

ztv

ZDRAVOTNÍ TECHNIKA A VZDUCHOTECHNIKA
nositel Čestného uznání České vědeckotechnické společnosti

Ročník 28

Číslo 1

Redakční rada:

Doc. Ing. Dr. L. Oppl, CSc. (vedoucí redaktor) — Ing. V. Bašus (výkonný redaktor) —
Doc. Ing. Dr. J. Cihelka — V. Fridrich, dipl. tech. — Doc. Ing. V. Chalupová, CSc. —
Ing. arch. L. Chalupský — Doc. Ing. J. Chyský, CSc. — Ing. B. Jelen — Ing. L. Kubi-
ček — Ing. Dr. M. Láznovský — Ing. Dr. J. Němec, CSc. — Ing. L. Strach, CSc. — Doc.
Ing. J. Valchář, CSc.

Adresa redakce: Dvorecká 3, 147 00 Praha 4

OBSAH

Doc. Ing. Dr. J. Cihelka:	Jednoduchý výpočet vytápění zavěšenými sálavými panely	1
Doc. Ing. J. Chyský, CSc.:	Zjednodušený výpočet rekuperačních výměníků	11
Ing. arch. J. Vrtěl:	Význam stropu pro denní osvětlenost interiérů	17
Ing. J. Kozák, CSc.:	Hodnocení účinnosti protihlukových clon	23
Ing. K. Houška, CSc., J. Kordík:	Testování algoritmů výpočtů vlhkostních veličin směsi vzduchu a vodní páry	35
Z. Svoboda, J. Menci, J. Jareš:	K výpočtu průřezových parametrů plochy omezené pro- filem lopatky ventilátoru	45



CONTENTS

Doc. Ing. Dr. J. Cihelka:	Simple calculation of heating by means of suspended radiant panels	1
Doc. Ing. J. Chyský, CSc.:	A simplified recuperative heat exchangers calculation method	11
Ing. arch. J. Vrtěl:	Importance of the ceiling for day lighting of interiors	17
Ing. J. Kozák, CSc.:	Evaluation of anti-noise barriers	23
Ing. K. Houška, CSc., J. Kordík:	Testing of the calculation algorithm of humidity charac- teristics of the air/water vapour mixture	35
Z. Svoboda, J. Menci, J. Jareš:	Calculation of the cross-sectional parameters of an area limited by a fan blade profile	45

СОДЕРЖАНИЕ

Доц. Инж. д-р Я. Цигелка:	Простой расчет отопления с помощью подвесных отопительных панелей	1
Доц. Инж. Я. Хиски, к.т.н.:	Упрощенный расчет рекуперативных теплообменников	11
Инж. арх. Я. Вртел:	Значение перекрытия для дневной освещенности интерьеров	17
Инж. Ян Козак, к.т.н.:	Оценка действия противозумовых барьеров	23
Инж. К. Гоушка, к.т.н., Й. Кордик:	Проверка алгоритмов расчетов величин влажности смеси воздух—водяной пар	35
З. Свобода, Я. Менцл, Я. Яреш:	Расчет параметров разреза площади ограниченной профилем лопасти вентилятора	45



SOMMAIRE

Doc. Ing. Dr. J. Cihelka:	Calcul simple du chauffage par les panneaux rayonnants suspendus	1
Doc. Ing. J. Chyský, CSc.:	Calcul simplificateur des échangeurs récupératifs	11
Ing. arch. J. Vrtěl:	L'importance de la composante de l'éclairage naturel par le plafond de l'intérieur	17
Ing. J. Kozák, CSc.:	Appréciation du rendement des barrières contre le bruit	23
Ing. K. Houška, CSc., J. Kordík:	Vérification des algorithmes des calculs des grandeurs hydrométriques d'un mélange de l'air et de la vapeur d'eau	35
Z. Svoboda, J. Mencl, J. Jareš:	Calcul des paramètres de section de la surface limitée par le profil d'une ailette de ventilateur	45



INHALT

Doc. Ing. Dr. J. Cihelka:	Einfache Berechnung der Heizung mittels der angehängten Strahlplatten	1
Doc. Ing. J. Chyský, CSc.:	Vereinfachte Berechnung der Rekuperationsaustauscher	11
Ing. arch. J. Vrtěl:	Bedeutung der Deckenkomponente für die Beleuchtungsstärke der Interieure	17
Ing. J. Kozák, CSc.:	Bewertung des Wirkungsgrads der Schallmauern zur Lärmabwehr	23
Ing. K. Houška, CSc., J. Kordík:	Überprüfung der Algorithmen von Berechnungen der Feuchtigkeitsgrößen des Luft- und Wasserdampfgemisches	35
Z. Svoboda, J. Mencl, J. Jareš:	Zur Berechnung der Durchschnittsparameter der durch das Profil begrenzte Fläche einer Ventilatorschaukel	45

JEDNODUCHÝ VÝPOČET VYTÁPĚNÍ ZAVĚŠENÝMI SÁLAVÝMI PANELY

DOC. ING. DR. JAROMÍR CIHELKA

Na základě exaktního výpočtu respektujícího zvláštnosti sdílení tepla v prostoru vytápěném sálavými panely byl vypracován jednoduchý výpočet vhodný pro praxi. Nové řešení vychází z výpočtu tepelných ztrát haly tak, jak je to obvyklé při jiných způsobech vytápění. Pro výpočet jsou uvedeny všechny výchozí parametry a je také připojeno teoretické zdůvodnění pro jejich volbu.

Recenzoval: Ing. Vladimír Bašus

1. ÚVOD

Vytápění velkých přízemních hal plochými deskami (panely) zavěšenými ve vodorovné poloze vysoko nad podlahou je typické sálavé vytápění se způsobem sdílení tepla zcela odlišným od způsobu při vytápění konvekčním. Panely sdílejí ze svého spodního povrchu teplo sáláním, tj. bez prostřednictví vzduchu, na stěny spodní části prostoru. Sáláním zahřáté stěny pak přispívají k dosažení požadované výsledné teploty v oblasti pobytu člověka. Největší část sálavého toku panelů připadá na podlahu, která se tak stává druhotným zdrojem tepla ve vytápěném prostoru.

Teplo sdílené horní stranou panelů nemá pro vytápění prakticky žádný význam a jen by přispívalo ke zvýšení tepelných ztrát. Z tohoto důvodu musí být horní strana panelů tepelně izolována. Stejně bez užitku je i teplo, které panely sdílejí konvekcí, a proto se na okrajích panelů připojují tzv. postranní křídélka, která omezují cirkulaci vzduchu kolem spodního účinného povrchu, a tím zmenšují přestup tepla konvekcí.

Popsaný způsob sdílení tepla ve vytápěném prostoru s výraznou převahou sálavé složky má za následek, že požadované výsledné teploty se dosáhne při poměrně nízké teplotě vnitřního vzduchu. Tepelné ztráty vytápěného prostoru jsou proto nižší než při konvekčním vytápění. Zkušenosti ukazují, že spotřeba tepla je při vytápění zavěšenými sálavými panely nejméně o 20 až 30 % menší než při konvekčním, např. teplovzdušném vytápění a také instalovaný tepelný příkon může být o stejnou hodnotu menší.

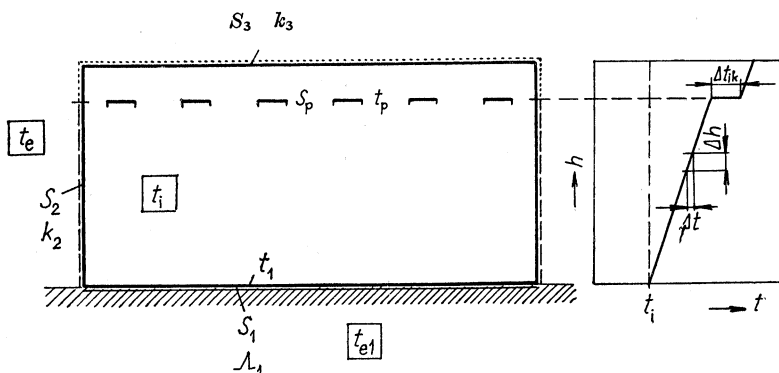
Pro výpočet vytápění zavěšenými sálavými panely byl u nás již na počátku 50tých let vypracován postup výpočtu, který postihoval vpředu popsané zvláštnosti tohoto způsobu vytápění. V podstatě šlo o zjednodušené vyjádření tepelné rovnováhy prostoru soustavou rovnic, z nichž se počítaly neznámé povrchové teploty všech stěn ohraničujících vytápěnou místnost, včetně povrchové teploty panelů, a dále teplota vnitřního vzduchu. V konečné verzi šlo o řešení soustavy 3 lineárních rovnic. Tento postup se však v praxi všeobecně neujal. Bylo mu vytýkáno, že je příliš složitý, a především, že se liší od postupu používaného pro jiné způsoby vytápění, tj. od výpočtu tepelných ztrát místností podle ČSN 06 0210.

Většinou se tedy postupovalo tak, že se tepelný výkon panelů určoval podle ČSN 06 0210, i za tu cenu, že zařízení bylo pak zbytečně předimenzované. Ve snaze zmenšit tuto nevýhodu, bylo někdy doporučováno počítat u vysokých hal s po-

někud menším teplotním spádem než 0,3 K/m, jak to předepisuje ČSN 06 0210 v čl. 51, a popřípadě byly navrhovány i další úpravy v normálním výpočtu tepelných ztrát. Všechny tyto úpravy však v žádném případě nevystihují skutečné poměry při sdílení tepla v prostoru vytápěném zavěšenými sálavými panely. Především nevyjadřují základní jev charakteristický pro daný způsob vytápění, tj. intenzivní osálení podlahy a z toho vyplývající její význam pro vytvoření podmínek tepelné pohody v oblasti pobytu člověka.

2. PRINCIP ZJEDNODUŠENÉHO VÝPOČTU

Nový postup výpočtu respektuje teoretické poznatky i praktické zkušenosti, které až dosud byly získány o jmenovaném způsobu vytápění a které jsou ve stručném přehledu uvedeny v seznamu literatury na závěr tohoto článku. Schéma pro výpočet s označením hlavních výchozích parametrů je na obr. 1.



Obr. 1. Schéma pro výpočet s označením hlavních výpočtových parametrů.

Při výpočtu tepelných ztrát prostupem je nutno rozlišovat tři druhy ochlazovacích stěn:

a) podlahu S_1 , na kterou dopadá zpravidla více než 70 % sálavého toku panelů,

b) stěny spodní části prostoru S_2 , které jsou panely osáleny jen v malé míře,

c) stěny horní části prostoru S_3 , které nejsou panely přímo osáleny.

Tepelná ztráta podlahy se počítá ze vztahu

$$Q_1 = \Lambda_1 \cdot S_1(t_1 - t_{e1}) \quad [\text{W}], \quad (1)$$

kde $\Lambda_1 = \frac{\alpha_1 \cdot k_1}{\alpha_1 - k_1}$ je tepelná propustnost podlahy (k_1 je součinitel prostupu tepla, α_1 — součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy),

t_1 — povrchová teplota podlahy,

t_{e1} — teplota pod podlahou (u nepodsklepené podlahy se počítá s $t_{e1} = +10^\circ \text{C}$).

Povrchovou teplotu podlahy t_1 , která je výrazně vyšší než teplota vnitřního vzduchu t_i , je nutno určit s ohledem na stupeň osálení panely a s ohledem na požadovanou výslednou teplotu t_k . Bližší vysvětlení bude uvedeno v další části článku.

Tepelná ztráta prostupem stěn S_2 a S_3 (obecně S_j) se počítá stejně jako při konvekčním vytápění, tj. ze vztahu

$$Q_j = k_j \cdot S_j(t_i - t_{ej}) \quad [W]. \quad (2)$$

Za výpočtovou vnitřní teplotu se v tomto případě volí teplota vnitřního vzduchu t_i , jejíž hodnota s výškou stoupá tak, jak je naznačeno vpravo na obr. 1. Počítá se s teplotním gradientem

$\Delta t / \Delta h = 0,1 \text{ K/m}$ v případech, kde jsou pouze sálavé panely,

$\Delta t / \Delta h = 0,2 \text{ K/m}$ v případech, kde panely jsou doplněny konvekčním vytápěním.

V rovině panelů se dále počítá s náhlým zvýšením teploty vzduchu vlivem konvekčního tepla panelů o $\Delta t_{ik} = 2$ až 3°C . Teplota vnitřního vzduchu je tedy

$t_{i1} = t_i$ u podlahy,

$t_{i2} = t_i + \frac{\Delta t}{\Delta h} h$ u svislých stěn spodní části prostoru,

$t_{i3} = t_i + \Delta t_{ik} + \frac{\Delta t}{\Delta h} h$ u stěn horní části prostoru;

t_i je teplota vnitřního vzduchu v oblasti pobytu člověka,

h — výška středu ochlazované stěny nad podlahou.

Základní teplota vnitřního vzduchu t_i se opět určí s ohledem na požadovanou výslednou teplotu t_k způsobem popsáním v další části textu.

Součet tepelných ztrát jednotlivých stěn

$$Q_0 = \sum_{j=1}^{j=n} Q_j = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (3)$$

je základní tepelná ztráta místnosti, ke které se však na rozdíl od ČSN 06 0210 již nepřičítá žádná přírážka, tj. ani přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn.¹⁾ V soulase s označením použitým v normě je tedy $Q_0 = Q_p$ (tepelná ztráta prostupem).

Tepelná ztráta větráním Q_v se počítá normálním způsobem podle ČSN 06 0210 (viz čl. 17 až 27 a čl. 52 a 53). Normálním způsobem se také počítá tepelný výkon ohřívače vzduchu při kombinaci sálavého vytápění s vytápěním teplovzdušným.

Celková tepelná ztráta místnosti

$$Q_c = Q_p + Q_v \quad (4)$$

je potom podkladem pro určení tepelného výkonu panelů (otopné plochy) podle rovnice

$$Q_c = Q_{ot. pl.} + Q_{ohř.}^{2)} \quad (5)$$

Nakonec se z tepelného výkonu $Q_{ot. pl.}$ počítá celková plocha panelů S_p stejným způsobem jako plocha otopných těles při konvekčním vytápění. Podklady pro výpočet budou uvedeny v další části článku.

¹⁾ Vliv chladných stěn je v tomto případě respektován již při volbě teplot t_i a t_k v závislosti na dané výsledné teplotě t_k .

²⁾ Při vytápění jen se sálavými panely (bez ohřívače vzduchu) je $Q_c = Q_{ot. pl.}$

3. VOLBA VÝPOČTOVÝCH VNITŘNÍCH TEPLŮT

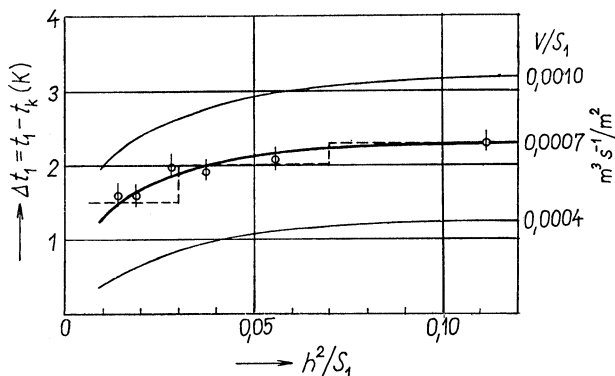
Přímý výpočet tepelných ztrát popsaný v předešlé kapitole je umožněn předběžnou volbou výpočtových vnitřních teplot t_1 a t_i . Obě tyto teploty závisí především na požadované výsledné teplotě t_k (touto teplotou je dána základní úroveň všech teplot v místnosti), a proto je výhodné určovat je podle tzv. korekčních rozdílů

$$\Delta t_1 = t_1 - t_k \text{ pro podlahu}$$

a

$$\Delta t_i = t_k - t_i \text{ pro vnitřní vzduch.}^3)$$

Podle výsledků exaktního výpočtu velkého počtu případů s různými výchozími podmínkami závisí při stálé výměně vzduchu korekční rozdíly na poměru h^2/S_1 (h je výška zavěšení panelů).⁴⁾ Závislost je znázorněna graficky v diagramu na obr. 2 pro Δt_1 a v diagramu na obr. 3 pro Δt_i . Oba diagramy platí pro přirozenou



Obr. 2. Závislost korekčního rozdílu $\Delta t_1 = t_1 - t_k$ na poměru h^2/S_1 .

výměnu vzduchu vztaženou na 1 m² půdorysné plochy $V/S_1 = 0,0007 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}/\text{m}^2$ ($= 2,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}/\text{m}^2$).⁵⁾

Pro praktické použití lze hodnoty Δt_1 a Δt_i odstupňovat tak, jak je to naznačeno na obr. 2 a 3. Zaokrouhlené hodnoty se pak odečítají z tab. 1.

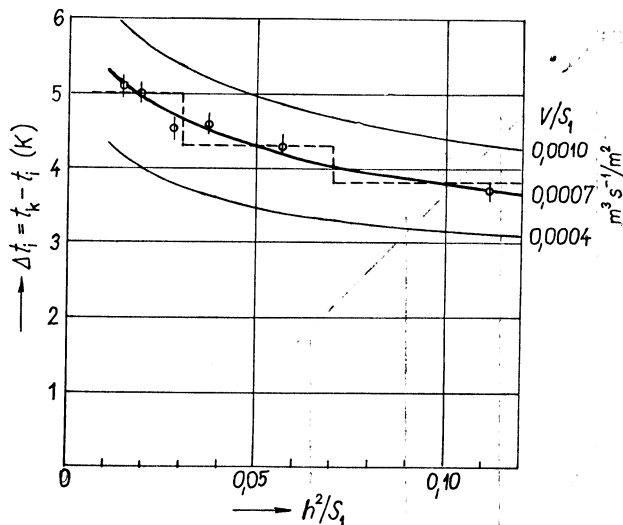
Podle tab. 1 lze volit korekční rozdíly výpočtových teplot jak pro monovalentní způsob vytápění pouze se sálavými panely, tak i pro kombinaci sálavého vytá-

³⁾ Při vytápění zavěšenými sálavými panely je vždy $t_1 < t_k < t_i$.

⁴⁾ Poměr h^2/S_1 vyjadřuje geometrické podmínky při sdílení tepla mezi panely a podlahou podobně jako poměr osálení ϕ_{p1} .

⁵⁾ Při přirozené výměně (např. při infiltraci) se přiváděný vzduch ohřívá konvekčním teplem osálené podlahy (při rozdílu teplot $t_1 - t_i$) a do jisté míry i konvekčním teplem panelů. V tomto případě jde o monovalentní způsob vytápění pouze se sálavými panely.

Při nuceném větrání je nutno větrací vzduch předehřívát a pak jde již o kombinaci sálavých panelů s teplovzdušným vytápěním. Při této kombinaci je možno volit libovolnou teplotu vnitřního vzduchu t_i . Z ekonomických důvodů je však vhodné plně využít sálavého účinku panelů a teploty t_1 a t_i volit tak, jak je uvedeno v tomto článku. Kombinované vytápění se volí zejména při větší výměně vzduchu $V/S_1 > 3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}/\text{m}^2$.



Obr. 3. Závislost korekčního rozdílu $\Delta t_i = t_k - t_i$ na poměru h^2/S_1 .

Tabulka 1

h^2/S_1	$< 0,03$	$0,03 \text{ až } 0,07$	$> 0,07$
Δt_1 [°C]	1,5	2,0	2,5
Δt_i [°C]	5,0	4,5	4,0

pění s vytápěním teplotovzdušným. Teploty pro výpočet tepelných ztrát podle rovnic (1) a (2) se určí ze vztahů

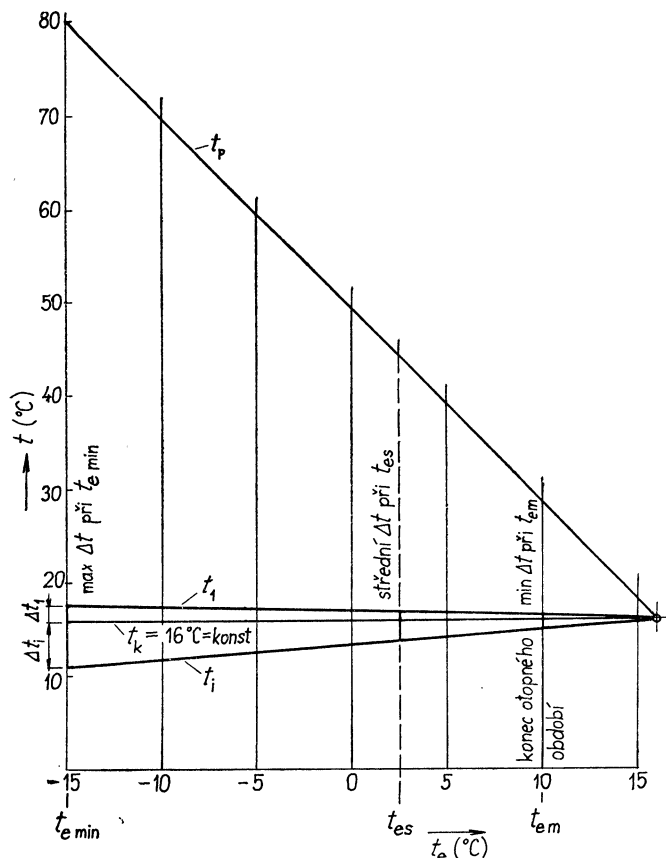
$$t_1 = t_k + \Delta t_1$$

a

$$t_i = t_k - \Delta t_i.$$

K tomu, co zde bylo uvedeno o teplotě podlahy a teplotě vnitřního vzduchu, je nutno připojit ještě toto vysvětlení:

Hodnoty korekčních rozdílů uvedené v diagramech na obr. 2 a 3 a v tab. 1 platí pouze při výpočtové venkovní teplotě $t_{e \min}$ (např. při $t_{e \min} = -15^\circ$). S rostoucí venkovní teplotou t_e se rozdíly Δt_1 a Δt_i zmenšují a obě teploty t_1 a t_i se přibližují ke konstantní výsledné teplotě $t_k = \text{konst.}$ Průběh všech zmíněných teplot včetně střední povrchové teploty panelů t_p je znázorněn v diagramu na obr. 4. Tím se také vysvětluje, proč při měření na skutečných zařízeních, která byla prováděna většinou při vyšší venkovní t_e než je výpočtová $t_{e \min}$, byly naměřeny vyšší teploty vnitřního vzduchu t_1 než jaké vyplývaly z teoretického výpočtu.



Obr. 4. Příklad průběhu teplot t_p , t_i , t_k a t_l v závislosti na venkovní teplotě t_e .

4. TEPELNÝ VÝKON ZAVĚŠENÝCH SÁLAVÝCH PANELŮ

Po výpočtu celkové tepelné ztráty místnosti Q_c a tepelného výkonu panelů $Q_{ot. pl.}$ se pro danou střední povrchovou teplotu panelů t_p určí jejich plocha S_p [m²] ze vztahu

$$Q_{ot. pl.} = q_{celk.} \cdot S_p, \quad (6)$$

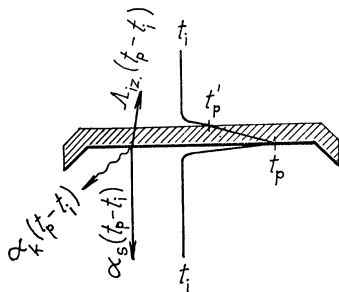
kde $q_{celk.}$ je celkový měrný tepelný výkon [W/m²].

Panely volně zavěšené v prostoru sdílejí teplo sáláním a konvekcí na spodním účinném povrchu a kromě toho prochází jistá část tepla také vrstvou izolace na horní straně (obr. 5). Měrný tepelný výkon vztahovaný ke společné teplotě (např. k teplotě vnitřního vzduchu t_i) lze tedy vyjádřit vztahem

$$\begin{aligned} q_{celk.} &= q_s + q_k + q_{iz.} = \\ &= \alpha_s(t_p - t_i) + \alpha_k(t_p - t_i) + \lambda_{iz.}(t_p - t_i) = \\ &= (\alpha_s + \alpha_k + \lambda_{iz.})(t_p - t_i), \end{aligned} \quad (7)$$

kde α_s je součinitel přestupu tepla sáláním [$\text{W/m}^2 \text{ K}$],
 α_k — součinitel přestupu tepla konvekci [$\text{W/m}^2 \text{ K}$],
 $\Lambda_{iz.}$ — tepelná propustnost vrstvy izolace [$\text{W/m}^2 \text{ K}$].

