

# ztv

**ZDRAVOTNÍ TECHNIKA A VZDUCHOTECHNIKA**  
nositel Čestného uznání České vědeckotechnické společnosti

Ročník 24

Číslo 2

**Redakční rada:**

Doc. Ing. Dr. L. Oppl, CSc. (vedoucí redaktor) — Ing. V. Bašus (výkonný redaktor) —  
Doc. Ing. Dr. J. Cihelka — V. Fridrich, dipl. tech. — Prof. Ing. L. Hrdina — Doc. Ing.  
V. Chalupová, CSc., — Ing. arch. L. Chalupský — Doc. Ing. J. Chyský, CSc. — Ing. B. Je-  
len — Ing. L. Kubiček — Ing. Dr. M. Lázňovský — F. Máca — Doc. Ing. Dr. J. Mikula,  
CSc. — 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:	Vytápění a ohřívání užitkové vody energií slunečního zá- ření (2. část) . . . . .	65
Prom. fyz. B. Čermák, CSc.:	Použití diagramu stavových funkcí pro charakterizaci vaz- by vlhkosti s vysoušeným materiálem . . . . .	79
Ing. K. Brož, CSc., Ing. L. Haškovec:	Optimalizovaný návrh Winstonova koncentrátoru sluneční- ho záření . . . . .	89
Ing. arch. J. Vrtěl:	Poznámky k optimálnímu řešení osvětlovacích otvorů . . . . .	105
Ing. M. Drahoš:	Grafický způsob určení hlukovej zátáže . . . . .	115



**CONTENTS**

Doc. Ing. Dr. J. Cihelka:	Heating and warming-up of service water by solar energy (The 2 <sup>nd</sup> part) . . . . .	65
Prom. fyz. B. Čermák, CSc.:	Use of the state functions diagram for determination of moisture bond in a dried material . . . . .	79
Ing. K. Brož, CSc., Ing. L. Haškovec:	An optimized design of a Winston's solar radiation con- centrator . . . . .	89
Ing. arch. J. Vrtěl:	Comment on an optimum solution of lighting orifices . . . . .	105
Ing. M. Drahoš:	A graphic method of noise load calculation . . . . .	115

## СОДЕРЖАНИЕ

Доц. инж. д-р Я. Цигелка:	Отопление и обогрев производственной воды с помощью энергии солнечной радиации (2-ое продолжение) .	65
Пром. физ. Б. Чермак, к. т. н.:	Использование диаграммы функций состояния для характеризования связи влажности с высушиваемым материалом . . . . .	79
Инж. К. Брож, к. т. н., Инж. Л. Гашковец:	Оптимизированный проект концентратора солнечной радиации Винстона . . . . .	89
Инж. арх. Я. Вртел:	Замечания к оптимальному решению осветительных отверстий . . . . .	105
Инж. М. Драгош:	Графический способ определения шумовой нагрузки .	115



## SOMMAIRE

Doc. Ing. Dr. J. Cihelka:	Chauffage et réchauffage de l'eau utile par l'énergie du rayonnement solaire (la seconde partie) . . . . .	65
Prom. fyz. B. Čermák, CSc.:	Utilisation d'un diagramme des fonctions d'état pour la caractéristique d'une liaison de l'humidité avec le matériau séché . . . . .	79
Ing. K. Brož, CSc., Ing. L. Haškovec:	Projet optimisé d'un concentrat du rayonnement solaire d'après Winston . . . . .	89
Ing. arch. J. Vrtěl:	Observations sur la solution optimale des ouvertures d'éclairage . . . . .	105
Ing. M. Drahoš:	Mode graphique de la détermination d'une charge de bruit . . . . .	115



## INHALT

Doz. Ing. Dr. J. Cihelka:	Heizung und Gebrauchswassererwärmung mittels der Sonnenstrahlungsenergie (zweites Teil) . . . . .	65
Prom. Phys. B. Čermák, CSc.:	Anwendung eines Diagramms der Zustandsfunktionen für die Charakterisierung einer Bindung der Feuchtigkeit mit dem ausgetrockneten Material . . . . .	79
Ing. K. Brož, CSc., Ing. L. Haškovec:	Optimierungsentwurf eines Sonnenstrahlungskonzentrats nach Winston . . . . .	89
Ing. arch. J. Vrtěl:	Bemerkungen zur Optimallösung der Beleuchtungsöffnungen . . . . .	105
Ing. M. Drahoš:	Graphische Bestimmungsmethode einer Geräuschbelastung	115

## VYTÁPĚNÍ BUDOV A OHŘÍVÁNÍ UŽITKOVÉ VODY ENERGIÍ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ (2. část)

Doc. Ing. Dr. JAROMÍR CIHELKA

Fakulta strojní ČVUT — Praha

V článku je popsán způsob výpočtu slunečních vytápěcích systémů vhodných pro použití v ČSSR.

Recenzoval: Doc. Ing. Dr. Julius Mikula, CSc.

Ve Zdravotní technice a vzduchotechnice č. 2, ročníku 1978 byla otištěna 1. část příspěvku o vytápění a ohřívání užitkové vody energií slunečního záření, ve které byl popsán výpočet intenzity slunečního záření, energie dopadající na sluneční kolektory a energie zachycené kolektory a dále byly zhodnoceny možnosti využití energie slunečního záření v podmínkách ČSSR.

Přesto, že ohlášená 2. část příspěvku vychází až nyní s dlouhým časovým odstupem, je možno podle původního záměru navázat na úvodní část a pokračovat popisem výpočtu slunečních vytápěcích systémů.

### 1. ÚVOD K VÝPOČTU SLUNEČNÍCH VYTÁPĚCÍCH SYSTÉMŮ

Výpočtem slunečních vytápěcích systémů se rozumí především výpočet plochy kolektorů, které slouží k zachycení dopadajícího slunečního záření a k přeměně energie tohoto záření na teplo. Výpočet dalších prvků zařízení, např. potrubní sítě, oběhového čerpadla, výměníku tepla a akumulátoru tepla, je v podstatě stejný jako u klasických vytápěcích systémů s kapalným teplonosným médiem, a proto není nutné jej zde uvádět.

Výpočet plochy slunečních kolektorů vychází z množství energie  $Q_K$  zachycené plochou kolektoru v dané době, a to pak závisí na množství energie  $Q_S$  dopadající na kolektor a na účinnosti kolektoru  $\eta_K$ . Mezi těmito veličinami platí vztah

$$Q_K = \eta_K \cdot Q_S. \quad (1)$$

Teoreticky možné množství dopadající energie  $Q_{S\text{teor}}$  závisí na zeměpisné šířce, na tzv. součiniteli znečištění (zakalení) atmosféry, na poloze kolektoru vzhledem ke světovým stranám a na jeho sklonu od vodorovné roviny, a samozřejmě je také proměnné s roční a denní dobou. Pro potřeby praktického výpočtu se zpravidla udává teoreticky možné množství energie dopadající na  $1\text{ m}^2$  plochy kolektoru za tzv. průměrný den v měsíci  $Q_{S\text{den teor}}$  ve  $\text{Wh/m}^2$  nebo v  $\text{kWh/m}^2$  (viz 1. část).

Slunce ovšem nesvítí každý den a po celou dobu, kdy je nad obzorem, ale jen, v době, kdy obloha není zakryta mraky. Podle stupně a trvání oblačnosti je pak skutečná doba slunečního svitu  $\eta_{\text{skut}}$ , kratší než je teoretická (astronomická) doba  $\tau_{\text{teor}}$ . Podle meteorologických pozorování je zpravidla známa poměrná doba slunečního svitu  $\tau_{\text{skut}}/\tau_{\text{teor}}$ , jako průměrná hodnota pro celý měsíc.

Energie dopadající na kolektor  $Q_S$  se zčásti kolektorem zachytí (to je energie  $Q_K$ ) a z části se odvádí do okolí. Poměrem  $Q_K/Q_S$  je dána účinnost kolektoru  $\eta_K$ , která obecně závisí na konstrukci kolektoru (na optické propustnosti krycích skel, na

pohltivosti absorpční plochy a na tepelné izolaci přední i zadní strany kolektoru), na intenzitě slunečního záření  $q_s$  [ $W/m^2$ ] a na rozdílu mezi teplotou kolektoru (kapaliny ohříváné v kolektoru)  $t_K$  a teplotou okolí  $t_V$ . Protože veličiny  $q_s$  a  $t_V$  jsou časově proměnlivé, mění se s časem i účinnost kolektoru  $\eta_K$ . S tím je nutno počítat při výpočtu energie zachycené kolektorem  $Q_K = \eta_K \cdot Q_S$ .

## 2. PODKLADY PRO VÝPOČET

### Energie dopadající na kolektor

Teoreticky možné množství energie  $Q_S$  den teor. [ $kWh/m^2$ ], které na  $50^\circ$  severní šířky a při součiniteli znečištění atmosféry  $Z = 3$  dopadá ve slunečných dnech na plochu  $1 m^2$ , je pro kolektory orientované na jih (J) a skloněné pod různým úhlem  $\alpha$  od vodorovné roviny uvedeno v tab. 1. Největších hodnot dosahuje  $Q_S$  den teor, při

Tabulka 1. Teoreticky možné množství energie slunečního záření dopadající za den na různě skloněné plochy orientované na jih (J); platí pro  $50^\circ$  severní šířky a pro součinitel znečištění atmosféry  $Z = 3$

Úhel sklonu oslněné plochy od vodorovné roviny $\alpha$	Teoreticky možné množství energie dopadající za den na oslněnou plochu v jednotlivých měsících $Q_{S \text{ den teor.}}$ [ $kWh/m^2$ ]						
	XII	I XI	II X	III IX	IV VIII	V VII	VI
$0^\circ$	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
$15^\circ$	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
$30^\circ$	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
$45^\circ$	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
$60^\circ$	3,00	3,71	5,26	6,44	7,41	8,09	8,48
$90^\circ$	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

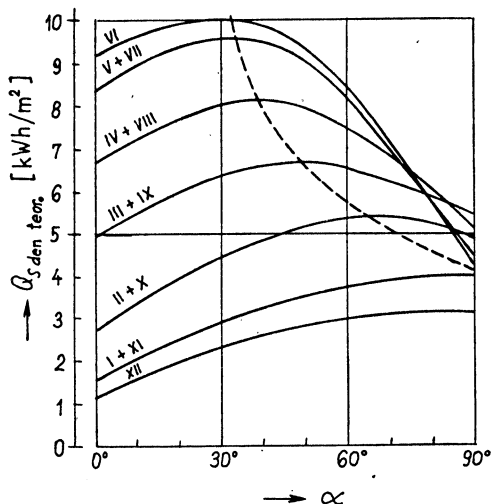
vodorovné a šikmé poloze kolektoru v červnu (maximální hodnota je  $9,98 kWh/m^2$  pro sklon  $\alpha = 30^\circ$ ), kdežto v zimních měsících (v listopadu až lednu) dosahuje hodnot podstatně menších (minimum je v prosinci).

Poměr mezi maximální hodnotou  $Q_S$  den teor. v červnu (VI) a minimální hodnotou v prosinci (XII) je tím větší, čím menší je úhel sklonu  $\alpha$ . Pro kolektor se sklonem

$$\begin{aligned} \alpha = 0^\circ \text{ (vodorovná poloha)} & \text{ je } Q_{VI}/Q_{XII} = 9,61/1,09 = 8,40 \\ \alpha = 15^\circ & \text{ je } Q_{VI}/Q_{XII} = 9,76/1,78 = 5,48 \\ \alpha = 30^\circ & \text{ je } Q_{VI}/Q_{XII} = 9,98/2,35 = 4,44 \\ \alpha = 60^\circ & \text{ je } Q_{VI}/Q_{XII} = 8,48/3,00 = 2,83 \end{aligned}$$

To znamená, že pro letní využití sluneční energie je výhodnější kolektor s menším úhlem sklonu  $\alpha = 15^\circ$  až  $30^\circ$ , kdežto pro zimní využití kolektor s větším úhlem sklonu  $\alpha > 60^\circ$ .

Při svislé poloze kolektoru ( $\alpha = 90^\circ$ ) má roční průběh veličiny  $Q_S$  den teor. dva vrcholy, v březnu a v září ( $5,56 kWh/m^2$ ), a minimum v prosinci ( $3,11 kWh/m^2$ ).



Obr. 1. Teoreticky možné množství energie dopadající za den  $Q_{S \text{ den teor.}}$  v závislosti na úhlu sklonu kolektoru  $\alpha$ ; platí pro  $50^\circ$  severní šířky, pro součinitel znečištění atmosféry  $Z = 3$  a pro orientaci kolektoru na jih (J).

Celoroční průběh dopadající energie  $Q_{S \text{ den teor.}}$  je v tomto případě poměrně rovnoměrný; poměr mezi maximální a minimální hodnotou je  $5,56/3,11 = 1,79$ .

Znázorní-li se průběh  $Q_{S \text{ den teor.}}$  pro různé měsíce v závislosti na úhlu sklonu  $\alpha$  (viz obr. 1), lze zjistit optimální úhel sklonu kolektoru

pro měsíce V, VI a VII	$\alpha_{\text{opt}} = 30^\circ$ až $35^\circ$
pro měsíce VIII a IV	$\alpha_{\text{opt}} = 40^\circ$
pro měsíce IX a III	$\alpha_{\text{opt}} = 50^\circ$
pro měsíce X a II	$\alpha_{\text{opt}} = 65^\circ$
pro měsíce XI, XII a I	$\alpha_{\text{opt}} = 90^\circ$

V těchto stupních by bylo možno měnit v průběhu roku sklon kolektoru tak, aby na něj dopadalo stále co největší množství energie. Orientace na jih (J) by přitom zůstávala trvale zachována, takže kolektor by se pouze otáčel kolem jedné (vodorovné) osy.

Poměrná doba slunečního svitu  $\tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}}$  v jednotlivých měsících je pro 6 měst a pro 2 vysoko položené meteorologické stanice v ČSSR uvedena v tab. 2. Z tabulky vyplývá, že zatímco v letních měsících je poměrná doba slunečního svitu 0,5 až 0,65 (v nízko položených místech), je v zimních měsících pouze 0,15 až 0,25. Některá z míst uvedených v tab. 2 mají výrazně příznivější sluneční podmínky.

Například pro Bratislavu je

v červenci (VII)	$\tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}} = 0,65$
v prosinci (XII)	$\tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}} = 0,20$

kdežto pro Prahu

v červenci (VII)	$\tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}} = 0,54$
v prosinci (XII)	$\tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}} = 0,14$

Tabulka 2. Poměrná doba slunečního svitu  $\tau_{skut.}/\tau_{teor.}$  pro některá místa v ČSSR

Měsíc	Poměrná doba slunečního svitu $\tau_{skut.}/\tau_{teor.}$							
	Praha	České Budějovice	Hradec Králové	Brno	Bratislava	Košice	Sněžka (1 602 m)	Lomnický štít (2 632 m)
I	0,20	0,17	0,18	0,17	0,24	0,25	0,32	0,37
II	0,32	0,28	0,27	0,31	0,34	0,31	0,33	0,38
III	0,42	0,36	0,40	0,38	0,45	0,42	0,36	0,41
IV	0,45	0,39	0,44	0,39	0,50	0,46	0,33	0,39
V	0,52	0,44	0,51	0,49	0,57	0,54	0,41	0,43
VI	0,54	0,46	0,51	0,53	0,60	0,54	0,38	0,40
VII	0,54	0,49	0,52	0,55	0,65	0,58	0,39	0,41
VIII	0,54	0,49	0,52	0,52	0,64	0,57	0,39	0,41
IX	0,50	0,46	0,50	0,44	0,60	0,55	0,38	0,40
X	0,35	0,33	0,31	0,35	0,45	0,44	0,29	0,32
XI	0,20	0,21	0,18	0,21	0,23	0,25	0,29	0,33
XII	0,14	0,14	0,17	0,12	0,20	0,22	0,28	0,33

Tabulka 3. Průměrné množství energie slunečního záření dopadající za měsíc v Praze a v Bratislavě na různě skloněné plochy orientované na jih (J); platí pro součinitel znečištění atmosféry  $Z = 3$

Měsíc	Průměrné množství energie dopadající za měsíc na osluněnou plochu v jednotlivých měsících $Q_{s \text{ měs.}} [\text{kWh/m}^2]$							
	v Praze				v Bratislavě			
	při úhlu sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny $\alpha$				při úhlu sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny $\alpha$			
	30°	45°	60°	90°	30°	45°	60°	90°
I	18,3	21,1	23,0	24,5	22,0	25,3	27,6	29,5
II	40,0	44,4	47,1	44,8	42,7	47,2	50,0	47,6
III	83,6	87,2	86,5	72,3	89,7	93,5	92,5	77,5
IV	107,6	108,8	100,0	70,0	119,8	120,9	111,3	77,9
V	153,5	151,9	130,4	72,5	168,9	166,5	143,0	79,3
VI	161,7	156,2	137,5	69,7	179,6	173,5	152,6	77,6
VII	159,5	157,7	135,4	75,1	192,6	189,8	163,0	90,5
VIII	133,4	134,9	124,0	86,9	158,3	159,9	147,0	103,0
IX	96,5	100,5	99,6	83,4	115,9	120,6	119,5	100,1
X	48,9	53,8	57,0	54,2	62,5	69,2	73,4	69,8
XI	17,7	20,4	22,3	23,8	20,4	23,5	25,6	27,3
XII	10,2	11,7	12,8	13,5	14,6	16,7	18,6	19,3
Celkem za rok $Q_{srok}$	1 031,0	1 048,6	975,6	690,7	1 187,0	1 206,6	1 124,1	799,4

Vysoko položená místa (např. Sněžka a Lomnický štít) mají poměrně rovnoměrnou hodnotu  $\tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}}$  po celý rok; pro Sněžku je

$$\begin{array}{ll} \text{v červnu (VI)} & \tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}} = 0,38 \\ \text{v prosinci (XII)} & \tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}} = 0,28. \end{array}$$

V letních měsících je zde však skutečná doba slunečního svitu poměrná krátká; pro Sněžku je v květnu až srpnu  $\tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}} \approx 0,4$ . Tuto nevýhodu nemůže eliminovat ani menší hodnota součinitele znečištění atmosféry  $Z < 3$ , a proto pro naše hory nejsou sluneční vytápěcí systémy výhodné (málo informovaná veřejnost se často mylně domnívá, že opak je pravdou).

Skutečné množství energie, které dopadá na povrch kolektoru za celý měsíc  $Q_S$  měs., se vypočítá ze vztahu

$$Q_S \text{ měs.} = n \frac{\tau_{\text{skut.}}}{\tau_{\text{teor.}}} Q_S \text{ den teor.}, \quad (2)$$

kde  $n$  je počet dnů v měsíci.

Pro Prahu a Bratislavu jsou hodnoty  $Q_S$  měs. uvedeny v tab. 3 pro různý sklon kolektorů orientovaných na jih (J). Z tabulky vyplývá, že za celý rok dopadá největší množství energie na kolektory skloněné pod úhlem  $\alpha = 45^\circ$ ;

$$\begin{array}{ll} \text{pro Prahu je} & Q_S \text{ rok} = \Sigma Q_S \text{ měs.} = 1\,048,6 \text{ kWh/m}^2 \\ \text{pro Bratislavu} & Q_S \text{ rok} = \Sigma Q_S \text{ měs.} = 1\,206,6 \text{ kWh/m}^2. \end{array}$$

Z toho připadá největší část energie na letní období (duben až září)

$$\begin{array}{ll} \text{pro Prahu} & Q_{\text{IV-IX}} = 810,0 \text{ kWh/m}^2 (77,2 \%) \\ \text{pro Bratislavu} & Q_{\text{IV-IX}} = 931,2 \text{ kWh/m}^2 (77,2 \%), \end{array}$$

kdežto na zimní období (říjen až březen) pouze menší část

$$\begin{array}{ll} \text{pro Prahu} & Q_{\text{X-III}} = 238,6 \text{ kWh/m}^2 (22,8 \%) \\ \text{pro Bratislavu} & Q_{\text{X-III}} = 275,4 \text{ kWh/m}^2 (22,8 \%). \end{array}$$

Pro kolektory skloněné pod úhlem  $\alpha = 15^\circ$  až  $30^\circ$  vycházejí přibližně stejné hodnoty  $Q_S$  měs. a  $Q_S$  rok jako pro kolektory skloněné pod úhlem  $\alpha = 45^\circ$ . Pro zimní období by byl výhodnější úhel sklonu  $\alpha = 60^\circ$  až  $90^\circ$ . Výhody však jsou pouze relativní ve vztahu k celkovému množství  $Q_S$  rok, které se ale s rostoucím úhlem sklonu zmenšuje (viz tab. 3). Lze tedy říci, že pro naše podmínky jsou pro celoroční využití nejvýhodnější kolektory s úhlem sklonu  $\alpha = 30^\circ$  až  $45^\circ$ .

### Účinnost kolektoru — energie zachycená kolektorem

Účinnost kolektoru lze vyjádřit vztahem

$$\eta_K = (1 - r) - \frac{(k_1 + k_2)(t_K - t_V)}{Q_S}, \quad (3)$$

kde  $r$  je poměrná reflexní schopnost krycích skel (v průměru lze počítat s  $r = 0,1$  u dokonale čistých skel a s  $r = 0,15$  až  $0,2$  u mírně znečištěných skel),

$k_1$  — součinitel prostupu tepla na přední straně kolektoru (na straně se skly),

$k_2$  — součinitel prostupu tepla na zadní straně kolektoru (na straně s tepelnou izolací),

$t_K$  — teplota kolektoru (kapaliny proudící kolektorem),

$t_V$  — teplota okolí (okolního vzduchu),

$q_s$  — měrný tepelný tok dopadající na povrch kolektoru (intenzita dopadajícího slunečního záření).

Pro kolektor se dvěma krycími skly lze počítat s průměrnou hodnotou  $k_1 + k_2 = 4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  a pro kolektor s jedním krycím sklem s  $k_1 + k_2 = 6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Dosadí-li se dále do rovnice (3) za  $r$  průměrná provozní hodnota  $r = 0,15$ , je pro kolektor se dvěma krycími skly

$$\eta_K = 0,85 - 4 \frac{t_K - t_V}{q_s} \quad (3a)$$

a pro kolektor s jedním krycím sklem

$$\eta_K = 0,85 - 6 \frac{t_K - t_V}{q_s}, \quad (3b)$$

Tabulka 4. Průměrná teplota v době slunečního svitu

Měsíc	Průměrná teplota v době slunečního svitu $t_V$ [°C]							
	Praha	České Budějovice	Hradec Králové	Brno	Bratislava	Košice	Sněžka (1 602 m)	Lomnický štít (2 632 m)
I	2,2	1,7	1,6	1,7	2,1	0,1	-3,6	-6,9
II	3,4	2,4	2,4	2,8	3,6	1,7	-3,6	-7,5
III	6,5	6,2	6,0	7,0	8,5	6,6	-1,7	-5,8
IV	12,1	10,7	10,7	12,0	13,4	12,1	1,7	-2,2
V	16,6	15,8	15,9	17,2	18,5	16,3	6,6	2,4
VI	20,6	18,6	18,9	20,2	21,6	20,5	9,6	5,1
VII	22,5	20,8	20,7	22,1	23,5	22,4	11,6	7,1
VIII	22,6	20,6	20,8	21,8	23,6	22,2	11,9	8,0
IX	19,4	17,4	18,0	18,5	20,5	18,7	9,7	5,7
X	13,8	12,1	12,7	13,1	14,7	13,1	5,5	2,3
XI	7,3	6,9	7,2	7,7	8,5	7,3	0,9	7,2
XII	3,5	3,3	3,3	3,5	4,2	2,8	-2,0	-5,5

Tabulka 5. Střední intenzita slunečního záření  $q_s$  [W/m<sup>2</sup>] dopadající na různě skloněné plochy orientované na jih (J); platí pro 50° severní šířky a pro součinitel znečištění atmosféry  $Z = 3$

Měsíc	Střední intenzita slunečního záření $q_s$ [W/m <sup>2</sup> ] při úhlu sklonu oslněné plochy $\alpha$					
	0°	15°	30°	45°	60°	90°
XII	149	244	322	370	411	426
XI a I	199	295	379	436	476	508
X a II	291	399	477	528	560	532
IX a III	411	485	537	558	537	463
VIII a IV	495	551	587	593	545	382
VII a V	559	608	637	628	539	299
VI	595	634	648	626	551	280



Průměrná měsíční teplota vzduchu v době slunečního svitu  $t_v$  je pro 8 různých míst v ČSSR uvedena v tab. 4 a průměrná (střední) intenzita záření  $q_s$  [W/m<sup>2</sup>] dopadající na kolektor orientovaný na jih (J) v tab. 5.

