., Krasnov V. A., Korolev Je. G.*, 24—28.

— Metodika rašeta barbotažnogo uvlažitelja vozduza (Metodika výpočtu zvlhčovače vzduchu) — *Jevdokimov O. P., Revjakin A. V., Taracov V. S.*, 32—35.

### Vodosnabženie i sanitarnaja technika 1972, č. 7

— Rezultaty eksperimentalnykh issledovanij i ekspluatacji odnotrubnoj sistemy teplosnab-

ženija (Výsledky experimentálního výzkumu a využití jednotrubkového systému zásobování teplem) — *Borodkin Ju. D., Dvoreckov N. G., Šmidt V. A.*, 16—18.

— Opredelenie količestva vozducha, nagrevae-mogo sekcijsami podogreve i kaloriferami pri zadannom temperaturnom režime jich raboty (Stanovení množství vzduchu, ohřívaného sekceemi ohříváčů a ohříváči při daném teplotním režimu jejich činnosti) — *Krasnoščekov L. F.*, 19—21.

— Teplo i massoobmennye processy v teplobmennike životnovodčeskogo pomešenija (Výměna tepla a hmoty ve výměníku tepla ve stájích) — *Jurkov O. I.*, 22—24.

— Vybor sposoba vozduchoraspredelenija pri ventiljacii ptičníkov metodom fizičeskogo modelirovaniya (Volba způsobu rozdělení vzduchu při větrání kurníků fyzikálním modelováním) — *Bulajev V. A., Injutin Ju. V., Zjatkov A. I.*, 25—27.

— Ulitočnye pyleuloviteli (Šnekovité odlučovače prachu) — *Karpuchovič D. T.*, 28—31.

— Vlijanie bryzgounosa na effektivnost gazočestitelej (Vliv odplavování na účinnost mokrých odlučovačů) — *Kotov N. A.*, 31—34.

### Vodosnabženie i sanitarnaje technika 1972, č. 8

— Ob optimalnoj skorosti dviženija židkosti ili gaza v teplobmennike (O optimální rychlosti proudění tekutiny nebo plynu ve výměníku tepla) — *Minuchin L. A.*, 20—23.

— Potokoraspredelenie v dvuchtrubnyh perreklujačemyh sistemach teplo- i cholodosnabženija kondicionerov-dovodčíkov (Rozdelení proudu v dvoutrubkových přepínacích systémech zásobování chladem a teplem klimatizátorů, přívadějících vzduch) — *Nejmark L. I.*, 23—25.

— Lokalizacija i regulirovaniye sistem aspiracii vrednostej chimičeskikh apparatov (Omezení a regulace systému aspirace znečištění chemickými přístroji) — *Žukov A. M., Levontin L. I.*, 26—28.

— Ulučšenie vytjažki iz aeracionnykh fonarej pri prodolnom napravlenii vetra (Zlepšenie odtahu z aeracních světlíků při podélém směru větru) — *Corlanova N. M.*, 29—30.

— Issledovanie zagazovanosti atmosféry vblizi predpriyatiy metodom modelirovaniya s primeñeniem mečených atomov (Výzkum plynů v atmosféře v blízkosti podniků modelováním s použitím značených atomů) — *Gusev A. A., Tsvipenceva A. G.*, 30—34.

— Primerenie elektroprovodjašeej kraski i elektrooboev dlja otoplenija zdanij (Použití elektricky vodivé barvy a tapet pro vytápění budov) — *Rocko V. K.*, 36—37.

— Problemy borby s šumom v sistemach otoplenija s nasosnoj cirkuliaciej (Problémy boje proti hluku ve vytápění s cirkulačními čerpadly) — *Šmidt V. A., Jakovleva N. I.*, 37—38.

## VÝBĚR Z NOVÝCH PODNIKOVÝCH NOREM ČVŠZ, VYHLÁŠENÝCH V I. POLOLETÍ 1972

- Čtyřhranné ocelové potrubí sk. I. pro klimatizaci a větrání (PM 12 0403).
- Protideštové žaluzie (PK 12 0792).
- Omezovací dýzy vzduchového potrubí (PM 12 1065).
- Třídící podavač (PM 12 1290).
- Mazací stanice pro oběhové mazání ložisek ventilátorů (PM 12 2030).
- Axiální přetlakové ventilátory APE (PM 12 2437).
- Axiální přetlakové ventilátory APR, reversní (PP 12 2438).
- Odlučovací stanice SOB 900 (PM 12 1470).
- Odlučovací stanice SOC 1400 pro zařízení průmyslových vysavačů (PM 12 4711).
- Tkaninové filtry FTF (PM 12 5156).
- Hadicové tkaninové filtry FTG (PM 12 5157).
- Tkaninové filtry FTH (PM 12 5160).
- Ohříváče vzduchu lamelové OPB parní — vysokotlaké (PK 12 5618).
- Chladiče vzduchu pro klimatizaci (PK 12 5644).
- Okružní chladiče vzduchu elektromotorů (PK 12 5654).
- Větrací a vytápěcí jednotka UNIVENT (PK 12 7221).
- Desodorizační jednotka DJ 1000 (PL 12 7802).

Jelen

## 65. NAROZENINY DOC. ING. DR. J. MIKULA, CSC.

5. dubna t.r. oslavil 65. narozeniny Doc. Ing. Dr. Julius Mikula, CSc., vynikající odborník v oboru tepelné a potrubní techniky. Od dokončení Vysoké školy strojní a elektrotechnické ČVUT v Praze pracoval střídavě celkem 9 let ve strojirenských podnicích (bývalá fa Záruba-Pfeffermann, ČKD) a 12 let v organizacích energetiky (Elektrické podniky hl. m. Prahy, Středočeské elektrárny, Energoprojekt, Ministerstvo energetiky). V období 1951 až 1963 působil jako docent na Fakultě strojní ČVUT. V předcházející praxi získané bohaté zkušenosti a obsáhlé teoretické znalosti dovolily mu na tomto místě velmi úspěšně působit ve funkci vysokoškolského učitele. V r. 1963 se rozhodl přejít do Výzkumného ústavu energetického v Praze, aby se mohl plně věnovat vědeckovýzkumné práci. Zde se v plné míře uplatnily jeho znalosti a bohaté zkušenosti při řešení náročných úkolů z oblasti tepelných sítí a rozvodu tepla.

Přejeme jubilantovi, aby ještě dlouhá léta mohl v pevném zdraví věnovat svoje úsilí rozvoji naší vědy a techniky.

**Ztv**  
**1**

Zdravotní technika a vzduchotechnika. Ročník 16, číslo 1, 1973. Vydává: Česká vědeckotechnická společnost, komitét pro techniku prostředí, v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd, Vodičkova 40, 112 29 Praha 1. Adresa redakce: Dvorecká 3, 100 42 Praha 4. — Tiskne: Tisk, knižní výroba, n. p., 656 01 Brno, závod 1. — Vychází šestkrát ročně. Objednávky a předplatné přijímá PNS, administrace odborného tisku, Jindřišská 14, 125 05 Praha 1. Lze také objednat u každého poštovního úřadu nebo doručovatele. Cena jednoho čísla Kčs 8,—, roční předplatné Kčs 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 N. V., Periodical Trade, Warmoesstraat 54, Amsterdam, Holland. Annual subscription: Vol. 16, 1973 (6 issues) Dutch Gld. 35,—.

Toto číslo vyšlo v květnu 1973.

© Academia, Praha 1973.