Součinitel přestupu tepla sáláním α_s se mění s teplotou t_p , kdežto součinitel α_k má u panelů s postranními křídélky přibližně stálou a poměrně velmi malou



Obr. 5. Průřez sálavým panelem s postranními křídélky.

hodnotu. Stálou hodnotu má také tepelná propustnost $\Lambda_{iz.}$ (při tloušťce izolace 4 až 5 cm je $\Lambda_{iz.} \sim 1,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). Hodnoty převodních součinitelů a měrného tepelného výkonu pro teploty $t_p = 60$ až 120°C a pro $t_i = 15^\circ \text{C}$ jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2. Hodnoty převodních součinitelů a měrného tepelného výkonu $q_{celk.}$ [W/m^2] zavěšených sálavých panelů s postranními křídélky (platí pro $t_i = 15^\circ \text{C}$)

Střední povr- chová teplota panelu t_p [$^\circ \text{C}$]	Převodní součinitel [$\text{W/m}^2 \text{ K}$]			Měrný tepelný výkon [W/m^2]		Podíl sálání $\frac{q_s}{q_{celk.}}$
	α_s	α_k	$\Lambda_{iz.}$	q_s	$q_{celk.}$	
60	6,3	1,1	1,0	284	378	0,75
70	6,6	1,1	1,0	363	479	0,76
80	6,9	1,1	1,0	449	485	0,77
90	7,3	1,1	1,0	548	705	0,78
100	7,65	1,1	1,0	650	829	0,79
110	8,0	1,1	1,0	760	960	0,79
120	8,4	1,1	1,0	882	1 103	0,80

5. PŘÍKLAD VÝPOČTU

Na důkaz, že navrhovaný výpočet je skutečně velmi jednoduchý a dává spolehlivé výsledky, je zde připojen číselný příklad:

Sálavými panely má být vytápěna vícelodní hala, jejíž půdorysné rozměry jsou $120 \times 60 \text{ m}$ a průměrná výška 12 m. Panely budou zavěšeny ve výšce 10 m nad podlahou. V pracovní oblasti má být dosaženo výsledné teploty $t_k = 16^\circ \text{C}$ a výpočet má být proveden pro minimální

venkovní teplotu $t_{e \min} = -15^\circ\text{C}$. Dále se předpokládá, že přirozeným větráním se zajistí výměna vzduchu

$$V/S_1 = 0,0007 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}/\text{m}^2 (= 2,52 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}/\text{m}^2).$$

Výpočet se provede pro tyto parametry:
pro plochy ochlazovaných stěn

$S_1 = 120 \cdot 60 = 7\,200 \text{ m}^2$	podlaha
$S_2 = 2(120 + 60) 10 = 3\,600 \text{ m}^2$	svislé stěny
$S_3 = 2(120 + 60) 2 + 120 \cdot 60 = 7\,920 \text{ m}^2$	střecha

pro součinitele prostupu tepla

$k_1 = 0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K} (\lambda_1 = 0,79)$	podlaha
$k_2 = 1,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	svislé stěny
$k_3 = 2,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	střecha

a pro teplotu země pod nepodsklepenou podlahou

$$t_{z1} = +10^\circ\text{C}.$$

Při $h^2/S_1 = 100/7\,200 = 0,0139 < 0,03$ je podle tab. 1 $\Delta t_1 = 1,5^\circ\text{C}$ a $\Delta t_i = 5,0^\circ\text{C}$, takže je

povrchová teplota podlahy	$t_1 = 16 + 1,5 = 17,5^\circ\text{C}$
základní teplota vnitřního vzduchu	$t_i = 16 - 5 = 11,0^\circ\text{C}$

Předpokládá-li se dále, že teplotní gradient je $\Delta t/\Delta h = 0,1 \text{ K/m}$ a zvýšení teploty vzduchu v místě panelů $\Delta t_{ik} = 2 \text{ K}$, je teplota vnitřního vzduchu

nad podlahou	$t_{i1} = t_i = 11,0^\circ\text{C}$
ve středu svislých stěn	$t_{i2} = 11 + 5 \cdot 0,1 = 11,5^\circ\text{C}$
ve výšce střechy	$t_{i3} = 11 + 2 + 12 \cdot 0,1 = 14,2^\circ\text{C}$

Tepelná ztráta prostupem potom je

pro podlahu	$Q_1 = 0,79 \cdot 7\,200(17,5 - 10) = 42\,660 \text{ W}$
pro svislé stěny	$Q_2 = 1,5 \cdot 3\,600(11,5 + 15) = 143\,100 \text{ W}$
pro střechu	$Q_3 = 2,0 \cdot 7\,920(14,2 + 15) = 462\,530 \text{ W}$
tj. celkem	$Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 648\,290 \text{ W}$

Za předpokladu, že se větrací vzduch odvádí otvory ve střešních světlicích při teplotě $t_{i3} = 14,2^\circ\text{C}$, je tepelná ztráta větráním

$$Q_v = 5,04 \cdot 1\,300(14,2 + 15) = 191\,320 \text{ W}.$$

Celková tepelná ztráta haly pak je

$$Q_c = 648\,290 + 191\,320 = 839\,610 \text{ W}.$$

Zvolí-li se střední povrchová teplota panelů $t_p = 80^\circ\text{C}$, je podle tab. 2 jejich měrný tepelný výkon $q_{\text{celk}} = 585 \text{ W/m}^2$ a potom vychází celková plocha panelů

$$S_p = \frac{839\,610}{585} = 1\,435,23 \text{ m}^2.$$

Při teplovzdušném vytápění stejné haly by bylo nutno s ohledem na chladné stěny volit teplotu vzduchu v pracovní oblasti nejméně $t_i = 18^\circ\text{C}$. Pro tuto základní vnitřní teplotu by pak podle ČSN 06 0210 vycházela celková tepelná ztráta

$$Q_c = 1\,045\,510 \text{ W},$$

tj. přibližně o 24 % větší než při vytápění zavěšenými sálavými panely.

6. ZÁVĚRY PRO PRAKTICKÉ POUŽITÍ NOVÉHO ZPŮSOBU VÝPOČTU

V článku je popsán výpočet tepelných ztrát přízemních hal vytápěných zavěšenými sálavými panely, který je obdobou výpočtu podle ČSN 06 0210 a při tom plně respektuje charakteristické vlastnosti daného způsobu vytápění (intenzivní

sálání panelů, velký rozdíl mezi účinnou teplotou okolních ploch a teplotou vzduchu aj.).

Přímý výpočet tepelných ztrát místnosti umožňuje volba výpočtových vnitřních teplot, tj. povrchové teploty podlahy t_1 a teploty vnitřního vzduchu t_i , podle tzv. korekčních rozdílů (viz tab. 1).

Při použití nového způsobu výpočtu v praxi je třeba si uvědomit tyto skutečnosti:

a) Zavěšené sálavé panely se mohou používat jako monovalentní vytápěcí systém jen při malé výměně vzduchu do $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}/\text{m}^2$ ($= 0,0008 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}/\text{m}^2$). Podle toho je třeba řešit přirozené větrání haly. Je-li nutné intenzivnější větrání, je třeba kombinovat vytápění sálavými panely s vytápěním teplovzdušným, při kterém se větrací vzduch přehřívá na teplotu t_i . Vytápění sálavými panely se přitom řeší stejně jako u monovalentního systému.

b) Teploty t_1 a t_i se během otopného období mění v závislosti na venkovní teplotě t_e (viz obr. 4). Spotřebu tepla je proto nutno počítat podle průměrných hodnot těchto teplot za celé otopné období.

c) Pro použití zavěšených sálavých panelů platí určité geometrické požadavky na tvar a velikost vytápěné haly. Aby vytápění bylo ekonomické, je především nutné, aby půdorysné rozměry haly byly nejméně trojnásobkem výšky zavěšení panelů (sálavé panely jsou vhodné pro půdorysně rozlehlé haly). Podle tohoto požadavku by tedy mělo být

$$h^2/S_1 \leq 0,1 \quad (S_1/h \geq 10);$$

S_1 je půdorysná plocha haly,

h — výška zavěšení panelů.

d) Pro výpočet plochy panelů jsou v článku uvedeny hodnoty jejich měrného tepelného výkonu $q_{\text{celk.}} [\text{W}/\text{m}^2]$, viz tab. 2. Bližší podrobnosti o výpočtu volně zavěšených sálavých panelů jsou uvedeny v odborné literatuře.

Podle umístění, velikosti (plochy) a povrchové teploty sálavých panelů je také možno kontrolovat, zda jejich sálavý účinek na člověka pobývajícího v pracovní oblasti není nepřipustně velký. Podrobnosti o této kontrole jsou také uvedeny v odborné literatuře.

LITERATURA

- [1] Bašus, V.: Zjednodušený výpočet sálavého vytápění rozlehlých průmyslových hal. Zdrav. technika a vzduchotechn. 4, 1961, č. 2, s. 79—87.
- [2] Cihelka, J.: Výpočet vytápění zavěšenými sálavými panely. Strojírenství 5, 1955, č. 2, s. 93—100.
- [3] Cihelka, J.: Rovnocenná tepelná vodivost vzduchové vrstvy na spodní straně zahřívané desky s postranními křídélky. Strojnický sborník 13. SNTL, Praha 1956, s. 25—39.
- [4] Cihelka, J.: Teplota vzduchu v prostoru vytápěném zavěšenými sálavými panely. Sborník VTS pro zdrav. techniku a vzduchotechn. sv. 3. Naklad. ČSAV, Praha 1959, s. 47—63.
- [5] Cihelka, J.: Výpočet vytápění zavěšenými sálavými panely (úprava se zřetelem k novému vydání ČSN 06 0210). Zdrav. technika a vzduchotechn. 6, 1963, č. 5, s. 225—228.
- [6] ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Úřad pro normalizaci a měření, Praha 1976.
- [7] Missenard, A.: Théorie analytique et calcul pratique des chauffage par panneaux rayonnants en élévation. Chaleur et Industrie, 1951, č. 310, s. 117—125 a č. 311, s. 155—161.
- [8] Raber, B. F.—Hutchinson, F. W.: Panel Heating and Cooling Analysis. New York 1947.

ПРОСТОЙ РАСЧЕТ ОТОПЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПОДВЕСНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Доц. Инж. Д-р Яромир Цигелка

На основе точного расчета уважающего особенности теплопередачи в пространстве отапливаемом с помощью отопительных панелей был разработан простой расчет удобный для практики. Новый способ исходит из расчета тепловых потерь большепролетного помещения таким образом, как обыкновенно при остальных способах отопления. Для расчета приведены все исходные параметры и приведено также теоретическое основание для их выбора.

SIMPLE CALCULATION OF HEATING BY MEANS OF SUSPENDED RADIANT PANELS

Doc. Ing. Dr. Jaromír Cihelka

On the basis of an exact calculation, respecting specialities of heat exchange in a room heated by radiant panels, simple calculation suited for practice has been elaborated. The new method is based on heat losses calculation of a production shop, as it is customary for the other ways of heating. All the starting parameters of the calculation are presented in the paper and theoretical reasons of their choice are discussed.

EINFACHE BERECHNUNG DER HEIZUNG MITTELS DER ANGEHÄNGTEN STRAHLPLATTEN

Doz. Ing. Dr. Jaromír Cihelka

Auf Grund der exakten die Besonderheiten der Wärmeübertragung respektierenden Berechnung in einem mit den Strahlplatten beheizten Raum ist die einfache für die Praxis geeignete Berechnung ausgearbeitet worden. Das neue Verfahren geht von der Berechnung der Wärmeverluste der Hallen so, wie es gewöhnlich bei anderen Heizungsarten ist, aus. Für die Berechnung werden alle Ausgangsparameter angegeben und auch wird die theoretische Begründung für ihre Wahl eingeführt.

CALCUL SIMPLE DU CHAUFFAGE PAR LES PANNEAUX RAYONNANTS SUSPENDUS

Doc. Ing. Dr. Jaromír Cihelka

Sur la base du calcul exact respectant les particularités de la transmission de chaleur dans un espace chauffé par les panneaux rayonnants, le calcul simple et convenable a été élaboré pour la pratique. Le mode nouveau vient du calcul des pertes de chaleur d'un hall tellement comme il est usuel dans les autres modes de chauffage. Pour le calcul, on présente tous les paramètres initiaux et aussi, on présente la raison théorique pour leur choix.

ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET REKUPERAČNÍCH VÝMĚNÍKŮ

DOC. ING. JAROSLAV CHYSKÝ, CSc.

Fakulta strojní ČVUT, Praha

Príspevok obsahuje novou metodu pro výpočet rekuperačních výměníků tepla obecného tvaru. Zavádí se „charakteristické číslo výměníku A“, které vyjadřuje, v které oblasti jsou jeho výkony mezi krajními případy, výměníkem souproutým a protiproutým. Tato metoda umožňuje provádět jednoduchým způsobem přesné výpočty výměníků složitých tvarů.

Recenzoval: Ing. Dr. Miroslav Láznovský

Rekuperační výměníky jsou nejběžnějšími zařízeními v tepelné technice. Jejich výpočet patří k základním výpočtům každého technika, pracujícího v oboru. Obvykle jsou potřebné dva druhy výpočtů: dimenzování výměníku pro zadané podmínky (stanovení teplosměnné plochy) a výpočet tepelného výkonu při dané teplosměnné ploše. Výpočty lze provádět různým způsobem, přičemž jen výjimečně, pro jejich jednoduché základní tvary, je možný únosný číselný výpočet. Obvykle se musí kombinovat numerický výpočet s různými korekcemi součiniteli, které se odečítají z grafů, často nekriticky přebíraných z různých příruček. V následujícím příspěvku je navržena metoda, která je zcela obecná a která značně zjednodušuje výpočty. Srovnáváním s jinými podklady jsme prověřili obecnou použitelnost metody.

1. REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍKY A TEORIE PODOBNOSTI

Výměník, jako každé tepelné zařízení, je charakterizován bezrozměrnými čísly, kritérii podobnosti, které popisují jeho vlastnosti. Z rozboru základních rovnic vyplývá, že základními určujícími kritérii pro rekuperační výměníky jsou komplex $kS/W_1 = \nu_1$, $W_1/W_2 = \mu_1$ a kritérium geometrické, charakterizující jeho tvar. Kritérium určené je teplotní pole, např. ve tvaru $\Delta t_1/\Delta t'$. Pomocí tohoto kritéria je pak možno stanovit tepelný výkon.

Zvláštní postavení zaujímá kritérium geometrické. Jednoduchý by byl případ dodržení geometrické podobnosti mezi modelem a dílem. Dále byla využita následující úvaha: dva krajní případy výměníků jsou výměníky souprouté a protiprouté. Při jinak stejných podmínkách, charakterizovaných kritérii μ_1 a ν_1 má výměník souproutý nejnižší a protiproutý nejvyšší tepelný výkon. Výkony všech ostatních výměníků jsou mezi těmito dvěma krajními případy. Můžeme si představit, že obecně každý výměník je složen ze základních elementů, které fungují jako výměníky souprouté a protiprouté o různé velikosti. Kritérium, které tento komplex elementů souproutých a protiproutých charakterizuje má tvar

$$A = (\dot{Q} - \dot{Q}_s)/(\dot{Q}_p - \dot{Q}_s), \quad (1)$$

kde v čitateli je rozdíl tepelných výkonů daného a souproutého výměníku, ve jmenovateli největší možný rozdíl, tedy rozdíl výkonů protiproutého a souproutého

dého výměníku (za jinak stejných podmínek). Tepelné výkony při stejných průtocích jsou úměrné změnám teplot, vyjádřeným případně bezrozměrně (dále symboly ϑ).

Obecná rovnice pro stanovení změny teplot tekutiny (1) má tedy tvar

$$\vartheta_1 = f(\nu_1, \mu_1, A); \quad (2)$$

kde $\vartheta_1 = (t_1'' - t_1')/(t_1' - t_2')$ je teplotní kritérium (index u teplot značí příslušnou tekutinu 1 a 2, čárkami je označen stav na vstupu a na výstupu z výměníku),

k — součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$],

S — teplosměnná plocha výměníku [m^2],

W — tepelná kapacita proudu [W/K].

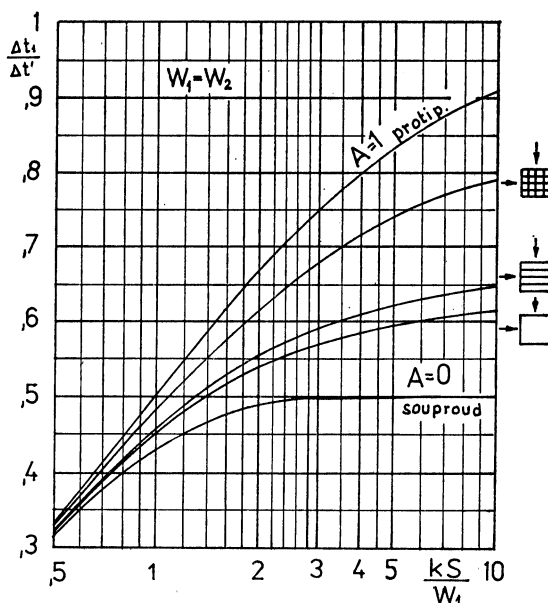
Hodnota A je charakteristické číslo výměníku, které lze vyjádřit i pomocí teplotního pole

$$A = (\vartheta_1 - \vartheta_{1s})/(\vartheta_{1p} - \vartheta_{1s}), \quad (3)$$

kde ϑ_{1s} a ϑ_{1p} jsou bezrozměrné změny teplot pro výměník souproutý a protiproudý.

Podle této definice hodnota $A = 0$ odpovídá výměníku souproutému, $A = 1$ výměníku protiproudému. Všechny ostatní případy mají hodnotu A v rozmezí 0 až 1.*

Vliv hodnoty A na průběh ϑ_1 při $W_1 = W_2$ je znázorněn na obr. 1. Hodnoty pro tři



Obr. 1. Bezrozměrné změny teplot $\Delta t_1/\Delta t'$ pro výměníky souprouté, křížové a protiproudé při $W_1 = W_2$

*) Předpokladem zachování stálé hodnoty A pro výměník při různých podmínkách proudění je zachování podobnosti polí přenosových kritérií kdS/W .

základní případy s příčným (křížovým) proudem byly převzaty z [1]. I z těchto průběhů je zřejmá platnost rovnice (3). Její úpravou dostaneme:

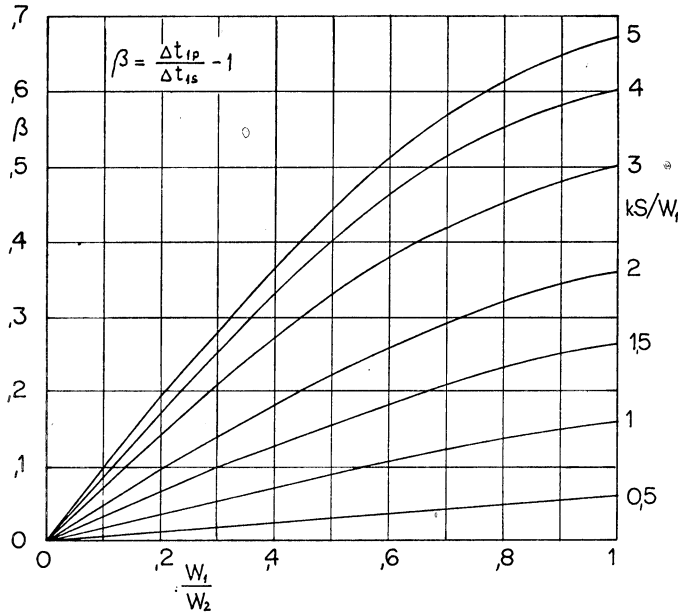
$$\vartheta_1 = \frac{\Delta t_1}{\Delta t'} = \vartheta_{1s} + A(\vartheta_{1p} - \vartheta_{1s}). \quad (4)$$

Hodnota ϑ_1 se tedy získá sečtením ϑ_{1s} pro souproutý výměník a rozdílu $\vartheta_{1p} - \vartheta_{1s}$ (rozdíl hodnot pro protiproudý a souproutý výměník) vynásobeného charakteristickým číslem A . Vztah (4) je možno upravit na tvar

$$\vartheta_1 = \vartheta_{1s} \left[1 - A \left(\frac{\vartheta_{1p}}{\vartheta_{1s}} - 1 \right) \right] = \vartheta_{1s}(1 + \beta A), \quad (5)$$

$$\text{kde } \beta = (\vartheta_{1p} - \vartheta_{1s})/\vartheta_{1s} = \frac{\Delta t_{1p} - \Delta t_{1s}}{\Delta t_{1s}}$$

Hodnoty β určují, do jaké míry je výměník protiproudý výhodnější než souproutý (bezrozměrně, hodnota $\beta = 0$ znamená shodu). Tyto hodnoty jsou za-



Obr. 2. Hodnoty β v závislosti na W_1/W_2 a kS/W_1 . Z průběhů je zřejmé, že rozdíl mezi výměníky je tím menší, čím jsou obě hodnoty nižší.

kresleny na obr. 2. Pro jednodušší zakreslení bylo přijato, že $W_1 < W_2$ (jinak je třeba indexy zaměnit).

Hodnoty ϑ_{1s} a ϑ_{1p} se určují podle obecně známých vztahů pro výměníky:

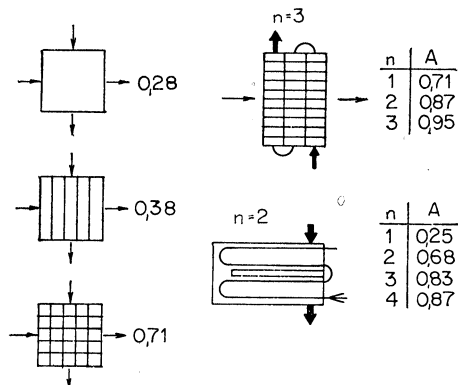
$$\vartheta_{1s} = \frac{1 - \exp[-\nu_1(1 + \mu_1)]}{1 + \mu_1}, \quad (6)$$

$$\vartheta_{1p} = \frac{1 - \exp[-\nu_1(1 - \mu_1)]}{1 - \gamma_1 \exp[-\nu_1(1 - \mu_1)]}. \quad (7)$$

Výpočet výměníku libovolného tvaru se tedy redukuje na stanovení hodnoty β (výpočtem nebo z diagramu), určení charakteristického čísla A a výpočet souproutého výměníku.

2. CHARAKTERISTICKÉ ČÍSLO VÝMĚNÍKU

Charakteristická čísla výměníků pro některé častější tvary proudů tekutin u výměníků jsou uvedeny na *obr. 3*. U jednoduchého křížového výměníku mohou nastat tři případy: oba proudy se dokonale mísí, to znamená, že vždy v celém průřezu kolmo ke směru proudění je stejná teplota, jeden proud se dokonale mísí



Obr. 3. Hodnoty A pro různé typy výměníků.

a druhý nemísí (v průřezu kolmo k proudu jsou v jednotlivých bodech různé teploty) a konečně oba proudy se nemísí (např. při laminárním proudění, nebo jsou jednotlivé toky přímo od sebe odděleny stěnami, jak je tomu u deskových výměníků se žebrovaným povrchem).

Charakteristické číslo výměníku lze stanovit rovněž z výsledků měření, popřípadě z jeho udávaných výkonových parametrů (uvedených např. v katalogu). Při známých hodnotách ν_1 a μ_1 a ze stanovených teplot Δt_1 a $\Delta t'$ se stanoví podle rovnice (5):

$$A = \left(1 - \frac{\Delta t_1}{\Delta t'} : \frac{\Delta t_{1s}}{\Delta t'}\right) / \beta, \quad (8)$$

kde Δt_{1s} je vypočtená hodnota pro souproutý výměník. Pomocí této hodnoty A lze přepočítat výkon výměníku na jiné hodnoty průtoků, resp. teplot.

Pomocí hodnoty A lze stanovit i střední rozdíl teplot Δt_m pro výměník obecného tvaru. Z definice A podle (1) vyplývá tato hodnota podle tepelných výkonů. Protože ty jsou přímo úměrné středním rozdílům teplot, je i

$$\Delta t_m = \Delta t_{ms} + A(\Delta t_{mp} - \Delta t_{ms}). \quad (9)$$

Zde však platí omezení, protože nelze stanovit Δt_{ms} v případě, že se teploty částečně překrývají.

Δt_m , Δt_{ms} , Δt_{mp} jsou střední (logaritmické) rozdíly teplot pro daný výměník, pro výměník souproutý a protiproutý.

3. NUMERICKÝ VÝPOČET VÝMĚNÍKŮ

Při použití diagramu pro β (obr. 2) je numerický výpočet celkem jednoduchý (při známém A). Po vypočtení ϑ_1 podle (5) se stanoví

$$\vartheta_2 = -\mu_1 \cdot \vartheta_1 \quad (10)$$

a tepelný tok pak bude:

$$|\dot{Q}| = W_1 \Delta t_1. \quad (11)$$

Tyto výpočty jsou relativně jednoduché, zejména při použití programovatelných kalkulaček. Např. program pro stanovení tepelného výkonu (resp. hodnoty ϑ_1) má 126 kroků a trvá několik sekund.

Poněkud obtížnější je výpočet potřebné teplosměnné plochy. Protože hodnoty ν_1 v rovnici (4) jsou zadány explicitně, je třeba provést řešení postupným přibližováním (program 08 softwarového modulu na TI 59).

Pro úplnost následují dva příklady výpočtu bez použití programu:

Příklad 1

Má se stanovit ohřátí vzduchu (tekutina 1) ve dvouřadém výměníku při $\mu_1 = W_1/W_2 = 0,8$, $\nu_1 = kS/W_1 = 2,5$, $t'_1 = -10^\circ\text{C}$, $t'_2 = 90^\circ\text{C}$.

Druhá tekutina je voda. Pro dvouřadý výměník je při nemísících se tocích obou tekutin podle obr. 3 $A = 0,87$ a podle obr. 1 pro zadané hodnoty μ_1 a ν_1 je $\beta = 0,38$. Potom je

$$\vartheta_1 = \vartheta_{1s}(1 + \beta A) = \frac{1 - \exp[-2,5(1 + 0,8)]}{1 + 0,8} (1 + 0,38 \cdot 0,87) = 0,735.$$

Ohřátí vzduchu pak je $\vartheta_1 = \Delta t_1/\Delta t' = 0,735$,

$$\Delta t_1 = 0,735(90 + 10); \quad t'_2 = 73,7^\circ\text{C}.$$

Pro čistý souprout by bylo $\vartheta_{1s} = 0,549$, pro protiprout $\vartheta_{1p} = 0,764$.

Příklad 2

Má se dimenzovat výměník voda—voda, křížový proud s jednou tekutinou mísící se a druhou nemísící se ($A = 0,38$) při $k = 1\,100\text{ W/m}^2\text{K}$, $t'_1 = 15^\circ\text{C}$, $t''_1 = 50^\circ\text{C}$, $t'_2 = 95^\circ\text{C}$, $t''_2 = 60^\circ\text{C}$, $W_1 = 50\,000\text{ W/K}$.

Řešení se provede podle rovnice (8):

$$t_{mp} = \lim \left[\frac{(95 - 50) - (60 - 15)}{\ln \frac{95 - 50}{60 - 15}} \right] = 45\text{ K},$$

$$t_{ms} = \frac{(95 - 15) - (60 - 50)}{\ln \frac{95 - 15}{60 - 50}} = 33,7\text{ K},$$

$$t_m = 33,7 + 0,38(45 - 33,7) = 33,8\text{ K},$$

Plocha výměníku potom bude

$$\dot{Q} = W_1 \Delta t_1 = k S \Delta t_m$$
$$S = \frac{W_1 \Delta t_1}{k \Delta t_m} = \frac{50\,000 \cdot 35}{1\,100 \cdot 38} = 41,9 \text{ m}^2,$$

LITERATURA

[1] *Kays W. M., London A. L.*: Compact heat exchangers 2. vydání, New York, 1965.

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ РЕКУПЕРАТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Доц. Инж. Ярослав Хыскý, к. т. н.

Статья описывает новый метод для расчета рекуперативных теплообменников общей формы. Вводится „характеристическое число теплообменника A“, которое выражает область производительностей теплообменников в диапазоне между прямоточными и противоточными теплообменниками. Этот метод позволяет проводить точно расчет теплообменников сложных форм.

A SIMPLIFIED RECUPERATIVE HEAT EXCHANGERS CALCULATION METHOD

Doc. Ing. Jaroslav Chyský, CSc.

A new calculation method of recuperative heat exchangers of general form is discussed in the paper. „Characteristic number of the A heat exchanger“ expressive of zone where heat exchanger efficiency is between parallel and counter-flow heat exchangers is applied there. This method allows to calculate simply and precise heat exchangers of complicated form.

VEREINFACHTE BERECHNUNG DER REKUPERATIONS-AUSTAUSCHER]

Doz. Ing. Jaroslav Chyský, CSc.

Der Artikel beinhaltet die neue Berechnungsmethode der Rekuperationswärmeaustauscher der Allgemeinform. Man führt „die Kennzahl des Austauschers A“, die erklärt, in welchem Gebiet seine Leistungen zwischen den äussersten Fällen, zwischen einem Gleichstrom- und einem Gegenstromaustauscher liegen, ein. Diese Methode ermöglicht in einfacher Weise die exakten Berechnungen der Austauscher komplizierter Formen durchzuführen.

CALCUL SIMPLIFICATEUR DES ÉCHANGEURS RÉCUPÉRATIFS

Doc. Ing. Jaroslav Chyský, CSc.

L'article présenté comprend la méthode nouvelle pour le calcul des échangeurs récupératifs de la forme générale. On introduit „le nombre caractéristique de l'échangeur A“ qui exprime dans quel domaine ses débits sont entre les cas extrêmes, entre l'échangeur écouurant et celui contre-courant. Cette méthode permet de réaliser les calculs exacts des échangeurs des formes compliquées par le mode simple.