S použitím hodnot  $t_v$  a  $q_s$  podle tab. 4 a 5 lze vypočítat účinnost kolektoru  $\eta_K$ . Například pro Prahu je pro kolektor orientovaný na jih (J) a skloněný pod úhlem  $\alpha = 30^\circ$  účinnost  $\eta_K$  při ohřívání teplotnosného média na teplotu  $t_K = 40^\circ\text{C}$

$$\text{v červnu} \quad \eta_K = 0,85 - 4 \frac{40 - 20,6}{648} = 0,73$$

$$\text{v prosinci} \quad \eta_K = 0,85 - 6 \frac{40 - 3,5}{322} = 0,40.$$

Pro určení účinnosti kolektoru  $\eta_K$  lze vypočítat množství energie zachycené kolektorem podle vztahu (1), tj. například množství energie zachycené za slunečný den

$$Q_K \text{ den teor.} = \eta_K \cdot Q_S \text{ den teor.},$$

za průměrný den v měsíci

$$Q_K \text{ den} = \eta_K \cdot Q_S \text{ den} = \eta_K \frac{\tau_{\text{skut.}}}{\tau_{\text{teor.}}} Q_S \text{ den teor.}$$

nebo za celý měsíc

$$Q_K \text{ měs.} = \eta_K \cdot Q_S \text{ měs.} = \eta_K \cdot n \frac{\tau_{\text{skut.}}}{\tau_{\text{teor.}}} Q_S \text{ den teor.}$$

### 3. PŘÍKLADY VÝPOČTU

Při výpočtu slunečních vytápěcích systémů jde zpravidla o tyto dva základní případy:

a) Pro danou spotřebu tepla (denní nebo měsíční) se počítá plocha kolektoru, která je schopna zachytit požadované množství energie.

b) Pro danou plochu kolektoru se sestaví tepelná bilance pro určité období (pro několik za sebou následujících měsíců nebo pro všech 12 měsíců roku) a podle toho se pak zjistí, jakou část z celkové spotřeby tepla lze získat z energie slunečního záření a jakou část je naopak nutno hradit jiným zdrojem.

Postup výpočtu v obou základních případech nejlépe objasní příklad:

**Příklad 1.** Úkolem je vypočítat celkovou plochu kolektorů pro ohřev užitkové vody v období od dubna do září. Denní spotřeba vody je 400 litrů (obsah zásobníku teplé vody je  $O = 0,4 \text{ m}^3$ ) a voda se ohřívá z teploty  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  na teplotu  $t_2 = 50^\circ\text{C}$ . Zařízení s kolektory se dvěma krycími skly je postaveno v Brně. Kolektory s úhlem sklonu  $\alpha = 30^\circ$  jsou orientovány na jih (J).

*Řešení:*

Denní spotřeba tepla pro ohřívání užitkové vody je

$$Q_s \text{ potr.} = c_w \cdot \rho_w \cdot O(t_2 - t_1) = 4200 \cdot 995,6 \cdot 0,4(50 - 10) = 66,9 \cdot 10^6 \text{ J} = 18,58 \cdot 10^3 \text{ Wh} = 18,58 \text{ kWh.}$$

V období od dubna do září jsou nejnepríznivější sluneční podmínky v září (IX), kdy podle tab. 1 je pro plochu skloněnou pod úhlem  $\alpha = 30^\circ$  teoreticky možné množství dopadající energie

$$Q_S \text{ den teor.} = 6,44 \text{ kWh/m}^2.$$

Pro Brno je podle tab. 2 v září (IX) poměrná doba slunečního svitu

$$\tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}} = 0,44,$$

takže pro průměrný den je skutečné množství dopadající energie

$$Q_{\text{S den}} = \frac{\tau_{\text{skut.}}}{\tau_{\text{teor.}}} Q_{\text{S den teor.}} = 0,44 \cdot 6,44 = 2,83 \text{ kWh/m}^2.$$

Dále je pro Brno podle tab. 4 v září (IX) průměrná teplota v době slunečního svitu

$$t_V = 18,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

a podle tab. 5 střední intenzita slunečního záření na plochu orientovanou na jih a skloněnou pod úhlem  $\alpha = 30^\circ$

$$q_S = 537 \text{ W/m}^2.$$

Podle rovnice (3a) pak je účinnost kolektoru se dvěma krycími skly

$$\eta_K = 0,85 - 4 \frac{50 - 18,5}{537} = 0,615,$$

takže podle rovnice (1) je množství energie zachycené plochou  $1 \text{ m}^2$

$$Q_{\text{K den}} = \eta_K \cdot Q_{\text{S den}} = 0,615 \cdot 2,83 = 1,75 \text{ kWh/m}^2.$$

Předpokládá-li se, že tepelné ztráty zásobníku a potrubního rozvodu budou 10 % z celkové spotřeby tepla (přirážka na ztráty  $p = 0,1$ ), musí být celková plocha kolektorů pro dané zařízení

$$S_K = \frac{(1 + p) Q_{\text{spotř.}}}{Q_{\text{K den}}} = \frac{(1 + 0,1) 18,58}{1,75} = 11,7 \text{ m}^2.$$

Takto navržené zařízení s plochou kolektorů  $S_K = 11,7 \text{ m}^2$  určenou podle průměrného množství energie dopadající v nejneprůzračnějším měsíci daného období (v září) by bylo investičně poměrně drahé. Proto se někdy navrhne zařízení s plochou kolektorů určenou podle teoreticky možného množství energie dopadající za slunečný den, tj. pro  $Q_{\text{S den teor.}} = 6,44 \text{ kWh/m}^2$ . Potom je celková plocha kolektorů

$$S_K = \frac{(1 + p) Q_{\text{spotř.}}}{\eta_K \cdot Q_{\text{S den teor.}}} = \frac{(1 + 0,1) 18,58}{0,615 \cdot 6,44} = 5,2 \text{ m}^2.$$

Zařízení s přibližně poloviční plochou kolektorů je samozřejmě lacinější, avšak v okrajových měsících daného období (především v dubnu a v září) je nutno ve dnech s větší oblačností dohřívát užitkovou vodu jiným zdrojem tepla. Tento další zdroj tepla je ovšem v každém případě nezbytný pro zimní období od října do března.

**Příklad 2.** Úkolem je sestavit tepelnou bilanci pro vytápěcí zařízení se slunečními kolektory. Pro vytápění rodinného domku, jehož maximální tepelná ztráta je  $Q_{\text{max}} = 6\,000 \text{ W}$  (při dokonalé tepelné izolaci obvodového pláště) bylo navrženo kombinované zařízení s kolektory o celkové ploše  $S_K = 20 \text{ m}^2$  a s kotlíkem na plyn. Kolektory se dvěma krycími skly jsou orientovány na jih (J) a s vodorovnou rovinou svírají úhel  $\alpha = 60^\circ$ . Zařízení je postaveno v Praze.

*Řešení:*

Nejprve je nutno sestavit přehled spotřeby tepla v jednotlivých měsících otopného období od října (X) do dubna (IV). Pro  $t_{\text{e min}} = -12 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $Q_{\text{max}} = 6\,000 \text{ W}$  platí pro Prahu:

Měsíc	Průměrná měsíční teplota $t_e$ [°C]	Rozdíl teplot $t_i - t_e$ [°C]	Průměrný měsíční tepelný výkon $Q = Q_{\max} \frac{t_i - t_e}{t_i - t_{e\min}}$ [W]	Měsíční spotřeba tepla $Q_{\text{spotř.}} = 24 \cdot 10^{-3} n \cdot Q^1$ [kWh]
X	9,4	10,6	1 990	1 480
XI	3,2	16,8	3 150	2 270
XII	-0,2	20,2	3 790	2 820
I	-1,5	21,5	4 030	3 200
II	0,0	20,0	3 750	2 520
III	3,2	16,8	3 150	2 430
IV	8,8	11,2	2 100	1 510

1) Ve vztahu pro  $Q_{\text{spotř.}}$  značí  $n$  počet dnů v měsíci.

Dále se vypočítá průměrná účinnost kolektorů v jednotlivých měsících. Přitom se předpokládá, že pro nízkoteplotní (např. podlahovou) otopnou soustavu se otopná voda v zásobníku ohřívá na teplotu

v říjnu a dubnu  $t_m = 30$  °C  
v listopadu a březnu  $t_m = 35$  °C  
v prosinci, lednu a únoru  $t_m = 40$  °C.

V kolektorech se bude nemrzoucí teplotonosná kapalina ohřívát na teplotu  $t_K$  o 5 °C vyšší než  $t_m$ , takže je

v říjnu a dubnu  $t_K = 35$  °C  
v listopadu a březnu  $t_K = 40$  °C  
v prosinci, lednu a únoru  $t_K = 45$  °C.

Přehled hodnot  $t_v$  a  $q_s$  odečtených pro daný případ z tab. 4 a 5 a dále vypočítaných hodnot účinnosti kolektoru  $\eta_K$  je uveden v následující tabulce:

Měsíc	$t_K$ [°C]	$t_v^1$ [°C]	$q_s^2$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\eta_K = 0,85 - 4 \frac{t_K - t_v}{q_s}$
X	35	13,8	560	0,70
XI	40	7,3	476	0,58
XII	45	3,5	411	0,45
I	45	2,2	476	0,48
II	45	3,4	560	0,55
III	40	6,5	537	0,60
IV	35	12,1	545	0,68

1) Platí pro Prahu (viz tab. 4).

2) Platí pro plochu orientovanou na jih (J) a skloněnou pod úhlem  $\alpha = 60^\circ$  (viz tab. 5).

V další tabulce jsou uvedeny hodnoty  $Q_{S\text{den.teor.}}$  a  $\tau_{\text{skut.}}/\tau_{\text{teor.}}$  odečtené z tab. 1 a 2, hodnoty  $Q_{S\text{més.}}$  vypočítané ze vztahu (2) a konečně hodnoty  $Q_{K\text{més.}}$  (energie zachycená plochou 1 m<sup>2</sup> kolektorů) podle vztahu (1).

Měsíc	$Q_s$ den teor. <sup>1)</sup> [kWh/m <sup>2</sup> ]	$\tau_{skut.}/\tau_{teor.}$ <sup>2)</sup>	$Q_s$ měs. <sup>3)</sup> [kWh/m <sup>2</sup> ]	$Q_K$ měs. [kWh/m <sup>2</sup> ]
X	5,26	0,35	57,0	39,9
XI	3,71	0,20	22,3	12,9
XII	3,00	0,14	12,8	5,8
I	3,71	0,20	23,0	11,0
II	5,26	0,32	47,1	25,9
III	6,44	0,42	86,5	51,9
IV	7,41	0,45	100,0	68,0

1) Platí pro plochu orientovanou na jih (J) a skloněnou pod úhlem  $\alpha = 60^\circ$  (viz tab. 1).

2) Platí pro Prahu (viz tab. 2).

3) Je také uvedeno v tab. 3.

Nakonec se vypočítá množství energie, které se zachytí kolektory o celkové ploše  $S_K = 20 \text{ m}^2$  a toto množství se porovná se spotřebou tepla pro vytápění  $Q_{spotř.}$ . Výpočet je opět uveden v tabulce:

Měsíc	Spotřeba tepla pro vytápění $Q_{spotř.}$ [kWh]	Energie zachycená kolektory $Q_K = S_K \cdot Q_K \text{ měs.}$ [kWh]	Rozdíl $Q_{spotř.} - Q_K$ [kWh]
X	1 480	799	681
XI	2 270	258	2 012
XII	2 820	116	2 704
I	3 200	220	2 980
II	2 520	518	2 002
III	2 430	1 038	1 392
IV	1 510	1 360	150
Celkem kWh	16 230	4 309	11 921
%	100	26,5	73,5

Z tabulky vyplývá, že v našich podmínkách se v daném případě získá pro vytápění pouze asi jedna čtvrtina (26,5 %) z celkové spotřeby tepla z energie slunečního záření, kdežto tři čtvrtiny energie (73,5 %) je nutno dodávat jiným zdrojem. Sluneční záření dodává energii pro vytápění především v okrajových měsících otopného období (v říjnu a pak v březnu a dubnu), kdežto v nejchladnějších měsících (v listopadu až únoru) je příspěvek slunečního záření pro vytápění zanedbatelný. Sluneční systém navržený jen pro vytápění by byl tedy velmi neekonomický.

Vhodnější je spojit systém pro vytápění se systémem pro ohřev užitkové vody a kombinovanou soustavu provozovat popřípadě jen v období od března do října. Takové zařízení může po 8 měsících v roce dodávat plný tepelný výkon pro ohřev užitkové vody a v okrajových měsících otopného období ještě vydatně pomáhat při vytápění. Další možností by pak byla dlouhodobá akumulace tepla zachyceného slunečními kolektory v letním období, kdy jsou přebytky energie získané slunečním systémem, pro využití v zimním období. Dlouhodobá akumulace tepla je však zatím velmi obtížně řešitelným problémem.

### 3. POSTUP VÝPOČTU PŘI RŮZNÉM ŘEŠENÍ SLUNEČNÍCH VYTÁPĚCÍCH SYSTÉMŮ

V našich podmínkách lze uvažovat o těchto typech slunečních vytápěcích systémů:

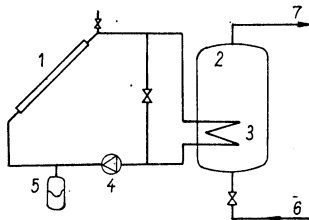
- pro sezónní (zpravidla letní) ohřev užitkové vody,
- pro celoroční ohřev užitkové vody,
- pro vytápění s krátkodobou akumulací tepla,
- pro vytápění a ohřev užitkové vody.

Do budoucnosti pak je také možno počítat se slunečními systémy s dlouhodobou akumulací tepla.

V prvním případě (a) se zpravidla navrhuje jednoduché zařízení pouze se slunečními kolektory (bez dalšího zdroje tepla). Toto jednoduché zařízení se nejčastěji uplatňuje pro ohřívání vody v bazénech a dále pro ohřev užitkové vody v rekreačních objektech s pouze letním provozem. V ostatních případech (b, c, d) je nutný kombinovaný systém s dalším zdrojem tepla. Tímto dalším zdrojem tepla je zpravidla kotel (ohřívák) na plyn, kapalné palivo nebo elektřinu (v tomto případě jde o tzv. bivalentní systém). Vedle kotle může být paralelně zařazeno ještě tepelné čerpadlo, které přejímá funkci kotle v době, kdy stačí dohřívát vodu předehřátou slunečními kolektory jen o malý teplotní rozdíl, např. v okrajových měsících otopného období (v tomto případě jde o tzv. trivalentní systém).

#### a) Zařízení pro sezónní ohřev užitkové vody

Schéma zařízení je na *obr. 2*. Jednoduchý systém jen se slunečními kolektory může v našich podmínkách sloužit k ohřívání užitkové vody v období od dubna do září (výjimečně od března do října). Při výpočtu se postupuje jako v příkladu 1 z kap. 3.



Obr. 2. Schéma jednoduchého zařízení pro sezónní ohřev užitkové vody (1 — kolektor, 2 — zásobník teplé užitkové vody, 3 — výměník tepla, 4 — oběhové čerpadlo, 5 — expanzní nádobka, 6 — přívod chladné vody, 7 — vývod teplé vody)

Nejprve se vypočítá denní spotřeba tepla  $Q_{\text{spotř.}}$  pro ohřev užitkové vody<sup>1)</sup> a potom se počítá plocha kolektorů  $S_K$  pro nejneprůzračnější okrajový měsíc daného období (např. pro duben nebo pro září). Ve vztahu

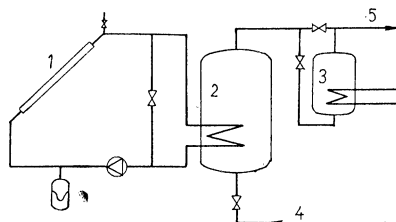
$$S_K = \frac{Q_{\text{spotř.}}}{Q_K}$$

<sup>1)</sup> Spotřeba tepla  $Q_{\text{spotř.}}$  je buď konstantní (např. při ohřevu vody v zásobníku), nebo proměnlivá (např. při ohřevu vody v otevřeném bazénu).

se počítá s energií zachycenou kolektory za průměrný den v měsíci  $Q_{K \text{ den}}$  nebo za slunečný den  $Q_{K \text{ den teor.}}$ . V prvním případě (při výpočtu s  $Q_{K \text{ den}}$ ) vychází přibližně dvojnásobná plocha kolektorů a zařízení je tedy investičně dražší. Doplní-li se však toto zařízení s větší plochou kolektorů také zásobníkem teplé vody o větším obsahu než odpovídá denní spotřebě TUV (vhodné je použít dvou nebo více paralelně řazených zásobníků), zajistí se více než jednodenní akumulace teplé vody, a tím se zvětší provozní jistota pro případ, že některý den nesvítí slunce.

### b) Zařízení pro celoroční ohřev užitkové vody

Schéma zařízení je na *obr. 3*. Pro celoroční ohřev TUV je nutno v našich podmínkách doplnit sluneční systém s kolektory ještě dalším zdrojem tepla. Jde tedy o kombinované (bivalentní) zařízení.



Obr. 3. Schéma zařízení pro celoroční ohřev užitkové vody (1 — kolektor, 2 — zásobník teplé užitkové vody s výměníkem tepla, 3 — přidavný ohřívák užitkové vody, 4 — přívod chladné vody, 5 — vývod teplé vody)

V tomto případě se plocha kolektorů  $S_K$  buď předem zvolí (počítá se s 1 m<sup>2</sup> kolektorů pro ohřátí 50 až 60 litrů vody denně na teplotu 50 až 60 °C), nebo se vypočítá způsobem podle příkladu 1 pro nejnejpříznivější okrajový měsíc letního období (zpravidla pro duben nebo pro září).

Pro známou plochu kolektorů  $S_K$  se pak způsobem podle příkladu 2 sestaví celoroční tepelná bilance, ze které vyplyne, jaká část energie se získá slunečním systémem a naopak jaká část připadá na klasický zdroj tepla.

Klasický zdroj tepla je nutno dimenzovat na plný tepelný výkon odpovídající spotřebě tepla pro ohřev TUV.

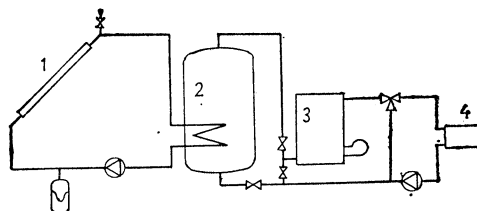
### c) Zařízení pro vytápění s krátkodobou akumulací tepla

Schéma zařízení je na *obr. 4*. Jde o kombinované zařízení s doplňkovým zdrojem tepla (bivalentní nebo trivalentní systém).

Tepelný výkon klasického zdroje tepla se určí podle maximální potřeby tepla pro vytápění, tj. podle maximální tepelné ztráty vytápěného objektu vypočítané podle ČSN 06 0210.

Pro výpočet slunečního systému se zpravidla předem zvolí plocha kolektorů podle dispozičních možností stavby. Nejčastěji se počítá s plochou  $S_K = 10$  až 20 m<sup>2</sup> pro jeden byt nebo rodinný domek.

Potom se sestaví celoroční tepelná bilance (viz příklad 2 z kap. 3), z níž vyplývá, jaká část tepla se získá ze slunečního systému a naopak jakou část tepla je nutno hradit klasickým zdrojem.



Obr. 4. Schéma zařízení pro vytápění s krátkodobou akumulací tepla (1 — kolektor, 2 — zásobník otopné vody s výměníkem tepla, 3 — kotel, 4 — otopná soustava)

Objem zásobníku otopné vody ohříváné slunečním systémem se určí zpravidla pro jednodenní akumulaci tepla pro vytápění. Aby teplota kapaliny ohříváné kolektory byla co nejnižší a tím účinnost kolektorů co nejvyšší, je vhodné volit pro vytápění nízkoteplotní systém, např. podlahové vytápění nebo teplovzdušné vytápění. V tomto případě je pak možno počítat s teplotou otopné vody

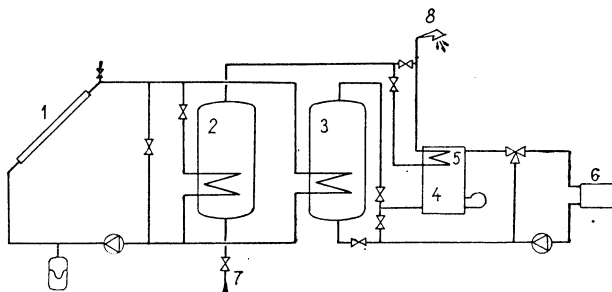
v říjnu a dubnu	$t_m = 30\text{ °C}$
v listopadu a březnu	$t_m = 35\text{ °C}$
v prosinci, lednu a únoru	$t_m = 40\text{ °C}$

Teplota teplonosné kapaliny ohříváné v kolektorech  $t_K$  by pak měla být asi o  $5\text{ °C}$  vyšší než teplota otopné vody  $t_m$ .

#### d) Zařízení pro vytápění a ohřev užitkové vody

Schéma zařízení je na obr. 5. Jde o kombinované (bivalentní nebo trivalentní) zařízení, které vznikne spojením případů b) a c).

Pro sluneční systém se zpravidla předem volí celková plocha kolektorů  $S_K$  podle



Obr. 5. Schéma kombinovaného zařízení pro vytápění a pro ohřev užitkové vody (1 — kolektor, 2 — zásobník teplé užitkové vody s výměníkem tepla, 3 — zásobník otopné vody s výměníkem tepla, 4 — kotel, 5 — přidavný ohřívák užitkové vody, 6 — otopná soustava, 7 — přívod chladné užitkové vody, 8 — vývod teplé užitkové vody)

dispozičních možností stavby. Obvykle se volí  $S_K = 15$  až  $25\text{ m}^2$  pro jeden byt nebo rodinný domek.

Potom se sestaví celoroční tepelná bilance spotřeby tepla pro vytápění a ohřev užitkové vody a tepla zachyceného kolektory v jednotlivých měsících roku. V období od května do září se přitom počítá jen se spotřebou tepla pro ohřev TUV, v období od října do dubna se spotřebou tepla pro vytápění i pro ohřev TUV.

## 5. SOUHRN

V článku jsou v přehledu vhodném pro praktické použití uvedeny všechny potřebné podklady pro výpočet slunečních vytápěcích systémů. Pro 50° severní šířky a pro součinitel znečištění atmosféry  $Z = 3$  (platí pro krajinu bez větších průmyslových exhalací) jsou v tabulkách uvedeny průměrné denní intenzity slunečního záření  $q_s$  [ $W/m^2$ ] (viz. tab. 5), hodnoty teoreticky možné energie  $Q_s$  den teor. [ $kWh/m^2$ ] dopadající za den na plochy orientované na jih (J) a různě skloněné od vodorovné roviny (viz tab. 1) a dále hodnoty poměrné doby slunečního svitu  $\tau_{skut.}/\tau_{teor.}$  (viz tab. 2) a průměrné měsíční teploty v době slunečního svitu  $t_v$  [ $^{\circ}C$ ] (viz tab. 4) pro 8 míst v ČSSR. S pomocí těchto hodnot lze vypočítat energii dopadající v jednotlivých měsících na kolektory  $Q_s$  [ $kWh/m^2$ ] a při dané konstrukci kolektorů také jejich účinnost  $\eta_K$  v průběhu celého roku.

S pomocí hodnot energie dopadající na kolektory  $Q_s$  a hodnot účinnosti  $\eta_K$  lze dále vypočítat energii zachycenou kolektory  $Q_K$  [ $kWh/m^2$ ]. Tato posledně jmenovaná veličina je potom výchozí veličinou pro další výpočet slunečních vytápěcích systémů. Postup výpočtu je podrobně popsán v příkladech pro dva základní případy:

- a) pro výpočet celkové plochy kolektorů,
- b) pro sestavení tepelné bilance slunečního systému za dané období.

Nakonec je pro 4 alternativy slunečních systémů vhodné pro podmínky v ČSSR podán stručný návod na postup výpočtu.

## LITERATURA

- [1] Cihelka, J.: Vytápění budov a ohřívání užitkové vody energií slunečního záření (1. část). ZTV 21 (1978), č. 2, s. 71—91
- [2] Cihelka, J.: Energie slunečního záření dopadající na ploché kolektory v místech na 50° severní šířky. ZTV 21 (1978), č. 6, s. 337—342
- [3] Cihelka, J.: Možnosti technického využití slunečního záření v podmínkách ČSSR. Pozemní stavby 27 (1979), č. 6, s. 273—279
- [4] Zařízení pro využití sluneční energie k ohřevu vody. Publikace Okresního podniku služeb, Kroměříž 1979
- [5] Grallert, H.: Solarthermische Heizungssysteme. R. Oldenbourg, München—Wien 1978

## ОТОПЛЕНИЕ И ОБОГРЕВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ (2-ОЕ ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Доц. Инж. д-р Яромир Цигелка

В статье описывается способ расчета солнечных систем отопления, удобных для использования в ЧССР.

## HEATING AND WARMING-UP OF SERVICE WATER BY SOLAR ENERGY (THE 2<sup>nd</sup> PART)

Doc. Ing. Dr. Jaromír Cihelka

In the article calculation method of solar energy heating systems suited for Czechoslovakia is described there.

## HEIZUNG UND DIE GEBRAUCHSWASSERERWÄRMUNG MITTELS DER SONNENSTRAHLUNGSENERGIE (ZWEITES TEIL)

Doz. Ing. Dr. Jaromír Cihelka

Im Artikel beschreibt man ein Berechnungsverfahren der für die Anwendung in der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik passenden Sonnenheizungssysteme.



# POUŽITÍ DIAGRAMU STAVOVÝCH FUNKCÍ PRO CHARAKTERIZACI VAZBY VLHKOSTI S VYSOUŠENÝM MATERIÁLEM

Prom. fys. B. ČERMÁK, CSc.  
SVÚSS, Praha 9-Běchovice

Autor vyjadřuje vazbu vlhkosti v materiálech pomocí termodynamických stavových funkcí (entropie, entalpie a Gibbsovy funkce) a jejich parciálními měrnými veličinami. Příslušné hodnoty se určují experimentálně. Byl navržen diagram stavových funkcí vázané vlhkosti, jenž umožňuje sledování charakteru vazby vlhkosti v materiálu při sušení. Pro každý materiál je charakteristická křivka, odpovídající izotermickým změnám vlhkosti. Křivka lze použít pro hodnocení materiálů z hlediska sušení a pro volbu vhodného sušárenského zařízení.

Recenzoval: Doc. Ing. Jaroslav Chyský, CSc.

## 1. ÚVOD

Při sušení dochází k uvolňování vlhkosti vázané v materiálech a k jejímu transportu na povrch materiálu a odtud do sušicího prostředí. Průběh sušení je tedy do značné míry ovlivněn charakterem vazby vlhkosti s materiálem. Znalost charakteru vazby vlhkosti s materiálem je jedním z východních podkladů pro racionální volbu vhodného způsobu sušení a typu sušárenského zařízení.

Rozborem charakteru vazby vlhkosti s materiálem se v teorii sušení zabývala řada autorů [L1, 2, 3, 4, 5]. Navržené klasifikace typů vazeb však postrádaly termodynamickou interpretaci a neumožňovaly stanovit měřítko pro objektivní hodnocení vazby vlhkosti z hlediska sušení.

Způsoby hodnocení vazby vlhkosti s materiálem jako vazby sorbatu na sorbentu uváděné ve fyzikální chemii [L6, 7, 8, 9] mají pevný termodynamický základ, jsou však vázány pouze na jednotlivé experimentální metody a z hlediska potřeb praxe nejsou dostatečně komplexní.

Nedostatek exaktních údajů se projevuje výrazně při komplexním rozboru soustav vlhký materiál — sušící prostředí (vlhký vzduch), a to zejména v porovnání s termodynamickým popisem sušicího prostředí (vlhkého vzduchu), který je zpracován v ucelené formě [L10] včetně praktických tabulek a diagramů [L11].

## 2. TERMODYNAMICKÝ POPIS VLHKÉHO MATERIÁLU

### Fyzikální model

Z hlediska sušení představují vlhké materiály heterogenní směs dvou složek sušiny materiálu a vlhkosti.<sup>1)</sup> Na rozdíl od homogenní směsi, jakou je např. vlhký vzduch, není v objemu vlhkého materiálu prostorové rozložení obou složek spojitě. V objemu vysoušeného materiálu lze vždy rozlišit ostře vyme-

<sup>1)</sup> Materiály, které s vlhkostí chemicky reagují nebo tvoří roztok nejsou předmětem rozboru.

zenou oblast zaplněnou pouze sušinou. Zbývající objem je obecně zaplněn částečně vlhkostí a částečně inertním plynem, který však z hlediska dalšího rozboru lze přiřadit k okolnímu sušicímu prostředí.

Mezi vlhkostí a sušinou dochází k vzájemné vazbě — interakci. Tato interakce je vyvolána povrchovými silami molekulární povahy, jejichž účinek se vzdáleností od rozhraní složek rychle slábne.

V objemu vlhkého materiálu lze vybrat dostatečně vlhký objemový element pro něž lze stanovit střední integrální hodnoty teploty  $T$ , tlaku  $P$ , koncentrace vlhkosti a dalších termodynamických makroskopických veličin. Přitom koncentrace a ostatní veličiny vztažené na jednotku hmotnosti jsou vzhledem k nestechiometričnosti poměrů materiálů technické praxe vyjadřovány převážně jako veličiny měrné, nikoliv molární. V technice sušení [L13, 14] se nejčastěji užívá pro označení koncentrace vlhkosti

měrná vlhkost $u$ [ $\text{kg kg}^{-1}$ ]	— hmotnost vlhkosti je vztažena na hmotnost sušiny
vlhkostní podíl $\omega$ [ $\text{kg kg}^{-1}$ ]	— hmotnost vlhkosti je vztažena na hmotnost vlhkého materiálu

Koncentrace a vzájemná vazba složek určují spolu s teplotou a tlakem stav směsi, tzn., že stav vlhkého materiálu je dán např. měrnou vlhkostí  $u$ , teplotou  $T$ , tlakem  $p$  a vazbou vlhkosti s materiálem.

### Stavové funkce

Termodynamicky je stav směsi — vlhkého materiálu zobrazen stavovými funkcemi. Z hlediska sdílení tepla a vlhkosti při stálém (atmosférickém) tlaku jsou charakteristické stavové funkce

entalpie	$H$ [ $\text{J kg}^{-1}$ ],
entropie	$S$ [ $\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ],
Gibbsova funkce	$G$ [ $\text{J kg}^{-1}$ ]

a intenzivní veličiny z nich odvozené [L15].

Při procesu sušení dochází především k přenosu vlhkosti. Proto je vhodné pro popis stavu vlhkého materiálu a vazby mezi vlhkostí a sušinou materiálu použít parciální měrné veličiny vlhkosti (index  $W$ ). Tyto veličiny vyjadřují změnu příslušné extenzivní veličiny vyvolanou jednotkovou změnou hmotnosti vlhkosti  $m_w$  v systému vlhkého materiálu při stálé teplotě  $T$  a stálém tlaku  $p$ .

Za základní lze považovat následující veličiny [L12]:  
chemický potenciál vlhkosti, dále již jen potenciál vlhkosti

$$\mu_w = \left[ \frac{\partial G}{\partial m_w} \right]_{T,P} \quad [\text{J kg}^{-1}], \quad (1)$$

měrnou entalpii vlhkosti

$$h_w = \left[ \frac{\partial H}{\partial m_w} \right]_{T,P} \quad (\text{J kg}^{-1}), \quad (2)$$

a měrnou entropii vlhkosti

$$s_w = \left[ \frac{\partial S}{\partial m_w} \right]_{T,P} \quad [\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}]. \quad (3)$$

## Hodnoty stavových funkcí vlhkosti v závislosti na teplotě, tlaku a koncentraci vlhkosti

U ideálních směsí lze hodnoty parciálních měrných vlhkostních veličin definovaných vztahy (1) až (3) stanovit výpočtem z hodnot teploty, tlaku a koncentrace vlhkosti. V případě vlhkého vzduchu lze koncentraci vlhkosti nahradit relativní vlhkostí  $\varphi$  [—] a vlhkostní veličiny definované vztahy (1) a (3) lze vypočítat pomocí vztahů [L16]:

$$\mu_w = \mu_{w0} + r_w T \ln \varphi \quad (4)$$

$$s_w = s_{w0} - r_w \ln \varphi \quad (5)$$

$$h_w = h_{w0}, \quad (6)$$

kde index  $w_0$  označuje veličiny odpovídající vlhkosti v kapalně fázi při teplotě  $T$  a tlaku  $p$  a  $r_w \doteq 462 \text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$  je plynová konstanta vlhkosti.

Pro vlhký materiál, který představuje reálnou směs [L2] lze veličiny definované vztahy (1) až (3) vyjádřit ve tvaru

$$\mu_w = \mu_{w0} + \mu_w^{\text{MR}} \quad (7)$$

$$h_w = h_{w0} + h_w^{\text{MR}} \quad (8)$$

$$s_w = s_{w0} + s_w^{\text{MR}} \quad (9)$$

kde index  $\text{MR}$  označuje příspěvek vyplývající z reálného míchání složek, tj. míchání se vzájemnou vazbou vlhkosti a materiálu [L2]. Veličiny  $\mu_w^{\text{MR}}$ ,  $h_w^{\text{MR}}$ ,  $s_w^{\text{MR}}$  lze označit jako stavové funkce vázané vlhkosti. Jejich hodnoty v závislosti na teplotě  $T$ , tlaku  $p$  a měrné vlhkosti  $u$  lze stanovit na základě experimentu.

Lze však předpokládat, že u stavových funkcí vázané vlhkosti bude z hlediska sušení nejvýraznější závislost na měrné vlhkosti  $u$ , která se mění většinou v rozmezí jednoho a více řádů, zatímco relativní změny teploty materiálu  $T$  jsou vesměs pouze 10 až 20 %. Závislost na tlaku  $p$  je při běžných podmínkách  $p < 1 \text{ MPa}$  zanedbatelná [L12]. Absolutní hodnoty uvedených měrných veličin  $h_w^{\text{MR}}$ ,  $s_w^{\text{MR}}$ ,  $\mu_w^{\text{MR}}$  budou úměrné měrnému povrchu sušiny materiálu, neboť k vazbě vlhkosti dochází podle předpokladu právě na rozhraní sušina materiálu — vlhkost.

Mezi uvedenými veličinami platí obecné vztahy [L15]

$$\mu_w = h_w - T s_w, \quad \mu_w^{\text{MR}} = h_w^{\text{MR}} - T s_w^{\text{MR}}, \quad (10)$$

$$h_w = -T^2 \frac{\partial \left( \frac{\mu_w}{T} \right)}{\partial T}, \quad h_w^{\text{MR}} = -T^2 \frac{\partial \left( \frac{\mu_w^{\text{MR}}}{T} \right)}{\partial T}, \quad (11)$$

$$s_w = -\frac{\partial \mu_w}{\partial T}, \quad s_w^{\text{MR}} = -\frac{\partial \mu_w^{\text{MR}}}{\partial T}. \quad (12)$$

## Hodnocení vazby vlhkosti pomocí stavových funkcí

Pro charakterizaci vazby vlhkosti s materiálem z hlediska sušení mají jednotlivé veličiny následující význam:

$\mu_w^{MR}$  představuje izotermicko-izobarický potenciál přenosu vlhkosti, z čehož vyplývá, že funkce  $\mu_w^{MR}(u)_{T,p}$  je neklesající [L16],

$h_w^{MR}$  je tepelný efekt vazby vlhkosti s materiálem a v energetické bilanci procesu sušení vystupuje v součtu s výparným teplem vlhkosti,

$s_w^{MR}$  vyjadřuje změny uspořádanosti a pohyblivosti molekul a částic vlhkosti a materiálu při sušení.

Za účelem hodnocení charakteru vazby vlhkosti v materiálu byly stanoveny modely resp. teoretické stavy vlhkého materiálu a jim odpovídající mezní hodnoty stavových funkcí vázané vlhkosti uvedené pro teplotu  $T \doteq 298$  K a tlak  $p \doteq 10^5$  Pa (tab. 1).

Tabulka 1. Vybrané mezní hodnoty stavových funkcí vázané vlhkosti pro  $T \doteq 298$  K a  $p \doteq 10^5$  Pa

Stavová funkce a její hodnota	Model, resp. stav vlhkého materiálu
$\mu_w^{MR} = 0$ kJ/kg	limitní stav materiálu dokonale nasyceného vlhkostí
$\mu_w^{MR} = -1$ kJ/kg	stav dosažitelný mechanickými způsoby odstraňování vlhkosti
$\mu_w^{MR} = -95$ kJ/kg	stav dosažitelný přirozeným sušením při $T = 298$ K a relativní vlhkosti vzduchu $\varphi = 0,6$
$\mu_w^{MR} = -756$ kJ/kg	stav materiálu vysoušeného v peci při $T = 378$ K
$s_w^{MR} = 0$ kJ/kgK	inertní materiál s čistou vlhkostí v kapalně fázi
$s_w^{MR} = -1,11$ kJ/kgK	inertní materiál s čistou vlhkostí v tuhé fázi
$h_w^{MR} = 0$ kJ/kg	ideální směs vlhkosti a materiálu
$h_w^{MR} = -137,6$ kJ/kg	entalpický rozdíl mezi diferenciálním sorpčním teplem při stálém tlaku a při stálém objemu [L 8]
$h_w^{MR} = -1\ 090$ kJ/kg	praktická mez entalpických změn vyplývající z definice sušení podle [L 14]

Uvedenými hodnotami vymezené oblasti mají následující význam:

$h_w^{MR} > 0$  kJ/kg odpovídá materiálům hydrofobním [L9],

$h_w^{MR} < 0$  kJ/kg materiálům hydrofilním,

$h_w^{MR} > -137,6$  kJ/kg tepelný efekt vazby je v porovnání s výparným teplem vlhkosti zanedbatelný,

$s_w^{MR} > 0$  kJ/kg K materiál je buď hydrofobní, nebo došlo k narušení jeho struktury (zvýšila se pohyblivost a neuspořádanost molekul),

$s_w^{MR} > -1,11$  kJ/kg K odpovídá inertnímu materiálu s částečně solidifikovanou vlhkostí,

$s_w^{MR} < -1,11$  kJ/kg K chemickými asociačními vazbami vlhkosti s materiálem se značně zvýšila uspořádanost systému a klesla pohyblivost molekul.

### 3. DIAGRAM STAVOVÝCH FUNKCÍ VÁZANÉ VLHKOSTI

Pro praktické sledování změn stavu vlhkého materiálu a tím současně i změn ve vazbě vlhkosti s materiálem je vhodné zavést diagram. Na rozdíl od Mollierova  $i-x$  diagramu pro vlhký vzduch musí být v diagramu pro vlhký materiál respektována vzájemná vazba složek vlhkosti a sušiny materiálu v reálné směsi.

Vzhledem k významu jednotlivých termodynamických veličin se jako vhodná jeví volba lineárních souřadnic měrné entalpie  $h_w^{MR}$  a potenciálu vázané vlhkosti  $\mu_w^{MR}$ , přičemž diagonály odpovídají konstantním hodnotám entropie vázané vlhkosti  $s_w^{MR}$  (obr. 1). Z hlediska teplovzdušného sušení lze rozsah souřadnic omezit u měrné entalpie  $h_w^{MR}$  na interval 0 až  $-1\,090\text{ kJ kg}^{-1}$  a u potenciálu  $\mu_w^{MR}$  na interval 0 až  $-756\text{ kJ kg}^{-1}$  (tab. 1).

Každému stavu vlhkého materiálu odpovídá v diagramu bod daný dvojicí příslušných (experimentálně stanovených) hodnot  $h_w^{MR}(u, T, p)$  a  $\mu_w^{MR}(u, T, p)$ .

#### Charakteristické křivky

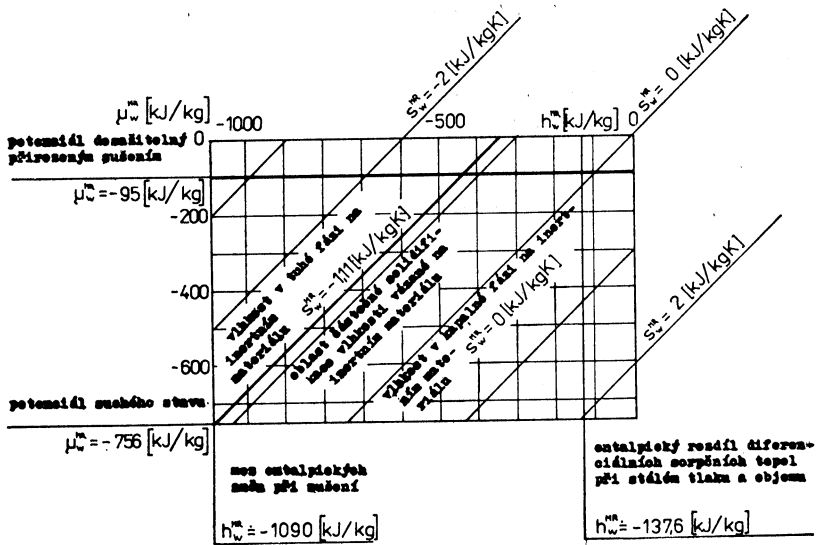
Posloupnost spojitě se měnících stavů je pak v diagramu reprezentována křivkou. Z hlediska sušení jsou nejvýznamnější změny stavu vlhkého materiálu vyvolané změnou jeho vlhkosti, jak bylo naznačeno již při definici stavových funkcí vlhkosti. Příslušnou křivku  $\mu_w^{MR} = f(h_w^{MR})$  s měrnou vlhkostí  $u$  jako parametrem při  $T, p = \text{konst.}$  lze pak považovat za křivku charakteristickou pro daný materiál z hlediska sušení (L12, 17).

Na základě experimentálního výzkumu základních materiálů technické praxe [L17] byly zjištěny čtyři základní typy charakteristických křivek znázorněné na obr. 2 (a až d). Procesu sušení z vlhkého stavu  $u \rightarrow \infty$ ,  $\mu_w^{MR}, h_w^{MR}, s_w^{MR} \rightarrow 0$  (v praxi  $u = 0,1$  až  $10\text{ kg kg}^{-1}$ ) do suchého stavu  $u \rightarrow 0$ ,  $\mu_w^{MR} \rightarrow -\infty$  odpovídá postup na křivkách v obr. 2 vždy z pravého horního rohu směrem dolů. V praxi jsou při sušení vlhkých materiálů dosahovány hodnoty  $\mu_w^{MR} > -300\text{ kJ/kg}$ , kterým odpovídá úsek křivky v pravé horní části diagramu. Na základě průběhu křivek v této oblasti diagramu lze vysušené materiály rozdělit do čtyř následujících skupin:

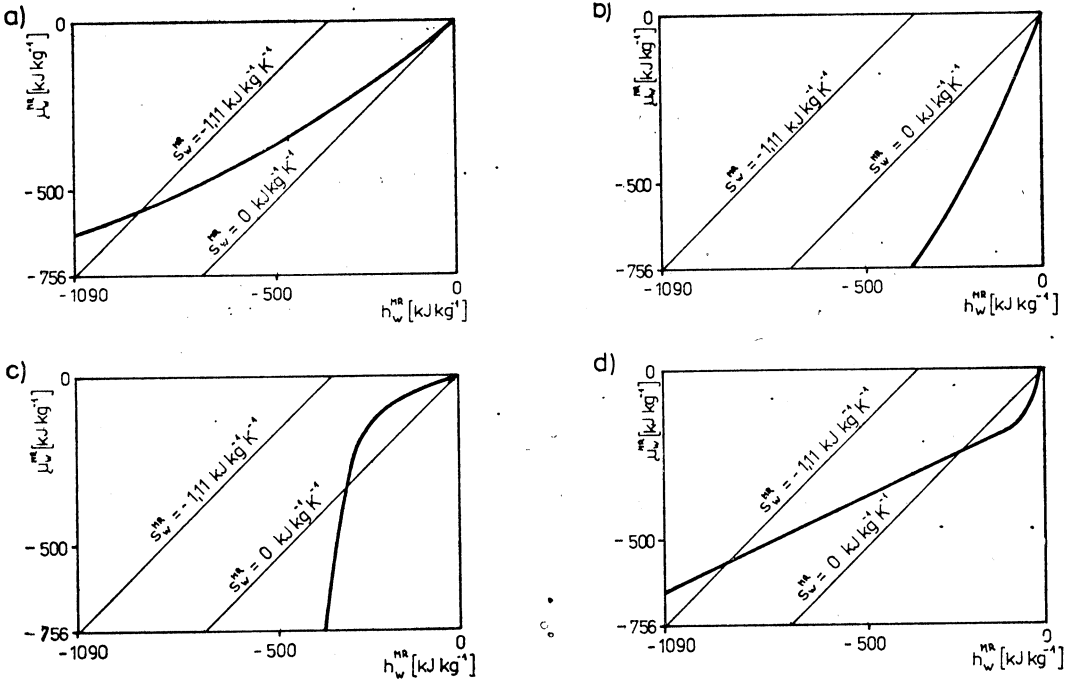
ad a) Materiály, jejichž charakteristická křivka se nachází v oblasti záporných hodnot měrné entropie  $s_w^{MR} < 0$ . Tyto materiály lze označit jako výrazně smáčivé, hydrofilní, při jejichž sušení není důvod pro změnu kvality produktu a lze doporučit použití vyšších teplot a režimy s intenzifikovaným přestupem tepla a přenosem vlhkosti.

ad b) Materiály, jejichž charakteristická křivka při vyšších měrných vlhkostech zasahuje do oblasti kladných hodnot měrné entropie  $s_w^{MR} > 0$ , (případně kladných hodnot měrné entalpie  $h_w > 0$ ). Materiály tohoto typu jsou částečně nebo zcela nesmáčivé (hydrofobní). Při jejich sušení není důvodu pro změnu produktu, nelze však doporučit použití vyšších teplot, spíše naopak, neboť je třeba uvažovat i skutečnost, že u těchto materiálů je teplotním spádem vnitřní transport vlhkosti zpomalen.

ad c) Materiály, jejichž charakteristická křivka vykazuje výrazné změny hodnot entropie  $s_w^{MR}$  a nachází se v oblasti jak kladných  $s_w^{MR} > 0$ , tak i záporných hodnot  $s_w^{MR} < 0$  s tím, že při vyšších měrných vlhkostech a hodnotách chemického potenciálu  $\mu_w^{MR} \rightarrow 0$  jsou hodnoty entropie záporné  $s_w^{MR} < 0$ . U těchto materiálů dochází k nepodstatnému narušování skeletu vazbou s vlhkostí a způsob sušení neovlivňuje



Obr. 1. Diagram stavových funkcí vázané vlhkosti se sítí jejich mezních hodnot.



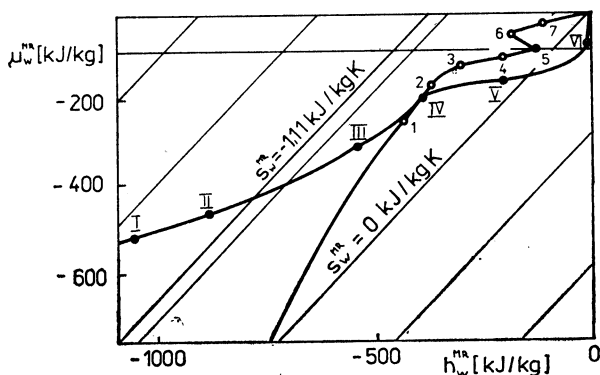
Obr. 2. Základní typy charakteristických křivek.

podstatně kvalitu produktu. Použití vyšších teplot a vlhkosti je účelné jen v určitých mezích měrné vlhkosti materiálu.

ad d) Materiály, jejichž charakteristická křivka vykazuje výrazné změny hodnot entropie  $s_w^{MR}$  podobně, jako v případě ad c)., avšak při vyšších měrných vlhkostech a vyšších hodnotách chemického potenciálu  $\mu_w^{MR} \rightarrow 0$  jsou hodnoty entropie kladné  $s_w^{MR} > 0$ . U těchto materiálů dochází již k podstatnému, objemovému narušování skeletu vazbou s vlhkostí a lze očekávat, že nevhodným způsobem sušení může být nepříznivě ovlivněna kvalita produktu; změna stavu materiálu může mít též nepříznivý vliv na chod sušárenského zařízení.

### Použití diagramu pro hodnocení vysoušených materiálů

Jako příklad jsou na obr. 3 uvedeny charakteristické křivky bentonitu a bramborové moučky „Solamyl“, u nichž vazba vlhkosti, s ohledem na volbu vhodného způsobu sušení a sušárenského zařízení, je odlišná. Jednotlivé body s uvedenými



Obr. 3. Charakteristické křivky při  $T = 298 \text{ K}$  a  $p = 10^5 \text{ Pa}$  s vyznačenými hodnotami měrných vlhkostí  $u$  ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) v bodech pro bentonit I 0,086; 2 0,115; 3 0,133; 4 0,152; 5 0,163; 6 0,185; 7 0,210; pro bramborovou moučku I 0,031; II 0,045; III 0,076; IV 0,121; V 0,135; VI 0,189.

hodnotami měrných vlhkostí  $u$  [ $\text{kg kg}^{-1}$ ] vyznačené na křivkách byly získány měřením smáčecích tepel a sorpčních izoterm na zařízeních vyvinutých a instalovaných v SVÚSS [L12].

Průběh charakteristické křivky pro bentonit lze hodnotit takto:

1. Výrazně záporné hodnoty měrné entalpie  $h_w^{MR}$  v celém rozsahu vlhkostí bentonitu odpovídají jeho silně hydrofilnímu charakteru.
2. Hodnoty měrné entropie  $s_w^{MR}$  odpovídají v celém rozsahu modelu částečně soli difikované vlhkosti na prakticky inertním materiálu. Mírné zvýšení při nižších vlhkostech ( $u < 0,1 \text{ kg kg}^{-1}$ ) je pravděpodobně vyvoláno tvorbou vysoce entropických iontů v malé míře vylouhovaných z materiálu.
3. Značné hodnoty entropie  $s_w^{MR}$  při vyšších hodnotách chemického potenciálu  $\mu_w^{MR} \approx -10 \text{ kJ kg}^{-1}$  svědčí o vysokém stupni uspořádanosti a nízké pohyblivosti vody mezi hliníkosilikátovými vrstvami montmorilonitu, hlavní mineralogické složky bentonitu.

4. Výraznější změny v průběhu křivky při vyšších vlhkostech lze interpretovat jako fázové změny vyššího druhu při různých typech sorpce vlhkosti.

Z hlediska sušení lze materiál považovat za stálý. Intenzifikovanými způsoby sušení nebude ovlivněna kvalita produktu.

Z průběhu charakteristické křivky pro bramborovou moučku lze vyvodit následující závěry:

1. Materiál je značně hydrofilní, o čemž svědčí výrazně záporné hodnoty měrné entalpie  $h_w^{MR}$  prakticky v celém rozsahu vlhkostí.

2. Kladné hodnoty  $s_w^{MR}$  při vyšších vlhkostech  $u > 0,15 \text{ kg kg}^{-1}$  lze vysvětlit pouze narušováním skeletu materiálu vázanou vlhkostí.