VÝZNAM STROPU PRO DENNÍ OSVĚTLENOST INTERIÉRŮ

ING. ARCH. JAROSLAV VRTĚL

Je v zájmu snah o energetické úspory, aby ve výpočtech denní osvětlenosti interiérů s bočním osvětlením byla využita také stropní složka denního světla. Článek popisuje problematiku a metodický postup určení stropní složky dokládá zjednodušeným prostorovým příkladem s grafickým řešením.

Recenzoval: Ing. arch. Ladislav Chalupský

Výpočet denní osvětlenosti provádí se v praxi způsobem a v rozsahu, které jsou naznačeny na obr. 6 normy ČSN 36 0035 [1] a neuplatňuje se tu tedy v plném rozsahu definice hodnoty $e_{\text{ext.}}$ podle čl. 25 téže normy určující, že $e_{\text{ext.}}$ je veličina, vznikající odraženým externím světlem od venkovních povrchů, tedy také od terénu. Takový neúplný výpočet denního osvětlení má pak přirozeně za následek zvýšenou náročnost na osvětlení umělé a plánuje se tak zbytečné a nevhodné energetické opatření.

Podle obr. 6 citované normy není terén obvykle v prostorovém zorném úhlu s vrcholem ve vyšetřovaném bodu M , který umísťujeme normálně do výše 85 cm nad podlahu, přičemž zděný okenní parapet bývá většinou vyšší než 85 cm. Naproti tomu různé výpočtové metody interreflexe ve svých vzorcích a grafických pomůckách jas terénu uvažují [2] a již jen z hlediska možnosti prověření a srovnání dosažených výsledků vzniká tu nevýhoda v nejednotnosti a projekční složitosti.

V dalším naznačíme postup zachycení světelného vlivu stropu místnosti na denní osvětlenost bočně osvětleného interiéru se zjednodušujícím pominutím světelných přínosů z ostatních odrazových ploch interiéru a s dalším zjednodušením, spočívajícím v osové poloze okna a vyšetřovaného bodu. Bude se nám zde jednat o stropní složku e_s , zachycující jas z terénu zářící oknem na strop s místností a od tud odrazem do bodu M . Uvažujme místnost s přilehlým vnějším prostorem podle přiloženého výkresu, kde se jedná o nekonečně dlouhou a vodorovnou ulici. Ovzduší v místnosti uvažujme jako čisté, bez prachu, mlhy, kouře (bez zvýšeného znečištění aerosoly).

Při použití Daniljukovy metody máme v bodu M

$$e_s = n_{\text{IMS}} \cdot n_{\text{IMS}} \cdot 10^{-4} \cdot k_{\text{LS}},$$

kde k_{LS} je jasový koeficient stropu, rovnající se součinu vlivu oblohového světla v bodu T po průchodu oknem do bodu S . Body T , S jsou světelná těžiště zdrojů světla příslušných světelných toků. Konstrukce těchto těžišť znázorňuje výkres. Podle vzorce 12 cit. normy je jas dokonale rozptýlné, světelně aktivní plochy vyjádřen vzorcem

$$L = \frac{E \cdot \varrho}{\pi},$$

což, vyjádřeno formou činitele denní osvětlenosti e , rovnajícího se poměru E/E_h , v Daniljukových jednotkách (to jest na základnu hemisféry promítnutých jednot-

kových ploškách o velikosti $\pi \cdot 10^{-4}$, jejichž počet je rovný součinu $n_I \cdot n_{II}$) se rovná hodnotě

$$L = n_I \cdot n_{II} \cdot 10^{-4} \cdot \varrho \cdot E_h,$$

neboť $E = e \cdot E_h, \pi/\pi = 1$.

Podle čl. 15 cit. normy je $E_h = 5\,000$ lx. Jednotce (jednomu luxu) této konstantní veličiny odpovídá jasový koeficient $k_L = L/5\,000$, z čehož plyne při použití Daniljukovy metody vzorec pro jasový koeficient světelně aktivní plochy

$$k_L = n_I \cdot n_{II} \cdot 10^{-4} \cdot \varrho,$$

kde ϱ je průměrný činitel odrazu světla uvažované světelně aktivní plochy, stanovený podle tab. 6 cit. normy.

Při vyšetřování složky oblohové včlenění se do tohoto vzorce činitel q , o němž platí ustanovení čl. 16 a 17 cit. normy, to jest vztahy závislosti od světelné odraznosti terénu:

Při tmavém terénu, je-li $0,05 \leq \varrho_t \leq 0,2$, je $q = 0,429 + 0,858 \sin \varepsilon$, při zasněženém terénu, je-li $0,7 \leq \varrho_t \leq 0,85$, je $q = 0,6 (1 + \sin \varepsilon)$. Poznamenejme, že podle obr. 3 a 4 cit. normy pro hodnotu $\varepsilon = 42^\circ$, kdy při $\sin \varepsilon \doteq 1,00$ nastává vyrovnání obou hodnot q , pro úhel $\varepsilon < 42^\circ$ je q při zasněženém terénu větší než q tmavého terénu, při $\varepsilon > 42^\circ$ je tomu však obráceně. Interpolace je tu tedy nutno provádět odděleně v rozmezích $0 < \varepsilon < 42^\circ$ a $42^\circ < \varepsilon \leq 90^\circ$, přičemž rektifikujeme zde křivkové průběhy do přímky a výsledky jsou proto jen přibližné.

Velikost $\sin \varepsilon$ zjistíme z jednotkové kružnice o poloměru $r = 1$ z průměrného sklonu světelného paprsku. Na obr. 1 je výsledné $\sin \varepsilon$ zjištěno sklopením do nárysný výslednice součtu vektorů $\cos \varepsilon_I$ a $\cos \varepsilon_{II}$, což je znázorněno na částečném sklopeném půdorysu u bodu T .

Koeficient k_{Ls} se potom celkem rovná výrazu

$$k_{Ls} = n_{ITobl.} \cdot n_{IITobl.} \cdot 10^{-4} \cdot q \cdot \varrho_t \cdot n_{Ist.} \cdot n_{IIst.} \cdot 10^{-4} \cdot \tau \cdot k_\varphi \cdot \varrho_s.$$

Uvedme, že $n_{IITobl.} = 100$, jelikož se jedná o nekonečnou vodorovnou ulici. Činitel světelných ztrát v příkladu byl uvažován roven 0,5 (tedy $\tau = 0,5$), $k_\varphi = 0,95$ (po zprůměrování). Odraznost světla stropu byla uvažována v hodnotě 0,7 jakožto odpovídající bílé, zašlé barvě.

Po dosazení příslušných hodnot, plynoucích z grafické konstrukce, uvedené na obr. 1, obdržíme tyto výsledky

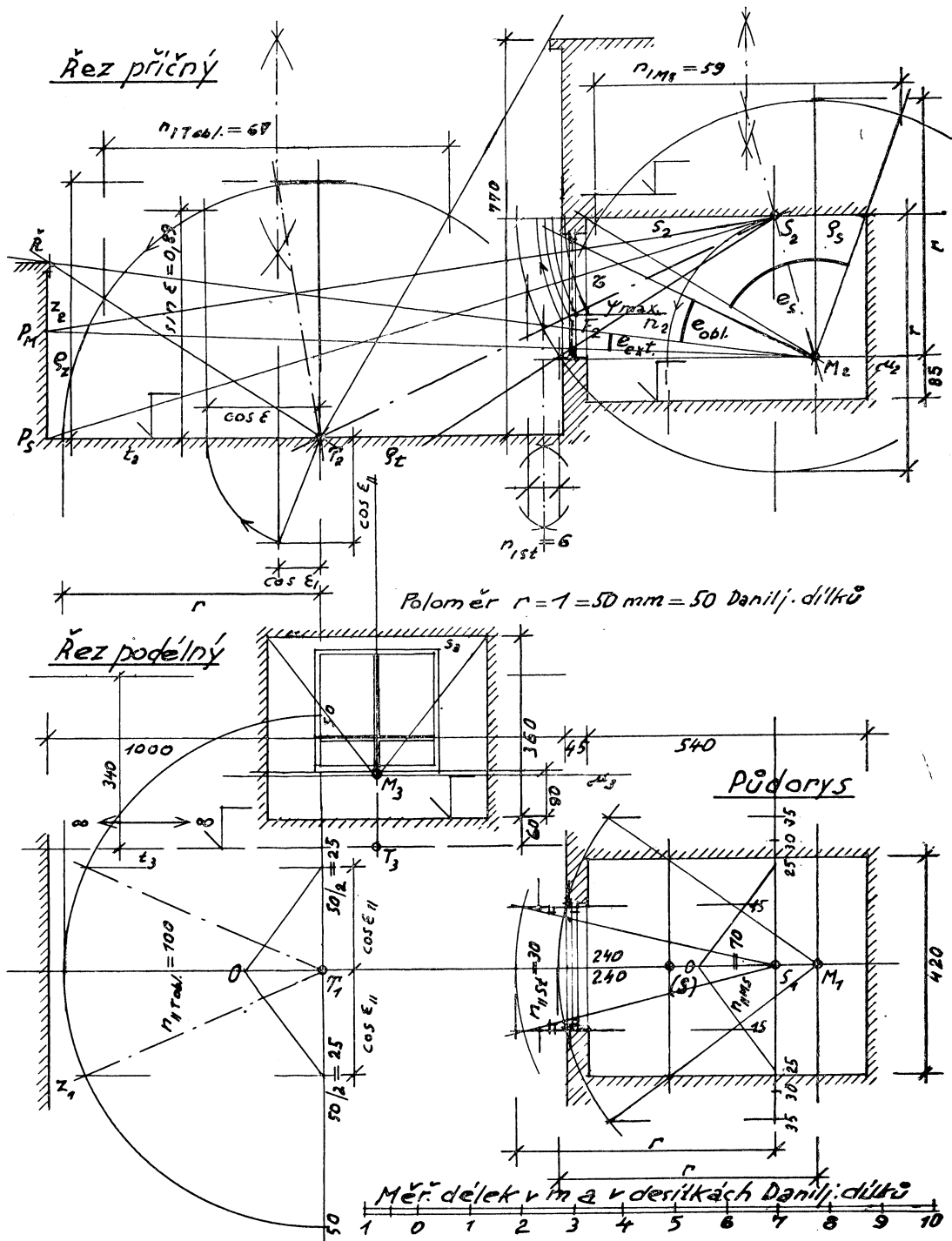
pro strop s $\varrho_s = 0,7$:

Při $\varrho_t = 0,1$ je $e_s = 0,0198\%$ ($\doteq 0,02\%$),
 $\varrho_t = 0,2$ je $e_s = 0,0396\%$ ($\doteq 0,04\%$),
 $\varrho_t = 0,75$ je $e_s = 0,1402\%$ ($\doteq 0,14\%$).

Při čistém, bílém stropu s $\varrho_s = 0,8$ (což je podle čl. 56 cit. normy doporučená hodnota) zvýšíme výsledky poměrem 0,8/0,7 a obdržíme

při $\varrho_t = 0,1$ $e_s = 0,0226\%$ ($\doteq 0,023\%$),
 $\varrho_t = 0,2$ $e_s = 0,045\%$ ($\doteq 0,045\%$),
 $\varrho_t = 0,75$ $e_s = 0,1598\%$ ($\doteq 0,160\%$).

Výsledky byly zjištěny použitím Daniljukovy metody ve formě stupnicové, čímž byla získána větší názornost výkresu (stupnice jsou průměty úhlů Danilju-



Obr. 1. Grafické řešení prostorového příkladu pro určení stropní složky e_s denní osvětlenosti, vznikající v bodu M jasem terénu.

kových sítí na základnu, to jest na průměr jednotkové kružnice o poloměru $r = 1$). Hodnoty n_I byly čteny přímo, hodnoty n_{II} čteny na lomené přímkové stupnici, kde část od 0 do 25 dílků odpovídá přeponě pravoúhlého trojúhelníka s odvěsnami 0,3 a 0,4, část další po pěti dílkách úsečkám 0,09, 0,1, 0,1, 0,11, zbytek po jednom dílku je znázorněn úsečkami 0,03, 0,03, 0,03, 0,04, 0,07 — vše je měřeno jako část poloměru $r = 1$.

Úpravy výsledků při jiných hodnotách q_t , q_s , τ , k_v jsou snadno proveditelné s tou podmínkou, že podle čl. 16 a 17 cit. normy změně q_t bude odpovídat i změna q . V bodu M bude potom, za předpokládaného rozsahu vlivů, výsledný činitel denní osvětlenosti roven $e = e_{obl.} + e_{ext.} + e_s + e_{interr.}$ [%].

V uvedeném příkladu byla složka e_s zjištěna pouze pro tok světla z terénu. Ve skutečnosti se však tato složka skládá z části z bodu M neviditelné, ale těžiště S přímo ovlivňující, to jest z části vznikající odrazem od úseku $P_M P_s$ na protilehlé svislé překážce z . Její vliv z dalšího světelného těžiště Z s přihlédnutím ku q_z zjistíme grafickou konstrukcí obdobnou provedené konstrukci vlivu těžiště T .

[Prostorový zorný úhel příslušný stropní složce e_s je ve svislé rovině sevřen spojnicemi stropního světelného těžiště S s horním a dolním okrajem zasklené části okna. V prostoru uvažovaném na obr. 1 září tedy do bodu S také spodní část $\hat{R}P_M$ úseku vymezeného horní spojnici. Tato část přispívá k osvětlenosti bodu M dvakrát: přímo a nepřímo přes stropní těžiště S . Plyne z toho její význam, který by měl být využit v architektonickém návrhu vnějšího prostoru (protějšího průčelí) světlým vodorovným pruhem, pokud možno bez oken, neboť sklo oken má velmi nízký činitel odrazu světla, rovný 0,1. Tento pás by neměl být lesklý, aby neoslňoval svou nízkou polohou citlivou sítnici v horní části oka pozorovatele, nacházejícího se v blízkosti bodu M .

Zjednodušený vyšetřovací postup budou umožňovat případy, kdy $q_z = 0,3$ (což je častý případ světlé fasády s neprůběžnými okny) a kdy se bude jednat současně o tmavý terén s $q_t = 0,1$ v nekonečně dlouhé vodorovné ulici. Bude tu totiž možno uvažovat oba jasové koeficienty jako přibližně rovné. Do výpočtu je dosadíme jako rovnající se 0,1 [3], neboť vodorovný terén, mající nižší světelnou odraznost než svislá překážka z , je oproti tomu výhodněji ozářen oblohovým jasnem z okolí oblohového zenitu. Obě odrazové plochy (t , z) bude pak možno vyšetřovat jednorázově s využitím Lambertova fotometrického zákona o směrové jasové indiferenci. Uvedme, že v daném případě, kdy se jednalo o omezenou oblohovou část nad terénem, je příslušné $k_{Lt} = 0,08$, tedy téměř rovno 0,1.

Uvažovaný příklad umožňuje rozbor vlivů prostředí na velikost složky e_s . Kladně tu zřejmě působí zvětšení šířky ulice, její nízké zastavění, dále světlý terén, světlá průčelí (protilehlá i vlastní) [4], pokud možno nízký parapet oken a bílý strop (podle tab. 6 cit. normy může se bílým stropem dosáhnout až $q_s = 0,85$ a je zcela závadné, jestliže se tato možnost nevyužije tím, že v kancelářích a jiných pracovnách se navrhnou „dekorativní barevné“ stropy). Světlejším stropem se ovšem podstatně zvyšuje také složka $e_{interr.}$. Velikost e_s se mění také polohou vyšetřovaného bodu M na vyšetřované rovině, neboť se mění prostorový činitel bodu M vzhledem k stropu (mění se jeho prostorový pozorovací úhel), tento činitel je největší, je-li úsečka MS nejkratší, to jest, je-li bod M uprostřed hloubkové délky místnosti — pod středem stropu. Z rozboru plynou tedy pravidla, jejichž znalost umožní projektantu prostoru (architektovi) zvyšovat osvětlenost denním světlem v interiérech a tím přispívat k národohospodářskému šetření energií.

Poznámka:

Zavedením složky e_s vzniká rovnice $e = e_{obl} + e_{ext} + e_s + e_{interr}$, kde e_{interr} , je důsledkem mnohonásobného odrazu světla od ploch interiéru, tedy i od stropu, takže rovnice obsahuje nevyjasněný zjev dvojitého uplatnění téhož zdroje (plochy stropu). To však není v interiéru ničím novým, neboť mnohonásobný odraz se děje i od ploch oken, které jsou pro interiérový zdroj světla s činiteli e_{obl} a e_{ext} . Složka e_{interr} působí jako zvláštní světelný zdroj.

Součet členů $e_{obl} + e_{ext} + e_s$ má společný součinitel světelných ztrát. V souvislosti s touto okolností je tedy možno zavést hodnotu e_r , takže $e = e_r + e_{interr}$. Tento vzorec je charakteristický pro složkovou metodu vyšetřování vlivu interreflexe. Její různé formy viz v literatuře [2]. Hodnotu e_{interr} tu stanovíme speciálními postupy.

Oproti tomu jako jednodušší, a tedy výpočtově výhodnější, se jeví metoda koeficientová, kde určujeme vliv činitele r_{interr} , jakožto násobitele hodnoty e_r a dospíváme tím k hodnotě e podle vztahu $e = e_r + e_r \cdot r_{interr} = e_r(1 + r_{interr})$. Při využití tohoto vzorce pro výpočty denního bočního osvětlení však nastávají pochybnosti o správnosti přímoúměrného vztahu a o jeho postačující přiléhavosti k fyzikální podstatě zjevu. K tomu (viz [3]) a tam uvedené znázornění v čl. 24. Fyzikální skutečnosti patrně odpovídá složitě spojitý tvar složené funkce $e = f(e_r)$, kde vnitřní funkcí je $e_r = f(\bar{\rho})$, přičemž $\bar{\rho}$ je průměrný (střední) činitel světelných odrazů od souhrnu ploch povrchu interiéru. Činitel osvětlenosti reaguje tu spojitě na argument e_r , který je spojitě složitou funkcí argumentu $\bar{\rho}$. Tento funkční složitě spojitý vztah studoval začátkem padesátých let profesor ČVUT v Praze Ing. arch. Karel Hannauer, Dr. techn., a průzkumem dospěl ke svému logaritmickému nomogramu, kde z daných hodnot e_r a $\bar{\rho}$ lze určit e [5]. Dnes tento v zásadě správný a zajímavý nomogram vyžaduje ovšem prověření, a upravení.

LITERATURA

- [1] Norma ČSN 36 0035 Denní osvětlení budov (účinnost od 1. 1. 1968)
- [2] Richard Kittler—Lýdia Kittlerová: Návrh a hodnotenie denného osvetlenia, 2. přepracované vydání (vyd. techn. a ekon. literatury Alfa, Bratislava 1975)
- [3] Jiří Matoušek: Komentář k ČSN 36 0035 Denní osvětlení budov (vyd. Úřad pro normalizaci a měření, Praha 1969)
- [4] Jaroslav Vrtěl: Poznámky k optimálnímu řešení osvětlovacích otvorů (ZTV, č. 2, r. 24 — 1981)
- [5] Norma ČSN 73 0511 Denní osvětlení průmyslových budov (schválena 25. 6. 1955, dnes neplatná)

ЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕКРЫТИЯ ДЛЯ ДНЕВНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ИНТЕРЬЕРОВ

Инж. арх. Ярослав Вртел

При исследовании экономии энергии надо в расчетах дневной освещенности перекрытием интерьеров с боковым освещением использовать также составляющую дневного света. В статье описываются проблематика и методический порядок определения составляющей перекрытия, к которому приводится упрощенный пространственный пример с графическим решением.

IMPORTANCE OF THE CEILING FOR DAY LIGHTING OF INTERIORS

Ing. arch. Jaroslav Vrtěl

During study of energy savings it would be used the day lighting coefficient for calculations determination of the ceiling component. Problems and analysis are discussed there and they are supported by a simplified spatial example with a graphical solution.

BEDEUTUNG DER DECKENKOMPONENTE FÜR DIE BELEUCHTUNGSSTÄRKE DER INTERIEURE

Ing. Arch. Jaroslav Vrtěl

Bei der Untersuchung der Energieersparnisse sollte man auch den Gewinn der Komponente des Tageslichts durch die Decke der Interieure mit der Seitenbeleuchtung ausnützen. Im Artikel beschreibt man die Analyse des Problems und auch gibt man die graphische Methode für die Bestimmung der Deckenkomponente an.

L'IMPORTANCE DE LA COMPOSANTE DE L'ÉCLAIREMENT NATUREL PAR LE PLAFOND DE L'INTÉRIEUR

Ing. arch. Jaroslav Vrtěl

Dans la recherche des réserves énergétiques, on devrait utiliser aussi l'apport de la composante de l'éclairage naturel par le plafond des intérieurs à l'éclairage monolatéral. Dans l'article présenté, on analyse le problème et indique une méthode graphique déterminant la composante.

● Kovy s pamětí

Od r. 1971 se výzkumný ústav fy. Krupp zabývá tzv. kovy s pamětí. Tyto materiály (slitiny) si po přetvarování zachovají nový tvar až do okamžiku ohřátí na určitou teplotu, kdy se opět vrátí do původního tvaru. Nejznámější slitina je nitinol, slitina asi 55 % niklu a 45 % titanu. Oproti bimetalům, které mění svůj tvar téměř proporcionalně se změnou teploty, u nitinolu dochází při dosažení specifické teploty ke změně skokem. Kromě toho tento materiál může se daleko více namáhat než bimetaly.

Na základě poznatků, že kovy s pamětí ukládají mechanickou energii podobně jako pružiny a že paměťový efekt možno libovolně opakovat, byly vyvinuty a instalovány na kosmických lodích různé prvky z kovů s pamětí pro přenos výkonů nebo signálů. Kromě využití v kosmonautice, medicíně a v elektrotechnice, mají kovy s pamětí budoucnost i v tepelné regulaci a zpětném získávání tepla.

Jako demonstrační objekt o možnostech kovů s pamětí sestavili pracovníci Kruppova výzkumného ústavu motor, který využívá nízkoteplotní energii z odpadních vod. Motor sestává z více torzních nitinolových trubek, které jsou střídavě protékány teplou a studenou vodou. Pomocí převodu se vyvolaný torzní pohyb trubek přenáší na setrvačnick.

Další perspektivní použití se očekává v automobilovém průmyslu.

CCI 11/83

(Ku)

● Axiální ventilátory se stabilní charakteristikou

Sesterská pobočka švédské firmy Fläkt GmbH v NSR představila na výstavě ish '83 nový typ axiálního ventilátoru Axico Anti-Stall s plně stabilní charakteristikou, nezávisle na stupni škrcení. Odtržení proudu neboli „pumpování“, jak se tento fenomén často označuje, je zamezeno u tohoto ventilátoru prstencovým stabilizačním zařízením integrovaným do skříně.

Stabilizátor neobsahuje ani pohyblivé části, ani elektroniku a vstupuje automaticky v činnost, jakmile provozní bod ventilátoru sklouzne do nestabilní části charakteristiky. Známé pulsace tlaku jsou zcela eliminovány. To má za následek, že použitelný provozní rozsah je rozšířen a při navrhování není třeba se ohlížet na nějaká omezení. Tak je možno použít optimální velikost ventilátoru a jeho široká, stabilní charakteristika je např. velmi výhodná pro použití v systémech s proměnným objemovým průtokem (VAV).

Axico ventilátory opatřené přestavitelnými lopatkami za chodu se vyrábějí pro rozsah výkonů od 4 do 100 m³/s, dosahují až 3 kPa rozdílu statických tlaků a mají max. účinnost až 86 %.

CCI 6/83

(Ku)

HODNOCENÍ ÚČINNOSTI PROTIHLUKOVÝCH CLON

Ing. JAN KOZÁK, CSc.,

Státní výzkumný ústav pro stavbu strojů, Praha-Běchovice

Obsahem článku je hodnocení akustické účinnosti protihlukových valů, stěn a lesního porostu zejména na základě měření provedených v terénu. Jsou uvedeny metody měření, kritéria a naměřené výsledky. Graf sestavený pro jednoduchý návrh základních geometrických parametrů stínících clon je konfrontován s výsledky měření.

Recenzovala: Doc. Ing. Věra Chalupová, CSc.

1. ÚVOD

Otázku ochrany obyvatelstva před nadměrným hlukem způsobovaným rozvojem motorizace a vysokými nároky na přepravu všeho druhu nelze omezit jen na zvětšování ochranných vzdáleností nebo zlepšování zvukoizolačních vlastností obvodových plášťů budov. I když považujeme za prokázané, že hluk jednotlivých motorových vozidel bude postupně klesat, musíme pro období nejbližších deseti až dvaceti let považovat za základní prvek ochrany obyvatel před hlukem optimální urbanistické řešení stavebních souborů a útvarů.

Při těchto řešeních pak má zásadní význam účelné využívání překážek bránících přímému šíření hluku od dopravních tras do prostorů, v nichž má být zajištěno požadované akustické klima. Těmito překážkami rozumíme obvykle účelové objekty bez zvláštních akustických nároků, protihlukové stěny a zemní valy, ochrannou zeleň či kombinace těchto prvků.

V současné době je v Praze, ale i v dalších sídlech, řada staveb tohoto charakteru ve výstavbě, další jsou navrhovány a proto jsou některé otázky akustického hodnocení těchto opatření předmětem tohoto příspěvku.

2. URČOVÁNÍ POKLESU HLUKU VLIVEM STÍNĚNÍ — NÁVRH NOVÉHO POSTUPU

Metody určování velikosti snížení hladiny dopravního hluku vyvolávaného stíněním vlivem překážek mezi zdrojem hluku a chráněným místem jsou předmětem řady publikovaných prací. Většina uváděných postupů je však složitá a pracná, takže v projekční praxi se jenom málokdy hledá optimální varianta řešení. Vypočtené hodnoty se pak se skutečně zjištěnými obvykle shodují jen přibližně. Je to dáno již tím, že výchozí hodnoty pro výpočet, tj. intenzita dopravy, složení dopravního proudu, reálné rychlosti vozidel atd. se od pozdější skutečnosti často značně liší.

Pro praktickou projekční praxi chybí nenáročná metoda, která by dovolovala sledovat jednoduše více variantních řešení stínících bariér s přijatelnou přesností. Při návrhu metody, která by projekční práci usnadnila, se vycházelo především z těchto předpokladů:

— Údaje o očekávaných intenzitách dopravy mají značný rozptyl; lze tedy před-

pokládat, že přesnost určení snížení hladiny hluku ± 2 dB je pro praxi postačující.

— Útlum zvuku vlivem stínění překážkou je silně závislý na kmitočtu, jak je to zřejmé např. ze známého vztahu pro ΔL (1) [$L_{1,2}$], ($\Delta L = L_1 - L_2$, když L_1 je hladina zvuku v místě pozorování, do něhož se hluk šíří bez překážek a L_2 je hladina v témže místě po vložení překážky do cesty šíření hluku)

$$\Delta L = 10 \log 20 \frac{2 \left[a \left(\sqrt{1 + \left(\frac{h}{a} \right)^2} - 1 \right) + b \left(\sqrt{1 + \left(\frac{h}{b} \right)^2} - 1 \right) \right]}{\lambda \left[1 + \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right]} \quad [\text{dB}], \quad (1)$$

kde a je vzdálenost zdroje od překážky [m],

b — vzdálenost překážky od chráněného místa [m],

h — efektivní výška překážky [m],

λ — vlnová délka zvuku vyzařovaná zdrojem [m].