3. Nízké hodnoty  $s_w^{MR}$  a  $h_w^{MR}$  při  $u < 0,03 \text{ kg kg}^{-1}$  odpovídají asociativním chemickým vazbám mezi vlhkostí a částečně dehydratovaným materiálem.

Z hlediska sušení lze materiál považovat za nestálý. Aplikace intenzifikovaných způsobů sušení při vyšších vlhkostech materiálu ( $u > 0,15 \text{ kg kg}^{-1}$ ) může mít za následek zhoršení kvality produktu. Použitím recirkulace vysoušeného materiálu lze dosáhnout snížení vstupní vlhkosti materiálu pod hodnotu  $u \approx 0,13 \text{ kg kg}^{-1}$  a současně i snížení nebezpečí zhodnocení produktu intenzifikovanými způsoby sušení. Současně však vzroste spotřeba energie na uvolnění vlhkosti na více než 15 % výparného tepla.

Charakteristické křivky mohou být stanoveny i při jiné teplotě nežli křivky uvedené na obr. 3. Pokud však při změně teploty nedochází u materiálu k fázovým změnám vyššího druhu (např. přechod od monomolekulární k polymolekulární sorpci vlhkosti) bude charakter křivky zachován. Vzrůstu teploty materiálu  $T_1$  na  $T_2$  při sušení pak odpovídá přechod z charakteristické křivky  $\mu_w^{MR}(h_w^{MR})_{T=T_1}$  na charakteristickou křivku  $\mu_w^{MR}(h_w^{MR})_{T=T_2}$ .

V porovnání s Mollierovým  $i$ - $x$  diagramem je kromě odlišné volby souřadnic patrná též složitost průběhu křivek v diagramu stavových funkcí vyplývající ze skutečnosti, že zatímco u vlhkého vzduchu dochází pouze za určitých podmínek ke kondenzaci vodních par, vykazuje vlhký materiál řadu fázových změn vyššího druhu. Podobně lze u různých materiálů očekávat zásadní odlišnosti v průběhu charakteristických křivek, zatímco hodnoty veličin a příslušné křivky v  $i$ - $x$  diagramu vlhkého vzduchu (spalin nebo jiných směsí plynů) se zásadně neliší.

#### 4. SHRNUTÍ

Stav vlhkého materiálu, a tím i vzájemnou vazbu složek, lze vyjádřit pomocí termodynamických stavových funkcí entropie, entalpie a Gibbsovy funkce zejména pak jejich parciálními měrnými veličinami vázané vlhkosti  $s_w^{MR}$ ,  $h_w^{MR}$ ,  $\mu_w^{MR}$ . Hodnoty těchto stavových funkcí v závislosti na teplotě, tlaku a zejména měrné vlhkosti konkrétního materiálu se určují experimentálně.

Zjištěné údaje platné pro konkrétní materiál lze vhodně zpracovat do diagramu stavových funkcí vázané vlhkosti. Diagram umožňuje praktické sledování změny stavu vlhkého materiálu při sušení a tím i změny charakteru vazby vlhkosti s materiálem. V tomto směru jej lze považovat za ekvivalent Mollierova  $i$ - $x$  diagramu pro vlhký vzduch s tím, že v diagramu stavových funkcí je respektován odlišný charakter reálné směsi vlhkého materiálu. Spojité změny stavu vlhkého materiálu při sušení jsou v diagramu zobrazeny křivkou.



Křivka odpovídající změnám vlhkosti při stálé teplotě je pro daný materiál charakteristická.

Průběh této charakteristické křivky umožňuje objektivní hodnocení charakteru vazby vlhkosti s materiálem. Charakteristická křivka v diagramu stavových funkcí vázané vlhkosti tak vytváří základní kritérium pro hodnocení materiálů z hlediska sušení a přispívá tak k racionální volbě vhodného způsobu sušení a typu sušárenského zařízení.

## LITERATURA

- [1] *Rebindér, P. A.*: O formách svyazi vlagi s materialami v processach suški. Sborník konference Vsesojuznoje naučnotekničeskoje soveščanije po suške, Profizdat, Moskva 1958
- [2] *Lykov, A. V.*: Teorija suški. Energija, Moskva 1968
- [3] *Kazanskij, V. M.*: Analiz form svyazi i sostojanija vlagi pogloščenoj u poristych adsorbentov pri pomošči termogramu suški. Kolloidnyj žurnal 19, č. 6, 1957
- [4] *Krasnikov, V. V.*: Zakonomernosti kinetiky suški vlažnych materialov, IFŽ 19, č. 1, 1970.
- [5] *Maltry, W.*: Wirtschaftliches Trocknen, Verlag Theodor Steinkopf, Dresden 1975
- [6] *Brunauer, S.*: The adsorption of gases and vapors Vol. I: Physical adsorption, Princeton Un. Press 1943
- [7] *Gál, S.*: Die Methodik der Wasserdampf-Sorption-messungen, Springer Verlag, Berlin 1967
- [8] *Ponec, V., Knorr, Z., Černý, S.*: Adsorpce na tuhých látkách. SNTL Praha, 1968
- [9] *Zettlemoyer, A. C., Chessick, J. J.*: Wettability by heat of immersion, Contact angle, wettability and adhesion, Advances in chemistry series 43, ACHS, Washington 1964, p. 88—98
- [10] *Chyský, J.*: Vlhký vzduch, 2. vydání SNTL Praha, 1977
- [11] *Häussler, W.*: Lufttechnische Berechnungen im Mollier i-x Diagram. 2. vydání Dresden 1973.
- [12] *Čermák, B.*: Termodynamická metoda hodnocení charakteru vazby vlhkosti v materiálech, Kandidátská dis. práce, Praha 1977
- [13] *Valchář, J. a kol.*: Sušení v chemickém průmyslu, SNTL Praha 1977
- [14] ČSN 12 8001 Způsoby sušení a klasifikace sušáren — názvosloví 1958
- [15] *Denbigh, K.*: The principles of chemical equilibrium, Cambridge University Press, 1961.
- [16] *Čermák, B.*: Thermodynamical fundamentals and experimental determination of moisture bond in materials. Proceedings of Internat. Symposium ICID, Water in Heavy Soils, Bratislava 1976
- [17] *Čermák, B.*: Katalog termodynamických stavových funkcí vlhkosti vázané v materiálech Technická příručka č. 5, SVÜSS 1979

## SEZNAM OZNAČENÍ

<i>G</i>	Gibbsova funkce [J]
<i>H</i>	entalpie [J]
<i>h</i>	měrná entalpie vlhkosti [J kg <sup>-1</sup> ]
<i>m</i>	hmotnost vlhkosti [kg]
<i>p</i>	tlak [Pa]
<i>r</i>	plynová konstanta vlhkosti [Jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]
<i>S</i>	entropie [JK <sup>-1</sup> ]
<i>s</i>	měrná entropie vlhkosti [Jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]
<i>T</i>	teplota [K]
<i>u</i>	měrná vlhkost [kg kg <sup>-1</sup> ]
<i>μ</i>	potenciál vlhkosti [Jkg <sup>-1</sup> ]
<i>φ</i>	relativní vlhkost [—]
<i>ω</i>	vlhkostní podíl [kg kg <sup>-1</sup> ]

### Indexy

<i>O</i>	pro vlhkost v kapalně fázi
<i>MR</i>	pro vázanou vlhkost
<i>w</i>	pro vlhkost

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАГРАММЫ ФУНКЦИЙ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ХАРАКТЕРИЗОВАНИЯ СВЯЗИ ВЛАЖНОСТИ С ВЫСУШИВАЕМЫМ МАТЕРИАЛОМ

*пром. физ. В. Чермак, к. т. н.*

Автор объясняет связь влажности в материалах с помощью термодинамических функций состояния (энтропия, энтальпия, функции Гибса) и их парциальных удельных величин. Соответствующие данные определяются экспериментально. Была предложена диаграмма функций состояния, которая обеспечивает возможность исследования связи влажности материала во время сушки. Для каждого материала характерна кривая, которая отвечает изотермическим изменениям влажности. Кривые можно использовать для оценки материалов из точки зрения сушки и также для выбора удобного оборудования для сушки.

## USE OF THE STATE FUNCTIONS DIAGRAM FOR DETERMINATION OF MOISTURE BOND IN A DRIED MATERIAL

*Prom. fys. V. Čermák, CSc.*

The author describes moisture bond in materials by means of the thermodynamic state functions (entropy, enthalpy, Gibbs' function) and with partial specific quantities. The relevant values are determined experimentally. The state functions diagram of bounded moisture was proposed which makes possible to observe character of moisture bond in a material during drying. For each material exists characteristic curve conformably to isothermal variations of moisture content.

The curves can be used for evaluation of materials from the standpoint of drying and for the choice of the suitable drying equipment, too.

## UTILISATION D'UN DIAGRAMME DES FONCTIONS D'ÉTAT POUR LA CARACTÉRISTIQUE D'UNE LIAISON DE L'HUMIDITÉ AVEC LE MATÉRIAU SÉCHÉ

*Phys. prom. V. Čermák, CSc.*

L'auteur de l'article présenté exprime la liaison de l'humidité dans les matériaux à l'aide des fonctions d'état thermodynamiques (l'entropie, l'enthalpie et les fonctions de Gibbs) et par leurs grandeurs spécifiques partielles. Les valeurs correspondantes sont déterminées expérimentalement. Un diagramme des fonctions d'état de l'humidité liaisonnée a été projeté qui permet poursuivre le caractère de la liaison de l'humidité dans un matériau au séchage. Une courbe caractéristique du chaque matériau doit être conforme aux variations isothermes de l'humidité. On peut utiliser les courbes pour l'appréciation des matériaux au point de vue du séchage et pour le choix d'une installation de séchage convenable.

## ANWENDUNG EINES DIAGRAMMS DER ZUSTANDSFUNKTIONEN FÜR DIE CHARAKTERISIERUNG EINER BINDUNG DER FEUCHTIGKEIT MIT DEM AUSGETROCKNETEN MATERIAL

*prom. Phys. V. Čermák, CSc.*

Der Autor äussert die Bindung der Feuchtigkeit in den Materialien mit Hilfe der thermodynamischen Zustandfunktionen (Entropie, Enthalpie und Funktionen nach Gibbs) und ihrer spezifischen Partialwerte. Zugehörige Werte werden experimentell bestimmt. Man hat ein Diagramm der Zustandfunktionen der gebundenen Feuchtigkeit, das die Charaktersverfolgung der Bindung der Feuchtigkeit im Material bei der Trocknung ermöglicht, entworfen. Für jedes Material ist eine den isothermischen Feuchtigkeitsänderungen entsprechende Kurve charakteristisch. Die Kurven kann man zur Materialienbewertung vom Geichtspunkt der Trocknung und zur passenden Trockenanlagewahl anwenden.

# OPTIMALIZOVANÝ NÁVRH WINSTONOVA KONCENTRÁTORU SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ

ING. KAREL BROŽ, CSc., *ČVUT Praha*

ING. LADISLAV HAŠKOVEC, *Inklemo Praha*

Článek uvádí teoretický princip tohoto typu kolektoru slunečního záření, postup výroby prototypu a technologické zkušenosti a doporučení. V závěru jsou předloženy výsledky měření, jejich vyhodnocení a průběh účinnosti. Na základě výsledků je navržen nový typ technologicky i funkčně optimální.

*Recenzoval: Ing. Vladimír Bašus*

## 1. ÚVOD

Využívání sluneční energie k přípravě teplé užitkové vody a částečně i k vytápění je dnes opět středem zájmu i v ČSSR. I když je známo, že podíl sluneční energie na krytí celostátní energetické bilance nebude až do konce tohoto tisíciletí u nás nijak významný, právě v těchto letech bude mít využití sluneční energie velký význam v rozptýlené bytové výstavbě, kde kromě elektřiny není ekonomický centralizovaný rozvod jiných energií. Pro sedmou a další pětiletky se však připravují projektové studie, v nichž se na vhodných lokalitách uvažuje s využitím sluneční energie v soustředěném větším měřítku [1].

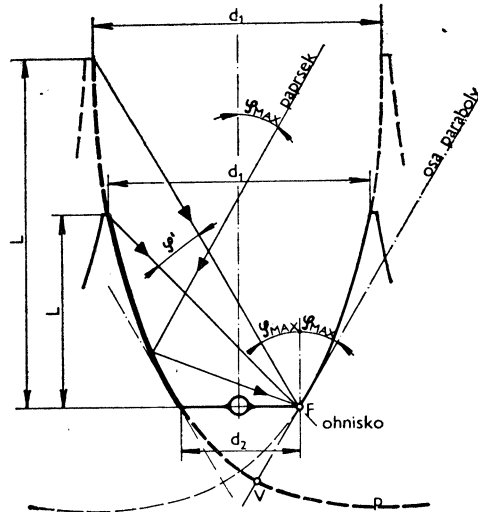
S rostoucí průmyslovou činností a měnicími se meteorologickými vlivy v posledních letech je nepříznivě ovlivňována jak intenzita, tak i celková doba přímého slunečního záření na našem území. Například v oblasti Prahy se za posledních 10 až 15 let snížila tato doba z 1800 na 1500 hodin ročně a jsou jednotlivá léta, kdy ani těchto nízkých hodnot není dosaženo. V době slunečního svitu a jeho intenzitě mohou být velké místní rozdíly; zde je třeba konstatovat, že nemáme dostatek spolehlivých statistických údajů o slunečním záření co do rozložení po ploše státu.

Cílem naší práce bylo proto vytvořit návrh výrobně levného kolektoru s malou spotřebou kovu, provozně dostatečně pružného, aby zachytil i krátké doby slunečního svitu.

## 2. PRINCIP WINSTONOVA KONCENTRÁTORU

### 2.1 Geometrické poměry

Podstatou Winstonova koncentrátoru [2] je soustava dvou parabolických válcových zrcadel a absorpční plochy. Z *obr. 1* je například zřejmé, že ohnisko levého parabolického zrcadla je v patě pravého parabolického zrcadla a naopak. Osa paraboly je od osy symetrie koncentrátoru odkloněna o úhel  $\varphi_{\max}$ . Paprsky dopadající pod úhlem menším než  $\varphi_{\max}$  se odrážejí od parabolických zrcadel a koncentrují se na absorpční plochu. Paprsky, dopadající pod úhlem  $\varphi_{\max}$  se odrážejí do ohniska paraboly — na okraj absorpční plochy. Dopadnou-li paprsky pod úhlem větším než  $\varphi_{\max}$ , pak se několikanásobnými odrazy vrátí zpět do prostoru.



Obr. 1. Geometrické poměry v příčném řezu Winstonovým koncentrátorem.

## 2.2 Návrh koncentrátoru

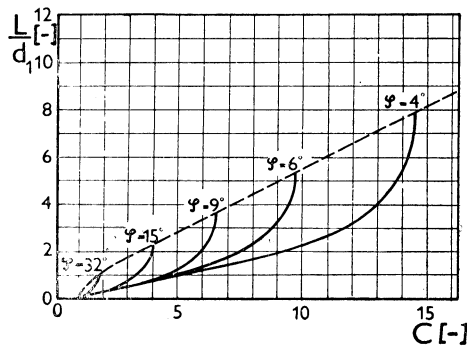
Považuje-li se koncentrátor za ideální, je koncentrační poměr

$$C_{id} = d_1/d_2 = 1/\sin \varphi_{max}, \quad (1)$$

kde  $d_1$  – sběrná hloubka koncentrátoru,  
 $d_2$  – absorpční hloubka koncentrátoru,  
 $\varphi_{max}$  – maximální úhel dopadu podle obr. 1.

Ze zvoleného koncentračního poměru a absorpční hloubky lze vyjádřit výšku kolektoru  $L$ :

$$L = (1 + 1/\sin \varphi_{max})/2 \operatorname{tg} \varphi_{max} \cdot d_2. \quad (2)$$



Obr. 2. Závislost poměru výšky  $L$  k šířce  $d_1$  parabolického válce na koncentračním poměru  $C$  a úhlu natočení os parabol  $\varphi$ .

Výpočtová výška se v praxi z ekonomických důvodů snižuje na výšku  $L'$

$$L' = (0,3 - 0,5) L. \quad (3)$$

Sníží se tím nepatrně původní koncentrační poměr, ale uspoří se značné množství materiálu (*obr. 1 a obr. 2*). Snížením parabolického válce se úhel  $\varphi_{\max}$  zvětší o  $\varphi'$ . V rozmezí úhlu  $\varphi'$  již kolektor nekonzcentruje, ale absorbér pohltí přímé, navíc dopadající záření.

### 2.3 Definice účinnosti

Účinnost je definována vztahem

$$\eta = Q_w/I, \quad (4)$$

kde  $Q_w$  – tepelná energie získaná v kolektoru (odvedená vodou),  
 $I$  – energie dopadající na sběrnou plochu kolektoru.

Ztráty  $(1 - \eta)$  jsou optické a tepelné. Optická ztráta závisí na propustnosti skla, odrazivosti parabolických zrcadel, pohltivosti absorbérů a poměrném počtu odrazů  $\bar{n}$  (odst. 2.3.1). Tepelná ztráta závisí na součiniteli  $k$  (celkový součinitel prostupu tepla), na teplotě absorbérů a teplotě okolního vzduchu. Celkovou účinnost lze též charakterizovat vztahem

$$\eta = \eta_{\text{opt}} - k \Delta t/I, \quad (5)$$

$$\Delta t = t_m - t_3 = \frac{t_1 + t_2}{2} - t_3,$$

kde  $\eta_{\text{opt}}$  – optická ztráta,

$t_1$  – teplota vody na vstupu do kolektoru,

$t_2$  – teplota vody na výstupu z kolektoru,

$t_3$  – teplota okolního vzduchu,

$k$  – celkový součinitel prostupu tepla,

$I$  – intenzita slunečního záření [ $\text{W}/\text{m}^2$ ].

Ze vztahu (5) je zřejmé, že druhý člen respektuje nejen tepelnou ztrátu, ale může znamenat i tepelný zisk.

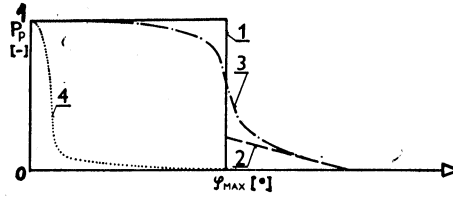
#### 2.3.1 Optická účinnost

Měří-li se v praxi intenzita slunečního záření, získá se obvykle součet jejího přímého a difúzní složky. Winstonův koncentrátor pracuje v rozmezí dvojnásobného úhlu  $\varphi_{\max}$ , a proto zvláště při vyšších koncentračních poměrech je difúzní záření nevyužitelné, neboť je všesměrové. Názor, že Winstonův koncentrátor nezachytává difúzní záření je nepřesný, protože ta část difúzního záření, která dopadne na kolektor pod úhlem menším než  $2 \cdot \varphi_{\max}$  je samozřejmě využitelná (jde ale o relativně malý podíl energie).

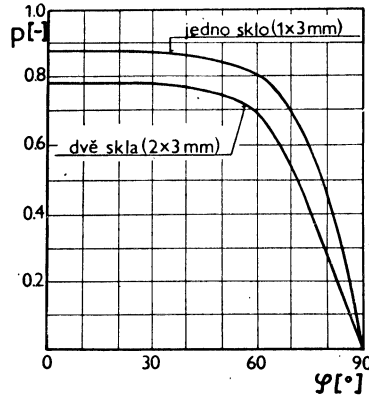
Proto se definuje využitelná složka slunečního záření

$$\gamma = \frac{I_k}{I}. \quad (6)$$

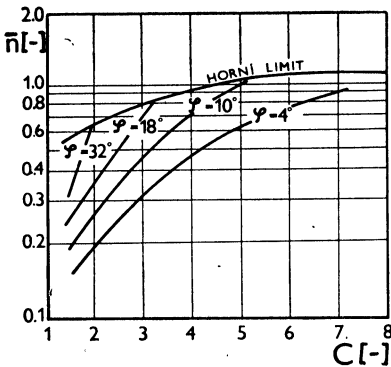
Zde  $I_k$  značí součet intenzity přímého záření a podílu difúzního záření v rozmezí úhlu  $2 \cdot \varphi_{\max}$ ,  $I$  je celková intenzita slunečního záření. Pro koncentrační poměr 3 a více  $\gamma = 0,9$  a méně.



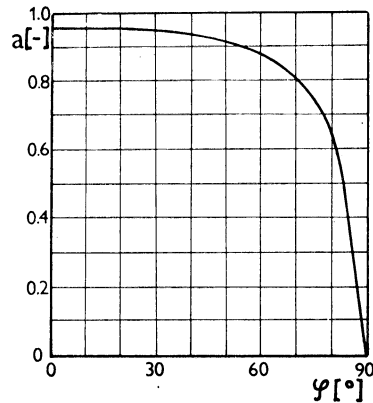
Obr. 3. Závislost poměrného zachyceného výkonu  $P_p$  na rostoucím úhlu dopadu  $\varphi$  přímého záření vzhledem k ose symetrie parabolického válce:  
 1 — ideální Winstonův koncentrátor,  
 2 — snížený Winstonův koncentrátor,  
 3 — koncentrátor s geometrickými chybami zrcadel,  
 4 — obyčejný parabolický koncentrátor.



Obr. 4. Tepelná propustnost  $p$  jednoduchého a dvojitého zasklení v závislosti na úhlu paprsků  $\varphi$  od normály k ploše skla (platí pro čisté sklo).



Obr. 5. Poměrný počet odrazů  $\bar{n}$  jako funkce koncentračního poměru  $C$  a úhlu odklonu os parabol  $\varphi$ .



Obr. 6. Poměrná pohltivost  $a$  černé matové barvy v závislosti na úhlu odklonu paprsků  $\varphi$  od normály k povrchu.

Část dopadající energie se odrazí od krycího skla, část se ve skle pohltí. Na obr. 4 je závislost propustnosti skla  $p$  na úhlu dopadu paprsků přímého záření pro jedno a dvě skla o tloušťce 3 mm.

Z celkového počtu paprsků  $n$  prošlých sklem jich část  $n_1$  dopadá přímo na absorbér a zbylá část  $n_2$  se odrazí od zrcadel a po odrazu rovněž dopadá na absorbční plochu. Proto definujeme tzv. poměrný počet odrazů jako

$$\bar{n} = \frac{n_2}{n}.$$

Poměrný počet odrazů  $\bar{n}$  závisí na koncentračním poměru  $C$  a na úhlu  $\varphi_{\max}$  (viz obr. 5 podle [2]).

Parabolická zrcadla jsou zhotovena z materiálu se součinitelem odrazivosti  $r$ . Vliv poměrné odrazivosti  $r$  se projeví tím, že na absorbér dopadá poměrný díl energie  $r\bar{n}$ . Z toho se pak v absorbéru pohltí poměrná část daná pohltivostí absorbéru  $a$  (obr. 6). Optickou účinnost lze tedy vyjádřit vztahem

$$\eta_{\text{opt}} = \gamma \cdot p \cdot r\bar{n} \cdot a.$$

### 2.3.2 Tepelná ztráta

Řešení tepelných ztrát přesahuje svojí rozsáhlostí obsahový rámec článku. Jedná se v podstatě o vyřešení přestupu tepla mezi sklem a absorbérem sáláním a konvekcí, dále o sálavý přenos tepla mezi zrcadly a absorbérem, zrcadly a sklem kombinovaný s konvekčními účinky mezi těmito plochami, a dále prostupu tepla stěnami kolektoru.

Schůdnější a také přesnější cestou ke zjištění tepelných ztrát je provedení pečlivých měření při různých meteorologických podmínkách. Ke zjištění tepelných ztrát plochých kolektorů je vypracována metodika RVHP. Při její tvorbě nebylo sice uvažováno s koncentrátory slunečního záření, ale pro nižší koncentrační poměry než 3 by podle našeho názoru mohla být použitelná.

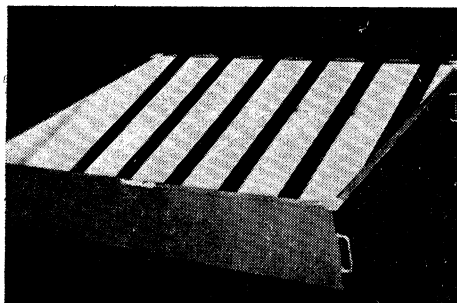
## 3. VÝROBA PROTOTYPU S KONCENTRAČNÍM POMĚREM $C = 3$

Kolektor se skládá ze skříně, trubkového registru, parabolických zrcadel, tepelné izolace a ochranného zakrytí. Všechny elementy dále popsané byly vyrobeny z polotovarů dostupných v naší maloobchodní síti.

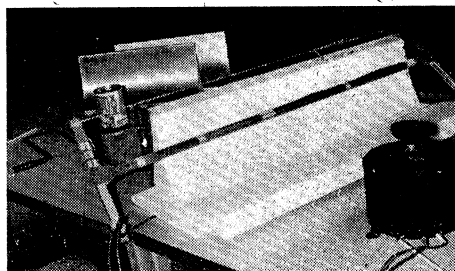
*Skřín* — je vyrobena z ocelového plechu 0,8 mm, pozinkovaného. Je složena ze dvou bočnic a základního dílu. Spoje mezi jednotlivými díly jsou nýtované. Spáry mezi díly jsou vyplněny vodovzdorným tmelem (Eprosin). Tím je dosaženo vodotěsnosti spojů skříně. Povrchová úprava je běžná: obroušená a odmaštěná skřín je z vnější strany nastříkána nejprve základovou barvou, potom barvou syntetickou. Pro snadnou manipulaci je prototyp skříně opatřen držadly. Na jejím dnu jsou z vnější strany přilepeny dva gumové pásy, které chrání skřín při manipulaci a pokládání do rámu nebo na podložku (obr. 7).