— Změny ve složení a rychlosti dopravního proudu ovlivňují spektrální složení hluku, který je dopravním proudem vyzařován.

— Kritéria hygienických předpisů (viz vyhl. č. 13/1977 MZd ČSR) jsou přitom uváděna jediným číslem pro ekvivalentní hladinu zvuku A [L10].

Z rozsáhlého souboru měření dopravního hluku, jež byla prováděna v předchozích letech v pražské aglomeraci, byl sestaven typický průběh ekvivalentních hladin akustického tlaku v oktávových pásmech v rozsahu kmitočtů 31,5 až 8000 Hz pro proud motorových vozidel. Číselné hodnoty průběhu relativního spektra ekvivalentních hladin v oktávových pásmech (označíme je L_{eqi}) uvádí *tab. 1*.

Tab. 1

f_o	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Hz
L_{eqi}	81	78	75	72	70	68	65	59	46	dB

Za předpokladu, že se dopravní proud za jistých zjednodušení chová přibližně jako liniový zdroj a že hluk se od něho šíří volným prostorem bez překážek, byly pro řadu vzdáleností od zdroje (7,5; 15; 30; 45; 60; 90; 120; 180; 240 m) vypočteny očekávané ekvivalentní hladiny, které označíme $\overline{L}_{eqi}$. Mezi zdroj a místo pozorování pak byla vkládána fiktivní překážka v různých vzdálenostech od zdroje, v různých vzdálenostech od chráněného místa i různých výšek. Pro všechny takto vzniklé kombinace byl podle vztahu (1) vyčíslen útlum ΔL (pro kmitočtová pásma 31,5 až 8000 Hz).

Pro vzájemně si odpovídající vzdálenosti a kmitočtová pásma byl od hodnot $\overline{L}_{eqi}$ odečten útlum ΔL

$$\overline{L}_{eqi} - \Delta L = L'_{eqi}. \quad (2)$$

Korekcemi na průběh váhové funkce A uvedené v *tab. 2* byly ve smyslu vztahu (3) korigovány hodnoty $\overline{L}_{eqi}$ a L'_{eqi} .

Tab. 2

f_o	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Hz
K_{Ai}	—39,3	—26,2	—16,1	—8,6	—3,2	0	+1,2	+1,0	—1,1	dB

$$L_K = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + K_{Ai})}. \quad (3)$$

Tak byly získány korigované pásmové hodnoty $\overline{L_{eqKi}}$ a L'_{eqKi} ; jejich sečtením ve smyslu vztahu (4) obdržíme $\overline{L_{eqA}}$ a L'_{eqA} .

$$L_A = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{Ki}}. \quad (4)$$

Rozdíl těchto ekvivalentních hladin zvuku A

$$D = \overline{L_{eqA}} - L'_{eqA} \quad (5)$$

dává hodnoty, které jsou východiskem pro konstrukci grafu, jehož pomocí lze útlum hluku dopravního proudu vlivem stínění bariérou velmi jednoduše určovat.

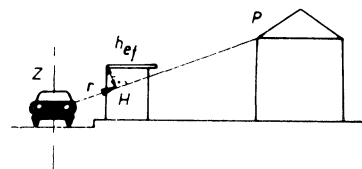
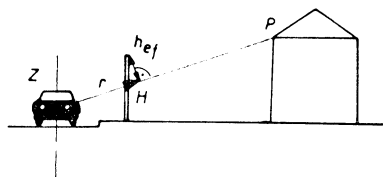
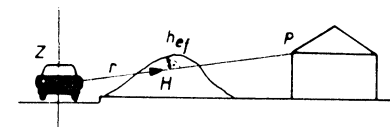
Již při vyčíslování hodnot ΔL , D a při konstrukci grafu se ukázalo, že na velikost snížení hluku z dopravy vlivem překážky na cestě šíření hluku má zásadní vliv pouze její efektivní výška h_{ef} a menší ze vzdálenosti a nebo b . Jestliže jsme připustili jako postačující přesnost ± 2 dB v určení D , pak je možno užívat graf uvedený na *obr. 1*. Graf je použitelný pro určení snížení ekvivalentní hladiny zvuku A , ať je překážkou na cestě šíření hluku účelový objekt, zemní val nebo stínicí „protihluková“ stěna. Pro určení D je postačující znalost velikosti efektivní výšky clony h_{ef} a kratší ze vzdáleností a nebo b .

3. EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ — DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

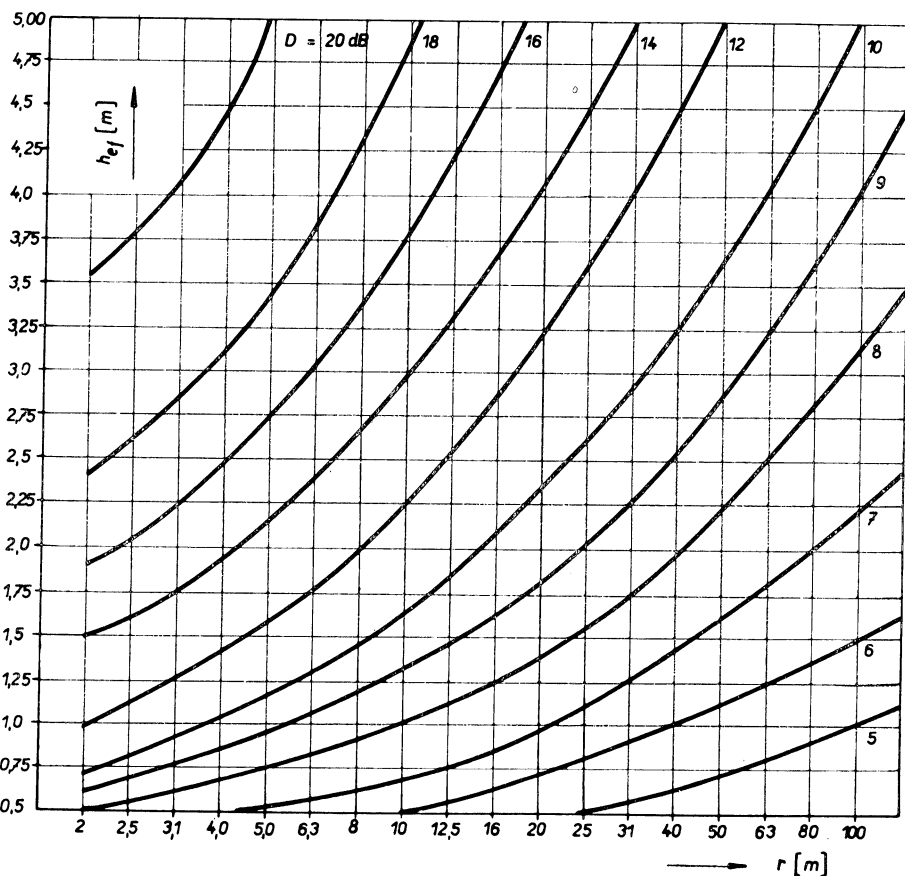
Použitelnost a reálná přesnost v určování poklesu ekvivalentních hladin zvuku A pomocí sestrojeného grafu byla ověřována na několika stavbách existujících v Praze (tyto stavby nebyly většinou navrhovány jako protihlukové clony [L9]).

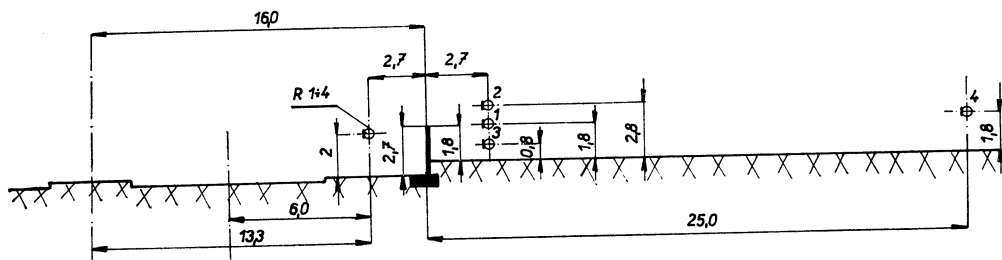
Podél Želivského ul. v Praze 3 je stěna vysoká asi 2,7 m v délce několika set metrů. Schématický profil s vyznačenými rozměry a místy měření je na *obr. 2*. Intenzity provozu, zjištěné L_{eqA} a útlumy stanovené jak z výsledků měření tak pomocí grafu jsou obsaženy v *tab. 3*.

Podél dopravně silně zatížené Leninovy třídy v Praze 6, v oblasti sídliště Dědina byla deponie zeminy formována jako zemní protihlukový val dlouhý asi 350 m. Jeho výška mírně kolísala v rozmezí 5 až 7 m, koruna valu byla od osy komunikace vzdálena asi 30 m. Místa měření byla rozložena do dvou příčných řezů, vzdálenosti míst měření od komunikace byly 50, 70, 100 a 120 m, v každém místě byl mikrofón umístěn ve výšce 5 a 10 m nad terénem. Kromě toho bylo na každém řezu jedno měřicí místo mezi valem a komunikací (doba měření byla 4×30 min). Z výsledků měření byl pro jednotlivá místa měření vypočten útlum a porovnán s hodnotami stanovenými pomocí popsání grafu. Ukázalo se, že



Obr. 1. Graf pro určení útlumu hluku dopravního proudu vlivem stínící clony;
 r — menší ze vzdáleností $Z-H$ (zdroj, překážka) nebo $H-P$ (překážka, pozorovatel); h_{ef} — efektivní výška překážky.





Obr. 2. Schematický profil stěny podél Želivského ul. s vyznačenými místy měření.

Tab. 3

Intenzita provozu [vj/h]		Místo měření	L_{Aeq} pro R1 až 4 [dB(A)]	Místo měření	L_{Aeq} pro 1 až 4		Útlum D	
					naměřené	vypočte- né ze vzdále- nosti	naměřený	vypočte- ný
osobní	nákladní				[dB(A)]		[dB]	
621	525	R1	77,3	1	69,1	75,0	5,9	6,5
918	426	R2	77,0	2	75,8	75,5	-0,3	0
993	417	R3	76,3	3	63,9	74,3	10,4	12,0
894	447	R4	77,4	4	64,2	71,8	7,6	7,5

rozdíly v hodnotách D nepřesahují 2 dB. Tento výsledek je zajímavý zejména proto, že v jednotlivých časových intervalech se v podstatě neměnila hodinová intenzita provozu. Celkový počet vozidel byl 922 ± 60 vozidel/h, ale značně se měnilo složení dopravního proudu, podíl nákladních vozů se pohyboval od 14 % do 37 %.

Podobně příznivé výsledky byly potvrzeny i při dalších experimentech. Ukázalo se, že zejména ve střední části grafu, tj. v rozsahu $h_{ef} = 1$ až 4 m, $r = 5$ až 50 m jsou rozdíly mezi hodnotami naměřenými a těmi, jež byly určeny pomocí grafu, často menší než 1 dB.

Výsledky měření snížení hladin dopravního hluku vlivem bariér různého typu potvrdily, že vhodně navržená clona může mít značný efekt. U zmíněného zemního valu se hodnoty D pohybovaly od 8 do 12 dB [L9].

Příkladem nepříliš šťastného návrhu je naproti tomu mohutná 3 m vysoká zeď postavená z železobetonových prefabrikátů k protihlukové ochraně školy u tř. Rudé armády v Praze 8. Výsledný útlum nepřesahuje v úrovni oken prvního podlaží 5 dB, zřejmě by daleko lépe vyhovovala mnohem lehčí stěna i skleněná, poněkud delší, která by lépe využívala svažité terén. Akustický účinek by byl významnější při nižších investičních nákladech.

Při navrhování bariér jakéhokoli druhu je nutné, pro zajištění požadované ochrany, určit nejen její výšku, ale také délku. Délka překážky musí být vždy větší nežli je délka chráněného prostoru. V případě používání grafu z obr. 1, tj.

rovněž s přihlédnutím ke zvolené přesnosti v určování D , vyhoví, bude-li bariéra přesahovat chráněný úsek o větší ze vzdáleností a , b . Z grafu je patrné, že velikost snížení hladin dopravního hluku D nemůže prakticky přesáhnout 15 až 20 dB. Je tedy zřejmé, že je úplně zbytečné navrhovat protihlukové stěny mimořádně hmotné a masivní. Vždy úplně postačí, bude-li střední stupeň vzduchové neprůzvučnosti stěny dvojnásobkem stanoveného snížení hladiny hluku D .

4. VLIV LESNÍHO POROSTU NA ŠÍŘENÍ DOPRAVNÍHO HLUKU

Účinky ochranné zeleně při omezování šíření hluku nelze hodnotit tak „jednoduše“ jako zemní valy, stínící stěny, objekty apod. Zeleň jako prvek protihlukové ochrany je hodnocena značně rozporně jak v odborné literatuře, tak v projekční praxi. Na jedné straně je vliv i jednotlivých řad stromů přeceňován, jindy se můžeme setkat s názorem, že zeleň nemá pro ochranu před hlukem žádný význam [L 22, 23, 24, 31].

Přitom pozitivní a vlastně nezastupitelné účinky zeleně v území jsou nesporné. Zeleň působí filtračně, půdoochranně, melioračně, zachycuje prach, plynné exhalace, ovlivňuje klima, má význam estetický a psychologický. Z rozboru literárních podkladů vyplývá, že za samostatný prvek protihlukové ochrany lze pokládat zeleň jenom tehdy, je-li dostatečně kompaktní v hloubce alespoň 20 m. Lze považovat za prokázané, že k útlumu hluku vzrostlou zelení dochází v první řadě v důsledku lomu a odrazu zvuku v korunách stromů, tj. v listech a jehličích. Část akustické energie je pohlcována v kůře a dřevní hmotě [L 25, 26, 27].

Mnohdy bývá doporučováno, aby výsadba zeleně byla uspořádána do pruhů rovnoběžných s komunikací resp. chráněným územím (zvyšuje se tak možnost odrazů a lomů zvuku). Je-li šířka pásů zeleně asi 20 m a volné pruhy mezi nimi jsou široké asi 10 m, pak je pro výpočet očekávaného útlumu uváděn vztah (6) [L 17, 18]

$$D = 1,2n + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot b_i \quad [\text{dB}], \quad (6)$$

kde n je počet pruhů porostu,

b_i — šířka pruhů porostu [m],

β_i — činitel útlumu podle tab. 4 [dB/m].

Výsledkem výpočtu podle vztahu (6) je kmitočtová závislost útlumu, kterou lze jen obtížně přenášet na ekvivalentní hladiny zvuku A . Činitelé útlumu β_i ne-

Tab. 4

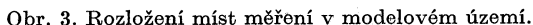
Druh porostu	Střední kmitočtových pásem [Hz]					Střední hodnota β_i
	250	500	1 000	2 000	4 000	
koruny sosen	0,10	0,14	0,15	0,16	0,19	0,15
koruny listnatých stromů	0,12	0,16	0,18	0,16	0,26	0,18
hustý listnatý les	0,05	0,06	0,09	0,14	0,20	0,11
husté křoví	0,14	0,21	0,27	0,30	0,40	0,26

Metodické pokyny pro navrhování sídelních útvarů (MTV ČSR 1977) uvádějí pro výpočet poklesu hladin zvuku A vztah

kde b značí šířku pásu porostu bez ohledu na druhovou skladbu porostu, jeho hustotu atd [L 11].

Oba vztahy (6) a (7) jsou v projekční praxi užívány nejčastěji, i když se objevují projekty hodnotící vliv zeleně podle *Osina* či *Foscy* a dalších. Žádný ze zmíněných postupů však nebyl v našich podmínkách experimentálně ověřen a nebylo experimentálně zdůvodněno, proč dochází k tak značné rozpornému oceňování vlivu zeleně jako součástí protihlukových opatření.

Na základě měření ekvivalentních hladin zvuku A v různých vzdálenostech od dopravně zatížených komunikací procházejících různými druhy zejména lesního porostu je možno určit útlum způsobovaný vegetací. Příkladem takové situace



umožňující potřebná měření realizovat je lokalita u komunikace E12 za obcí Starý Vestec.

Jak je zřejmé z obr. 3, je prostor rozdělen lesní cestou kolmou na dopravní trasu. Po její levé straně je kompaktní monokultura asi 60 let starého smrku (*Picea abies*) se zakmeněním 30 stromů na 100 m². Po pravé straně je situace členitá, v důsledku pasečného hospodářství vznikl téměř ideální modelový stav. Směrem od komunikace E12 je nejprve poměrně úzký pruh starých listnatých stromů parkového charakteru — dub letní (*Quereus robur*), bříza bílá (*Betula verrucosa*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) apod. Pak následuje 30 m široký pruh s asi dvacetiletou monokulturou javoru (*Acer platanoides*) — (pravidelné zakmenění, 55 stromů na 100 m²). Dále je 25 m široká paseka, na níž je vysázena borovice lesní (*Pinus sylvestris*) s výškou do 1 m a pak do celé hloubky smíšený les s převládajícím dubem (*Quereus robur*), břízou (*Betula verrucosa*) a borovicí (*Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*), v důsledku přirozeného zmlazování zapojený od země do korun. V této části je na 100 m² asi 70 stromů s poprskným průměrem od 2 do 30 cm.

Na obr. 3 jsou vyznačena místa měření, v nichž bylo měřeno v polovině června, tj. v době, kdy listnaté stromy a keře jsou plně olistěné. V místě měření 1 byl trvale umístěn zvukoměr Brüel & Kjaer, typ 2218, který umožňuje přímé odečítání ekvivalentní hladiny zvuku *A*. V ostatních místech byly použity hladinové analyzátory B & K, typ 4426, které vedle ekvivalentních hladin dovolují určení i ostatních kritérií užívaných k hodnocení proměnných hluků. Ve všech případech byl měřicí mikrofon orientovaný směrem ke komunikaci E12 a umístěný ve výšce asi 5 m nad zemí opatřen krytem proti větru.

Měření byla ve všech místech několikrát opakována, doba jednoho měřicího intervalu byla jedna hodina a v době měření byla sčítána doprava s ohledem na její složení. Údaje získané o intenzitě a složení dopravy dovolily vypočítat ve smyslu „Metodických pokynů“ [L 11] ekvivalentní hladiny zvuku *A* pro místa shodně vzdálená od dopravní trasy, jako byla místa měření, za předpokladu, že hluk se šíří bez překážek.

Tab. 5

Místo měření	vzdálenost [m]	ΔL_1 [dB]	ΔL_2 [dB]	ΔL_3 [dB]	ΔL_3 [dB]
1 (REF)	9	—	—	—	—
2	12	1,5	—	6,5	1,2
3; 6	42	6,7	12,9	13,1	10,7
4; 7	67	8,8	—	15,8	14,7
8; 9	97	10,9	18,1	20,9	17,7
5; 10	217	20,2	22,8	27,2	24,8

Pak bylo možno sestavit tab. 5, shrnující zhodnocení průměrných naměřených výsledků a vypočítaných hodnot. Hodnoty ΔL_1 až ΔL_3 jsou vztaženy k referenčnímu místu 1, vyjadřují poklesy ekvivalentních hladin zvuku *A* pro různé změřené nebo vypočtené alternativy:

— ΔL_1 jsou poklesy L_{eqA} odpovídající daným vzdálenostem za předpokladu volného šíření zvuku od komunikace, byly určeny výpočtem;

- ΔL_2 jsou poklesy L_{eqA} vyplývající z naměřených hodnot v místech 1, 5, 6 a 8, která se nacházela v homogenní smrkové monokultuře;
- ΔL_3 jsou poklesy L_{eqA} vyplývající z naměřených hodnot v místech 1, 2, 3, 4, 7, 9 a 10, která se nacházela v porostu proměnné výšky, druhu a charakteru;
- ΔL_4 jsou hodnoty poklesu určené výpočtem podle vztahu (7), tj.

$$\Delta L = 18 \left(\log \frac{b}{10} \right)^{1,1}.$$

Údaje uvedené v tab. 5 dovolují učinit několik dílčích závěrů:

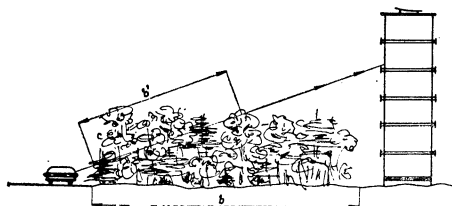
1. Ze srovnání hodnot ΔL_1 s hodnotami ΔL_2 a ΔL_3 je zřejmé, že při šíření dopravního hluku vzrostlou zelení je pokles hladin hluku zhruba dvojnásobný než při šíření ve volném prostoru. Určitý rozpor se zdá být při sledování hodnot ve velké vzdálenosti (v našem případě 217 m). Výsledky měření jsou však zkresleny tím, že v těchto místech se měřené L_{eqA} pohybovaly okolo 50 dB(A). Tato hladina se již příliš blíží hodnotě hluku pozadí a může být proto výrazně ovlivněna jinými zdroji hluku (např. jiné vzdálenější komunikace, traktory na polích, ale i zpěv ptactva, popřípadě šumění listů v blízkosti mikrofonu apod.).

2. Výsledky měření naznačují, že není podstatný rozdíl v účincích jehličnatých a listnatých stromů v době vegetace a za předpokladu, že jsou dostatečně husté a kompaktní.

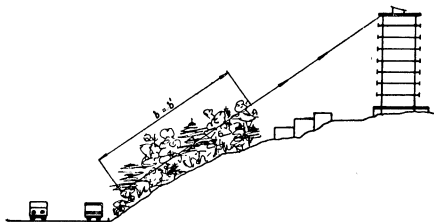
3. Zdá se, že pro předběžné určování útlumu dopravního hluku vzrostlou zelení je výpočtový vztah (7) uváděný v „Metodice MVT“ přijatelný.

4. Potvrzuje se, že šířka hustého vegetačního pásu musí být alespoň 20 m, má-li být dosaženo přijatelného efektu.

Dílčí závěr 1 by mohl vést k přeceňování účinků zeleně, kdybychom si neuvědomili, že uvedené hodnoty byly určeny z výsledků měření provedených ve výšce 5 m nad zemí. Pokud by stromový porost měl sloužit k ochraně vícepodlažních budov,



Obr. 4. Účinná šířka porostu je obvykle menší než skutečná šířka vegetačního pásu.



Obr. 5. Jeden z případů vhodného využití k ochraně vícepodlažních objektů.

je nutné uvažovat jako účinnou šířku porostu jen délku zvukového paprsku, který se porostem šíří. Situaci naznačuje *obr. 4*. Je zřejmé, že vzrostlou zelení lze úspěšně chránit především nízkopodlažní objekty. U vysokopodlažních objektů je použitelnost omezena na vhodnou konfiguraci terénu, který by kompenzoval zmenšenou účinnou šířku porostu. Možný případ je naznačen na *obr. 5*. Porostem zeleně lze rovněž účelně zvyšovat účinnost jiných protihlukových clon, např. zemních valů apod.

6. ZÁVĚR

Zjednodušený postup pro určování snížení hladin dopravního hluku vlivem stínících stěn, valů, účelových objektů a jejich kombinací dovoluje hledat a nalézat optimální varianty řešení jak z hlediska akustického tak urbanistického i ekonomického. Přesnost a spolehlivost výsledků popsáním způsobem dosahovaná dostatečně vyhovuje praktickým potřebám projekčních útvarů. Porost kompaktní zeleně ať již parkového či lesního charakteru může vhodně doplnit funkci jiných clonících bariér a v některých případech působit účinně samostatně.

LITERATURA

- [1] Němec J., Ransdorf J.: Hluk a jeho snižování v technické praxi, SNTL, Praha 1970
- [2] Prutkov B. a kol.: Šumozáščita v gradostrojitelstve, Moskva 1966
- [3] Scholes E. W. a kol.: Motorway noise propagation and screening, JSV 1975, No 3
- [4] Fish D. J.: Attenuation of L_{10} by long barriers, JSV 1975, No 3
- [5] Fish D. J.: Statistical sampling in community noise measurement, JSV 1973, No 4
- [6] Steenackers P., Myncke H.: Reverberation in town streets, Acustica 1978, No 2
- [7] De Vor R. E. a kol.: Development of temporal sampling strategies for monitoring noise, JASA 1979, No 3
- [8] Kozák J.: Hluková mapa automobilové dopravy, Zpráva SVÚSS 77-03011
- [9] Kozák J.: Hlukové poměry v některých typických dopravně urbanistických situacích, Zpráva SVÚSS 78-03008
- [10] Vyhláška MZd ČSR č. 13 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- [11] Metodické pokyny pro navrhování sídelních útvarů z hlediska ochrany obyvatelstva před nadměrným hlukem z pozemní dopravy, MVT ČSR, Praha 1977
- [12] Thoř V.: Způsoby ochrany proti hluku z pozemní dopravy, 16. akustická konference ČSAV, 1977
- [13] Mansfeldová A., Štípek J.: Město a dopravní hluk, 16. akustická konference ČSAV, 1977
- [14] Maekawa Z.: Noise reductions by screens, Applied acoustics, 1968, No 3
- [15] Koyaon M., Yamashita M.: Scale model experiments on noise reduction by acoustic barrier of straight line source, Applied acoustics, 1973, No 3
- [16] Kurze U. J., Anderson G. S.: Sound attenuation by barriers, Applied acoustics, 1971, No 1
- [17] Puškáš J.: K hodnotení účinnosti hlukových bariér, 19. akustická konference ČSAV, 1980
- [18] Filipenko A., Samojljuk E.: Ekranirovanie žiloj zastrojky ot transportnogo šuma, 19. akustická konference ČSAV, 1980
- [19] Scholes E. W.: The physical and subjective evaluation of roadside barriers, 77 Internoise conference, Zurich 1977
- [20] Maekawa Z.: Noise shielding on highway, 76 Noise control conference, Varšava 1976
- [21] Hassal R. J., Zeveri K.: Acoustic noise measurement, Brüel 8c Kjaer, Naerum 1978,
- [22] Osipov G. L. a kol.: Gradostrojitelnyje mery borby s šumom, Moskva, Strojizdat 1975
- [23] Lienard P.: Acoustic propagation in the low atmosphere, 76 Noise control conference Varšava 1976
- [24] Embleton T. F. W.: Sound propagation in homogeneous deciduous and evergreen woods, JASA 1963, No 8

- [25] *Pao S. P., Evans B. L.*: Sound attenuation over simulated ground cover, JASA 1971, No 4
- [26] *Aylor D.*: Noise reduction by vegetation and ground, JASA 1972, No 1
- [27] *Aylor D.*: Sound transmission through vegetation..., JASA 1972, No 2
- [28] *Jonanson G. H.*: Sound reducing by barriers on the ground, JSV 1972, No 1
- [29] *Carlson E. D. a kol.*: Noise control by forests, 77 Internoise conference, Zurich 1977
- [30] *Yamada Sh a kol.*: Noise reduction by vegetation, 77 Internoise conference, Zurich 1977
- [31] *Zulfacar A.*: Attenuation of highway generated line source noise by vegetative barriers, 76 Noise control conference, Varšava 1976

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ПРОТИВОШУМОВЫХ БАРЬЕРОВ

Инж. Ян Козак, к. т. н.

Статья содержит оценку акустической эффективности противошумовых валов, стен и лесонасаждения главным образом на основе измерений проводимых в местности. Приводятся методы измерения критерий и намеренные результаты. График составленный для простого проекта основных геометрических параметров экранирующих средств сравнивается с результатами измерений.

EVALUATION OF ANTI-NOISE BARRIERS

Ing. Jan Kozák, CSc.

Evaluation of acoustical efficiency of anti-noise barriers, walls and and wodd growth, especially on the basis of in-situ measurement, is discussed in the article. Measuring methods, criteria and results of the measuring are presented there. The graph arranged for simple design of the basic geometrical parameters of shielding barriers is compared with results of the measurement.

BEWERTUNG DES WIRKUNGSGRADS DER SCHALLMAUERN ZUR LÄRMABWEHR

Ing. Jan Kozák, CSc.

Der Artikel beinhaltet die Bewertung des akustischen Wirkungsgrads der Mauern zur Lärmabwehr, der Wände und des Waldbestandes besonders auf Grund der durchgeführten Terrainmessungen. Man gibt die Messmethoden, die Kriterien und die abgemessenen Ergebnisse an. Das für den einfachen Entwurf der geometrischen Grundparameter von Schallmauern zusammengesetzte Diagramm wird den Messergebnissen gegenübergestellt.

APPRÉCIATION DU RENDEMENT DES BARRIÈRES CONTRE LE BRUIT

Ing. Jan Kozák, CSc.

L'article présenté comprend l'appréciation du rendement acoustique des barrières contre le bruit, des parois et du peuplement sur la base des mesures dans le terrain, surtout. On présente les méthodes de mesure, les critères et les résultats de mesure. Le diagramme élaboré pour la proposition simple des paramètres de base géométriques des barrières protectrices est confronté avec les résultats de mesure.

● Využití tepla z radioaktivních odpadů

Při štěpení jader vznikají radioaktivní štěpné produkty, při jejichž chemické regeneraci se suživatelné materiály (uran a plutonium) oddělují a zbytek ukládá jako radioaktivní odpad. Tento odpad může být po dlouhá desetiletí zdrojem tepla. Byl proto v NSR zadán úkol vyřešit využití tohoto tepla. Potenciálními odběrateli se jeví dálkové vytápění, skleníky, zemědělské objekty, rybníkářství apod.

Zdrojem tepla je zde přechodné uložení — objekt, který je tvořen ocelovou nádrží $\varnothing$ 5,85 m, výšky 20,8 m uzavřenou do betonového pláště zapuštěného ze dvou třetin do země. Stěny pláště jsou tak dimenzovány (tloušťka 2,9 m) aby odolaly vnějším vlivům, jako zemětřesení, pádu letadla, explozi apod. V plášti jsou větrací kanály, jejichž vyústění nad zemí je uzavřeno klapkami. Kanály slouží jako systém havarijního chlazení. Druhý systém havarijního chlazení je řešen vodní sprchou ocelové nádrže. Každý z těchto systémů je tak dimenzován, aby odvedl plný tepelný výkon a ochladil zařízení pod kritickou teplotu. Nádrž se plní skleněnými bloky, v nichž je odpad zataven. Celkem se do ní vejde 450 bloků o rozměrech $\varnothing$ 430 × 1340 mm. Provozní chlazení se děje čistou vodou, zbavenou všech příměsí, proudící systémem trubek zabudovaných do nádrže. Tento systém odvede asi 80 % produkovaného tepla, zbytek se odvede chlazením stěn pláště. Ohřátá voda z chladicího systému se vede do sousední budovy, kde výměňková stanice předává teplo do spotřební sítě.

Podle výpočtu je tepelný výkon takového přechodného uložení v počáteční fázi 1 MW a asi po 20 letech klesne na 400 kW. Za tuto dobu má využitelné teplo hodnotu asi 10^8 kWh, což představuje 10^7 litrů LTO. Po 20 letech je pokles výkonu již takový, že uložení uchovává odpad bez potřeby chlazení. Celková doba uložení odpadu se předpokládá asi 50 let.

Protože uložení je dimenzováno tak, aby pojalo roční odpad z jedné jaderné elektrárny o výkonu 20 000 MW, je třeba každým rokem vybudovat jedno takovéto uložení. Jeho výhodou je

- spolehlivé uložení radioaktivního odpadu v počátečním období,
- možnost hospodárného využití tepla, které vzniká při rozpadu,
- skutečnost, že odpadá časový tlak na zajištění konečného uložení odpadu.

CCI 11/83

(Ku)

● Nepál vyrábí sluneční kolektory

V mnoha rozvojových zemích je energetická krize krizí palivového dřeva. Protože potřeba paliva v důsledku rostoucí populace stále stoupá, jsou více a více káceny lesy. Výsledkem jsou pak škody erozí a úbytek vegetace, což zhoršuje situaci obyvatelstva.

Jedním z příspěvků k řešení tohoto problému je využívání sluneční energie. Jednoduché kolektory, které mají sice nízkou účinnost, ale při bohatém slunečním svitu stačí k ohřátí vody na 50 až 60 °C, jsou rozvojové země schopny si vyrábět samy. Příkladem je produkce kolektorů v Nepálu.

Od r. 1974, z iniciativy švýcarského odborníka, se v malé továrně sanitárních zařízení vyrábějí i solární zařízení. Absorbér je z hliníkového černě natřeného plechu s drážkami vymáčknutými jednoduchým přípravkem. Do drážek jsou zalisovány pozinkované trubky. Absorbér je shora zakryt skleněnou tabulí, zespodu pak izolován skleněnou vatou. Vodní nádrž je umístěna nad kolektorem, takže oběh vody je termosifonový, protože na většině území Nepálu není k dispozici elektrický proud.

Takovýto solární zařízení bylo již vyrobeno několik set. Zařízení s plochou kolektorů 3,2 m² a se zásobníkem vody 0,2 m³ stojí 8000 nepálských rupií. Protože Nepál patří mezi země s nejmenším příjmem na hlavu, je to pro nepálské domácnosti ovšem nepředstavitelně vysoká cena a proto zatím se tato zařízení staví ve školách, internátech, nemocnicích, hotelích apod.

CCI 10/83

(Ku)

● Recirkulační filtr pro automobily

Švédská firma ELFI Elektrofilter A. B. uvedla na trh nový přístroj, který má přispět ke zvýšení komfortu v automobilech. Přístroj napájený z 12 V baterie má v sobě zabudován elektrofiltr, který zachytí 99 % částic nacházejících se ve vzduchu ve voze, tedy také kouř ze vznětových motorů a z tabáku.

Přístroj je kompaktní a možno jej ve voze napojit na zapalovač cigaret. Ventilátor přístroje má takový výkon, že jím projde 2 až 3krát za minutu vzduch o objemu osobního prostoru automobilu. Spotřeba proudu je 7 W. Omývatelný elektrofiltr má prakticky neomezenou životnost.

CCI 10/83

(Ku)

TESTOVÁNÍ ALGORITMŮ VÝPOČTŮ VLHKOSTNÍCH VELIČIN SMĚSI VZDUCHU A VODNÍ PÁRY

ING. KAREL HOUŠKA, CSc., JOZEF KORDÍK

Státní výzkumný ústav pro stavbu strojů, Praha-Běchovice

Výpočetní algoritmy, navržené k určování měrné a relativní vlhkosti nebo teploty adiabatického ochlazení binárních směsí inertního plynu a páry jsou ověřovány pro vlhký vzduch z hlediska dosahované přesnosti a spolehlivosti numerického řešení. Výsledky výpočtů jsou porovnány s běžnými psychrometrickými tabulkami.

Recenzoval: Doc. Ing. Jaroslav Chyský, CSc.

1.0 ÚVOD

V článku [1] jsou navrženy univerzální postupy výpočtu měrné vlhkosti plynu x a relativní vlhkosti φ z teploty suchého T_S a mokrého T_M teploměru při celkovém tlaku p a postupy pro výpočet adiabatické teploty ochlazení $T_{AD} = T_{AD}(T_S, x, p)$ vlhkého plynu, platné pro různé druhy vlhkostí a plynů.

Tato navazující práce je věnována ukázkám výsledků výpočtů podle [1] v případě vlhkého vzduchu, jejich porovnání s tabulkami a odhadům dosažené přesnosti v rozsahu proměnných pro potřeby techniky sušení.

2.0 VSTUPNÍ DATA A VÝSLEDKY VÝPOČTŮ VELIČIN x , φ , x_{AS} , T_{AD}

Výpočetní postupy byly v [1] navrženy formou podrobných vývojových diagramů ve dvou variantách. Jednodušší, ale univerzálnější varianta A používá k vyjádření měrné vlhkosti při nasycení stavovou rovnici ideálního plynu

$$x_{NAS}(T, p) = \frac{v_{3NAS}(T, p)}{v_{2NAS}(T)} = \frac{r_3}{r_2} \frac{p_{2NAS}(T)}{p - p_{2NAS}(T)} \quad (1)$$

a Antoinovu rovnici pro teplotní závislost tlaku sytých par vlhkosti

$$p_{2NAS}(T) = \exp \left[B(5) + \frac{B(6)}{B(7) + T} \right]. \quad (2)$$

Varianta B vychází z přesnějšího vyjádření tlaku sytých par podle Osborna a Myerse [4]

$$\log p_{2NAS}(T) = B(8) + \frac{B(9)}{T + B(10)} + \frac{B(11) [T^2 - B(15)]}{T} 10^{[B(12) - B(15)]^2 - 1} + B(13) 10^{B(11)B(16)} \quad (3)$$

a stavové Berthelotovy rovnice reálného chování páry vlhkosti; vzorec (1) tím nabývá tvaru

$$x_{NAS}(T, p) = \frac{r_3 \frac{T}{p - p_{2NAS}(T)}}{r_2 \frac{T}{p_{2NAS}(T)} + \frac{B(17)}{T^2} + B(18)}. \quad (4)$$

Tab. 1. Hodnoty konstant ve vztazích v [1] pro vyjádření vlastností vzduchu a vodní páry

Označení v [1]		Hodnota	Jednotka	Lit	Označení v [1]		Hodnota	Jednotka	Lit.
vztah	konst.				vztah	konst.			
(5)	B(1)	1 880	$\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$	[2]	(12)	B(13)	0,0044	1	[4]
	B(2)	0	$\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-2}$			B(14)	0,005 7148	1	
	B(3)	944,6	$\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$			B(15)	293 700	K^2	
	B(4)	0,19	$\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-2}$			B(16)	374,11	1	
(10)	B(5)	23,58	1	[7]	(13)	B(17)	—2 915	$\text{kg}^{-1} \text{m}^3 \text{K}^2$	
	B(6)	—4 049,42	K			B(18)	0,000 77	$\text{kg}^{-1} \text{m}^3$	
	B(7)	—37,15	K			τ_2	461,5	$\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$	
	B(8)	10,428 3261	1			τ_3	287,1	$\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$	
(12)	B(9)	—2 005,1	K	[4]	(7)	l_0	2 500 800	Jkg^{-1}	[8]
	B(10)	0	K			c_1	4 180	$\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$	
	B(11)	1,3869 · 10 ⁻³	K^{-1}			p	98 066	Pa	
	B(12)	1,1965 · 10 ⁻¹¹	K^{-4}			T_0	273,15	K	

Hodnoty konstant, požadovaných ve vstupních datech [1], jsou pro obě varianty A , B uvedeny v *tab. 1*. Celkový tlak je volen $p = 98\,066$ Pa shodně s tabulkami [8] [10]. Z různých hodnot konstant Antoineovy rovnice (2), uvedených v *tab. 2*, byla vybrána trojice, uváděná Chyským proto, že nejlépe vyhovuje v rozmezí teploty T_M , blízkém obvyklým podmínkám sušení.

Tab. 2. Koefficienty Antoineovy rovnice (2), vyhodnocené pro sytou páru v rozmezí teplot od 273,15 do 373,15 K

Metoda nebo autor	B (5)	B (6)	B (7)	$\Delta p_{\max}/T$ [PaK ⁻¹]	Doporučená oblast T [K]	ϑ_{p2} [%]
Chyský [7]	23,58	—4 049,42	—37,15	207/373	309,15—333,15	< 0,7
Bramhall [9]	23,59	—4 052	—37,26	109/373	273,15—309,15	
Newtonova metoda [14]	23,57	—4 048,91	—36,94	168/373	333,15—373,15	

Tab. 3. Přehled x a φ , vypočtených pro různé psychrometrické difference ΔT a jejich porovnání s tabulkami

$\Delta T = T_s - T_M$	Teplota mokrého teploměru	Zvolená varianta výpočtu podle [1]				Tabelované hodnoty [10]
		A		B		
	T_M [K]	x [kg . kg ⁻¹]	φ [%]	x [kg . kg ⁻¹]	φ [%]	φ [%]
2	273,15	0,003 123	68,98	0,003 098	68,89	68
	293,15	0,014 433	83,72	0,014 347	83,67	84
	313,15	0,049 805	88,49	0,049 739	88,46	88
	333,15	0,157 482	90,72	0,158 033	90,71	91
	353,15	0,579 05	92,11	0,583 51	92,12	—
	363,15	1,560 25	92,65	1,573 1	92,67	—
5	273,15	0,001 925	34,46	0,001 900	34,25	34
	293,15	0,013 181	63,96	0,013 095	63,86	64
	313,15	0,048 442	73,82	0,048 377	73,76	74
	333,15	0,155 832	78,57	0,156 381	78,55	79
	353,15	0,576 34	81,57	0,401 64	80,94	—
	363,15	1,555 1	82,76	1,567 9	82,82	—
50	303,15	0,007 253	2,39	0,007 155	2,35	—
	313,15	0,028 656	6,16	0,028 594	6,14	6
	333,15	0,131 905	17,49	0,132 439	17,53	—
	353,15	0,537 13	46,33	0,541 42	46,43	—
	363,15	1,480 74	70,42	1,493 1	70,47	—

Tab. 3 uvádí přehled hodnot vlhkostí x a φ , vypočtených podle schématu [1] pro zvolené kombinace T_M , T_S stolním počítačem HP 9845. Pro porovnání jsou v tab. 3 uvedeny též relativní vlhkosti φ , převzaté z [10].

K dalšímu porovnání výpočtů s tabulkami [8] může sloužit tab. 4.

Tab. 4. Porovnání vypočtených hodnot v_2 , x_{NAS} s tabelovanými

Teplota mokrého teploměru	Zvolená varianta výpočtu podle [1]				Tabelované hodnoty [8]	
	A		B			
$T_M = T_S$ [K]	v_2 [m ³ · kg ⁻¹]	x_{NAS} [kg · kg ⁻¹]	v_2 [m ³ · kg ⁻¹]	x_{NAS} [kg · kg ⁻¹]	v_2 [m ³ · kg ⁻¹]	x_{NAS} [kg · kg ⁻¹]
273,15	205,0	0,003 925	206,3	0,003 900	206,3	0,003 898
293,15	57,58	0,015 270	57,90	0,015 184	57,84	0,015 184
313,15	19,55	0,050 717	19,57	0,050 651	19,55	0,050 578
333,15	7,718	0,158 586	7,691	0,159 138	7,678	0,158 524
353,15	3,442	0,580 87	3,417	0,585 33	3,408	0,580 86
363,15	2,389	1,563 6	2,368	1,576 5	2,361	1,559 87
368,15	2,067	3,919 8	1,988	3,936 8	1,982	3,882 0

Ve všech zmíněných pramenech [2], [3], [5] až [8], [10] jsou veličiny φ nebo x_{NAS} vypočteny z přesných (tabelovaných) tlaků syté páry $p_{2NAS}(T)$, avšak s použitím stavové rovnice ideálního plynu, tj. bez korekcí na reálné chování čistých složek a jejich směsí [11], [12]. Z porovnání odpovídajících φ v tab. 3 a x_{NAS} v tab. 4 tedy nelze přímo určit přesnost našich výpočtů ve vztahu ke skutečnosti a nezbývá než provést její odhad.

3.0 ODHAD PŘESNOSTI VYPOČTENÝCH A TABELOVANÝCH VLHKOSTÍ x_{NAS} , x

Odhad přesnosti provedeme na základě relativních chyb jednotlivých veličin, vyjádřených poměrem absolutní hodnoty odchylky aproximace od přesné hodnoty ku přesné hodnotě. Za základ budeme považovat hodnoty $p_{2NAS}(T)$ a $v_2(T)$ syté páry, uvedené v [8], celkový tlak p a teplotu T . Relativní chyba $\vartheta_{x_{NAS}}$ výpočtu vlhkosti x_{NAS} je pro variantu A dána součtem dílčích chyb veličin, dosazovaných do vztahu (1):

$$\vartheta_{x_{NAS}} = \vartheta_{v_2} + \vartheta_{v_3} = \vartheta_2 + 2 \frac{\vartheta_{p_{2NAS}}}{1 - \vartheta_{p_{2NAS}}^2} + \vartheta_3 + 2 \frac{\vartheta_{p_3}}{1 - \vartheta_{p_3}^2}, \quad (5)$$

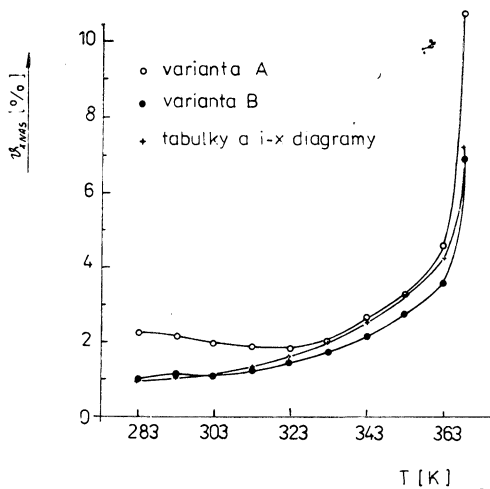
ve kterém jsou ϑ_2 , ϑ_3 relativní chyby vyjádření měrných objemů páry stavovou rovnicí, $\vartheta_{p_{2NAS}}$ je chyba použité aproximace závislosti tlaku syté páry na teplotě a ϑ_{p_3} je chyba vyjádření parciálního tlaku vzduchu. Za předpokladu, že $\vartheta_{p_{2NAS}}^2 \ll \ll 1$, $\vartheta_{p_3}^2 \ll 1$ a po úpravě rovnice (5) je výsledný výraz pro odhad chyby:

$$\vartheta_{\text{XNAS}} \doteq \vartheta_2 + \vartheta_3 + 2\vartheta_{\text{P2NAS}} \frac{p}{p - p_{2\text{NAS}}} \quad (6)$$

Vzorec (6), odvozený pro variantu *A* lze použít i pro variantu *B* vzhledem k podobnosti tvarů (1) a (4).

Ze vztahu (6) je zřejmé, že ϑ_{XNAS} roste neomezeně s teplotou T_M k bodu varu vlhkosti, neboť $\lim_{T \rightarrow T_v} p_{2\text{NAS}}(T) = p$. Vývoj chyby s teplotou podle vzorce (6) je patrný z tab. 5, kde jsou vyčísleny její maximální odhady ve vybraných bodech $T_M \in \langle 273,15; 373,15 \rangle$ K pro varianty *A*, *B* a pro hodnoty x_{NAS} , tabelované v [8]. Hodnoty poměrů $p_{2\text{NAS}}/[p - p_{2\text{NAS}}(T)]$ v tab. 5 jsou vyčísleny z tabelovaných tlaků v [8] a při celkovém tlaku $p = 98\,066$ Pa. Podobně také relativní chyby ϑ_{P2NAS} , ϑ_2 , ϑ_3 jsou určeny porovnáním aproximací s příslušnými hodnotami $p_{2\text{NAS}}(T)$, $v_2(T)$, $v_3(T)$ v [8].

Údaje v tab. 5 potvrzují, že výsledky varianty *B* jsou přesnější než u varianty *A*, zejména v oblastech na okrajích intervalu T_M , kde rozdíl chyb ϑ_{XNAS} obou variant přesahuje 1 %. Z porovnání relativních chyb ϑ_{P2NAS} *Antoinova* (2) i *Osbornova* a *Myersova* vztahu (3), s velikostí korekce $f(T)$ (viz tab. 5), převádějící tlak syté vodní páry na vyšší reálnou hodnotu ve směsi se vzduchem, je zřejmé, že zanedbání této korekce značně zhoršuje relativně velmi přesná vyjádření tlaku a v některých případech zvyšuje chybu až o dva řády. Toto zjištění platí i pro



Obr. 1. Porovnání průběhů relativních chyb vlhkostí x_{NAS} vypočtených variantou *A*, *B* a tabelovaných v [8].

konstrukci i — x diagramů a tabulek přímo z tabelovaných tlaků $p_{2\text{NAS}}(T)$. Odhady chyb ϑ_{XNAS} variant *A*, *B* a tabulek nebo i — x diagramů v tab. 5 proto zahrnují i chybu způsobenou zanedbáním korekce $f(T)$. Vzájemnou relaci průběhů odhadů chyb výpočtů x_{NAS} a tabelovaných hodnot [8] ukazuje obr. 1.

Pro odhad chyby výpočtu vlhkosti x vyjdeme na základě znalosti relativní chyby ϑ_{XNAS} z entalpické bilance (viz rov. (7) v [1]), kterou zjednodušeně zapíšeme do tvaru

Tab. 5. Výhodnocení chyby ϑ_{NAS} ve vybraných bodech intervalu $T_{\text{M}} \in (273,15; 373,15) \text{ K}$

T_{M} [K]	$\frac{(\overline{L})_{\text{NAS}}}{d} - \alpha$ [8]		ϑ_{P2NAS} [%]		$f(T)$ [%]	$\frac{2p[\vartheta_{\text{P2NAS}} + f(T)]}{p - p_{2\text{NAS}}(T)}$ [%]		ϑ_2 [%]		ϑ_3 [%]	Odhad chyby ϑ_{NAS} z rov. (6) [%]		
	Antoin [10]	Osborn-Myers [4]	Hyland [12]	Antoin [10]	Osborn-Myers [4]	ideál. plyn	Berthelot [4]	ideál. plyn	varianta A	varianta B	i—x dia- gramy a tabulky		
283,15	0,652	0,061	0,388	2,10	0,90	0,086	0,052	0,029	2,22	0,98	0,90		
293,15	0,536	0,074	0,400	1,92	0,98	0,092	0,035	0,103	2,12	1,12	1,01		
303,15	0,395	0,043	0,426	1,72	0,98	0,170	0,076	0,021	1,91	1,08	1,08		
313,15	0,237	0,019	0,467	1,52	1,06	0,242	0,096	0,112	1,87	1,27	1,36		
323,15	0,099	0,001	0,519	1,42	1,20	0,421	0,196	0,002	1,84	1,40	1,61		
333,15	0,016	0,031	0,571	1,48	1,52	0,541	0,209	0,029	2,05	1,76	2,00		
343,15	0,049	0,019	0,599	1,90	1,82	0,723	0,248	0,058	2,68	2,13	2,53		
353,15	0,010	0,047	0,564	2,22	2,36	0,986	0,323	0,079	3,29	2,76	3,25		
363,15	0,066	0,045	0,394	3,22	3,08	1,254	0,349	0,149	4,62	3,58	4,17		
368,15	0,240	0,048	0,394	9,18	6,40	1,418	0,374	0,160	10,76	6,94	7,28		

$$x = A(T_S, T_M) x_{NAS} + B(T_S, T_M), \quad B \leq 0, x > 0. \quad (7)$$

Z rovnice (7) lze odvodit přibližný vztah mezi chybou ϑ_X a ϑ_{XNAS}

$$\vartheta_X \doteq \vartheta_{XNAS} \frac{x_{NAS} A}{x} = \vartheta_{XNAS} \frac{x_{NAS} A}{x_{NAS} A + B}, \quad B \leq 0, \quad (8)$$

založený na předpokladu, že A i B jsou přesné. Ze vzorce (8) a podmínky $B \leq 0$ vyplývá relace mezi oběma chybami $\vartheta_X \geq \vartheta_{XNAS}$. Tato nerovnost se prohlubuje s rostoucí psychometrickou diferencí $\Delta T = T_S - T_M$ neboť při $\Delta T = 0$, tj. $x = x_{NAS}$ platí, že $B = 0$, $A = 1$ a s rostoucí ΔT B monotónně klesá. Pro orientaci uvádíme, že při diferencí $\Delta T = 50$ K dosahuje zlomek v rovnici (8) hodnoty přibližně 1,1.

4.0 KONVERGENCE ITERAČNÍCH POSTUPŮ VÝPOČTU T_{AD}

Teplotu adiabatického nasycení není možné vyjádřit explicitně jako funkci $T_{AD} = T_{AD}(T_S, x, p)$. V iteračních postupech, navržených v [1], je kromě přesnosti fyzikálního vyjádření, diskutované ve stati 3.0, důležitá též rychlost konvergence řešení. Jestliže volíme jako nultou aproximaci iteračního postupu vždy $T_{ADI} = T_S$, poroste počet iterací, potřebných k dosažení správné hodnoty T_{AD} s rozdílem $\Delta T = T_S - T_{AD}$. Výsledky testů rychlostí konvergence *Newtonovy—Raphsonovy* (NR) a jednobodové iterační metody, aplikovaných v [1] uvádí tab. 6 pro obě varianty A a B použitých vztahů (1) až (4) a pro různé difference

Tab. 6. Počet iterací v různých případech výpočtu T_{AD}

$\Delta T = T_S - T_{AD}$	Newtonova Raphsonova metoda	Jednobodová iterační metoda		Rozdíl posledních aproximací δ
	varianta A		varianta B	
2	2	2	2	1
	2	3	4	10^{-1}
	3	4	6	10^{-2}
5	2	2	3	1
	3	3	5	10^{-1}
	5	5	6	10^{-2}
50	5	3	5	1
	6	4	6	10^{-1}
	6	6	8	10^{-2}

$\Delta T = T_S - T_{AD}$ při zadaném rozdílu δ . Počet iterací, udávaný v tab. 6, postačuje ke splnění podmínky $T_{ADI} - T_{ADII} < \delta$ mezi posledními aproximacemi T_{AD} .

Podrobnějším rozбором bylo dále zjištěno, že při nulté aproximaci $T_{ADI} = T_S$

konverguje v 1. kroku jednobodová metoda rychleji než NR iterace. V dalších krocích je tomu však naopak.

Z hlediska spolehlivosti bylo ověřeno, že řešení metodou NR konverguje v celé oblasti $x \in \langle 0; x_{\text{NAS}}(T_{\text{AD}}) \rangle$ kde $T_{\text{AD}} \in \langle 273,15; 368,15 \rangle$ K. V případě jednobodové metody se v okolí $T_{\text{AD}} \doteq 283$ K mění pořadí strmosti příslušných funkcí, řešení tudíž diverguje a postup [1] je bez úpravy použitelný pouze v intervalu $T_{\text{AD}} \in (285; 368)$ K.