*Trubkový registr* — skládá se z přírodní a odtokové měděné trubky  $\varnothing 16 \times 1,5$  mm, ze šesti trubek  $\varnothing 8 \times 1$  mm a ze šesti absorbčních lamel tloušťky 1 mm. Všechny trubky jsou měděné, lamely jsme byli nuceni vyrobit z mosazi. Trubky jsou s lamelami spojeny cinovou pájkou a trubky mezi sebou stříbrnou pájkou. Absorbční plochy (lamely s trubkami  $\varnothing 8$  mm) jsou nastříkány matovou černou barvou (obr. 7).

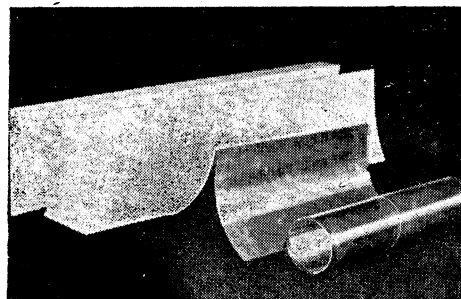
*Parabolická zrcadla* — jsou vytvořena polystyrenovým jádrem, polepeným tvrzeným hliníkovým plechem tloušťky 0,3 mm. Do požadovaného parabolického tvaru je polystyrenové jádro vyříznuto elektrickou odporovou pilou podle přesných kovových šablon (obr. 8). Plech



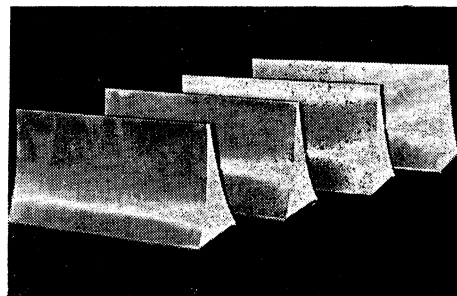
Obr. 7. Pohled na skříň kolektoru s trubkovým registrem a připravenou tepelnou izolací dna.



Obr. 8. Vyříznuté polystyrénové jádro, odporová pila a regulační transformátor.



Obr. 9. Polystyrénové jádro, přitlačný kus a hliníkový plech připravený k lepení.



Obr. 10. Hotová parabolická zrcadla.

je přilepen k polystyrénovému jádru epoxydovou pryskyřicí. Lepení bylo usnadněno použitím tvarovaných odřezků z polystyrénového hranolu jako přitlačných dílů (*obr. 9 a 10*).

*Tepelná izolace* — dno skříně je izolováno deskou pěněného polystyrénu o tloušťce 30 mm. V místech, kde procházejí absorpční lamely, jsou vyříznuty žlábků, takže celý registr se nedotýká tepelné izolace. Leží na podpěrkách zhotovených z balzového dřeva. Izolace boků kolmých na lamely je rovněž polystyrénová (tloušťka 40 mm), na vnitřní straně polepená tvrzeným hliníkovým plechem. Boky skříně rovnoběžné s lamelami jsou tepelně izolovány samotnými parabolickými jádry.

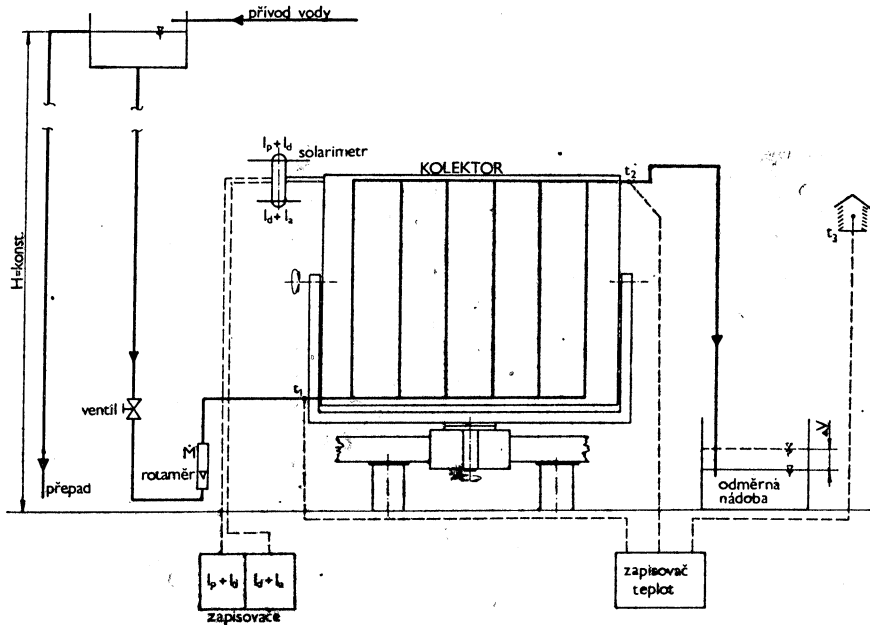
*Ochranné zakrytí* — kolektor je zakryt jedním sklem o tloušťce 3 mm. Dvojitě zasklení nemá u koncentračních kolektorů význam. Sklo je upevněno ke skříni hliníkovými L-profilů. Proti vnikání vody do kolektoru je dvojitě utěsněno tvarovým těsněním z pěnové pryže.

## 4. PROVOZNÍ ZKOUŠKY PROTOTYPU

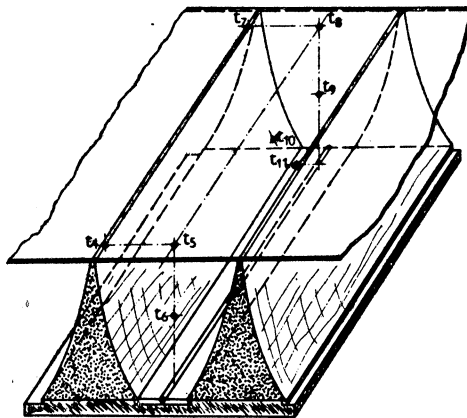
### 4.1 Měřicí trať

Schéma trati je na *obr. 11*. Trať byla nainstalována na ochozu střechy strojní fakulty ČVUT v Praze 6-Dejvicích. K sestavení trati byly použity přístroje a prvky z inventáře laboratoře katedry techniky prostředí (mimo solarimetru). Zapojení umožnilo měření a registraci těchto hodnot:





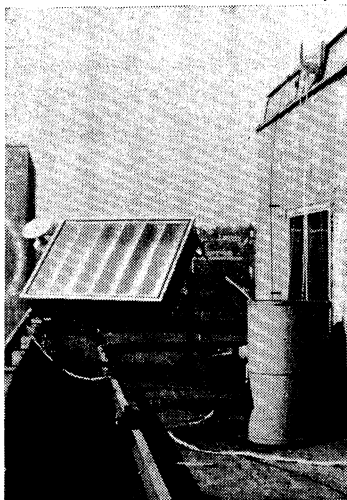
Obr. 11. Schéma měřicí trati.



Obr. 12. Schéma měřicích míst teplot na povrchu a uvnitř kolektoru.

**Teploty:**

- vody na vstupu do kolektoru  $t_1$ ,
- vody na výstupu z kolektoru  $t_2$ ,
- okolního vzduchu  $t_3$ ,
- krycího skla na vnějším povrchu v místě styku parabol, u spodního okraje kolektoru  $t_4$  (obr. 12),
- vnějšího povrchu krycího skla v ose absorpční lamely, u spodního okraje kolektoru  $t_5$ ,



Obr. 13. Měřicí trať po montáži.

- vzduchu uvnitř kolektoru, u spodního okraje  $t_6$ ,
- krycího skla na vnějším povrchu v místě styku parabol, u horního okraje kolektoru  $t_7$ ,
- vnějšího povrchu krycího skla v ose lamely, u horního okraje kolektoru  $t_8$ ,
- vzduchu v horní části kolektoru  $t_9$ ,
- reflexního plechu u horního okraje kolektoru ve vzdálenosti 35 mm od okraje lamely  $t_{10}$ ,
- na okraji horního konce absorpční lamely  $t_{11}$ .

(Pro hodnocení výsledné účinnosti kolektoru mají hlavní význam teploty  $t_1$  až  $t_3$ , ostatní byly měřeny pro informaci k dalšímu vývoji. Teploty  $t_1$ ,  $t_2$  a  $t_3$  byly měřeny odporovými teploměry Pt-Rh, ostatní termočlánky železo — konstantan se srovnávacím koncem  $0^\circ\text{C}$ .)

*Průtočné množství vody  $M$*  bylo zjišťováno dvěma způsoby: plovákovým průtokoměrem (obr. 11 — vyhodnocený průtok v kg/s) a odměrnou nádobou o objemu  $350\text{ dm}^3$ . Cejchovní čára plovákového průtokoměru byla ověřena pyknometrem a setinnými stopkami. Odměrná nádoba byla cejchována vážením obsahu při teplotě doplňované vody  $40^\circ\text{C}$ . Čas potřebný k vyhodnocení průtoku z údajů hladiny v nádobě byl měřen stopkami.

*Intenzita slunečního záření  $I$*  byla měřena termočlánkovým solarimetrem s dvojitým zasklením čidel. Přístroj byl ve zdvojeném provedení, umožňujícím současné měření dopadajícího přímého a difúzního záření a odráženého a difúzního záření (tzv. albedometr). Solarimetr včetně dvou líniových zapisovačů VAREG zapůjčila Státní energetická inspekce v Praze.

*Měřený vzorek* — koncentrátor popsáný v odst. 2 a 3 s koncentračním poměrem 3 : 1 měl tyto rozměry:

- největší hrubá šířka 1340 mm,
- největší hrubá hloubka 1170 mm,
- hrubá účinná plocha skla  $1240 \times 930\text{ mm}$  ( $1,153\text{ m}^2$ ),
- plocha skla nad pěti hřbety parabol:  
šířka jednoho hřbetu 8 mm, délka 930 mm, celkem plocha  $0,037\text{ m}^2$ ,
- čistá účinná plocha skla (sběrná plocha)  $S_{\Sigma} = 1,116\text{ m}^2$ .

## 4.2 Rozsah a průběh provedených zkoušek

Uskutečněná měření měla tyto cíle:

- stanovit výslednou účinnost kolektoru za pokud možno ustálených podmínek pro různé průtoky vody a různé intenzity slunečního záření;
- posoudit dynamické vlastnosti kolektoru (měření časové konstanty);

- ověřit vliv znečištění ovzduší na výkon a účinnost kolektoru;
- zhodnotit výsledky krátkodobé zkoušky trvanlivosti;
- pro další vývoj ověřit reflexní schopnosti dostupných reflexních materiálů.

Vytčené cíle se postupně podle podmínek počasí podařilo splnit.

#### 4.2.1 Účinnost kolektoru

Účinnost byla vyhodnocována podle vztahu

$$\eta = \frac{Q_k}{S_{\text{e}} \cdot I} = \frac{M \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{S_{\text{e}} \cdot I} \quad (7)$$

kde  $M$  [kg/s] — hmotnostní průtok vody,  
 $c$  [J/kg K] — měrné teplo vody,  
 $S_{\text{e}}$  [m<sup>2</sup>] — netto účinná plocha skla (sběrná plocha),  
 $I = I_p + I_d$  [W/m<sup>2</sup>] — celková intenzita dopadajícího slunečního záření.

V průběhu měření byl kolektor natáčen tak, aby sluneční paprsky dopadaly kolmo na krycí sklo. Nepodařilo-li se udržet některé z hodnot  $M$ ,  $I$ ,  $t_1$ ,  $t_2$  stále během intervalu měření, byly do vztahu (7) dosazovány jejich střední hodnoty během intervalu.

Intenzita slunečního záření byla měřena a registrována přímo v místě měřeného vzorku od 27. 3. 1980 do 2. 7. 1980. Hodnoty účinnosti byly vyhodnocovány jen v tzv. jasných dnech, kdy obloha není zastírána viditelnými mraky. Jasných dnů bylo v uvedeném období velmi málo. Ve zprávě [3] jsou podrobněji uvedeny výsledky za období 14. až 17. 4. 1980 a 8. až 16. 5. 1980.

Pro názor jsou v dalším uvedeny hodnoty získané s měsíčním odstupem ve dnech 15. 4. a 14. 5. 1980. Dne 15. 4. byl kolektor ponechán v jediném sklonu vzhledem k vodorovné rovině (43° — výška slunce nad obzorem při slunečním poledni 47°) a během měření byl otáčen kolem svislého čepu za sluncem. Byl nastaven průtok vody  $6,25 \cdot 10^{-3}$  kg/s a tato hodnota byla během měření udržována. Ostatní hodnoty udává rámcově tabulka 1.

Tab. 1. Měření koncentrátoru dne 15. 4. 1980

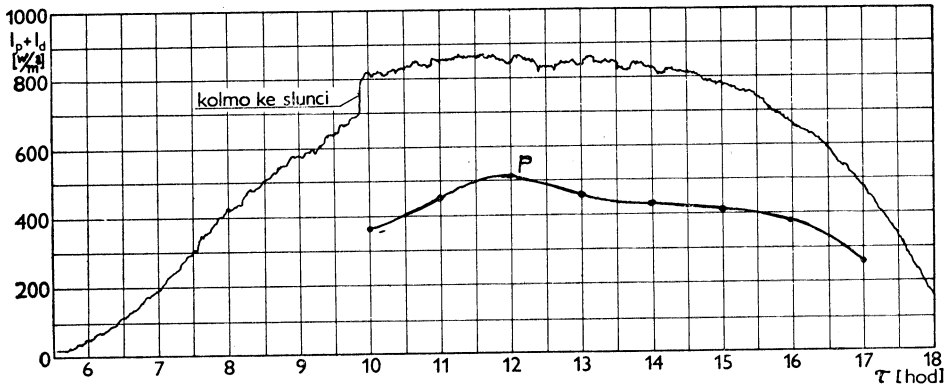
( $M = 6,25 \cdot 10^{-3}$  kg/s)

čas SEČ (h)	$I$ (W/m <sup>2</sup> )	$t_1$ (°C)	$t_2$ (°C)	$t_3$ (°C)	$Q_k$ (W)	$P = \frac{Q_k}{S_{\text{e}}}$ (W/m <sup>2</sup> )	$\eta$ (-)	$\frac{t_m - t_3}{I}$
11	855	17	36	16	497	446	0,521	0,012
12	845	19	40,5	16,5	562	504	0,596	0,016
13	840	20	40	17	523	469	0,558	0,015
14	825	21	39,5	17,5	484	434	0,525	0,015
15	775	21,5	38	18	458	410	0,529	0,015

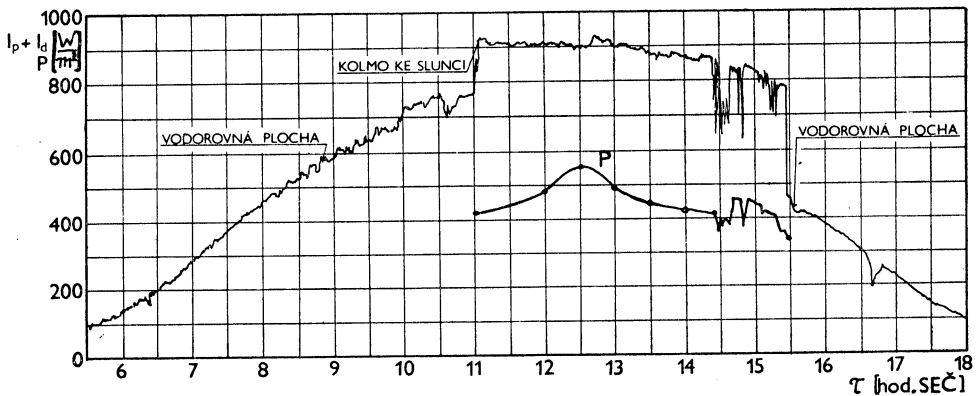
Časový průběh hlavních hodnot  $P$  a  $I$  v závislosti na střeoevropském času je na obr. 14. Měření začalo před 10. hodinou. Do té doby byl solarimetr natočen do vodorovné polohy. Z obr. 14 vyplývá, že při nastaveném průtoku se během měření od 10 do 17 hodin podařilo získat z 1 m<sup>2</sup> účinné plochy kolektoru asi 3 kWh tepelné energie.

Dne 14. 5. 1980 byly prováděny výkonové zkoušky opět v poloze kolmé na sluneční paprsky, ale při změnách průtoku a vyšších teplotách vody na výstupu z kolektoru než 15. 4. Přesto se účinnost pohybovala okolo 50%. Za dobu měření od 11 do 15.25 hodin SEČ se získalo z 1 m<sup>2</sup> účinné plochy kolektoru necelé 2 kWh tepla. Časový průběh hodnot  $P$  a  $I$  je na obr. 15.

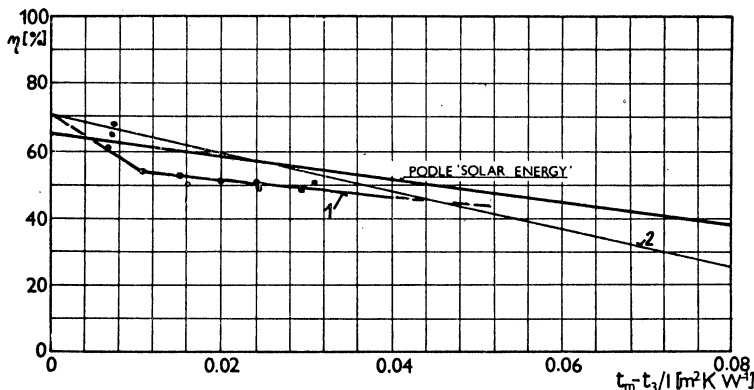
Průběh celkové účinnosti kolektoru v závislosti na parametru  $\frac{t_m - t_3}{I}$  je uveden na obr. 16. Každý bod je výsledkem několika měření, která byla provedena do rozsahu parametru 0,03. Z výsledků plyne, že při hodnotě parametru menší nebo rovné 0,01 (větší průtok, menší ohřátí vody asi o 10 K) je účinnost prototypu stejná nebo lepší než uvádí zahraniční prameny (Solar Energy). Při zvyšování teploty vody  $t_2$  (tím roste  $t_m$ ) roste zároveň teplota  $t_{10}$  reflexního plechu. To má za následek zpočátku rychlé snížení účinnosti na hodnoty asi o 7 až 8% horší než mají zahraniční výrobky, neboť tam je použito reflexních materiálů



Obr. 14. Průběh dopadající ( $I_p + I_d$ ) a zachycené energie  $P$  během zkoušek dne 15. 4. 1980 (čas v hodinách SEČ).



Obr. 15. Průběh dopadající a zachycené energie 1 m<sup>2</sup> kolektoru při zkouškách dne 14. 5. 1980.



Obr. 16. Závislost naměřených účinností koncentrátoru na parametru  $(t_m - t_3)/I$  (čára 1) ve srovnání se zahraničním koncentrátorem (Solar Energy) a rakouským plochým kolektorem s jednoduchým zasklením tl. 6 mm (čára 2 — podle [5]).

s mnohem vyšším součinitelem odrazivosti než má náš tvrzený hliník. Měření probíhala při laminárních režimech proudění v lamelové trubce ( $Re = 300$  až  $2200$ ), takže náhlý pokles účinnosti nelze vysvětlit změnou součinitele přestupu tepla uvnitř trubky.

Při kontrolním měření dne 16. 5. 1980 v 10.30 hodin SEČ byly za ustáleného stavu zjištěny tyto teploty (viz odst. 4.1):  $t_1 = 13$  °C,  $t_2 = 55$  °C,  $t_3 = 14$  °C,  $t_4 = 34$  °C,  $t_5 = 29$  °C,  $t_6 = 47$  °C,  $t_7 = 37$  °C,  $t_8 = 35$  °C,  $t_9 = 58$  °C,  $t_{10} = 62$  °C,  $t_{11} = 65$  °C.

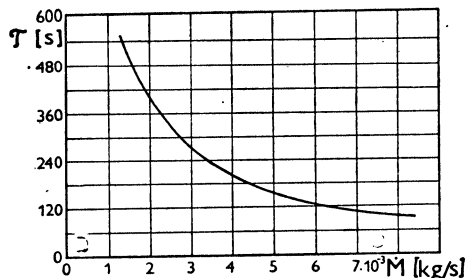
Z obr. 15 je dále zřejmé, že vyrobený prototyp je při vyšších středních teplotách vody rovnocenný zahraničním plochým kolektorům, po případě je i předčí.

#### 4.2.2 Dynamické vlastnosti kolektoru

Nevýhodou většiny plochých kolektorů je větší vodní obsah, tedy menší pružnost chodu a z toho plynoucí ztráty při časově proměnlivém slunečním záření ve dnech s protrhanou oblačností. Provozní sledování a vyhodnocení dynamických vlastností kolektorů nebylo zatím v ČSSR publikováno. Veličinou, která umožňuje jednoznačné porovnání dynamických vlastností kolektorů je vodní obsah a tepelná kapacita kovu absorberu, vztažená na  $1 \text{ m}^2$  činné plochy kolektoru a dále časová konstanta kolektoru. Časová konstanta je pro všechny přirozeně probíhající děje definována jako časový interval, při kterém je poměr konečné hodnoty sledované veličiny k její počáteční hodnotě roven  $e^{-1}$ . Při chlazení nebo ohřívání kolektoru je sledovanou veličinou teplotní rozdíl  $t_2 - t_1$ . Při stálé teplotě  $t_1$ , výstupní teplotě  $t_2$  za ustáleného stavu a konečné teplotě  $t_2'$  na konci sledovaného intervalu platí tedy

$$\frac{t_2' - t_1}{t_2 - t_1} = e^{-1} = 0,368. \quad (8)$$

Časová konstanta vyrobeného prototypu byla sledována tak, že za ustáleného teplotního stavu byl kolektor zakryt neprůhlednou clonou a podle zápisu teplot  $t_1$  a  $t_2$  byl vyhodnocen čas, při kterém rovnice (8) nabyla platnosti. Výsledky



Obr. 17. Závislost časové konstanty koncentrátoru na hmotnostním průtoku vody  $M$ .

jsou v závislosti na průtoku vody vyneseny v obr. 17. Časová konstanta je vzhledem k plochým kolektorům velmi malá a vyjadřuje velkou pružnost chodu i při malém průtoku.

Obsah vody v kolektoru, vztažený na  $1 \text{ m}^2$  činné plochy skla, byl u měřeného vzoru  $0,375 \text{ l/m}^2$ .

#### 4.2.3 Vliv znečištění ovzduší

Znečištění ovzduší se na výkonu kolektoru projevuje dvojím způsobem:

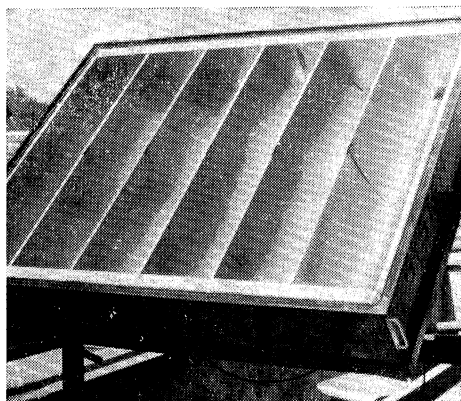
- snížením již dopadajícího záření pohlcováním a rozptylem paprsků vodní párou a tuhými částicemi, pohybujícími se ve vzduchu vznosem;
- usazováním tuhých částic (prachu) na krycím skle kolektoru a dalším snížením intenzity záření prostupujícího dovnitř kolektoru, případně též zamlžováním skla zevnitř.

Vliv ad a) se číselně vyjadřuje součinitelem znečištění atmosféry  $Z$ . V literatuře [4] byly publikovány tabulky intenzity dopadajícího záření pro  $Z = 3$ . Tato hodnota by mohla platit pro velmi čisté venkovské prostředí. Pro podmínky Prahy 6 nebylo za celé sledované období této hodnoty vůbec dosaženo. Nejnižší zjištěné hodnoty  $Z$  uvádí tab. 2.

Vliv usazování prachu byl ve sledovaném období takový, že po 72 hodinách bez deště klesl výkon kolektoru za jinak stejných podmínek o 8 až 11 %.

Tab. 2. Nejnižší hodnoty součinitele znečištění atmosféry  $Z$  v Praze 6-Dejvicích, zjištěné v jasných dnech od 27. 3. do 2. 7. 1980.

Datum	Den v týdnu	Nejnižší hodnota $Z$
14. 4.	pondělí	4,3
15. 4.	úterý	4,5
16. 4.	středa	4,8
17. 4.	čtvrtek	4,4
8. 5.	čtvrtek	4,9
14. 5.	středa	5,2
16. 5.	pátek	5,1



Obr. 18. Měření výkonu koncentrátoru se sejmutým krycím sklem.

Při dubnových měřeních došlo k zamlžení vnitřního povrchu skla vodou a odpařeným polystyrénem. Tím se výkon  $Q_k$  snížil o 13 až 18 %. Po vyčištění skla a odvětrání prostoru (navrtání otvorů  $\varnothing$  6 mm) se dosáhlo původního výkonu. Při čištění skla byl ověřen výkon koncentrátoru bez krycího skla (obr. 18). Při teplotě okolí 16 °C se dosáhlo prakticky stejného výkonu jako se zamlženým sklem.