5.0 ZÁVĚR

Algoritmy výpočtu x , φ , x_{NAS} a T_{AD} , uvedené v [1], se ve své jednodušší variantě A blíží přesností technickým tabulkám a $i-x$ diagramům s maximální relativní chybou stanovení x asi 4 % v rozsahu teplot $T_{\text{M}} \langle 273,15; 353,15 \rangle$ K. Malé snížení přesnosti výpočtu variantou A oproti tabulkám a diagramům (viz obr. 1) je do značné míry vyváženo tím, že odpadne chyba způsobená odečítáním z grafů, jednoduchostí výpočtu, zvládnutelného programovatelným kapesním kalkulátorem (např. HP 41) a ostatními výhodami, uvedenými v [1].

Variantou B převyšuje přesnost běžných tabulek [8], [10] atd. částečným respektováním reálného chování vodní páry a dosahuje ve výše uvažovaném intervalu teplot maximální relativní chyby kolem 3 %.

Pro iterační výpočet $T_{\text{AD}}(T_{\text{S}}, x, p)$ doporučujeme *Newtonovu—Raphsonovu* metodu [1]; jednobodová metoda [1] se osvědčila pro vlhký vzduch pouze v intervalu $T_{\text{AD}} > 285$ K. Obě metody je vhodné kombinovat: v 1. kroku jednobodová iterace, v ostatních NR metoda. V případě nulté aproximace $T_{\text{AD}} = T_{\text{S}}$ je tím dosaženo vyšší rychlosti konvergence.

Další možnosti zvýšení přesnosti výpočtu vlhkostních veličin spočívají v důsledném uplatnění korekčních faktorů [11], [12], v respektování současně platné mezinárodní teplotní stupnice z roku 1968 a nejnovějších výsledků měření tlaku vodní páry v oblasti trojného bodu [13].

PŘEHLED OZNAČENÍ

B (I) konstanty	[—]
$f(T)$ korekce tlaku syté páry ve vlhkém vzduchu	[%]
p tlak	[Pa]
r měrná plynová konstanta složky	[J kg ⁻¹ K ⁻¹]
T teplota	[K]
v měrný objem složky	[m ³ kg ⁻¹]
x měrná vlhkost vzduchu	[kg . kg ⁻¹]
ΔT psychrometrická difference	[K]
δ předepsaná odchylka teplot	[K]
φ relativní vlhkost vzduchu	[%]
ϑ relativní chyba	[%]

Indexy

AD	adiabatická
M	mokrý
MAX	maximální
NAS	při nasycení
2	pára vlhkosti
3	vzduch
S	suchý
V	bod varu

LITERATURA

- [1] Houška, K., Kordík, J.: Numerické algoritmy pro náhradu i - x diagramů a psychrometrických tabulek použitím výpočetní techniky. Zdravotní technika a vzduchotechnika roč. 27, č. 6, 1984
- [2] Valchář a kol.: Sušení v chemickém průmyslu. SNTL Praha 1967
- [3] Keey, R. B.: Drying — Principles and Practice. Pergamon press, New York 1972
- [4] Gál, S.: Die Methodik der Wasserdampf—Sorptionsmessungen. Springer-Verlag Berlin 1967
- [5] Krischer, O.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. Springer-Verlag 1956
- [6] Fexa, J., Šíroky, K.: Měření vlhkosti. SNTL Praha 1983
- [7] Chyský, J.: Vlhký vzduch, 2. vydání, SNTL Praha 1977
- [8] Ražnějevič: Tepelné tabulky a diagramy. ALFA Bratislava 1969
- [9] Bramhall, G.: Mathematical model for lumber drying. Wood science, (12) No. 1, july 1979
- [10] Chyský, J.: Vlhký vzduch (1. vydání). SNTL Praha 1967
- [11] Mikulecký, I., Stegmann: Přepočet veličin charakterizujících vlhkost vzduchu zohledňující fyzikální zákony reálného plynu. Československá standardizace (5), 1980, č. 3 str. 112
- [12] Hyland, R. W.: A Correlation for the Second Interaction Virial Coefficients and Enhancement Factors for Moist Air J. Res. Nat. Bur. Stand., 79A, July—August 1975, No 4, s. 551
- [13] Wexler, A.: Vapor pressure formulation for water in range 0 to 100 °C. A revision. J. Res. Nat. Bur. Stand., 80A, 1976, 5—6, s. 775
- [14] Kordík, J.: Nepublikovaný program SVÚSS pro vyhodnocení optimálních součinitelů Antoineovy rovnice tlaku syté páry

ПРОВЕРКА АЛГОРИТМОВ РАСЧЕТОВ ВЕЛИЧИН ВЛАЖНОСТИ СМЕСИ ВОЗДУХ-ВОДЯНОЙ ПАРА

Инж. Карел Гоушка, к. т. н.
Иозиф Кордик

Алгоритмы расчета для определения удельной и относительной влажностей или температуры адиабатического охлаждения бинарных смесей инертного газа и пара удостоверяются для влажного воздуха из точки зрения точности и надежности численного решения. Результаты расчетов сравниваются с обычными психрометрическими таблицами.

TESTING OF THE CALCULATION ALGORITHM OF HUMIDITY CHARACTERISTICS OF THE AIR/WATER VAPOUR MIXTURE

Ing. Karel Houška, CSc.
Jozef Kordík

The calculation algorithm designed for the specific and relative humidity or for the adiabatic cooling temperature of the inert gas/vapour mixtures determination is verified for wet air from the view point of achieved accuracy and reliability of the numerical solution. Results of the calculations are compared with usual psychrometric tables.

ÜBERPRÜFUNG DER ALGORITHMEN VON BERECHNUNGEN DER FEUCHTIGKEITSGRÖSSEN DES LUFT- UND WASSERDAMPFGEMISCHES

Ing. Karel Houška, CSc.
Jozef Kordík

Die zur Bestimmung der spezifischen und relativen Feuchtigkeit oder der Temperatur der adiabatischen Abkühlung der binären Gemische eines Inertgases entworfenen Berechnungsalgorithmen werden für feuchte Luft vom Gesichtspunkt der erreichten Genauigkeit und Zuverlässigkeit der numerischen Lösung überprüft. Die Berechnungsergebnisse werden mit gebräuchlichen psychrometrischen Tabellen verglichen.

VÉRIFICATION DES ALGORITHMES DES CALCULS DES GRANDEURS HYDROMÉTRIQUES D'UN MÉLANGE DE L'AIR ET DE LA VAPEUR D'EAU

Ing. Karel Houška, CSc.
Jozef Kordík

Dans l'article présenté, on vérifie les algorithmes de calcul proposés pour la détermination de l'humidité spécifique et relative ou de la température du refroidissement adiabatique des mélanges binaires du gaz inerte et de la vapeur pour l'air humide au point de vue de la précision obtenue et de la fiabilité de la solution numérique. On compare les résultats de calcul avec les tableaux psychrométriques.

● Obsah CO₂ v ovzduší přibývá

Ústav Gottlieba Duttweilera v Curychu uspořádal počátkem r. 1983 aktiv na téma „CO₂ v ovzduší“. Na aktivu se došlo k těmto závěrům: Obsah oxidu uhličitého v atmosféře v předprůmyslové době byl prakticky konstantní a pohyboval se v rozmezí 250 až 280 ppm. Za posledních 100 let stoupl na cca 340 ppm. Většina vědců se shoduje na tom, že dvojnásobná hodnota z předprůmyslové doby je pro naši zeměkouli kritická. Kdy k tomu dojde? Tato otázka se nedá dnes ještě spolehlivě odpovědět, ale má se za to, že v nejnepríznivějším případě bude kritické hodnoty dosaženo v r. 2020. Jako prevence je možné jediné řešení. Ihned a co nejvíce snížit, popř. zastavit spalování fosilních paliv.

CCI 6/83

(Ku)

● Zatížení místností radonem

V místnostech novostaveb vzniká alfa-záření, které vyvolává vzácný plyn radon 222 s poločasem 3,8 dne, který vzniká přeměnou z radonu 226 o poločasu 1620 roků. Oba prvky jsou částí rozpadové řady uranu 238, jehož stopy se nacházejí téměř ve všech stavebních materiálech. Radon sám se nakonec změní v neaktivní olovo.

V závislosti na výměně vzduchu tvoří se ve vzduchu místností rovnovážné koncentrace radonu, přičemž přírůstek se děje rozpadem radia v materiálu stěn a úbytek ztrátami v důsledku větrání a radioaktivního rozpadu. Rozdíl rovnovážné koncentrace radonu může činit až desetinásobek podle toho, jak je místnost utěsněna. V důsledku toho se mohou někdy vyskytovat zvýšená zatížení osob nacházejících se v minimálně větraných místnostech.

HLH 2/83

(Ku)

● Otopná tělesa jako umělecké prvky

Pařížská firma Hargeline nabízí otopná tělesa (trubice) tvarovaná jako obrysy soch, zvířat, či představující cokoliv jiného podle přání zákazníka — tzv. topné skulptury. Tělesa jsou určena pro individualisty, kteří se chtějí odpoutat od monotónních standardních provedení topidel. Velikosti skulptur závisí od délky topných trubice, tj. od topných výkonů v rozmezí 0,7 až 4 kW. Každé těleso má šroubení pro připojení přívodu i odvodu topné vody. Zkušební tlak trubice je 1 MPa.

CCI 6/83

(Ku)

● Teplo z 60 m hloubky vytápí činžovní dům

Zajímavé vytápěcí zařízení činžovního domu je v provozu od zimního období 1982/83 v Konolfingenu (Švýcarsko). Dům s 18 bytovými jednotkami je postaven podle nejmodernějších poznatků z oblasti tepelné izolace. Jako zdroje tepla k vytápění využívá zemní teplo, které čerpá pomocí 60 m dlouhých zemních sond a takto získané teplo převádí na vyšší teplotní hladinu tepelným čerpadlem. Celkem 15 sond odčerpá dostatek tepla, aby jím mohl být dům vytápěn, bez další přídavné energie. Teplo odčerpávané zemi se trvale dostatečně doplňuje slunečním zářením a srážkami.

Systém tepelného čerpadla napojeného na zemní sondy se již předtím osvědčil u rodinných domků. Je výsledkem vývoje firmy SHF AG. a získá se u něho z 1 kWh přivedené elektrické energie 2,4 kWh topné energie.

HuL 2/84

(Ku)

K VÝPOČTU PRŮŘEZOVÝCH PARAMETRŮ PLOCHY OMEZENÉ PROFILEM LOPATKY VENTILÁTORU

ZDENĚK SVOBODA, JAROSLAV MENCL, JAROSLAV JAREŠ

Výzkumný ústav vzduchotechniky, Praha

V článku jsou uvedeny tři způsoby výpočtu základních průřezových parametrů plochy aerodynamického profilu lopatky. Z nich je vybrána metoda, která dává při použití samočinného počítače nejpřesnější výsledky. Je také posouzen vliv počtu bodů na přesnost průřezových parametrů náhradního profilu.

Recenzoval: Ing. Zdeněk Moravec, DrSc.

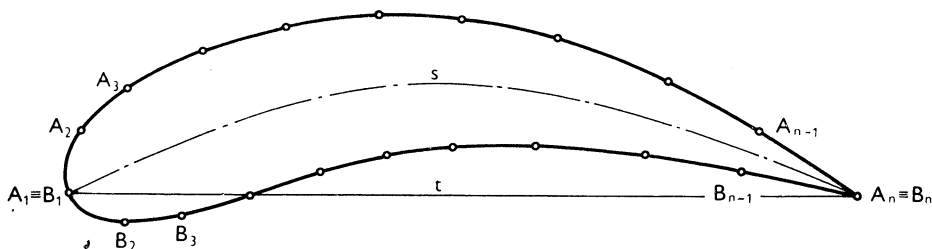
1. ÚVOD

Aerodynamický profil lopatky P je rovinná, spojitá čára kapkovitého tvaru s prohnutou střednicí s . Obvykle je definován tabelárně množinou bodů A_1, B_1 , která na něm leží (obr. 1). Platí tedy (1), (2):

$$M = \{A_i\}_{i=1}^n \cup \{B_i\}_{i=1}^n \quad (1)$$

$$M \subset P \quad (2)$$

Číslo n je různé podle typu profilu. Např. profil NACA 65 má $n = 26$, profil CT má $n = 17$ a $A_n \neq B_n$. O navrhování profilů se pojednává v [1]. V tomto článku jsou uvedeny tři způsoby určení průřezových parametrů plochy omezené profilem lopatky.



Obr. 1. Aerodynamický tvar profilu s danými body.

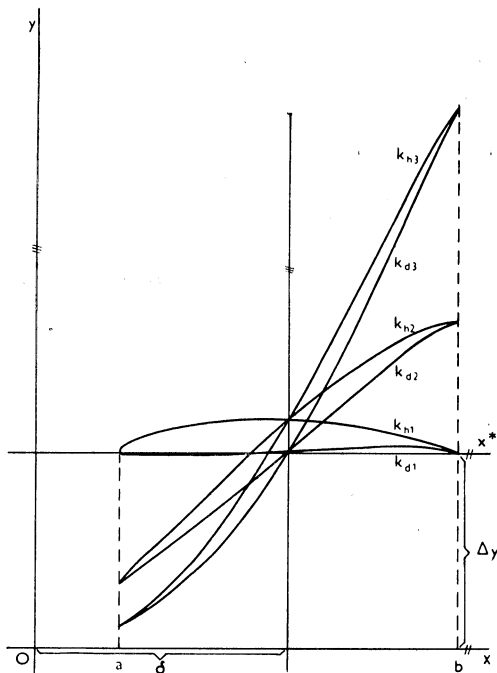
2. ZPŮSOBY VÝPOČTU PRŮŘEZOVÝCH PARAMETRŮ PLOCHY

2.1. Graficko-mechanický způsob

Uvedený způsob je podrobně popsán v [2]. Dále je jen stručně uvedena jeho aplikace na profil lopatky.

Profil lopatky se obdrží spojením daných bodů A_1, B_1 hladkou čarou, která se

skládá z horní čáry k_{h1} a dolní čáry k_{d1} , kde pořadnice $k_{h1} > k_{d1}$ s výjimkou bodů A_1, B_1 a A_n, B_n , kde $k_{h1} = k_{d1}$ (obr. 2). Transformací úsečkou δ se obdrží uzavřená křivka $k_{h2} \cup k_{d2}$ a další transformací z křivky $k_{h2} \cup k_{d2}$ křivka $k_{h3} \cup k_{d3}$. Planimetrováním ploch omezených uzavřenými křivkami $k_{h1} \cup k_{d1}$, $k_{h2} \cup k_{d2}$, $k_{h3} \cup k_{d3}$



Obr. 2. Transformace profilu úsečkou.

se obdrží jejich velikosti S_1, S_2, S_3 . Plocha S_1 je plochou příčného řezu lopatky omezeného jejím profilem $k_{h1} \cup k_{d1}$.

Pro plochu S_2 platí (3):

$$S_2 = \frac{1}{\delta} \int_a^b x(k_{h1} - k_{d1}) dx = \frac{1}{\delta} \cdot M_y \quad (3)$$

kde $M_y = S_1 \cdot x_T$ je statický moment plochy S_1 k ose y (moment 1. řádu).

Souřadnice těžiště x_T se proto vypočítá ze (4):

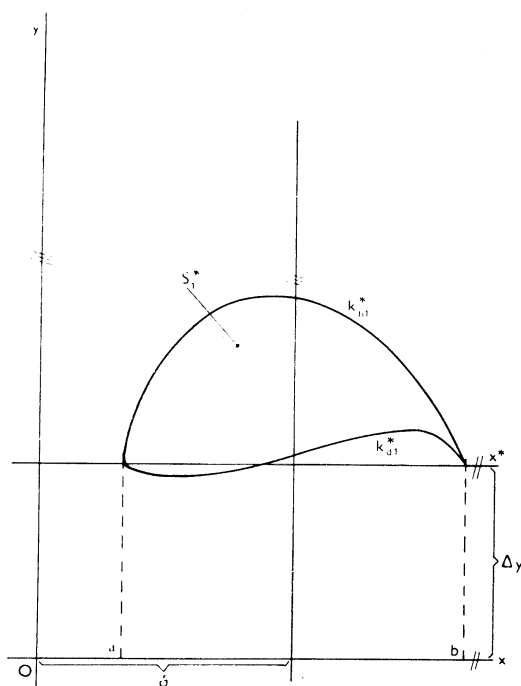
$$x_T = \frac{S_2 \cdot \delta}{S_1} \quad (4)$$

Plocha S_3 je úměrná momentu setrvačnosti I_y (moment 2. řádu):

$$S_3 = \frac{1}{\delta^2} \int_a^b x^2(k_{h1} - k_{d1}) dx = \frac{1}{\delta^2} \cdot I_y \quad (5)$$

$$I_y = S_3 \cdot \delta^2 \quad (6)$$

Poměrná chyba při planimetrování stejně velkých ploch je nejmenší u křivek blížících se svým tvarem kružnici. Proto je tenká lopatka podle obr. 2 pro planimetrování nevýhodná. Numerickou afinní transformací původního tenkého profilu



$k_{n1} \cup k_{d1}$ omezujícího plochu S_1 lze získat výhodnější profil $k_{n1}^* \cup k_{d1}^*$ omezující plochu S_1^* (obr. 3). Afinita vzhledem k ose x^* je vyjádřena rovnicí (7):

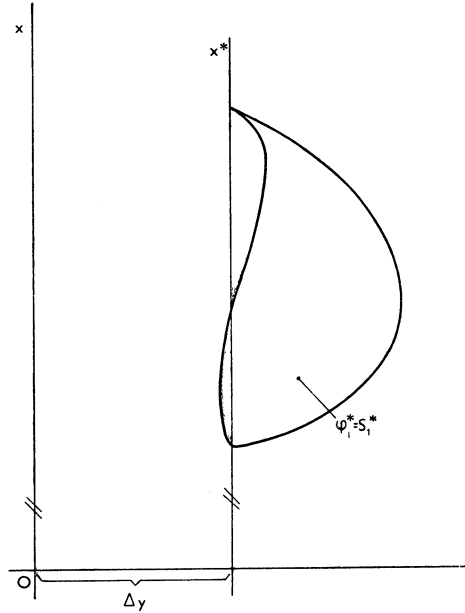
kde μ je modul na ose y^* (v obr. 3 je $\mu = 5$).

Transformaci úsečkou δ se získají ze zesíleného profilu $k_{h1}^* \cup k_{d1}^*$ uzavřené čáry $k_{h2}^* \cup k_{d2}^*$ a $k_{h3}^* \cup k_{d3}^*$ omezující plochy S_2^* a S_3^* . Dá se snadno dokázat, že pro uvedené plochy platí

$$S_1 = \frac{S_1^*}{\mu} \quad (8)$$

$$x_T = \frac{S_2^* \cdot \delta}{S_1^*} \quad (9)$$

$$I_y = \frac{S_3^* \cdot \delta^2}{\mu} \quad (10)$$



Obr. 4. Natočený zesílený profil.

Pro výpočet hodnot y_T , I_x se zesílený profil nakreslí natočený o 90° (obr. 4). Transformací úsečkou Δy se získají uzavřené čáry omezující plochy $\varphi_2^* \neq S_2^*$ a $\varphi_3^* \neq S_3^*$. Parametry y_T^* a y_T jsou zřejmé

$$y_T^* = \frac{\varphi_2^* \Delta y}{\varphi_1^*} \quad (11)$$

$$y_T = \frac{y_T^* + \Delta y(\mu - 1)}{\mu} \quad (12)$$

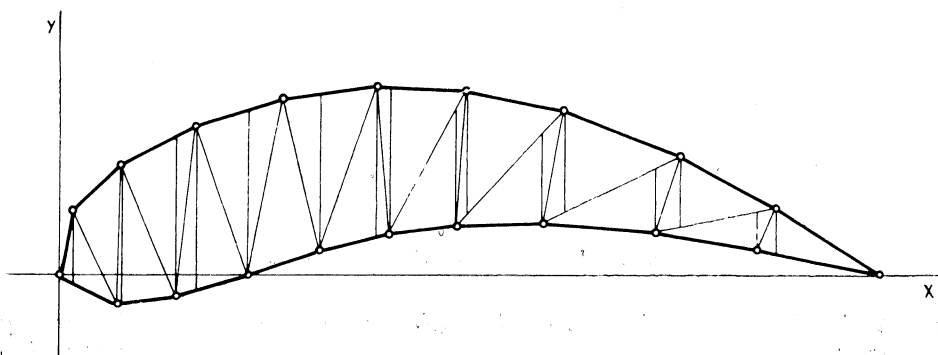
K výpočtu parametru I_x byla odvozena tato rovnice:

$$I_x = \frac{\Delta y^2}{\mu^3} [\varphi_3^* + 2(\mu - 1) \varphi_2^* + (\mu - 1)^2 \varphi_1^*]. \quad (13)$$

2.2. Náhrada plochy profilu obecnými trojúhelníky

Na obr. 5 je profil lopatky nahrazen obecnými trojúhelníky s vrcholy v daných bodech profilu A_1 , B_1 . Každý trojúhelník je ještě rozdělen na dva trojúhelníky

úsečkou rovnoběžnou s osou y . Dělení trojúhelníků svislými úsečkami je pro snadnější výpočet deviačních momentů. Velikost náhradní plochy profilu složené z trojúhelníků, souřadnice jejího těžiště i momenty setrvačnosti se určí známým způsobem. Pro kreslení profilu na kreslicím zařízení (plotteru) je však vzdálenost bodů A_i , A_{i+1} a B_i , B_{i+1} obvykle velká, protože kreslicí zařízení spojuje dané body

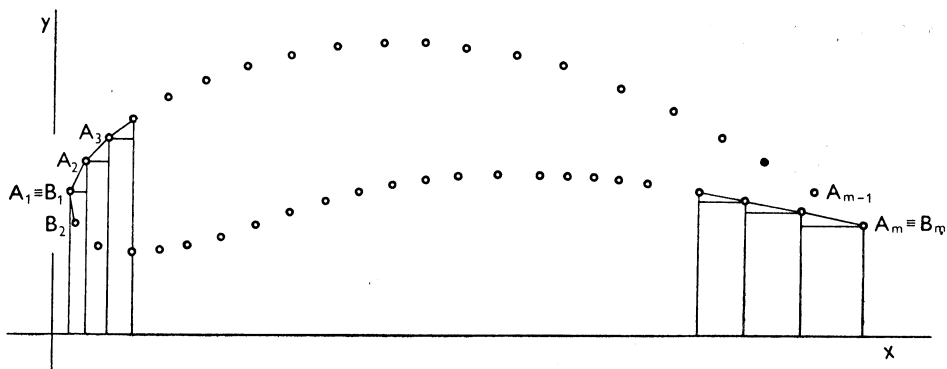


Obr. 5. Náhradní model profilu podle metody 2.2.

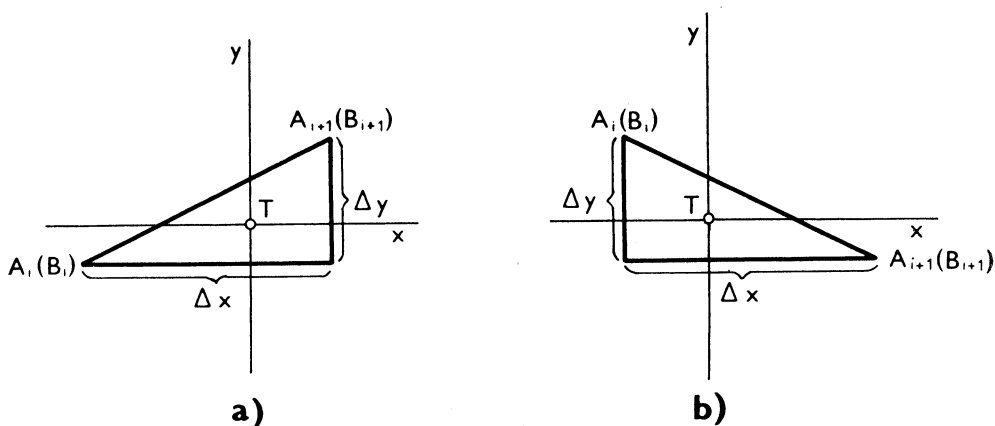
úsečkami. Proto je nutné dané body profilu ještě zhuštit nelineární interpolací tak, aby profil byl na pohled hladký. Zhuštění lze provést např. interpolační funkcí [3], [4], která vylučuje nežádoucí inflexní body. V zhuštěné síti bodů je výhodnější počítat průřezové parametry plochy omezené profilem metodou podle odst. 2.3.

2.3. Náhrada plochy profilu obdélníky a pravoúhlými trojúhelníky

Protože většina párových bodů A_i , B_i má nestejně velké x -souřadnice, doplní se horní část profilu pravoúhlými trojúhelníky o přeponě $\overline{A_i, A_{i+1}}$ a k nim přilehlými obdélníkovými proužky (obr. 6). V dolní části profilu se podobně vytvoří pravoúhlé trojúhelníky s přeponou $\overline{B_i, B_{i+1}}$ a k nim přiléhající obdélníkové proužky.



Obr. 6. Náhradní model profilu podle metody 2.3.



Obr. 7. Poloha pravoúhlých trojúhelníků.

Pravoúhlé trojúhelníky mají jen dvě polohy (obr. 7a, 7b). Plochy, statické momenty i momenty setrvačnosti trojúhelníků se vypočítají známým způsobem. Deviační moment pravoúhlých trojúhelníků se obdrží integrací $I_{xy} = \iint_D xy \, dx \, dy$. Výsledky integrace jsou v (14) pro polohu a) a v (15) pro polohu b).

$$I_{xy} = \frac{1}{72} (\Delta x)^2 \cdot (\Delta y)^2 \quad (14)$$

$$I_{xy} = -\frac{1}{72} (\Delta x)^2 \cdot (\Delta y)^2 \quad (15)$$

Plocha složená z trojúhelníků a obdélníků přilehlých k horní části profilu k_{h1} se uvažuje kladná, plocha přilehlá k dolní části profilu k_{d1} záporná. Výpočet plochy profilu, souřadnice těžiště, momentů setrvačnosti a deviačního momentu je uvedeným způsobem jednodušší než metodou 2.2. a přesnější než normální lichoběžníkovou metodou [5].

2.4. Vliv zvětšení počtu bodů profilu na velikost chyby v určení velikosti plochy

Pro odhad odchylek základních parametrů oblouku profilu mezi dvěma body A_i , A_{i+1} popř. B_i , B_{i+1} lze nahradit skutečný oblouk kružnicovým obloukem o stejné výšce v (obr. 8). Pro výšku kružnicového oblouku v a velikost příslušné úseče u platí podle [6] rovnice (16), (17):

$$v = r (1 - \cos \alpha) \quad (16)$$

$$u = \frac{1}{2} r^2 (\alpha - \sin \alpha) \quad (17)$$

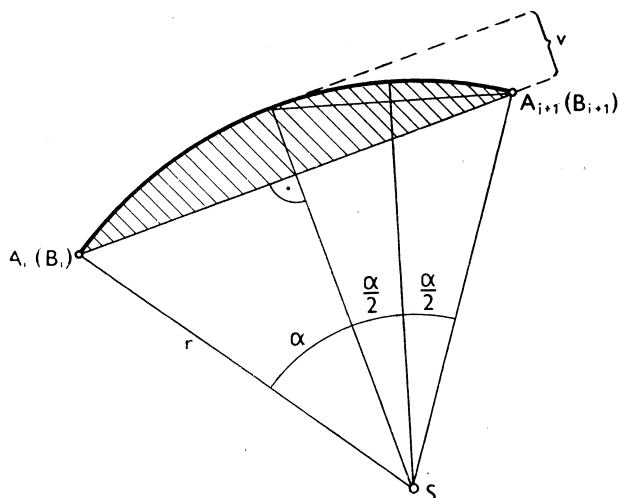
kde α je úhel v míře obloukové.

Protože úhly α jsou převážně většinou malé ($\alpha < 0,1$), dají se dvojčleny v závorkách rovnic (16), (17) přibližně vyjádřit prvním členem Taylorova rozvoje:

$$(1 - \cos \alpha) \approx \frac{\alpha^2}{2!} \quad (18)$$

$$(\alpha - \sin \alpha) \approx \frac{\alpha^3}{3!} \quad (19)$$

Z (18), (19) je zřejmé, že zmenšením úhlu α se rychle zmenšují hodnoty v i u , jak je také patrné z *tab. 1*. Hodnoty označené * jsou hodnoty odpovídající zvětšenému počtu bodů nelineární interpolací.



Obr. 8. Hodnoty kružnicové úseče.

Tab. 1. Vliv počtu interpolovaných bodů na velikost hodnot kružnicové úseče

Vloženo bodů	α^*	v^*	u^*
1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
2	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{27}$
3	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{64}$
4	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{125}$

Protože počet interpolovaných bodů u všech oblouků profilu je zpravidla větší než jeden, dá se říci, že výška oblouku profilu a příslušná úseč, která se u náhradního modelu profilu u konkávní části zanedbává a u konvexní části přidává, je u náhradního modelu se zhuštěným počtem bodů získaných nelineární interpolací řádově menší, než u náhradního modelu s původním počtem bodů, jímž je profil definován.

3. ZÁVĚR

- 3.1. V článku jsou uvedeny tři způsoby výpočtu některých průřezových parametrů plochy aerodynamického profilu lopatky ventilátoru.
- 3.2. Způsobem podle odst. 2.3. se dají vypočítat průřezové parametry jednoduše a na samočinném počítači přesněji než obvyklou lichoběžníkovou metodou.
- 3.3 V článku je posouzen vliv zvětšení daného počtu bodů profilu na velikost chyby v určení výšky dílčího oblouku a na velikost chyby v určení plochy úseče mezi dvěma sousedními body profilu.

LITERATURA

- [1] Čermák, J. a kol.: Ventilátory, SNTL, Praha 1974
- [2] Hruška, V.: Počet grafický a graficko-mechanický, Přírodovědecké vydavatelství, Praha 1952
- [3] Svoboda, Z.: Über eine lenkbare Interpolationsfunktion, Angewandte Informatik, č. 2, 1975
- [4] Svoboda, Z.: Zur Wahl der Parameter einer lenkbaren Interpolationsfunktion, Angewandte Informatik, č. 5, 1977
- [5] Демидовић, Б. П., Марон, Ј. А.: Základy numerické matematiky, SNTL, Praha 1966
- [6] Čuřík, F.: Matematika, Technický průvodce, sv. 1, ČMT, Praha 1944

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАЗРЕЗА ПЛОЩАДИ ОГРАНИЧЕННОЙ ПРОФИЛЕМ ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА

Зденек Свобода, Ярослав Менцл, Ярослав Яреš

В статье приводятся 3 способа расчета основных параметров разреза площади аэродинамического профиля лопатки. Из этих методов выбран один метод, у которого с применением ЭВМ самые точные результаты. Рассматривается также влияние числа точек на точность параметров разреза запасного профиля.

CALCULATION OF THE CROSS-SECTIONAL PARAMETERS OF AN AREA LIMITED BY A FAN BLADE PROFILE

Zdeněk Svoboda, Jaroslav Mencl, Jaroslav Jareš

Three calculation methods of the basic cross-sectional parameters of an aerodynamical blade profile area are discussed in the article. One method giving the most accurate results when an automatic computer is used, have been chosen. Influence of the number of the points upon accuracy of the cross-sectional parameters of a substitute profile is evaluated there.

ZUR BERECHNUNG DER DURCHSCHNITTSPARAMETER DER DURCH DAS PROFIL BEGRENZTE FLÄCHE EINER VENTILATORSCHAUFEL

Zdeněk Svoboda, Jaroslav Mencl, Jaroslav Jareš

Im Artikel werden drei Berechnungsverfahren der Grunddurchschnittsparameter der Fläche eines aerodynamischen Schaufelprofils angegeben. Aus diesen ist ein Berechnungsverfahren, das beim Einsatz einer automatischen Rechenmaschine die genauesten Ergebnisse gibt, gewählt. Man beurteilt auch den Einfluss der Zahl von Punkten auf die Genauigkeit der Durchschnittsparameter eines Ersatzprofils.

CALCUL DES PARAMÈTRES DE SECTION DE LA SURFACE LIMITÉE PAR LE PROFIL D'UNE AILETTE DE VENTILATEUR

Zdeněk Svoboda, Jaroslav Mencl, Jaroslav Jareš

Dans l'article présenté, on fait savoir trois modes de calcul des paramètres de section fondamentaux de la surface du profil aérodynamique d'une ailette. On choisit une méthode de celles qui offre les résultats les plus précis à l'utilisation d'un ordinateur. Aussi, on juge l'influence du nombre des points sur la précision des paramètres de section d'un profil remplaçant.

● Studie infiltrace budov

Výzkumný ústav elektrické energie (Electric Power Research Institute) v Kalifornii provádí dvouletou studii účinků infiltrace vzduchu a z ní vyplývající vnitřní kvality vzduchu v obytných objektech. Studie se provádí na dvou nových neobsazených rodinných domech na předměstí Washingtonu.

Jeden z domů je vybaven větracím zařízením s rekuperací tepla vzduch—vzduch, zatím co druhý slouží jako kontrolní. Výzkumní pracovníci vybavili domy přístroji k úpravě klimatických podmínek, kvality vzduchu a spotřeby energie. Hodnoty u experimentálního domu jsou snímány jak za činnosti, tak i bez činnosti větracího zařízení.

Současně s výzkumy na objektech jsou prováděny i modelové zkoušky na počítači a ověřovány možnosti předpovídat výměny vzduchu a jejich dopad na spotřebu energie i na koncentraci škodlivin.

ASHRAE J. 3/83

(Ku)

● Klimatizační jednotky dimenzované počítačem

Firma ROX, NSR vyrábí nové ústřední klimatizační jednotky samonosné konstrukce s dvojnásobným opláštěním s objemovými průtoky do 125 000 m³/h. Výroba jednotek je řízena počítačem, a proto není vázána na přesné

rozměry průřezů. Také uspořádání funkčních elementů je libovolné. Jednotky možno zhotovovat jako jeden celek až do délky 4 m. Je možné i skříňové provedení. Jednotky jsou uvnitř zcela hladké, takže jsou vhodné pro instalaci do nemocnic. Jsou těsné a není problémem přetlak v jednotce do 3 000 Pa.

HLH 3/83

(Ku)

● Exportní ofenzíva sovětských klimatizačních jednotek

Švýcarská firma ATCO S. A. uzavřela smlouvy se sovětským podnikem zahraničního obchodu TECHNINTORG na dodávku malých klimatizátorů, jejichž výrobcem je podnik CHLADOIMPEX, Baku. První smlouva zněla na dodávku 3 000 jednotek. Podle dalších smluv mělo být v r. 1983 dodáno více než 8 000 a v r. 1984 více než 12 000 těchto jednotek do Švýcarska. Vedoucí firmy ATCO udává jako přednosti jednotek jejich robustní konstrukci a nízkou hlučnost. Jak bylo sděleno, měl výrobce jednotek zahájit ještě v průběhu roku 1983 vývoj jednotek s tepelnými čerpadly a v r. 1984 počítá s těmito jednotkami na export. Výrobní program CHLADOIMPEXu obsahuje také chladicí a mrazicí boxy, jakož i kompresory a výparníky.

CCI 9/83

(Ku)

● Kryogenický větrný tunel NASA

Závod na výrobu dusíku odlučováním ze vzduchu byl postaven za 17 mil. dolarů při Výzkumném středisku NASA. Dusík je z něho dodáván v kapalně formě o teplotě 80 K téměř 1 km dlouhým potrubím do střediska s větrným tunelem NTF (National Transonic Facility). Tunel byl postaven nákladem 85 mil. dolarů a spolu se závodem na výrobu dusíku představuje významný technický pokrok ve své oblasti. Je první svého druhu na světě a umožňuje práce v oblasti velmi nízkých teplot a na modelech ve velkém měřítku. Je určen k testování letadel a kosmických lodí při nadzvukových rychlostech. Tekutý dusík přiváděný do tunelu se po rozprášení tryskami okamžitě odpaří a udržuje v tunelu teplotu prostředí asi 90 K.

Dosavadní větrné tunely používající vysokotlaký vzduch nemohly poskytnout spolehlivý obraz o letounu, který měl létat v nadzvukové oblasti. Nová koncepce kryogenického tunelu umožňuje i přesnější měření při snížení vazkosti atmosféry proudící tunelem.

ASHRAE J. 2/84

(Ku)

● Sálavé panely pro domovy starých občanů

V Beltsville (USA) bylo v pětipodlažním domě pro staré občany původně instalováno vytápění elektrickými podokenními jednotkami. Bylo však zdrojem četných problémů. Jednotky nerozptylovaly dostatečně teplý vzduch a mnozí obyvatelé si stěžovali buď na velké teplo nebo na chlad. Kromě toho, když termostaty vypnuly ventilátory v jednotkách, někteří nájemníci manipulovali s jednotkami tak, až se jim podařilo spálit elektrická topná tělesa. Správa domova proto vyměnila původní systém vytápění za nový, elektrickými sálavými panely. Panely byly namontovány na střepech poblíže oken a tak vytvořily jakousi bariéru proti průvanu. Jde o panely neobvyklého řešení.

Každý panel sestává z otopného prvku — mikroskopicky tenké vrstvy lamelárního grafitu zalaminovaného s měděným přívaděčem do odolného pružného polyesterového obalu. Toto topné těleso je obloženo izolací ze skleněné vaty s dekorativně upraveným povrchem na lici a uloženo v hliníkovém rámu. Celá tloušťka panelu je 25 mm a panel může být montován na povrchu stěn nebo do nich zapuštěn, popř. uložen v mezistropu. Panely jsou zcela bezpečné, protože neobsa-

huji dráty, které by se mohly zlomit a nemohou ani způsobit zkrat. Povrchová teplota za provozu je taková, že při dotyku nemůže dojít k popálení.

Každý byt v domě o podlahové ploše asi 45 m² sestává z obývací místnosti, ložnice, kuchyňky a koupelny s WC. Jsou v něm instalovány celkem tři sálavé panely, a to jeden o rozměrech 1,2 × 2,4 m v obývacím pokoji, jeden 1,2 × 1,8 m v ložnici a jeden 0,6 × 0,6 m v koupelně.

Protože panely jsou termostaticky ovládány podle zón se soustředěním tepla tam, kde je ho zapotřebí, bylo dosaženo celoročních úspor na energii v rozmezí 30 až 50 %.

HPAC 1/84

(Ku)

● CLIMA 2000

Od r. 1963 bylo Sdružení evropských výrobců vytápění a větrání REHVA organizátorem celkem sedmi kongresů. Pro další kongres, který bude uspořádán od 25. až 30. 8. 1985 v Bella Center v Kodani byly přizvány ke spolupráci i společnosti ASHRAE (Americká společnost inženýrů pro vytápění, chlazení a klimatizaci), IIR (Mezinárodní institut pro chlazení) a CIB (Mezinárodní společnost pro výzkum budov). Tato spolupráce pozvedne kongres CLIMA 2000 z evropského na světový. Čtyři pořádající organizace představují převážnou část světových vědomostí o vytápění, větrání, klimatizaci a vybavení budov. I když každá z nich má své technické i národní poslání, jedno mají společné — připravit lidem příjemné a zdravé vnitřní prostředí a snahu po snížení spotřeby energie. Předmětem jednání kongresu budou všechny důležité otázky vytápění, větrání, klimatizace a využívání energie v budovách, jako požadavky na vnitřní klima, zkvalitnění pláště budov, modelování a simulace budov a jejich technického vybavení, zacházení s energií, automatická regulace, provoz a údržba zařízení, měřicí technika, regenerace tepla, akumulace tepla, příprava teplé vody pro domácnosti, technika spalování, dálkové vytápění, tepelná čerpadla, obnovitelné zdroje energie, domy nízké energetické spotřeby apod. Jednání budou probíhat v několika sekcích. Po oficiálních jednáních budou pořádány zájmové besedy, tematické exkurze aj. V době kongresu bude v Bella Center pořádána mezinárodní výstava větrací a vytápěcí techniky.

Sekretariát kongresu: CLIMA 2000, COPENHAGEN '85, Ordrup Jagtvej 42B, DK 2920 Charlottenlund, Danmark.

(Ku)

RADIÁLNÍ VENTILÁTORY RSU PRO STŘÍKACÍ KABINY

Ing. Slavomil Novotný

Popis, užití, pracovní podmínky

Závod ZVVZ Prácheň vyvinul a zavedl do výroby od roku 1984 speciální radiální středotlaké ventilátory RSU, které kompletní stříkací kabiny k. p. Kovofině Ledeč nad Sázavou. Stříkací kabiny jsou vyráběny s licenčním odlučovacím systémem Dynaclean. U kabin byly původně použity dovážené ventilátory De VILBISS. V Československu se obdobné ventilátory nevyráběly, proto Kovofině k. p. nárokoval vývoj u ZVVZ Prácheň.

Ventilátory RSU jsou jednostranně sací radiální ventilátory vyráběné podle technických podmínek TP 3005/83, s přímým pohonem nevýbušným elektromotorem. Oběžné kolo ventilátoru je nasazeno přímo na čepu elektromotoru a pracovní poloha je vertikální s elektromotorem nad oběžným kolem.

Konstrukce ventilátoru vyhovuje pro stupeň nebezpečí výbuchu 2 — SNV 2, podle ČSN 33 2320 s třídou výbušnosti S a skupinou vznícení D při respektování oborové normy ON 12 2008 a státní normy

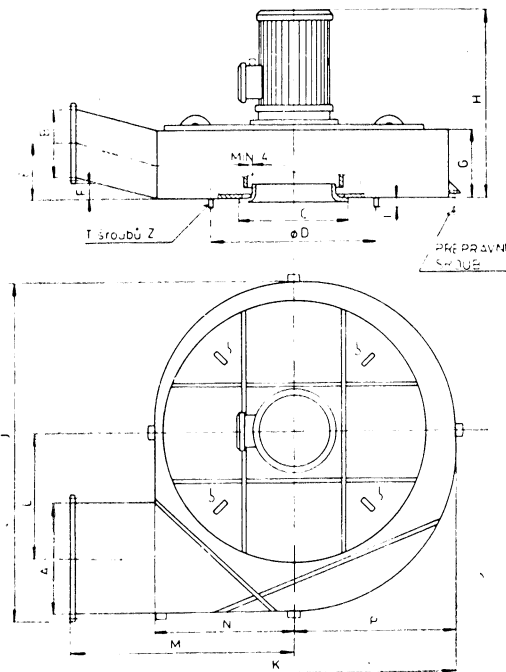
ČSN 34 1480. Jsou označeny Ex3 SD. Vyhovují do prostředí SNV 2, třída výbušnosti P a S, skupiny vznícení A, B, C, D.

Teplota dopravované vzdušiny do $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, teplota okolí ventilátoru $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ventilátory RSU jsou vyráběny ve velikostech 630, 800 a 1 000 (průměr oběžného kola v mm).

Konstrukce, elektromotory, parametry

Všechny díly ventilátoru jsou zhotoveny z konstrukční oceli třídy 11. Elektromotory jsou ve tvaru IM 3011, s impregnací M, krytím IP 44/g, pro kmitočet 50 Hz, v nevýbušném provedení Ex3/SD.

Konstrukční uspořádání ventilátoru je patrné z obr. 1, vzduchotechnické parametry z tab. 1. Podle vzduchotechnického výkonu se vyrábějí 2 alternativy u jmenovité velikosti ventilátoru 630 a 800 viz tab. 1 až 5. Vzducho technický výkon vyžaduje i různé výkony nevýbušných elektromotorů. Hlavní rozměry ventilátorů RSU jsou patrné z tab. 3 a 4, hmotnosti včetně elektromotorů jsou uvedeny v tab. 5.



Obr. 1 Hlavní rozměry a uspořádání ventilátorů RSU

Tab. 1

Velikost	Q [m ³ · s ⁻¹]	p_{cv} [Pa]
630—1	1,35	1450
630—2	1,8	1450
800—1	2,4	1560
800—2	3,6	1230
1000	5,0	1400

Tab. 2

Velikost ventilátoru	Elektromotor				
	Typ	napětí [V]	výkon [kW]	otáčky [min ⁻¹]	hmotnost [kg]
630—1	VM 112 S 04	380/220	3	1415	70
630—2	VM 112 Mk 04	380/220	4	1420	79
800—1	VM 132 S 04	380/660 Y—D	5,5	1455	85
800—2	VM 132 M 04	380/660 Y—D	7,5	1455	91
1000	VM 160 L 06	380/660 Y—D	11	960	198

Tab. 3

Velikost	A	B	C	D	E	F	G	H	I
630—1 630—2	355	180	485	545	130	10	186	618 654	17
800—1 800—2	450	225	600	680	162,5	10	233	646 681	21
1000	560	280	687	860	190	10	288	918	21

Tab. 4

Velikost	J	K	L	M	N	P	T	Z
630— $\frac{1}{2}$	1203,5	1264	495	673	411	591	16	M 8
800— $\frac{1}{2}$	1448	1488,5	589,5	780	478,5	708,5	16	M 10
1000	1902	1861	790	925	648	936	20	M 12

Tab. 5

Velikost	Hmotnost včetně motoru [kg]
630—1	165
630—2	175
800—1	285
800—2	296
1000	560

Montáž, provoz, bezpečnost

Spolehlivý, bezpečný a hospodárny provoz vyžaduje dodržování provozních a montážních předpisů, které tvoří přílohu 1 technických podmínek TP 3005/83.

Je dovoleno přepravovat ventilátor v pracovní — vertikální poloze. Ventilátor se zavěšuje za závěsná oka umístěná na víku bočnice spirální skříně. Pro ochranu připojovacích šroubů na sání ventilátoru jsou instalovány přepravní šrouby, které se odstraňují až při montáži na stříkací kabinu. Před uvedením ventilátoru do provozu je nezbytné zkontrolovat vůli mezi oběžným kolem a sacím hrdlem, která musí být větší než 4 mm. Vůli je možné nastavit posunutím sacího hrdla. Je zakázáno mimo stříkací kabinu pokládat ventilátor bez přepravních šroubů, neboť by mohlo dojít k deformaci čelní stěny spirální skříně nebo připojovacích šroubů.

Před uvedením ventilátoru do trvalého provozu se kontroluje:

- smysl otáčení oběžného kola (podle směrové šipky),
- zamontovaný ventilátor se uvede do

zkušebního provozu po dobu 8 hodin za podmínky, že vně i uvnitř ventilátoru musí být prostředí bez stupně nebezpečí výbuchu,

- kontroluje se chod ventilátoru,
- měří se teplota, zda je v souladu s ČSN 34 1480.

Pravidelná kontrola a čištění ventilátoru se provádí ve lhůtách určených pracovními podmínkami. Nejméně však jedenkrát za půl roku je nezbytné provést částečnou demontáž, kontrolu oběžného kola, kontrolu vůle mezi sacím hrdlem a oběžným kolem. O kontrolách a zkušebním provozu se vedou písemné záznamy.

Při provozu ventilátoru je třeba dodržovat bezpečnostní opatření. Ventilátor může být použit jen pro pracovní podmínky pro které vyhovuje. Elektroinstalace musí být provedena odborně, podle platných ČSN norem a předpisů pro dané prostředí.

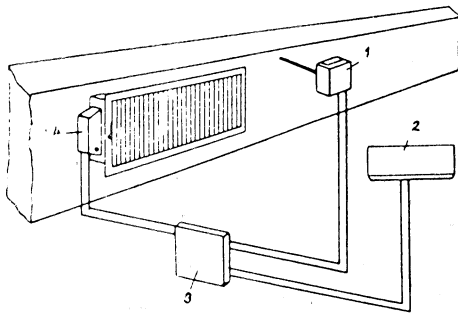
Zavedením ventilátorů RSU 630, 800 a 1 000 do výroby se rozšiřuje sortiment ventilátorů určených do prostředí s nebezpečím výbuchu SNV 2. Nové ventilátory RSU mají vyšší parametry průtoku, tlaku i účinnosti než dosud dovážené ventilátory z NSZ.

NOVÉ VYÚSTKY PRO PŘÍVOD VZDUCHU DO VÝROBNÍCH HAL

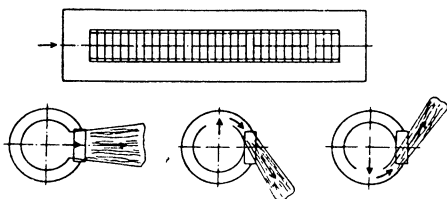
Přívod vzduchu do vysokých výrobních hal vzhledem k rozdílným tepelným zátěžím v zimě a v létě je problematický. U tradičních vyústek s vodorovným výfukem je teplo v přiváděném vzduchu v zimě do značné míry nevyužito a uniká odváděcími otvory ven. Tytéž vyústky, přivádějí-li v létě chladný vzduch, vyvolávají v oblasti pobytu průvany. Optimální přívod vzduchu při úspoře energie je takový, při němž v zimě je vzduch vyfukován dolů, v létě nahoru a v přechodném období vodorovně.

Vývoj v této oblasti vedl k různým řešením. U vyústek s vodorovnými stavitelnými lamelami jsou lamely dálkově ovládané buď ručně nebo automaticky (obr. 1) v závislosti na teplotě přiváděného vzduchu a to tak, že regulace je nastavena na horní a spodní mezní teplotu. Je-li teplota přiváděného vzduchu mezi těmito hodnotami, pak jsou lamely nastaveny vodorovně, je-li vyšší než horní mezní teplota (v zimě), pak se

lamely nastaví tak, aby vyfukovaný vzduch směřoval dolů, je-li nižší než spodní mezní teplota, pak je vzduch vyfukován vzhůru.



Obr. 1. Schéma dálkového ovládání vyústky (1 — čidlo, 2 — spínací hodiny, 3 — regulátor, 4 — servomotor)



Obr. 2. Schéma válcových vyústek

Jiný způsob řešení je pomocí válcových vyústek (obr. 2) s obdélníkovým výfukovým otvorem s vertikálními lamelami, kterými

možno nastavit rozptýl vzduchu. V ose válcové vyústky je uvnitř válcová trubice, rovněž s obdélníkovým otvorem, která se natáčí pomocí servomechanismu, čímž lze plynule směřovat vyfukovaný vzduch v rozmezí větším než 90°. Servomechanismus je ovládán v závislosti na rozdilu teplot přiváděného a okolního vzduchu.

Vyrábějí se též vyústky pro tryskové větrání s natáčivými tryskami v rozmezí $\pm 30^\circ$. U některých konstrukcí je ještě možno měnit dosah vyfukovaného proudu vestavěnými vířiči.

HLH 7/83

Kubíček

VÝDAJ TEPLA ELEKTROMOTORY

Ne vždy bývá v literatuře uváděno, jak se má správně počítat výdej tepla od elektromotorů. Platí sice, že veškerá dodaná energie se promění v teplo, avšak použije-li se tato zásada bez uvážení, je možno se dopustit velkých chyb.

Vzorec pro výdej tepla od strojů poháněných elektromotory

$$Q_m = \sum_i \left(\frac{N_i}{\eta} a_i \right) s, \quad [\text{kW}]$$

kde N_i je jmenovitý výkon i -tého stroje [kW],
 η je střední účinnost elektromotorů,
 a_i je zatížení i -tého stroje v dané době,
 s je současnost chodu strojů.

platí jednoznačně pro pracovní stroje a přístroje.

U elektromotorů pro pohon ventilátorů, chladicích agregátů a čerpadel je třeba vycházet z uspořádání zařízení. Přitom samozřejmě platí, že se dodaná energie neztratí — neboli součet všech energií je konstantní. Protože účinnost každého stroje je menší než 1, vznikají ztráty, které se mění v teplo. To znamená, že součet přivedené energie = součet energie ztrát mechanických a elektrických (na motoru) + energie pro pohon.

Mechanické a elektrické ztráty se mění v teplo, takže např. motor s účinností $\eta = 0,9$ má 10% ztráty na energii. Vzniká tedy otázka, kde se mění energie pro pohon v teplo? To závisí na uspořádání soustrojí.

1. Obráběcí stroje apod.

Zde se při opracovávání obrobky i stroje zahřívají a při komplexním pohledu, kdy motor i stroj jsou umístěny v jednom prostoru, se celková přiváděná energie dodává jako teplo tomuto prostoru.

2. Ventilátory, chladicí agregáty

Zde mohou nastat dva případy:

a) elektromotor je v okruhu obíhajícího média, jako např. u hermetických kompresorů nebo u klimatizačních jednotek s vestavěným elektromotorem,

b) elektromotor je mimo okruh obíhajícího média, jako např. u klimatizačních či chladicích jednotek s motorem vně.

Jestliže motory jsou umístěny v obíhajícím médiu, tj. jsou jím obtékány, pak, odmyslíme-li si malé ztráty povrchem zařízení, všechna přivedená energie se mění v teplo, které je dodáno médiu.

Jsou-li motory vně zařízení, pak je třeba v médiu počítat jen s tepelným ziskem odpovídajícím ztrátám na motoru podle tabulky:

Jmenovitý výkon motoru [kW]	Účinnost u motorů s kotvou na krátko [%]	Ztráty na motoru [%]
0,2	63	37
0,5	70	30
0,8	73	27
1,1	77	23
1,5	79	21
2,2	80	20
3,0	81	19
5,5	85	15
7,5	86	14
15	89	11
22	91	9
40	92	8

Příklad: Jaké je ohřátí vzduchu v klimatizační jednotce s objemovým průtokem vzduchu 32 000 m³/h (8,9 m³/s) s ventilátorem, poháněným elektromotorem 22 kW umístěným v jednotce. Ze štítku na motoru (poměr výkonu k příkonu) nebo z uvedené tabulky zjistíme účinnost elektromotoru $\eta = 91\%$ a pak příkon (indikovaný výkon)

$$N_p = \frac{N_{jmen}}{\eta \text{ (příp. } \cos \varphi)} = \frac{22}{0,91} = 24,17 \text{ kW.}$$

Přitom je třeba mít na paměti, že elektro-

motor není plně vytížen. Je-li jeho vytížení např. z 80 %, pak efektivní výkon je

$$N_e = N_p \cdot 0,8 = 24,17 \cdot 0,8 = 19,3 \text{ kW.}$$

Príslušné ohřátí vzduchu

$$\Delta t = \frac{N_e}{\rho V c} = \frac{19,3}{1,2 \cdot 8,9 \cdot 1} = 1,8 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

3. Čerpadla

U čerpadel rozeznáváme rovněž dva případy:

- a) zařízení, která pracují s oběhem média, což odpovídá případu 2b,
- b) zařízení sloužící k dopravě média z jedné výšky (hladiny) do druhé (např. plnění nádrží); v tomto případě se v teplo mění jen část dodané energie, kterou se ohřívá

dopravované médium, přičemž získané teplo se většinou uvolní do okolí, jako ztráta v potrubním rozvodu. Kromě toho zde vzniká nová forma energie — energie polohy, která se uvolní teprve pak, když médium koná práci — např. voda poháná turbínu.