#### 4.2.4 Krátkodobá zkouška trvanlivosti

Během pětiměsíční zkoušky trvanlivosti nebylo na koncentrátoru znát škody způsobené počasím ani na pryžových těsněních, na skle a hliníkových rámech, ani na skříní kolektoru. Vnitřní povrch kolektoru je trvale odvětrán, vodní pára se uvnitř neusazuje, přestože léto 1980 bylo velmi deštivé. Sublimace polystyrénu z teplejších partií zrcadel bude řešena použitím jiné tepelné izolace; polystyrén byl použit nouzově jako rychle dostupný materiál. Zkoušky trvanlivosti dále pokračují.

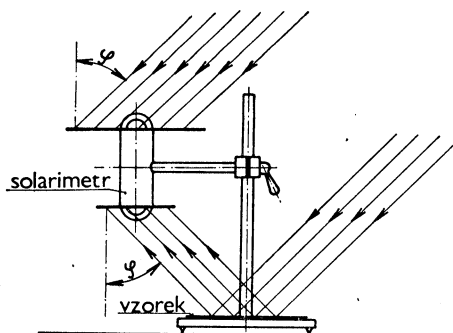
#### 4.2.5 Odrazové schopnosti dostupných materiálů

Nezávisle na zkouškách prototypu byly ověřeny hodnoty součinitelů odrazivosti  $r$  pro různé materiály, které jsou u nás k dispozici pro výrobu zrcadel. Bylo použito

Tab. 3. Srovnávací hodnoty součinitelů odrazivosti  $r$

Materiál	Souč. odrazivosti $r$
hliníková fólie „Alobal“	0,53–0,58
tvrzený hliník 0,3 mm	0,63–0,66
leštěný tvrzený hliník	0,76–0,80
fólie „mylar“	0,90–0,97*)

\* Zahraniční výrobce udává  $r = 0,98$ .



Obr. 19. Schéma porovnávacího měření součinitele odrazivosti různých materiálů.

stejného albedometru jako při měření kolektoru. Schéma srovnávacího měření je na obr. 19.

Je zřejmé, že hliníkové materiály nejsou pro zrcadla příliš vhodné. Příčiny nízkých součinitelů odrazivosti tkví v povrchové mikrostruktuře materiálu (tab. 3).

## 5. OPTIMALIZOVANÝ NÁVRH WINSTONOVA KONCENTRÁTORU PRO ČS. KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Na základě zkušeností z měření prototypu byl navržen další modifikovaný typ Winstonova koncentrátoru ve dvou konstrukčních variantách. Hlavní výhodou nového návrhu je, že není nutno kolektor natáčet za sluncem, ale je montován v pevné poloze směrem k jihu stejně jako ploché kolektory. Koncentrační poměr  $C$  je 2 a 2,2 : 1, výpočtový úhel  $\varphi_{\max}$  přibližně  $25^\circ$ . Výškově jsou parabolické válce sníženy na polovinu. Výška skříně tohoto koncentrátoru je již srovnatelná s plochým kolektorem. Další výhodou proti plochému kolektoru se stejným typem absorpční plochy je právě úspora kovů na tuto plochu, která činí 50 %, dále menší obsah vody (asi  $0,45 \text{ l/m}^2$ ) a větší pružnost chodu. Provozní poloha absorpčních lamel je vodorovná.

Jako tepelně izolační materiál je navržen buď polyuretan pěněný ve formě nebo odstříknutá žebrová konstrukce zrcadel, v níž je izolantem vzduch. Vnější odrazová vrstva zrcadel je z fólie „mylar“. Také absorberu je věnována větší pozornost za účelem snížení jeho tepelných ztrát. Černá barva (lampová čern) má při kolmém

Tab. 4. Součinitele absorpce a emise některých selektivních povrchů.

Materiál a povrchová úprava	$\alpha$	$\epsilon$
2 vrstvy niklové černi na elektricky poniklované oceli, po 6 hodinách ve vroucí vodě	0,94	0,07
vrstva CuO na hliníku (stříkáním roztoku $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ na horký hliník a vypálením)	0,93	0,11
krystaly PbS na hliníku	0,89	0,20



osvětlení stejný součinitel pohltivosti  $a$  a emisní součinitel  $\varepsilon$  ( $a = \varepsilon = 0,95$ ). Podle [6] lze dosáhnout kvalitních selektivních povrchů absorbérů například úpravami, uvedenými v *tab. 4*.

První pokusy se selektivním povrchem u nás byly učiněny v Likovu Liberec. Po jejich zdokonalení budou využity i u navrženého typu koncentrátoru, který je vlastně konstrukčním kompromisem mezi plochým kolektorem a koncentrátorem. Zdokonalený typ bude namontován v ploše 200 m<sup>2</sup> na výcvikovém středisku strojní fakulty ČVUT v Herbertově.

## 6. ZÁVĚRY

Optimalizovaný návrh koncentrátoru slučuje výhody koncentrátorů a plochých kolektorů. Má dynamické provozní vlastnosti, malý vodní obsah, velmi malou plošnou hmotnost a lepší účinnost při vyšších teplotách vody než mají ploché kolektory. Při koncentračním poměru 2 : 1 a selektivním povrchu absorbérů přijímá již podstatný díl difúzního záření. Při výrobě ve větší sérii by jak spotřeba materiálu, tak náklady neměly převýšit 65 až 70 % nákladů na srovnatelný plochý kolektor. Konstrukce byla navržena k registraci jako chráněný průmyslový vzor.

## LITERATURA

- [1] *Kolektiv*: Studie zásobování sídliště Lipence teplem z netradičních zdrojů. ČVUT, květen 1980. Vypracováno pro PÚ VHMP.
- [2] *Rabl, A.*: Collector with Cusplike Compound Parabolic Concentrator and Selective Absorber. Solar Energy Group, Argonne National Laboratory, Argonne 1978.
- [3] *Haškovec, L.*: Winstonův koncentrátor slunečního záření. Diplomová práce ČVUT, strojní fakulta, 1980.
- [4] *Cihelka, J.*: Vytápění budov a ohřívání teplé užitkové vody energií slunečního záření. Zdravotní technika a vzduchotechnika č. 2 a 6, 1978.
- [5] *Gilli, P. a kol.*: Wärmeversorgung von Wohnbauten mit Sonnenenergie. DBV-Verlag Graz, 1978.
- [6] *Sayigh, A. A. M.*: Solar flat-plate collectors. Solar Energy 1979, str. 66 až 71.

## ОПТИМАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОЕКТ КОНЦЕНТРАТОРА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ВИНСТОНА

*Инж. Карел Брож, к. т. н.  
Инж. Ладислав Гашковец*

Статья приносит теоретический принцип солнечного коллектора Винстона, производственный процесс прототипа и технологический опыт и рекомендацию. В заключение предлагаются результаты измерения, их оценка и ход эффективности. На основе результатов предлагается новый тип, оптимальный по технологии и функции.

## AN OPTIMIZED DESIGN OF A WINSTON'S SOLAR RADIATION CONCENTRATOR

*Ing. Karel Brož, CSc.  
Ing. Ladislav Haškovec*

The article deals with theoretical principle of a Winston's solar radiation collector, with process of prototype manufacture and with technologic experience and recommendations, too. In the conclusion of the article results of measurements are presented and evaluated and an efficiency course is discussed there. On the basis of the results a new technologically and functionally optimum type is designed there.

## PROJET OPTIMISÉ D'UN CONCENTRAT DU RAYONNEMENT SOLAIRE D'APRÈS WINSTON

Ing. Karel Brož, CSc.  
Ing. Ladislav Haškovec

L'article présenté fait savoir le principe théorique de ce type du collecteur de rayonnement solaire, le procédé de fabrication et les expériences et recommandations technologiques. En conclusion, on présente les résultats de mesure, leur appréciation et le cours d'une efficacité. En vertu des résultats, on projete un nouveau type qui est optimal technologiquement et fonctionnellement.

## OPTIMIERUNGSENTWURF EINES SONNENSTRAHLUNGSKONZENTRATS NACH WINSTON

Ing. Karel Brož, CSc.  
Ing. Ladislav Haškovec

Der Artikel führt den theoretischen Prinzip dieses Typs vom Sonnenstrahlungskollektor, den Fertigungsprozess eines Prototyps und die technologischen Erkenntnisse und Empfehlungen ein. Zum Schluss werden die Messergebnisse, ihre Bewertung und der Effektivitätsverlauf vorgelegt. Auf Grund der Ergebnisse wird ein technologisch und funktionell optimaler neuer Typ entworfen.

### ● Léčení „světelným zářením“

Lupenku (psoriasis) známe jako úpornou, těžko léčitelnou kožní chorobu, úspěšně vzdorující většině z dosud užívaných léčebných postupů. Jedním z nových (v současné době prověřovaných) je ozařování (ne zcela správně „osvětlování“).

Philips Eindhoven (Holandsko) vyrábí sérii zdrojů s označením „Actinic TL Lamps 09“ (tedy zářivky) s těmito parametry (viz tab.).

Spektrum těchto zdrojů se rozkládá mezi 300 (320) a 445 (390) nm s maximem u 350 nm a výraznými čarami u 400 (20 %) a 440 nm (asi 40 % maxima). Jde tedy o UVA, vhodné k léčení kožních onemocnění (zvl. se osvědčilo při lupence), v kosmetice, pro pigmentaci kůže, pro fotochemické procesy, jako lapač hmyzu atd.

Ze zprávy skupiny expertů při IES (fotobiologie) vyplývají některé významné připomínky k použití UVA pro medicínální účely (LD & A 1979/3). Praxe zatím nemá dostatek podkladů pro obecné využití tohoto záření. Je nutno zamezit žívebnému rozšiřování použití a pokusy zpřesnit dávkování na základě prověření citlivosti nemocných (spolu se zpřesněním fyzikálních parametrů). Přitom dávky ozáření (zatímni zjištění) se mohou pohybovat v rozmezí  $\pm 15\%$ . Postižená část povrchu těla se ozařuje ze vzdálenosti asi 15 cm po dobu 5–6 min na počátku a postupně denně o 1 min déle. Po deseti dnech se mají ukázat první výsledky.

Trubice se osazují do jednoduchých válcových reflektorů (krytů) bez zvláštních povrchových a konstrukčních úprav.

(LCh)

typ	napětí (V)	délka/ø	UV energie (W)
„TL“ D 15W/09	56	45/26	2,0
D 20W/09	57	60/38	3,4
D 40W/09	103	120/38	8,5
D 65-80W/09	110/100	150/38	15/19
D 85W/09 T	125	180/38	16,0

## POZNÁMKY K OPTIMÁLNÍMU ŘEŠENÍ OSVĚTLOVACÍCH OTVORŮ

ING. ARCH. JAROSLAV VRTĚL

V článku (rozborem příkladů) vyhodnocuje autor současnou techniku výpočtů denní přírodní osvětlenosti ve vnitřních prostorách s bočními okny (osvětlovacími otvory). Upozorňuje a dokazuje některé nedostatky (vlastně rezervy kvantitativního charakteru), které zaviňují nesprávnost návrhů a vznik rozporů mezi návrhem a skutečností. Článek je současně podkladem k diskusím.

*Recenzoval: Ing. arch. Ladislav Chalupský*

Optimální vlastnosti osvětlovacích otvorů — zdrojů denního osvětlení — jsou často zdůrazňovány, a to nejen v odborném tisku, ale i v tisku stranických orgánů. Tak např. v Rudém právu ze 16. 6. 1970 vyšel pod značkou -rv- článek s nadpisem „Stavaři a architekti zahájili pátrání po optimálním okně“, tj. po okně, „vyhovujícím zdravotním podmínkám šetření zraku, ergonomickým požadavkům kvality a bezpečnosti práce, psychologickým potřebám kontaktu s vnějším a životní pohody uvnitř interierů a také ekonomii provozu zvláště s ohledem na náklady pro udržování tepla v interierech apod.“ ČSN 36 0035 (1968) „Denní osvětlení budov“ zdůrazňuje v čl. 73 zásadní a stálou potřebu posuzování denního osvětlení ve vzájemných souvislostech s ostatními obory — s umělým osvětlením, vytápěním, chlazením a větráním budov, přičemž zvětšování osvětlovacích otvorů nad nezbytnou míru charakterizuje jako „v provozu nevhodné“.

Žádné z kritérií hodnocení nelze nahradit předpisovým požadavkem pro osvětlovací otvory, zejména ne pro navrhování oken, přičemž by se povšechně omezovala velikost osvětlovacích otvorů. K malému a poddimenzovanému osvětlovacímu otvoru nás přivádí — často ve formě skryté vady — nesprávný postup při světelně technickém výpočtu, který dosahuje výsledky předpisově přijatelné v projektovém stadiu, na realizovatelné stavbě však výsledky měření denní osvětlenosti jsou negativní a provoz v takové budově je hygienicky závadný.

V dalším uvedeme některé z příčin nesprávností a zdánlivé nadměrnosti a kvality výsledků výpočtů denní osvětlenosti při uvažování osvětlovacích otvorů obdélníkových s vodorovnými dolními a horními hranami. Omezíme se na případy vyšetřovaného bodu  $M$  na vodorovné rovině (např. pracovní). Světelnou odraznost terénu omezíme s ohledem na čl. 16 ČSN 36 0035 v rozmezích 0,05 až 0,2. Za těchto předpokladů lze příčiny nesprávností světelně technických projektových postupů při řešení umístit do následujících pracovních úkonů:

### 1. Opomenutí vymezení a úpravy výchozích hodnot

Např. při výpočtu vnitřní interreflexe se vychází z velikosti plochy skla  $W$  a opomene, že pracujeme s hmotným médiem, které je svojí kvalitou, tloušťkou a znečištěním zdrojem ztrát světla. U střešních zenitních světlíků (sedlových) je k tomu pojem „plochy skla“ problematický nevyjasněností mezi plochou nezaskleného zenitního otvoru a plošnou výměrou skleněné střechy nad tímto otvorem.

## 2. Nesprávné a nedostatečné vyhodnocení exteriéru před uvažovaným osvětlovacím otvorem

Zde nestačí často ani uvažování ulice nekonečně dlouhé a vodorovné. V převážné většině případů se jedná o atriové osvětlení, neboť terénní relief nebo zeleň téměř vždy ulici bočně omezují, nejedná-li se o urbanistické boční uzavření.

Označíme-li písmeny:

$z$  překážku, stojící proti interiéru a zaclánějící oblohu,  
 $p$  vlastní průčelí budovy s vyšetřovaným interiérem,  
 $s$  (sinistra) levou překážku při pohledu od bodu  $M$ ,  
 $d$  (dextra) pravou překážku při pohledu od bodu  $M$ , pak jasový koeficient  $k_z$ , vyjadřující jas viděný z interiéru na ploše protilehlé překážky  $z$ , se rovná

$$k_z = \varrho_z(e_{obl.z} + \delta_p \cdot e_{obl.p} \cdot \varrho_p + \delta_s \cdot e_{obl.s} \cdot \varrho_s + \delta_d \cdot e_{obl.d} \cdot \varrho_d + \delta_t \cdot e_{obl.t} \cdot \varrho_t),$$

kde indexy  $z, p, s$  a  $d$  označují příslušnost hodnot k uvedeným, oblohu zaclánějícím překážkám a index  $t$  pak příslušnost k terénu. Činitelé  $\varrho$  jsou průměrné činitele odrazu světla uvedených ploch, činitelé  $\delta$  jsou prostorové činitele, měřené Daniljukovými jednotkami a udávající hodnoty průmětů prostorového úhlu osvětlovacího jehlanu, jsou vztaženy uvedenými indexy k rovinám  $p, s, d$  a  $t$  vzhledem k světelnému těžišti  $Z$  na rovině  $z$ , určenému z vyšetřovaného bodu  $M$ . Činitelé  $e_{obl.}$  jsou oblohové činitele, zjištěné ve světelných těžištích  $Z, P, S, D$  a  $T$  na uvedených rovinách v exteriéru.

Venkovní denní osvětlení se zvyšuje interreflexí, vyjádřenou činitelem  $r$  mnoh násobného odrazu světla od stěn atria, od terénu a od vrstev mraků (od rovnoměrně zatažené oblohy). Z toho plyne tato rovnice pro externí složku činitele denní osvětlenosti:

$$e_{ext} = n_{Iz} \cdot n_{IIz} \cdot 0,01 \cdot k_z \cdot r \cdot \tau \quad [\%].$$

Za běžných podmínek dojdeme k přibližné hodnotě činitele jasu protilehlé, oblohu zaclánějící, překážky rovnající se 0,1, která je uvedena v Komentáři k ČSN 36 0035.

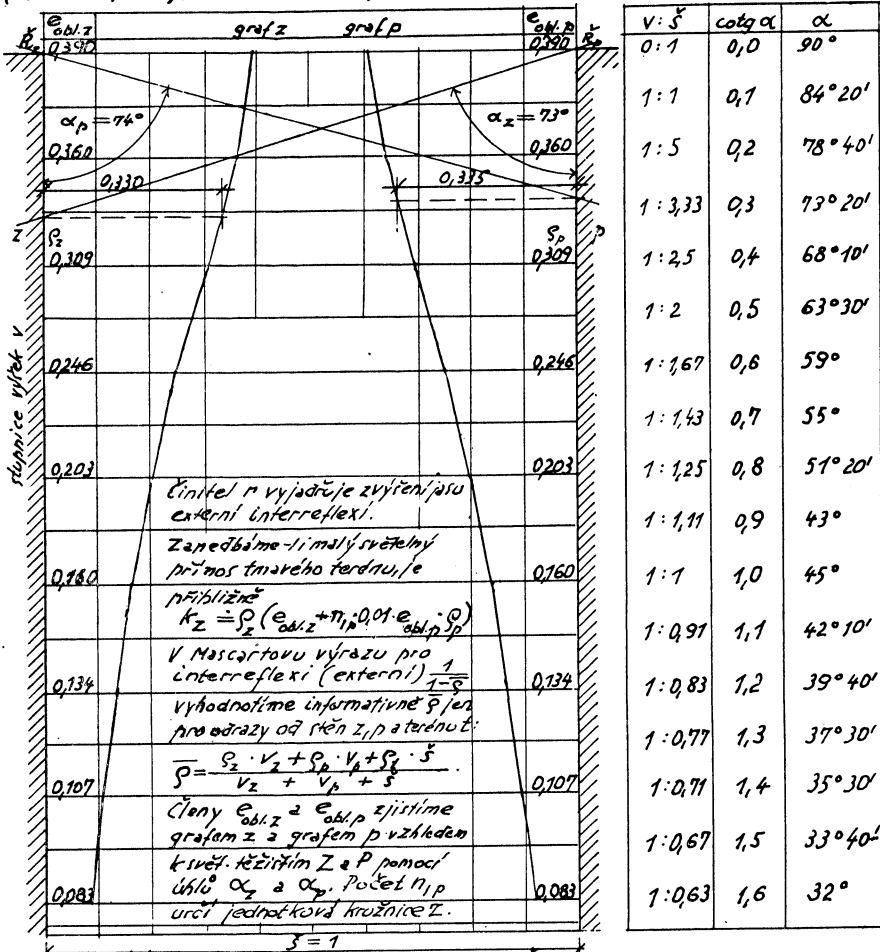
V případech, kdy se rozhodneme postupovat zjednodušeně, ale s přihlédnutím k dané konfiguraci exteriéru, můžeme uplatnit výše uvedený předpoklad nekonečné vodorovné ulice. Zde je pak hodnota elevačního úhlu  $\varepsilon$  (a z toho  $\sin \varepsilon$  a průměrné  $q$ ) pro obě protilehlé stěny ulice dána sklonem středního světelného paprsku ve svislém řezu prostorem a zprůměrování hodnot  $\sin \varepsilon$  se děje konstantou 0,92, která je hodnotou výrazu

$$\sqrt{1 - \frac{20^2}{50^2}},$$

kterou odvodíme z rovnice elipsy, která je průmětem jednotkové kružnice na uvažovanou stěnu uličního profilu. Užitím této konstanty sestrojíme grafy pro snadné zjištění oblohové osvětlenosti obou uličních stěn  $z$  a  $p$  vzhledem k úhlovým odchylkám  $\alpha$  spojnic těžišť  $Z$  a  $P$  s protilehlými římsami (*obr. 1*). Jestliže se jedná o značně tmavý terén, pomineme jeho světelné záření a máme pak poměrně jednoduchý vzorec:

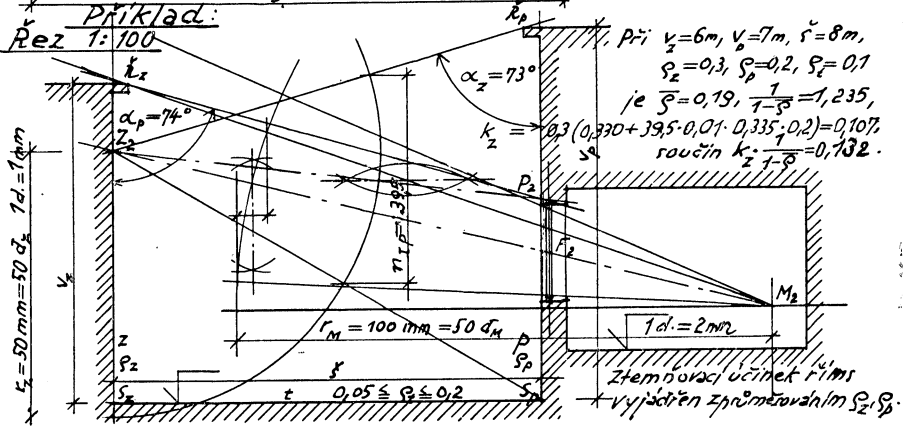
$$k_z = \varrho_z(e_{obl.z} + n_{Ip} \cdot 0,01 \cdot e_{obl.p} \cdot \varrho_p).$$

**Obr. 1** Jasový koeficient vnější překážky Z v nekonečné vodivé ulici  
 (Aplikace pro výpočet ext. složky čin. denní osv.  $e_{ext} = n_{sz} \cdot n_{pz} \cdot 0,01 \cdot k_z \cdot m \cdot z\%$ )



Číselní  $n$  vyjadřuje zvýšení osv. externí interreflexí.  
 Zanedbáme-li malý světelný přínos tmavého terénu, je přibližně  
 $k_z = \rho_z (e_{obsl.z} + n_{ip} \cdot 0,01 \cdot e_{obsl.p} \cdot \rho_p)$   
 V Mascartovu výrazu pro 1. interreflexi (externí)  $\frac{1}{1-\rho}$   
 vyhodnotíme informativně  $\rho$  jen pro odrazy od stěn Z, P a terénu  $\xi$ :  
 $\rho = \frac{\rho_z \cdot v_z + \rho_p \cdot v_p + \rho_t \cdot \xi}{v_z + v_p + \xi}$   
 Členy  $e_{obsl.z}$  a  $e_{obsl.p}$  zjistíme grafem Z a grafem P vzhledem k svět. řezi stěn Z a P pomocí úhlu  $\alpha_z$  a  $\alpha_p$ . Počet  $n_{ip}$  určí jednotková kružnice Z.

**Příklad:**  
 Rez 1:100



Abychom aspoň částečně uplatnili vliv interreflexního činitele  $r$  a získali informativní přehled o působení činitelů světelného odrazu stěn a terénu na jasový koeficient  $k_z$ , použijeme zjednodušený Mascartův činitel

$$\frac{1}{1 - \bar{\rho}}, \text{ kde } \bar{\rho} = \frac{\rho_z \cdot v_z + \rho_p \cdot v_p + \rho_t \cdot \bar{s}}{v_z + v_p + \bar{s}},$$

přičemž  $\rho_z$  je činitel odrazu světla stěny  $z$ ,  
 $\rho_p$  je činitel odrazu světla stěny  $p$ ,  
 $\rho_t$  je činitel odrazu světla terénu  $t$ ,  
 $v_z$  je výška stěny  $z$ ,  
 $v_p$  je výška stěny  $p$ ,  
 $\bar{s}$  je šířka ulice (popřípadě terénu).

Zjednodušení jasových externích světelných zdrojů tím, že neuplatníme ve světelně technickém výpočtu vnější překážky, oblohu zaclánějící, vede nutně k nadměrným a zdánlivě příznivým výsledkům, jelikož pak uplatňujeme oblohový jas, působící jako od horizontu. Externí podmínky v prostoru jsou velmi různé až individuální, je nutno je respektovat, a to i při použití typových projektů budov. Oblohová složka  $e_{obl.}$  bez externí odražené složky  $e_{ext.}$  se uplatní u bočního osvětlení jen při vyšších parapetech, kde okna jsou umístěna vysoko nad úroveň vyšetřovaného bodu a za horního osvětlení (denním světlem). Ovšem i v těchto případech mohou vysoké objekty zaclánět částečně nebo i úplně oblohu a zasahovat do světelného jehlanu s vrcholem v bodě  $M$ .

Zanedbáním odrazného činitele světla mrakové vrstvy zatažené oblohy zavádíme ve většině případů do výpočtu nízkou hodnotu externího interreflexního činitele  $r$  a vznikají tím zdánlivě vyšší nároky na dimenze osvětlovacích otvorů. Je zde přirozeně narušena snaha o tepelně energetické úspory v budovách. Jedná se tu o úsek, ve kterém se projektant — světelný technik nemůže dosud opřít o výsledky v úvodu zmíněného „pátrání po optimálním okně“.

### 3. Nesprávné vyhodnocování činitelů ztrát světla

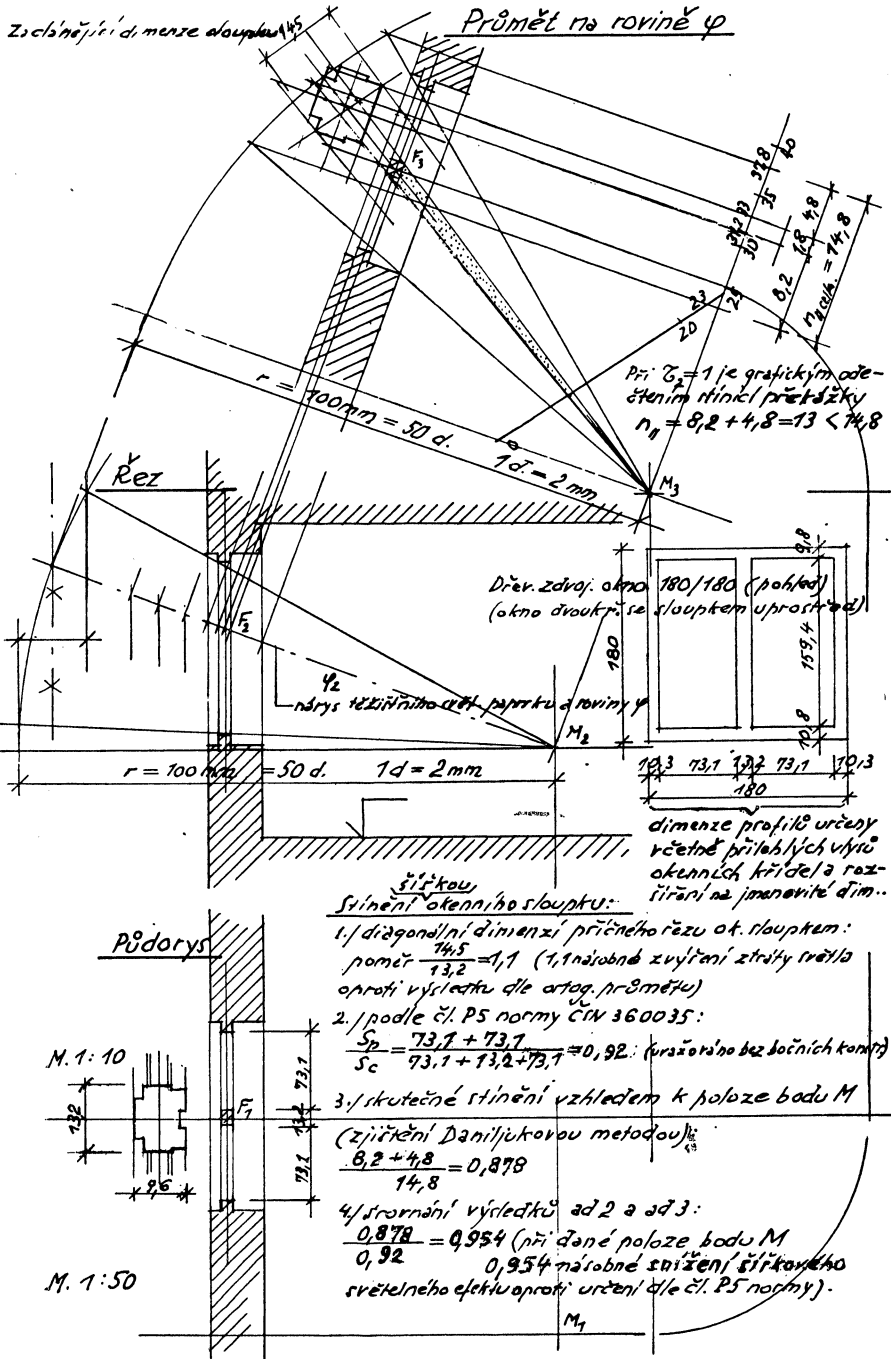
a) Činitel  $\tau_1$ , který je činitelem prostupu světla materiálem, vyplňujícím osvětlovací otvor, ve směru kolmém k jeho povrchu, se často při čirém skle uvažuje podle ČSN 36 0035 (kde je jen jediný údaj) v hodnotě 0,92, ačkoliv se tato hodnota vztahuje na čiré sklo 2 mm tlusté, kterým je možno zasklít čtvercové okno pouze do plochy  $74 \times 74$  cm. Pro větší plochu je ze statických důvodů nutno použít sklo tlustší: sklo 3 mm tlusté má pak činitel  $\tau_1 = 0,90$ . Chyba se ovšem zvětšuje při dvojitým zasklení o rozdíl  $0,85 - 0,81 = 0,04$ , takže příslušná redukce, daná rozdílnou tloušťkou skla, se rovná  $0,81/0,85 = 0,956$  a je tedy značná.

b) Činitel  $\tau_2$ , je činitelem ztrát světla stíněním neprůhlednými konstrukcemi osvětlovacích otvorů. Podle ČSN 36 0035 se stanoví podle vzorce

$$\tau_2 = \frac{S_p}{S_c},$$

kde  $S_p$  je plocha, kterou prochází světlo v rovině osvětlovacího otvoru,  
 $S_c$  je celková uvažovaná plocha osvětlovacího otvoru; této definici se v praxi často rozumí tak, že  $S_c$  je jmenovitá velikost okna, i když část této plochy je zabudována do zdiva a plocha se uvažuje včetně mezery u zdiva.

# Obr. 2 Stínění bodu M okenním sloupkem (širkové št.)



Platnost a použitelnost obou definic ploch oken a světlíků je však omezena jen na zvláštní vzájemné polohy mezi vyšetřovaným bodem  $M$  a osvětlovacím otvorem. Obecně vede vyhodnocení  $\tau_2$  podle uvedeného vzorce k nadměrnostem, neodpovídajícím skutečnému světelnému efektu osvětlovacího otvoru.

Na *obr. 2* je znázorněno vyhodnocení zastiňujícího vlivu šířky okenního sloupku, rozšířeného o přilehlé vlysy okenních křídel ve zdvojeném otvíravém okně. Zatímco zastínění ve smyslu ČSN nás vede k hodnotě

$$\frac{73,1 + 73,1}{73,1 + 13,2 + 73,1} = 0,92.$$

Daniljukovou metodou dostaneme hodnotu

$$\frac{8,2 + 4,8}{14,8} = 0,878.$$

Poměr těchto výsledků  $\frac{0,878}{0,92} = 0,954$  ukazuje na značnou nepřesnost hodnocení tohoto druhu ztrát světla podle normového vzorce.

Z *obr. 2* také vyplývá způsob, jak je ve skutečnosti omezen osvětlovací otvor: dole je ohraničen spodním vlysem okenního křídla, nahoře horním vlysem anebo i venkovní hranou okenního překladu, bočně pak z jedné strany vnitřním a z druhé venkovním nárožím ostění anebo bočními krajními vlysy okenní konstrukce. Jedná se tu o šikmou (nesvislou) plochu a tato skutečnost sama ukazuje na nevhodnost uvedeného normového vzorce.

Komplikacím při stanovení činitele  $\tau_2$  se vyhneme, položíme-li  $\tau_2 = 1$ , tedy bez uvažování tohoto druhu ztrát a zásah stínících okenních konstrukcí do světelného toku prostě graficky odečteme (viz *obr. 2*).

c) Činitel  $\tau_5$ , je činitelem ztrát světla stíněním, způsobeným vnitřním zařízením budovy. Tento činitel se velmi často opomíjí, a to i při bočním osvětlení průmyslových prostor s velkými a vysokými objekty strojního vybavení. K vyhodnocení tohoto činitele nám pomůže geometrická konstrukce převodu zastiňující siluety na obdélník, zmenšující ze spodu obrazec okna po celé jeho délce, což bude ovšem jen značně přibližné uplatnění tohoto druhu ztrát světla. Vyhodnocení těchto ztrát provedeme opět metodou grafického odečtení zastiňujících ploch.

#### 4. Zanedbávání průměrných hodnot

Jedná se o velikost úhlu  $\psi$  (úhlu dopadu středního těžištního světelného paprsku na plochu skla od normály) a o velikost elevačního úhlu  $\varepsilon$  tohoto paprsku nad horizontem. Jsou to důležité veličiny vedoucí k tzv. charakteristice směrové propustnosti světla a k hodnotě oblohového jasu  $q$ .

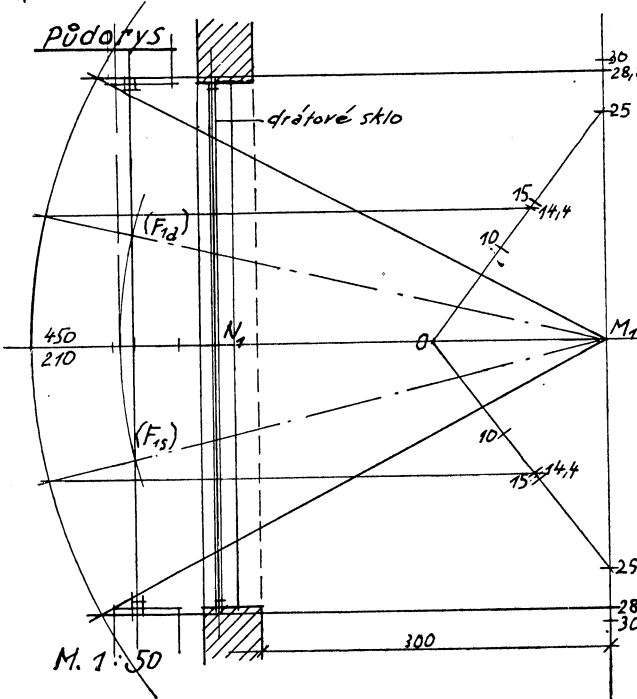
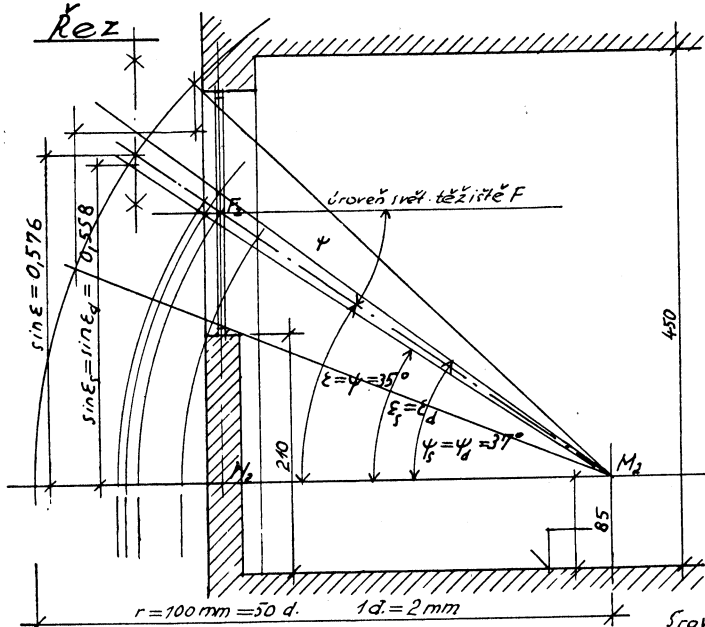
Obě úhlové hodnoty je nutno zjišťovat vzhledem k středním paprskům dílčích světelných toků, přičemž dělicí rovinou za uvedených předpokladů je svislá rovina, vedená normálou  $MN$ . Opomenutí zprůměrování hodnot z levého a pravého toku, tedy uvažování toku vcelku od levého k pravému okraji osvětlovacího otvoru vede přirozeně k nadměrnostem, neboť výsledný střední paprsek se dostává do polohy blízké uvedené svislé rovině a hledané úhly jsou pak v maximálních velikostech.

Na *obr. 3* je znázorněn příklad vyhodnocení těchto úhlů.



# Obr. 3 Určování činitelů $g$ a $k_y$ zprůměrováním

(Příklad denního osvětlení bodu M ležícího na ose okna zakřiveného drátovým sklem)



Srovnávací výpočet  $g$  a  $k_y$   
 1/ Hodnoty získané celkovým světelným tokem:  
 $g = 0,429 + 0,858 \cdot 0,576 = 0,923$   
 $k_y = 0,68$  (určeno grafem normy ČSN 360035 pro  $\psi = 35^\circ$ ).  
 Součin  $g \cdot k_y = 0,628$   
 2/ Hodnoty získané dílčími světelnými toky:  
 $g_s = g = 0,429 + 0,858 \cdot 0,558 = 0,908$   
 $k_{ys} = 0,66$  (určeno grafem normy ČSN 360035 pro  $\psi = 37^\circ$ ).  
 Součin  $g \cdot k_y = 0,6$   
 3/ Je-li  $\tau_n$  ověřováno spoležně (z průměru), platí pro oblohovou složku poměr  
 $\frac{g_s}{g} = \frac{E_s}{E} = \frac{0,6}{0,628} = 0,954$   
 Použitím metody jednoho celkového svět. toku vzniká naměřenost 4,6%.  
 Pozn.: Při nespojitých dílčích tocích zprůměrování te. provede vzhledem k závažnosti dané dílčími počty  $n_{ij}$  Dan. j.

Srovnávacím propočtem příslušných hodnot  $q$  a  $k_p$  a jejich součinů, kterým jsou činitelé denní osvětlenosti přímo úměrný, vychází nadměrnost ve výši 4,6% při uvažování světelného toku vcelku oproti správnému výsledku, docílenému rozdělením světelného toku (příklad byl volen s nepříznivými okolnostmi vznikajícími v průmyslových halách s vysokým parapetem a s oknem zaskleným drátovým sklem).

Při vyhodnocování charakteristiky  $k_p$  vznikají nesprávnosti nedostatkem podkladů pro toto hodnocení v případech dvojitého zasklení čirým sklem. Cenná jsou tu data uváděná v odborné literatuře formou obrazců rozptylu naměřených hodnot (viz R. Kittler—L. Kittlerová „Návrh a hodnotenie denného osvetlenia“).

Tam, kde jsou navržena okna zasklená drátovým sklem, dochází k nesprávnostem tím, že je zanedbáván významný zatemňovací vliv charakteristiky směrové propustnosti na plochách poblíž okenní stěny. Zmenšení složek denní osvětlenosti  $e_{obl.}$  a  $e_{ext.}$  je zde velmi značné.

## 5. Závěrem

uvedeme další významný druh příčin nedostatku správného projektování oken a světlíků. Je jím neúměrně nízký fond pracovních hodin, daný na zpracování projektové dokumentace, což nutně způsobuje nedostatečnou propracovanost a nesprávnosti (i v typových podkladech). Nápravu je nutno hledat především v organizaci projektěních prací. Jiná náprava vznikne zjednodušením pracovních úkonů při světelně technickém návrhu denního osvětlení. Určitou cestu k tomu nám naznačuje dnes již neplatná ČSN 73 0511 „Denní osvětlení průmyslových budov“, a to její čl. 23, který stanoví, že „výsledný činitel denní osvětlenosti uplatňujeme na nejnepříznivějším místě pracovní plochy“, což vlastně odpovídá i duchu ČSN 36 0035, kde pro případy bočního osvětlení je stanoveno kritérium minimálními hodnotami činitele denní osvětlenosti  $e$ . Rozsah úspor pracovní vyplyne tu srovnáním s ustanovením čl. 21 této platné ČSN.

## LITERATURA

- [1] ČSN 36 0035 „Denní osvětlení budov“ (1968).
- [2] J. Matoušek: Komentář k ČSN 36 0035 — Denní osvětlení budov (UNM Praha 1969)
- [3] ČSN 73 0511 „Denní osvětlení průmyslových budov“ (neplatná).
- [4] R. Kittler—L. Kittlerová: Návrh a hodnotenie denného osvetlenia, II. vyd., Alfa Bratislava 1975.
- [5] Sborník přednášek ze semináře DT Bratislava 1979, „Denné osvetlenie interiérov“.
- [6] Typizační sborník „Ministerstva stavebního průmyslu 1952, „Studie o světle“, ČSSZ, Stavoprojekt, STÚ.

### Poznámky k obr. 1:

1. Vzorec pro  $k_z$  obsahuje součin  $(n_{Ip} \cdot 0,01)$ , což je zkrácený výraz součinu  $n_I \cdot n_{II}$  v Daniljukových jednotkách, kde tzv. šířková korekce  $n_{II}$  se v nekonečně dlouhé ulici rovná 100, což odpovídá celému polokruhu:

$$\frac{n_I \cdot 100}{10\ 000} = n_I \cdot 0,01.$$

2. V exteriéru se nutně projeví zvyšovací efekt vnější interreflexe mezi oblohou a pozemními objekty včetně terénu, přičemž je jisté významná odraznost mračných vrstev, která je ve sborníku „Studie o světle“ uvedena údajem 0,8. Pomineme-li tento vliv z důvodu nedostatku

presnějších dat a nazveme-li výraz pro takovou okleštěnou interreflexi  $r'$ , pak máme  $1 \leq r' \leq r$ . Je proto použití Mascartova vzorce

$$\frac{1}{1 - \bar{\rho}},$$

kde  $\bar{\rho}$  obsahuje pouze hodnoty stěn a terénu bezpečně nižší proti skutečnosti a může snad být informativně uvažováno. Do výpočtů včleníme pak zcela bezpečně  $r' = 1$ , čili uvažujeme pouhé  $k_z$ . Předpokladem je vyšší světelná odraznost mražených vrstev než je odraznost stěn a terénu.

## ЗАМЕЧАНИЯ К ОПТИМАЛЬНОМУ РЕШЕНИЮ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ

*Инж. арх. Ярослав Вртел*

В статье оценивает автор с помощью анализа примеров современную технику расчетов дневного натурального освещения во внутренних пространствах с боковыми окнами (осветительными отверстиями). Автор предупредит о некоторых недостатках которые доказывает (это собственно резервы количественного характера) и которые причиной неправильных проектов и возникновения противоречий между проектом и действительностью. Статья является одновременно основанием к дискуссиям.

## COMMENT ON AN OPTIMUM SOLUTION OF LIGHTING ORIFICES

*Ing. arch. Jaroslav Vrtěl*

The author of the article discusses with help of examples analysis contemporary calculation technique of day natural lighting in the indoor space with side windows (lighting orifices). The author shows and improves some insufficiencies (it is, in fact, a reserve of quantitative character) affecting an incorrectness design and origin of inconsistencies with the design and reality. The article is a basic for discussions as well.

## BEMERKUNGEN ZUR OPTIMALLÖSUNG DER BELEUCHTUNGSÖFFNUNGEN

*Ing. Arch. Jaroslav Vrtěl*

Im Artikel bewertet der Autor (durch eine Analyse der Beispiele) gleichzeitige Berechnungstechnik der Tageslichtbeleuchtungsstärke in den Innenräumen mit den Seitenfenstern (mit den Beleuchtungsöffnungen). Er macht aufmerksam und beweist einige Mängel (eigentlich die Reserven des quantitativen Charakters), die die Unrichtigkeit der Entwürfe und die Entstehung der Widersprüche zwischen dem Entwurf und der Wirklichkeit verschulden. Der Artikel bildet gleichzeitig eine Grundlage zu den Diskussionen.

## OBSERVATIONS SUR LA SOLUTION OPTIMALE DES OUVERTURES D'ÉCLAIRAGE

*Ing. arch. Jaroslav Vrtěl*

Dans l'article présenté, l'auteur apprécie (par une analyse des exemples) la technique contemporaine des calculs de l'éclairage naturel dans les espaces intérieurs avec les fenêtres latérales (avec les ouvertures d'éclairage). Il fait observer et démontre quelques défauts (proprement dit, les réserves d'un caractère quantitatif) qui causent la fausseté des projets et l'origine des contradictions entre le projet et la réalité. L'article présenté forme une base pour les discussions, en même temps.

## ● Barevná symbolika

je jedním ze stupňů subjektivní motivace při výběru barev (= dávání přednosti barvám) — a to vedle radosti z viděné barvy a sdružování barev (ve vztazích k předmětům).

Barevná symbolika je výsledkem usku- tečněného civilizačního procesu: s jednotnou soustavou symbolů je vždy seznámen každý příslušník dané civilizační skupiny a povinné pro něj platí. Srozumitelnost a obecná platnost ovlivňují tak vztahy každého člověka k bar- vům a podílejí se na tom, jakým barvám je dávána přednost.

*Déribéré (La couleur dans la publicité et la vente — Dunod Paris 1969)* uvádí některé zajímavé a dokumentující vztahy:

### A. Frekvence barev v heraldice

21,6 %	červených
0,3 %	oranžových
11,2 %	zlatých (žlutých)
2,0 %	zelených
32,8 %	modrých
0,5 %	purpurových

### B. Frekvence barev na vlajkách zemí

80 %	červených
téměř 0 %	oranžových
18 %	žlutých
11 %	zelených
66 %	modrých
asi 2 %	fialových

(LCh)

## ● Hodnocení osvětlovacích soustav

zahrnuje (podle návrhu doporučení pro osvětlo- vání zdravotnických zařízení — LD & A 1978/6) tyto vazby — jako neopomenutelné a zásadní:

1. Vizualní komfort (dostatek světla v ja- sově rovnováže).

2. Porovnání s architektonickým záměrem (využití prostorotvorných vlastností světelné hmoty).

3. Porovnání s vnitřním vybavením a tech- nologickým zařízením.

4. Přizpůsobivost uspořádání soustavy (zvl. provozním podmínkám).

5. Porovnání s požadavky klimatizace (možnosti vzájemného rušení).

6. Porovnání s požadavky akustiky (mož- nost vzájemného rušení).

7. Technické provedení (porovnání s plat- nými předpisy).

8. Zhodnocení možnosti údržby — čištění, dekontaminace a oprav.

9. Zhodnocení estetického vzhledu (např. i jednotlivých prvků).

10. Ekonomiku jednotlivých skladebných soustav nebo jejich částí za předpokladu srov- natelného plnění kvantitativních požadavků:

- a) pořizovacích nákladů,
- b) údržby (čištění) a dalších běžných ročních nákladů,

c) nákladů na obnovu zařízení (rekon- strukce),

d) nákladů na amortizaci a rekonstrukce.

Z přehledu je patrna složitost vazeb světla na prostor a jeho využití — má-li být „světlo součástí prostoru“ nebo „prostorotvorným prv- kem životního (pracovního, oddechového) pro- středí“.

(LCh)

## ● Normalizace v osvětlování

V ČSSR jsou pro posuzování denního pří- rodního a umělého osvětlení zákonnými pod- klady ČSN řady 36 00... Je to soubor celkem 19 samostatně platných (částečně i navzájem vázaných) svazků — od ČSN 36 0000 (názvo- slovné) po ČSN 36 0088 (zemědělství).

Doba platnosti těchto dokumentů (z nich ale jen některé byly obnoveny) je již značná (zvláště výrazně se projeví ve srovnání se světovým vývojem) a tedy i stupeň zastarání: nejstarší je ČSN 36 0060 „Osvětlování ulic“ (1962 — závazná) nebo ještě ČSN 36 0054 „Výpočet umělého osvětlení vnitřních pro- storů“ (1954 — doporučená) a nejmladší ČSN 36 0088 „Osvětlování v zemědělských závodech“ (1974 — závazná).

Celkově lze soubor rozdělit na ČSN použi- telné a ČSN ještě použitelné (max. do 10 let „věku“), ačkoliv všechny jsou zákonnými pod- klady a tedy platné v celém rozsahu. Nedodržování (pro nepoužitelnost) je dilem vnitřní dohody mezi technickými a hygienickými slož- kami denní praxe.

Současný stav je brzdou dalšího vývoje se všemi důsledky. Částečná náprava se reali- zuje oborovými normami a interními doku- menty (např. FMTIR aj.). Touto cestou se poněkud vyrovnává technický pokrok v oboru (ve světě) a rozšiřuje pokrytí plochy investiční výstavby (v oborové problematice). Odlišnost zpracování jednotlivých ČSN však situaci trvale zhoršuje: nejednotnost koncepcí se pro- jevuje (s ohledem na čas) zvláště tíživě (mj. dělení na ČSN pro denní přírodní, umělé a sdru- žené osvětlení).

(LCh)

Milan Ogoun šedesátníkem

(28. 1. 1981)

*Patří bezesporu k výrazným postavám profese vytápění a svým nevyčerpatelným elánem je znám široké odborné veřejnosti. Méně už je známo, že v mladších letech byl vynikajícím běžcem středních tratí a že právě z atletické dráhy si do své technické praxe přinesl svou příslušnou bojovnost a houževnatost.*

*Přejeme mu do dalších let hodně zdraví a životních úspěchů.*

Redakční rada

## GRAFICKÝ SPÔSOB URČENIA HLUKOVEJ ZÁŤAŽE

ING. MILAN DRAHOŠ

OHS, Poprad

V článku je uvedeno grafické zpracování vhodné pro výpočet hlukové zátěže na pracovním místě. Výpočet celkové ekvivalentní hladiny autor zjednodušuje zavedením parciálních indexů a sestavením grafu pro výpočet těchto hodnot. Článek může být vhodným podkladem pro orientační stanovení celkové hlukové zátěže pracovníka.

Recenzovala: Doc. Ing. V. Chalupová, CSc.

Pre účely posúdenia ochrany pracujúcich pred škodlivými účinkami hluku (ustáleného, premenného a impulzného s  $f_{op} > 20$  Hz) sa vychádza z hlukovej záťaže zistenej za osem-hodinovú pracovnú smenu.