Při přerušovaném provozu čerpadla je nutno uvažovat i součinitele současnosti.

Z uvedených řádků vyplývá, jak je důležité přijímat z literatury kriticky informace, které často stroze uvádějí, že „veškerá přivedená energie se mění v teplo“.

Zpracováno podle článku: R. Pielke: Die Wärmeabgabe von Elektromotoren, Die Kälte- und Klimatechnik č. 7/83. Kubiček

VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE PASIVNÍMI PRVKY U VÝŠKOVÝCH BUDOV

Pro využití sluneční energie u budov jsou k dispozici tři systémy: pasivní, aktivní a hybridní. Jejich efektivnost pro ty které podmínky musí být ověřena výzkumem. Článek profesora K. Gertise, pod názvem „Solarenergienutzung — mit passiven statt aktiven Massnahmen“ v časopise Heizung Lüftung/Klimatechnik Haustechnik č. 5/82 popisuje výzkumy, které byly vykonány u pasivních systémů na téma „okno“ a u hybridních systémů na téma „proplachované masivní stropy“. Z článku přinášíme podstatnou část.

Výchozí situace

Je pochopitelné, že energetická krize vedla k hledání nových zdrojů energie a mezi nimi především se soustředila pozornost na sluneční energii. Je však těžko pochopitelné, že se za podmínek středoevropského klimatu zaměřila pozornost téměř výhradně na sluneční kolektory a podobné „sběrače“, tedy zařízení, která se musí instalovat na budově nebo v jejím blízkém okolí. Ukázalo se, že tato tzv. aktivní solární technika není tak „aktivní“, jak se očekávalo. Na druhé straně pasivní solární technika, která spočívá ve stavebních opatřeních přizpůsobených místním klimatickým podmínkám, byla opomíjena. Je zajímavé, že kritika na aktivní solární techniku se začíná ozývat i v USA, přestože klimatické podmínky na většině území Spojených států jsou nesrovnatelně příznivější než ve střední Evropě.

V NSR došlo v poslední době k odklonu od aktivních solárních systémů a v jisté míře i od používání tepelných čerpadel (která jsou ve středoevropském klimatu bezpochyby potřebná, ale nepředstavují vlastně žádný systém využívání sluneční energie, ale systém otopný) a zájem se obrací k pasivním systémům. Avšak i v tomto směru třeba varovat před zaslepeným nadšením, neboť pasivní solární technika je v podstatě projektování

a výstavba odpovídající klimatu. Podstatné impulsy v tomto směru vyšly od mezinárodní skupiny „Building Climatology“, která byla založena v r. 1957 v rámci CIB (Conseil International du Bâtiment) a nyní funguje jako stálý výbor IFHP (International Federation for Housing and Planning).

Ve stavební fyzice a stavební klimatologii byly již dávno vypracovány zásady pro způsob výstavby odpovídající klimatu. Tyto zásady je třeba uvést plně do praxe, systematicky utřídit a podrobit analýze z hlediska dosažitelných úspor energie. U některých systémů je možno již dnes provést jejich zhodnocení; u mnoha jiných se ukazují stále ještě značné mezery ve znalostech.

Rozdělení solárních systémů

Při pokusu uspořádat mnohostranné možnosti solárních systémů se jeví jako nejvhodnější rozdělení na tři skupiny:

Pasivní systémy

Zde se používají výhradně stavební prostředky k využívání sluneční energie. Předpokládá se stavba s výbornou tepelnou ochranou s optimálními tloušťkami izolace, jinak v našem klimatu pasivní systémy neuspějí.

Opatření spočívají principiálně:

- v návrhu budov odpovídajícím požadavkům klimatu,
- ve využití oken jako slunečních kolektorů (ve spojení s přechodnými opatřeními tepelné ochrany),
- ve využití hmoty stavby jako akumulátoru energie.

Aktivní systémy

Zde se instaluje na budově nebo vedle ní zařízení se slunečními kolektory nebo absorbéry, které jsou zpravidla spojeny potrubím s bivalentním tepelným čerpadlem a akumu-

látorem tepla. Charakteristické pro tento systém je, že prakticky všechny jeho části jsou strojírenské výrobky. Stavba je zde jenom „slupkou“, není do systému nijak začleněna. Na druhé straně nemůže ale být za solární systém označeno samotné tepelné čerpadlo — jde jasně o otopný přístroj.

Hybridní systémy

Jsou jakousi smíšenou formou obou předchozích. Stavba je podstatnou složkou systému. K ní je přidáno zařízení pro oběh vzduchu nebo vody a toto médium buď obtéká nebo protéká stavebními prvky a tak přenáší energii.

Je jasné, že se kombinací prvků shora uvedených kategorií může dosáhnout mnoha variant, ale každá z nich půjde zařadit do jedné ze základních skupin.

Je až s podivem, kolik je ještě ve veřejnosti nejasností kolem solárních systémů a je proto nutné stále zdůrazňovat, že je třeba dávat přednost pasivním systémům, jak z hospodářských tak i z technických důvodů. Pokud potřebujeme v letním období také uspořít energii na klimatizaci ve velkoprostorových budovách, pak mají zde opodstatnění i hybridní systémy.

Posouzení efektivity zmíněných systémů musí spočívat na řádném průzkumu, který vychází buď z nestacionárních tepelné technických výpočtů nebo z dlouhodobých experimentálních měření. V obou případech je třeba stanovit jak vnější (meteorologické) tak i vnitřní (provozní) okrajové podmínky. Pouhá konstatování a zkušenosti nestačí a vedou často k omylům, což platí zejména pro výsledky z tzv. dynamických výpočtových modelů, jimiž se dají podle vhodné postavených okrajových podmínek „naondulovat“ prakticky jakékoliv výsledky. Je třeba také dát pozor, aby se klimatické podmínky pro určitou oblast nepoužily pro jinou.

V dalším bude pojednáno o dvou systémech, které byly dostatečně prozkoumány. Jedná se o pasivní solární systém „okno“ k úspoře energie pro vytápění v otopném období a o hybridní systém „proplachované stropy“ k úspoře energie pro klimatizaci velkoprostorových kanceláří.

Okna jako sluneční kolektory

Okna, pokud jsou po stránce stavebně-fyzikální správně dimenzována, jsou vynikajícími kolektory, které máme v podstatě zdarma. Sluneční záření, dopadající na okno, se částečně odrazí, zatímco jeho druhá část projde ihned do místnosti (primární přenos energie). Třetí část je pak absorbována sklem, které se ohřeje a toto teplo pak přejde jako sekundární zář do místnosti, zčásti ven. Primární a sekundární dodávku energie do místnosti charakterizuje součinitel celkové energetické propustnosti okna g , který je pro různá zasklení a protisluneční ochrany uveden v tabulce:

Provedení okna	g
dvojitě zasklení z čirého skla	0,65 až 0,8
trojitě zasklení z čirého skla	0,6 až 0,75
determální sklo (vnější)	0,5 až 0,65
reflexní sklo (vnější)	0,3 až 0,6
determální a reflexní sklo	0,3 až 0,55
čiré sklo — vnitřní stínění	0,3 až 0,6
— stínění mezi zaskleními	0,15 až 0,3
— vnější stínění	0,1 až 0,2

Jestliže dvojitě zasklení z čirého skla má hodnoty $g = 0,65$ až $0,8$ to znamená, že 65 až 80 % dopadající tepelné energie pronikne dovnitř. Stínící zařízení, pokud je vně oken, omezí přítok energie až na 10 %. Stínícím zařízením, spolu s volbou vhodného zasklení se dá ovládnout přítok sluneční energie v širokém rozmezí. Rozsáhlými výzkumy bylo zjištěno, jak velký je skutečný zisk tepla od slunečního záření okenními plochami, což vedlo k tzv. efektivní hodnotě k_{ef} okna, pro níž platí pro otopné období vzorec:

$$k_{ef} = k_{okna} - c \cdot g,$$

kde součin $c \cdot g$ představuje bonus v důsledku kolektorového účinku okna, přičemž konstanta c je pro severní okno $c = 1,2$, pro východní a západní $c = 1,8$ a pro jižní $c = 2,4$, takže např. jižní okno dvojitě s čirým zasklením v dřevěném rámu ($g = 0,8$) má

$$k_{ef} = 2,5 - 2,4 \cdot 0,8 = 0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

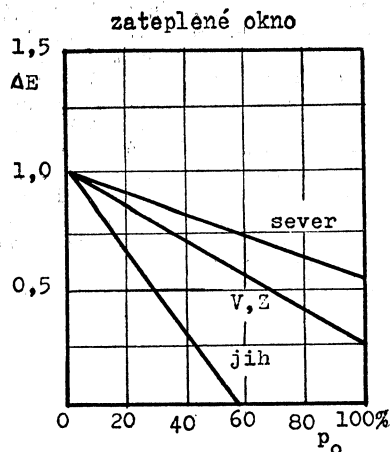
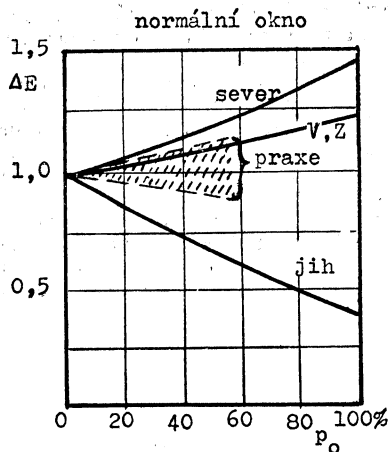
a totéž okno s vnějším reflexním sklem ($g = 0,4$) má

$$k_{ef} = 1,6 - 2,4 \cdot 0,4 = 0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}.$$

Z příkladu je patrné, že v topné sezóně se za slunečného dne projevuje jižní okno jako dobře izolovaný stavební prvek, tj. se součinitelem $k = 0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Které energetické technické přednosti mají tzv. přechodná zateplovací opatření bude dále vysvětleno. Okno s účinnou přechodnou tepelnou ochranou je výborný a nejlevnější sluneční kolektor, jak je patrné z obr. 1. Z levého diagramu je patrné, že okno v dosavadním běžném provedení orientované na sever, východ nebo západ v našich klimatických podmínkách bez přechodné tepelné ochrany přináší sice za slunného dne v zimě tepelné zisky, ale ty jsou v celodenní bilanci přehlušeny ztrátami. U oken orientovaných na jih vychází u výškové administrativní budovy se 40 % podílem okenní plochy p_0 poměrná potřebná energie pro vytápění (vztaženo na budovu bez oken), ΔE asi 0,75, tj. úspora asi 25 %.

Energetická bilance pro současné okno s dvojitým zasklením by se dala zásadně zlepšit, kdyby se tepelná ochrana okna zvýšila přechodnými zateplovacími opatřeními, a to pro relativně dlouhou noční dobu v zimě.



Obr. 1. Poměr potřebné energie pro vytápění u normálního okna a u okna se zateplovacím zařízením

Legenda: ΔE = poměr potřebné energie pro vytápění u fasády s okny k bezokenní fasádě, p_0 = podíl okenní plochy na fasádě.

V této době stejně nepotřebujeme okna pro kontakt s vnějším prostředím, takže zakrytí oken nestojí nic v cestě. Tato zakrytí, která zatím nejsou běžná, je možno umístit vně nebo uvnitř. Jak jsou veliké zisky, které je možno těmito kryty docílit, lze zjistit z diagramů. Pravý diagram znázorňuje zisky ve stejné formě jako levý a na ose pořadnic je zde opět uvedena poměrná potřebná energie pro vytápění. Diagram je založen na tom, že po noční dobu je okno opatřeno zakrytím s hodnotou $k = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ a z něho pak seznáme, že takovým přechodným zateplovacím opatřením se okna orientovaná na jakoukoliv světovou stranu stanou plochami tepelných zisků, jižní okno pak vykáže za den tak významné zisky, že je až s podivem, že se taková zateplovací opatření v praxi ještě běžně nepoužívají.

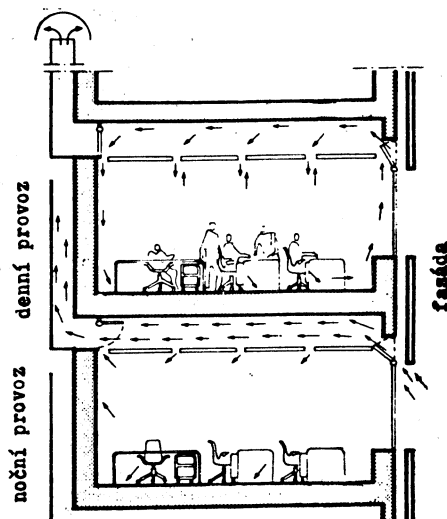
Hospodárnost takového řešení je nepochybná a v našich zeměpisných šířkách je efektivnější než tzv. aktivní solární technika. Vhodné přechodné zateplovací kryty, které je třeba vyvinout, by mohly mít formu posouvací, zasouvací nebo svinovací a umísťovat se vně oken nebo uvnitř. Zejména výhodným se jeví svisle posuvný kryt, který by byl v noci vytažen přes okno a ve dne by ve spuštěném stavu zesiloval tepelnou izolaci parapetu za otopnými tělesy.

Masivní stropy jako akumulátor tepla

Na jednom objektu administrativní budovy z ocele a betonu byl realizován hybridní systém na využití solární energie, jímž se měly podchytit vysoké tepelné zátěže v létě na základě stavebních opatření. Princip spočívá v tom, že tepelné zisky jsou od určité hodiny po celý den akumulovány a za nočního chladu, tj. v následných hodinách, se toto teplo odvádí ven pomocí vzduchotechniky.

Proto byla hmota konstrukce stropu navržena tak, aby odpor přenosu tepla byl malý.

Obr. 2 zachycuje mechanismus funkce masivních stropů. Je z něho patrné, že ve dne vzduch cirkuluje kolem všech akumulacních ploch, ale zejména je vytvořením mezistropu nucen obtékat podhled stropu. Vzestup teploty v místnosti je brzděn procesem výměny tepla a dá se kvalitativně řídit množstvím obíhajícího vzduchu. Potřebný podíl venkovního vzduchu se přivádí pootevřenou klapkou a je směrován přímo k akumulacnímu stropu, kde se ochladí a při vstupu do místnosti má nižší teplotu, než je teplota



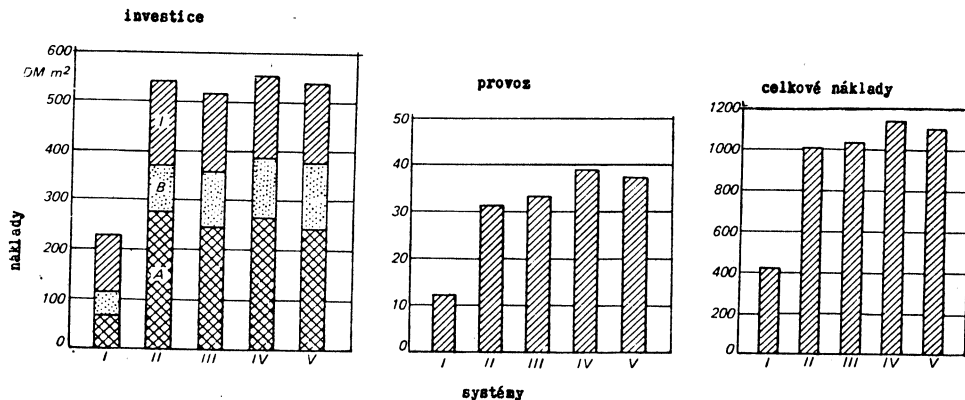
Obr. 2. Funkce hybridního systému „proplachované stropy“.

venkovního vzduchu. Na začátku nočního provozu se obě klapky plně otevřou. Chladný vzduch je pak veden podél akumulací plochy, pokud možno ve velkém množství a velkou rychlostí a pak vyveden ven. Jestliže v mezistropu proudí vzduch větší rychlostí, nasává se stěrbinami sníženého stropu i malé množství vzduchu z místnosti, které zase odnímá teplo z podlahy a vnitřních povrchů a zajišťuje pak i určitou výměnu vzduchu. Zatímco odvod tepla v noci je převážně charakterizován nucenou konvekcí v důsledku mechanického větrání, děje se přívod tepla

k akumulacím hmotám zčásti též přirozenou konvekcí a tepelným sáláním do mezistropu z osvětlovacích těles.

Hlavní akumulací hmota stropu spolu s podvěšenými systémy je z akustických důvodů obložena hlukovou izolací, ta tvoří současně tepelnou izolaci a přispívá tak za použití popsaného způsobu větrání k řešení procesů výměny tepla.

Celková spotřeba energie budovy se sledovala po 5 let. Na základě tohoto se získaly provozní náklady. Z těchto a investičních nákladů mohly být vypočteny i celkové ná-



Obr. 3. Srovnání nákladů pro pět různých systémů úpravy vzduchu v administrativní budově s velkoprostorovými kancelářemi,

klady. Srovnání těchto tří druhů nákladů na opatření k úpravě vzduchu pro zmíněný objekt administrativní budovy s velkoprostorovými kancelářemi podává obr. 3; levý diagram představuje investiční náklady (v DM na 1 m² plochy), střední diagram provozní náklady včetně obsluhy, údržby a nákladů na pohonné hmoty a pravý celkové náklady včetně odpisů a úroků. V diagramech pak sloupec I představuje řešení na principu proplachovaného stropu (políčko A — zařízení, B — stavební úpravy, I — instalace), sloupec II platí pro jednorázovou vysokotlakou klimatizaci s indukčními jednotkami (jen venkovní vzduch), sloupec III platí pro systém s proměnným objemovým průtokem (jen venkovní vzduch), sloupec IV platí pro dvoukanálový systém (s venkovním a oběhovým vzduchem) a sloupec V pro jednorázový systém (s venkovním a oběhovým vzduchem).

Protože k projektu zmíněné budovy byly připraveny i návrhy na jiné systémy úpravy vzduchu, byly podkladem k vypracování jednotlivých sloupců v diagramech. Je na první pohled patrné, že hybridní systém vyžaduje oproti ostatním jen asi 40% investičních nákladů (stavební a technické náklady), provozní náklady jsou asi třetinové a celkové

náklady představují necelou polovinu. Tím je prokázáno, že hybridní systém využívající vnitřní hmoty jako akumulátoru je vysoce ekonomický.

Závěr

Jak ukázaly výpočty i praxe, pro středoevropské klima se nejlépe hodí pasivní systémy „okno“ a hybridní systémy „proplachované stropy“. Již dnes se dají prohlásit tyto závěry:

- pasivním a hybridním systémům je třeba dát přednost,
- účelný je pasivní systém s oknem (ve stěně i ve střeše) jako slunečním kolektorem opatřeným přechodně zateplovacím krytem (pohyblivou izolací),
- účelný je hybridní systém se vzduchem jako teplotním médiem — hybridní systémy s kapalinovým médiem nebyly ještě řádně ověřeny,
- pasivní i hybridní systémy ušetří energii pro vytápění, popř. i chlazení,
- je nepřipustné nekritické přenášení principů a výsledků z různých zařízení na získávání energie na jiné oblasti klimatizace.

Kubíček

Heizung und Lüftung — Chauffage et ventilation 51 (1984), č. 2

- Die Pioniere der Theorie der Rohrströmung (Pionýři teorie proudění v potrubí) — *Weber A. P.*, 11—19.
- Waldsterben — die Heizungsbranche schaut nicht tatenlos zu (Umírání lesa — oblast vytápění nepřihlíží nečinně) — *Wysling U.*, 20—22.
- Ausgleichszuschlag für Heizkörper (Výrovnávací přídavek pro vytápěcí tělesa) — *Rickenbach B.*, 23—28.

Die Kälte und Klimatechnik 37 (1984), č. 3

- Geräuschprobleme mit Turboverdichtern (Problémy s hlukem u turbokompresorů) — *Hartmann K.*, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100.
- Interkama 83, Düsseldorf, 9.—15. 11. 1983 (Interkama 83 — mezinárodní kongres s výstavou automatizační a měřicí techniky ve dnech 9.—15. 11. 1983 v Düsseldorfu) — *Enke Ch. G.*, 106, 108, 110.

Die Kälte und Klimatechnik 37 (1984), č. 4

- Erhöhung der Effektivität von Rohrbündelverflüssigern (Zvýšení účinnosti srážníků ze svazků trubek) — *Zlatkov A. I.*, 142, 144, 146.
- Windkanäle, Klimakanäle (Aerodynamické tunely, klimatické tunely) — *Wallner H. R.*, 148, 150, 152, 154.

Sanitär- und Heizungstechnik 49 (1984), č. 1

- Bildschirmtext: Installationstips per Fernseher (Plynulý tok informací z obrazovek televizorů) — *Genath B.*, 8—12, 15.
- Bremsend wirkt der Ölpreis (Ceny olejů brzdi rozvoj olejového vytápění) — *Faninger G.*, 13—15.
- Spezialisierte Energie-Manager (V USA specializovaní manažeři pro energii) — 16 až 18, 22.
- Wider die Menschlichkeit (Rozměrové problémy v prostorách pro tělesné postižené) — *Philippen D. P.*, 19—22 pokrač.
- Holzkessel gleich Problemkessel? (Jsou kotle na dřevo problémové?) — 23—24.
- Nachrüstung thermostatischer Heizkörperventile — neue Auslegungsmethode (Nový způsob výkladu pro vybavování topných těles termostatickými ventily) — 2. díl, *Otto J.*, 27—31.
- Korrosionsursache: Hohe Strömungsgeschwindigkeit (Velká rychlost proudění příčinou koroze) — *Saunus Ch.*, 32—34.
- Düsseldorfstoffs: Sanitärobjekte nach Kundenwunsch (Firemní sdělení: individuální výroba sanitárních předmětů) — 45—46.

Sanitär- und Heizungstechnik 49 (1984), č. 2

- Wärmetauscher im Kamin (Tepelné výměníky v komíně) — *Vacek J.*, 60—63.
- Höherer Warmegewinn durch Kreisfläche (Více tepla dává kruhová plocha z trubkových kolektorů) — *Lambers J.*, 66—68.
- Zeitgesteuerte elektronische Einzelraum-Temperaturregelung (Časovaná elektronická regulace teploty v jednotlivých prostorách) — *Mayer E.*, 71—75.
- Druckverluste zur Berechnung von Wasserleitungsanlagen (3) (Tlakové ztráty pro výpočty vodovodních zařízení — díl 3.) — *Feurich H.*, 76—78.
- Membran-Ausdehnungsgefäße richtig dimensionieren (Membránové kompenzátory tlaku správně dimenzované) — *Wegwerth P.*, 79—82.
- Was verjährt erst nach 30 Jahren? (Co se promléhá po 30 letech?) — *Stohlmann F. W.*, 83—84.
- Elektrotechnik — Elektronik, 21. Teil (Elektrotechnika — elektronika, díl 21.) — *Schrowang H.*, 88—91 pokrač.
- Forschungsarbeiten und Forschungsergebnisse aus der DDR (Výzkumné práce a jejich výsledky v NDR) — 92—93.
- Kieback & Peter: Regeln und optimieren mit einem einzigen Gerät (Firem. sdělení: regulace vytápění procesory) — 110.
- Keramag: Computer-gesteuerte Keramik-Brennerei (Firemní sdělení: vypalování sanitární keramiky řídí počítač) — 116, 118.
- De Dietrich: Neue Giessereitechnik für Spezialheizkessel (Firem. sdělení: nová technologie odlévání článků topných kotlů) — 120—121.
- Wohnbaden 84 (Příloha „Koupelny a jejich vybavení 1984“) — S 1—S 134.

Stadt- und Gebäudetechnik 38 (1984), č. 2

- IX. Fernwärmetagung der Wissenschaftlichen Sektion Fernwärme in der Hauptstadt der DDR, Berlin, Kongresshalle, Alexanderplatz (IX. konference o dálkovém zásobování teplem, pořádaná vědeckou sekci Dálkové zásobování teplem v hlavním městě NDR, Berlin, kongresová hala, Alexandrovo náměstí) — *Dehnz H.*, 17—18.
- Fahrweise von Heizungssystemen in Abhängigkeit von den Wetterelementen (Provoz otopných soustav v závislosti na elementech počasí) — *Hebe W.*, *Martin D.*, 18—21.
- Wärmeerzeugungsanlagen bis 12 MW des VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung auf der Basis einheimischer Brennstoffe (Tepelná zařízení do 12 MW VEB Kombinátu TZB využívající domácí paliva) — *Knoll K.*, *Artschwager H.*, 22—23.
- Auslegung stehender Wärmeübertrager (D/WW) unter den speziellen Einsatzbedin-

gungen in Abnehmeranlagen (Popis stávajících tepelných médií podle zvláštních podmínek u odběratelů) — *Bode W.*, 23—25.
— Prinzipien der Regelung und des hydraulischen Schutzes in Druckerhöhungs- und Beimischstationen (Základní v regulaci a hydraulické ochraně zařízení na zvětšování tlaku a směšování) — *Nestke C., Sura W.*, 25—27.
— Erfahrungen zur Umstelltechnologie bei Kleindampferzeugern von Heizöl auf Braunkohlenstaub (Zkušenosti s přestavitelností malých vyvíječů páry z topného oleje na

uhelný prach) — *Gillner K. H., Müller L., Walther L., Wegener K. D., Lehmann L.*, 27—29.

— Rationelle Wärmeversorgung des komplexen Wohnungsbaues der Stadt Schwedt durch Einkopplung von Sekundärenergie in das öffentliche Fernwärmesystem (Energeticky úsporné zásobování teplem skupiny obytných domů ve S. využitím sekundární energie z veřejného dálkového rozvodu tepla) — *Scheel H., Lison E., Schummenn D., Leidger H.*, 29—32.



ztv

1

Zdravotní technika a vřduchotechnika. Ročník 28, číslo 1, 1985. Vydává český výbor komitétu pro životní prostředí ČSVTS v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd, Vodičkova 40, 112 29 Praha 1. Adresa redakce: Dvorecká 3, 147 00 Praha 4. — Tiskne Tisk, knižní výroba, n. p., 656 01 Brno, závod 1. — Vychází šestkrát ročně. Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS ÚED Brno. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS-ústřední expedice a dovoz tisku Praha, závod 01, administrace vývozu tisku, Kafkova 19, 160 000 Praha 6. Cena jednoho čísla Kčs 8,—, roční předplatné Kčs 48,—. (Tyto ceny jsou platné pouze pro Československo.) Distribution rights in the western countries: Kubon & Sagner, P.O. Box 34 01 08, D-8000 München 34, GFR.

Annual subscription: Vol. 28, 1985 (6 issues) DM 97,—.
Toto číslo vyšlo v únoru 1985.

© Academia, Praha 1985.