Pri nepriamom spôsobe merania hlukovej záťaže jednotlivca alebo skupiny pracovníkov s rovnakou pracovnou činnosťou [1] sa hluková záťaž za pracovnú smenu vypočíta podľa vzťahu

$$L_{Aeq\ sh} = 10 \log \frac{1}{\sum_{k=1}^m \tau_k} \sum_{k=1}^m \tau_k \cdot 10^{0,1 L_{Ak}} \quad (1)$$

kde  $L_{Aeq\ sh}$  — celosmenová ekvivalentná hladina hluku A za celkovú dobu pôsobenia hluku  $\sum_k \tau_k = 480$  min [dB (A)],

$L_{Ak}$  — priemerná alebo ekvivalentná hladina hluku A na k-tom pracovnom mieste [dB (A)],  
 $\tau_k$  — doba pôsobenia hluku na k-tom pracovnom mieste [min],  
 $m$  — celkový počet pracovných miest.

Pre výpočet hlukovej záťaže sa môže použiť aj spôsob [2], pri ktorom zaťaženie hlukom na jednotlivých pracovných miestach vyjadrujú čiastkové parciálne indexy  $E_k$ , určené vzťahom

$$E_k = \frac{\tau_k}{480} 100,1(L_{Ak} - 65) \quad (2)$$

a celosmenová ekvivalentná hladina hluku A sa potom vypočíta podľa vzťahu

$$L_{Aeq\ sh} = 10 \log \sum_{k=1}^m E_k + 65, \quad (3)$$

kde  $\sum_k E_k$  — celkový (zložený) parciálny index.

Pre praktickú potrebu bol podľa vzťahov (2) a (3) spracovaný diagram pre výpočet hlukovej záťaže, kde je znázornená závislosť parciálnych indexov na dobe pôsobenia hluku o rôznych hladinách (obr. 1).

Postup pri určení hlukovej záťaže

1. Z údajov o dobe pôsobenia hladín hluku na jednotlivých pracovných miestach určiť čiastkové parciálne indexy.
2. Vypočítať celkový parciálny index.
3. Celkovému parciálnemu indexu odpovedá pre 480 min pôsobenie hluku sledovaná celosmenová ekvivalentná hladina hluku  $L_{Aeq\ sh}$ .

Príklad:

V strojárrenskej hale sa pracovník počas pracovnej smeny zdržiava na troch pracovných miestach po dobu  $\tau_1 = 120$  min,  $\tau_2 = 280$  min,  $\tau_3 = 80$  min a v hluku  $L_{A1} = 96$  dB (A),  $L_{A2} = 85$  dB (A) a  $L_{A3} = 101$  dB (A).

Z diagramu odčítame čiastkové parciálne indexy  $E_1 = 315$ ,  $E_2 = 58$  a  $E_3 = 660$ .

Celkovému parciálnemu indexu  $\sum E = 1033$  odpovedá  $L_{Aeq\ sh} = 95,1$  dB (A).

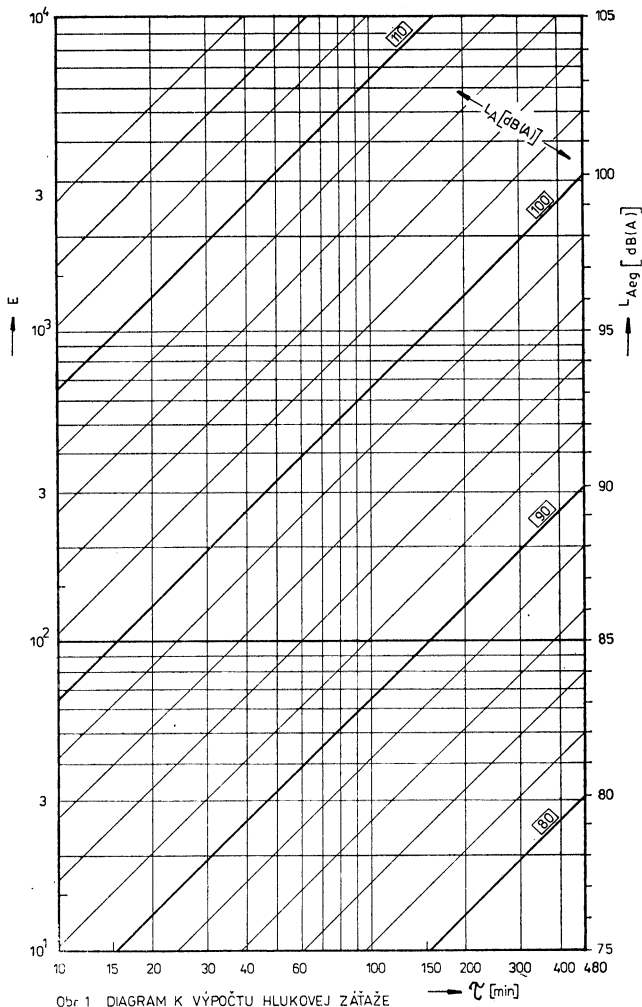
Literatúra:

- [1] Vyhláška MZ SSR č. 14/77 Zb. o ochrane zdravia pred nepriaznivými účinkami hluku a vibrácií.
- [2] Norme internationale ISO-1999-1975 (F).

Графический способ определения шумовой нагрузки

Инж. Милан Драгош

В статье приводится удобная графическая обработка для расчета шумовой нагрузки на рабочем месте. Расчет суммар-



ного эквивалентного уровня упрощает автор введением парциальных индексов и составлением графика для расчета этих величин. Статья может быть удобным основанием для ориентировочного определения общей шумовой нагрузки рабочего.

**A graphic method of noise load calculation**  
*Ing. Milan Drahoš*

A graphic method of noise load calculation in a workplace is described in this article. The calculation of the total equivalent level is simplified by the author with help of partial indices and with a graph for calculation of such values, too. This article could

be a suitable basis for an orientation determination of the total noise load of a worker.

**Graphische Bestimmungsmethode einer Geräuschbelastung**

*Ing. Milan Drahoš*

Im Artikel führt man eine für die Berechnung der Geräuschbelastung auf einem Arbeitsplatz geeignete graphische Verarbeitung ein. Die Berechnung des Totaläquivalentpegels vereinfacht der Autor durch die Einführung der Partialindexe und durch die Zusammenstellung eines Diagrammes für die Berechnung dieser Größen. Der Artikel kann eine passende Grundlage für die Orientationsbestimmung der Totalgeräuschbelastung eines Arbeiters bilden.

## MECHANISMY INFILTRACE VZDUCHU A ZPŮSOBY JEJÍHO ZJIŠŤOVÁNÍ

V čísle 5/80 ZTV byl uveřejněn příspěvek, zabývající se výzkumy v oblasti infiltrace v USA. Pro doplnění seznamujeme čtenáře přehledně s prací švédských autorů *A. K. Blomsterberga* a *D. T. Harrje*, kteří se zabývají toutž problematikou a která je v plném znění otištěna v ASHRAE Transactions sv. 85, část 1. Výťah práce byl zveřejněn v časopise ASHRAE Journal č. 5/79 pod názvem Evaluating Air Infiltration Energy Losses. První část pojednává o mechanismech infiltrace a metodách zjišťování její velikosti.

Je důležité znát činitele, způsobující infiltrační vzduchu. V běžném domě výměna vzduchu v důsledku netěsností je příčinou třetiny nebo i více tepelných ztrát. Ztráty především závisí na klimatických podmínkách v místě, avšak přichází v úvahu i mnoho činitelů, souvisejících s konstrukcí domu a jeho situováním v krajině.

Počasí má vliv na infiltraci dvěma samostatnými fyzikálními mechanismy — působením větru a prouděním vyvolaným teplotními rozdíly, čili komínovým efektem. Naneštěstí tyto vlivy nepůsobí na sobě nezávisle, tzn. že je nelze jednoduše sečíst. Jediné všeobecné pravidlo je, že součet jednotlivých vlivů je větší než skutečný kombinovaný vliv. Hnací silou přirozené výměny vzduchu v budovách je tlakový rozdíl působený především těmito dvěma mechanismy.

Účinek větru na povrchu budovy se mění od místa k místu. Pro každý jednotlivý bod možno psát rovnici

$$\Delta p = k_1 \frac{\rho}{2} v^2,$$

kde  $\Delta p$  je tlak vyvolaný větrem [Pa],

$k_1$  — bezrozměrný součinitel, závisící na tvaru budovy a její poloze v krajině,

$v$  — rychlost větru [m/s], měřená ve výši rovné výšce budovy,

$\rho$  — měrná hmotnost vzduchu [kg/m<sup>3</sup>].

Směr větru je důležitý při výpočtu infiltrace budov. Přitom vítr vanoucí kolmo na stěnu budovy nemusí nutně vést k nejvyšší hodnotě výměny vzduchu.

Střední rychlost větru se mění s výškou a vertikální profil rychlosti se různí podle drsnosti terénu nad kterým vítr vane. Pro různé typy terénu může být použito jednoduchého vzorce k popisu profilu rychlosti větru

$$\frac{v}{v_{10}} = k_2 \cdot z^a,$$

kde  $v$  je rychlost větru ve výšce  $z$  nad terénem [m/s],

$v_{10}$  — rychlost větru nad otevřenou plochou krajinou ve výšce 10 m [m/s],

$k_2$  — součinitel [z tab. 1],  
 $z$  — výška nad terénem [m],  
 $a$  — exponent [z tab. 1].

Tabulka 1. Faktory střední rychlosti větru naměřené ve výši 10 m nad terénem v závislosti na jeho tvaru

Terén	$k_2$	$a$
otevřená plochá krajina	0,68	0,17
krajina s roztroušenými překážkami	0,52	0,20
městské území	0,40	0,25
střed města	0,31	0,33

Druhý způsob výměny vzduchu vyvolané větrem v uzavřeném prostoru s otvorem se děje vlivem proměnné rychlosti větru. Jak bylo ověřeno na modelu, nízkofrekvenční složky této rychlosti vytvářejí pulzující proud otvorem, který závisí na stlačitelnosti vzduchu v uzavřeném prostoru. Vysokofrekvenční složky působí turbulentní průtok vzduchu otvorem, méně závislý na jeho stlačitelnosti. Aby došlo k výměně vzduchu musí část proměnného proudu vzduchu procházejícího otvorem být smíšena se vzduchem uvnitř prostoru, zbytek se pak vrátí bez smísení.

*Cockcroft a Robertson* ve Velké Británii ověřili na zkušební komoře s jedním otvorem, že se vzrůstající rychlostí turbulentního větru hodnota výměny vzduchu roste rychleji. Při velmi vysokých rychlostech dochází k vyrovnání účinku.

Teplotní rozdíly mezi vnitřním a venkovním vzduchem znamenají rozdíly v hustotě vzduchu, a to vede k tlakovým rozdílům, které mohou být vyjádřeny rovnicí.

$$\Delta p = (\rho_e - \rho_i) g h,$$

kde  $\Delta p$  je tlakový rozdíl [Pa],

$\rho_e$  — hustota venkovního vzduchu [kg/m<sup>3</sup>],

$\rho_i$  — hustota vnitřního vzduchu [kg/m<sup>3</sup>],

$g$  — gravitační zrychlení [m/s<sup>2</sup>],

$h$  — výškový rozdíl mezi vstupními a výstupními otvory [m].

Objemový průtok vzduchu jakýmkoliv otvorem může být vyjádřen jako funkce rozdílu tlaků po jeho obou stranách

$$V = k(\Delta p)^\beta,$$

kde  $V$  je objemový průtok vzduchu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ],  
 $k$  — průtokový součinitel, definovaný  
jako objemový průtok při tlakovém  
rozdílu 1 Pa [ $\text{m}^3/\text{h Pa}$ ],

$\Delta p$  — tlakový rozdíl [Pa],

$\beta$  — exponent závislý na charakteru  
proudu (hodnota  $\beta$  pro čistě turbu-  
lентní proudění je  $\beta = 1$ , pro čistě  
laminární proudění je  $\beta = 0,5$ ).

Tato empirická rovnice je použitelná pro proudění otvory s tlakovým rozdílem do 100 Pa.

Jestliže se předpokládá, že budova má určitou poréznost a tedy všeobecnou netěsnost, pak

$$\bar{V} = \bar{k}(\Delta p)^\beta,$$

kde  $\bar{V}$  je měrná propustnost, tj. poměrný objemový průtok připadající na 1  $\text{m}^2$  plochy pláště budovy [ $\text{m}^3/\text{h m}^2$ ],

$\bar{k}$  — součinitel, definovaný jako objemový průtok 1  $\text{m}^2$  pláště budovy při tlakovém spádu 1 Pa [ $\text{m}^3/\text{h Pa}$ ].

Tlakový rozdíl v této rovnici je rozdíl vyvolaný větrem a teplotami. Aby bylo možno provést výpočet, musí být známy tlakové rozdíly a jejich rozložení podél pláště budovy, jakož i celková netěsnost. Výpočet dá v mnoha případech hodnoty výměny infiltrací vyšší, než jsou ve skutečnosti. Je to způsobeno mnoha proměnlivými faktory, které je nutno brát v úvahu, jako

- mikroklima (včetně ochrany, kterou poskytuje terén),
- rozdíly v rozložení tlaku vlivem větru, závislé na tvaru budovy,
- umístění otvorů,
- obtoky uvnitř budovy (šachty apod.),
- vnitřní odpor proti průtoku.

Jak již bylo uvedeno, svislý profil rychlosti větru se mění s drsností terénu. Kromě toho rozložení tlaku větru se mění a jeho velikost klesá, jsou-li na návětrné straně v blízkosti překážky. Tak např. bylo prokázáno, že stromy snižují infiltraci tím, že snižují kinetickou energii nabíhajícího větru v důsledku neuspořádaného pohybu větru v korunách. A tak vhodné rozmístění stromů na návětrné straně jinak nechráněné budovy, může značně snížit její infiltraci — až o 45 %.

Rozložení tlaku ovlivňuje i tvar budovy. Proto fasáda na návětrné straně má být co nejmenší. Také poměr mezi plochou pláště a objemem budovy má být co nejmenší. Čím je budova vyšší, tím je silnější komínový efekt. Jestliže však navrhujeme výškovou budovu, má obsahovat větší množství relativně těsných zón, aby se komínový efekt co nejvíce utlumil.

Pokusy získané na modelu naznačují, že různá netěsnosti po celém plášti budovy mohou vyvolat přirozené větrání v hodnotě dvojnásobku výměny za hodinu i více. Bližší o tom bude pojednáno později. K přirozené výměně vzduchu mohou významně přispět nepředpokládané cesty — obtoky ve stavbě. V řadových domech v Twin Rivers (USA) byly zjištěny jako obtoky otvory ve styčných stěnách a otvory kolem komínů, které umožnily volný

průtok vzduchu ze suterénu do podkroví. Když byly tyto otvory zatěsněny skleněnou vatou a současně i zatěsněny prostory elektroinstalací a sanitárních instalací, snížila se v jednom domě infiltrace při rozdílu tlaků 50 Pa až o 35 %.

Vnitřní odpor proti proudění vzduchu bývá u rodinných domků většinou nízký, protože spojení mezi jednotlivými podlažními bývá dobré, především otevřeným schodištěm.

#### *Zkušební metody*

Při zjišťování infiltrace se používá jednak sledování pohybu indikačních plynů, jednak metody umělého vyvolání tlakových rozdílů.

#### *Metoda indikačních plynů*

Tato metoda spolu s příslušnou automatizovanou jednotkou pro zjišťování infiltrace byla již mnohokrát s úspěchem použita. Indikačním plynem je zde fluorid sírový ( $\text{SF}_6$ ), který je vstříknut do rozvodu teplého vzduchu. Množství plynu a způsob vstříknutí jsou pečlivě kontrolovány, aby se dosáhlo rychlého smísení a dosažení počáteční koncentrace fluoridu ve vzduchu asi 0,04 ppm. Jednotka pro zjišťování infiltrace odebírá pak vzduch v objektu po 5 minutách a zjišťuje pokles koncentrace indikačního plynu za použití elektronového detektoru a plynového chromatografu, které jsou součástí jednotky. Naměřené hodnoty se ukládají na magnetickou pásku s kapacitou záznamu na 1 týden. Každá jednotka pro měření infiltrace má poněkud odlišný kalibrační faktor, který je periodicky ověřován.

Abychom určili hodnotu výměny vzduchu vlivem infiltrace, zjišťujeme koncentrace  $c$  dvakrát, a to v čase  $t_0$  a v čase  $t = t_0 + \Delta t$ . Tato výměna vzduchu ve sledovaném časovém úseku je pak

$$n = \frac{1}{\Delta t} \ln \frac{c_{t_0}}{c_t}$$

Během zkoušek v objektu vytápěném teplým vzduchem byla jednotka pro zjišťování infiltrace umístěna v suterénu vedle vytápěcího kotle a monitorovala přiváděný vzduch. Odebírání vzorků se dalo za místem vstříku  $\text{SF}_6$ , přičemž ventilátor kotle byl v provozu, aby bylo zajištěno dokonalé smísení plynu se vzduchem. Takové smísení nastane v méně než 15 minutách po vstříknutí.

Jedna verze této metody používá sběr jednotlivých vzorků do sáčků ve zvolených časových intervalech po vstříknutí indikačního plynu. Tímto způsobem může být vykonáno nenákladné testování, protože hodnoty infiltrace se pak zjišťují ze sáčkových vzorků v laboratoři.

#### *Metoda tlakových rozdílů*

Za použití „ventilátorových dveří“, které byly pro tento účel vyvinuty, může být v domě vyvolán přetlak nebo podtlak proti venkovní atmosféře. Ventilátorové dveře jsou deska se zabudovaným axiálním ventilátorem tak upravená, aby ji bylo možno vsadit a zatěsnit



do rámu venkovních dveří různých velikostí. Tlakový rozdíl mezi vnitřkem a vnějškem je libovolně nastavitelný, neboť ventilátor je poháněn elektromotorem s plynule stavitelnými otáčkami. Při testování se postupně mění tlakový rozdíl tím, že se mění a zjišťují otáčky a na základě cejchovní křivky se pak odečítá příslušný objemový průtok. Ze sady měření se pak určí profil objemového průtoku pro objekt. Při této technice je možno i uzavíráním vnitřních dveří měnit vnitřní odpor objektu a lokalizovat jednotlivé netěsnosti.

V případě hledání jednotlivých cest pronikání vzduchu do budovy, jako jsou okna

a dveře, může být použito podtlakové metody, kde pod plastickým krytem, přilepeným těsně kolem rámu, je vyvolán podtlak vysavačem a průtok je měřen plynoměrem. Současně se měří tlakový rozdíl citlivým manometrem. Aby se vymýtily chyby vzniklé tím, že by se vzduch protahoval ještě jinými netěsnostmi, než měřeními, vyrovnává se „ventilátorovými dveřmi“ tlak mezi vnějškem a místností.

Druhá část práce, kterou uvedeme v některém z příštích čísel obsahuje výsledky konkrétních měření na modelech i na skutečných objektech a jejich vyhodnocení.

Kubiček

## SEMINÁŘ „ČERPACÍ ZAŘÍZENÍ VE ZDRAVOTNÍ TECHNICE“

Dne 31. ledna 1980 uspořádal ČÚV Kometu pro životní prostředí ČSVTS (OS zdravotní a průmyslové instalační techniky) společně s DT ČSVTS Praha jednodenní seminář na téma „Čerpací zařízení ve zdravotní technice“.

Přípravný výbor semináře:

garant: Doc. Ing. Karel Ondroušek, CSc.

členové: Ing. Jaromír Bubílek  
Pražský projektový ústav Praha  
Ing. Zdeněk Najman  
Výzkumný ústav pozemních staveb Praha  
Ing. Antonín Pokorný, CSc.  
ČVUT — Fakulta architektury Praha  
Ing. Pavel Weigl, CSc.  
Koopol Praha  
Milada Kounovská  
ČVUT — Fakulta stavební Praha

Cílem semináře bylo hlubší seznámení s některými problémy čerpacích zařízení ve zdravotní technice, a to návrhem parametrů, zabezpečením spolehlivé funkce v systému, ekonomickým provozem i výrobními problémy.

Úvodní teoretickou přednášku „Základy čerpací techniky“ přednesl *Doc. Ing. Karel Brada, CSc.* ze strojní fakulty ČVUT Praha. Vysvětlil základní pojmy čerpací techniky, provozní poměry čerpadel, charakteristiku čerpadla, sací schopnost a vznik kavitace, kinematickou podobnost čerpadel a řízení výkonu, aplikaci hydrodynamických čerpadel v projekční praxi. Na závěr uvedl vývojové tendence v konstrukci čerpadel.

Přednášku „Kapalinokružné vývěvy a některá čerpadla k. p. SIGMA Závadka přispívající k ochraně životního prostředí“ přednesl *Ing. Mikuláš Beták*, k. p. SIGMA-Závadka. Seznámil účastníky semináře s funkcí, konstrukcí a použitím kapalinokružné vývěvy typu RLP-03, čerpadel typu NVA, NFT, QVB. Přednáška byla vhodně doplněna základními konstrukčně projekčními údaji a grafy s vyznačenými pracovními oblastmi čerpadel.

Častou úlohou v praxi je návrh tlakové čerpací stanice. Jsou rozšířeny v bytové, občanské a průmyslové výstavbě. Na toto téma přednesl zajímavou přednášku *Ing. Petr Gabriel*, SIGMA-Hranice. Popsal práci tlakové čerpací stanice, její návrh, výpočet objemu. Zvláštní pozornost byla věnována zesilovací čerpací stanici a typizaci tlakových automatických čerpacích stanic. Velmi účelné bylo upozornění na nejčastější závažné chyby a způsoby odstranění.

Rovněž problematika teplovodních odstředivých čerpadel a jejich užití je v praxi neustále aktuální. Řadu problémů v této oblasti upřesnila přednáška *Josefa Baksy*, SIGMA-Závadka, na téma „Teplovodní odstředivá čerpadla vyráběná v k. p. SIGMA-Závadka, vhodná k použití ve zdravotní technice“. Přednášející detailně seznámil účastníky semináře s použitím čerpadel řady NHA, NWM-horizontálních, NVMP-vertikálních, NHP. Referát byl doplněn výkonovými hodnotami čerpadel a pracovními oblastmi jednotlivých typů.

*Ing. Jaroslav Peterka* ze Stavoprojektu Liberec přednesl referát „Návrh požárních čerpacích stanic ve výškových budovách“. V jednotlivých kapitolách pojednal o vývoji navrhování čerpacích stanic a jejich koncepcí. Zajímavým příspěvkem bylo srovnání výhod a nevýhod společných čerpacích stanic pro vnitřní vodovod a pro vnitřní požární rozvod. Rovněž srovnání systémů požárních vodovodů v některých výškových budovách v ČSSR (MOTOKOV-Praha, KOVO-Praha, CENTRO-TEX-Praha, KOOSPOL-Praha, hotel BRATISLAVA-Bratislava, internát DRUŽBA-Bratislava, ELITEX-Liberec) bylo velmi názorné a poučné.

Poslední přednášku „Čerpací zařízení pro dopravu pitné a užitkové vody“ přednesl *Ing. Tomáš Avrat*, SIGMA-Hranice. Zabýval se částí výrobního programu, určeného pro čerpání a akumulaci pitné a užitkové vody pro malé spotřebiště do 35 l. s<sup>-1</sup>. Uvedl konstrukci a výkonové parametry horizontálních článkových čerpadel řady V-1-K, V-1-D, V-2-D, L-V, samonasávacích čerpadel s hvězdicovým kolem řady SVA a SVD a domácích automatických stanic.

Po diskusi přijali účastníci semináře tato doporučení:

- a) v oblasti výroby čerpadel pro zdravotní techniku  
— úspěšný rozvoj čerpací techniky v současnosti i budoucnosti je podmíněn mimo jiné též ukazatelem snižování hmotnosti čerpadel. Ten je ve značné míře podmíněn materiálem, tvarem, provedením a hmotností odliktů. Doporučujeme proto zaměřit pozornost na kvalitu odliktů a materiál odliktů (např. použití slitinových ocelí);
- b) v oblasti přípravy projektových podkladů  
— doporučit výrobcům čerpacích zařízení

a příslušným organizacím (STÚ, VÚPS, ČSVA ap.) zpracování katalogu čerpacích zařízení pro oblast zdravotní techniky;

c) v oblasti spolupráce odborných skupin ČÚV KŽP

— doporučit přípravu semináře „Možnosti snižování hluku u čerpacích zařízení“.

Vzornou organizací semináře (více než 200 účastníků) včetně včasné přípravy sborníku zabezpečila *Ing. L. Kopalová* z DT-Praha. Svou aktuální a věcnou náplní nám bude uvedena akce příkladem pro další odborná setkání.

*Ondroušek*

## ZPRÁVA A ZÁVĚRY Z KONFERENCE VETRÁNIE A KLIMATIZÁCIA OBJEKTŮ V POTRAVINÁRSKOM PRIEMYSLE A V POLNOHOSPODÁRSTVE

Ve dnech 26.—28. srpna 1980 se konala v Nitře při výstavě Agrokomplex konference s mezinárodní účastí „Vetránie a klimatizácia objektov v potravinárskom priemysle a v polnohospodárstve“. Konferenci pořádal Slovenský ústřední výbor Komitétu pro životní prostředí, organizátorem byl Dům techniky Bratislava. Garanty konference byli *doc. Ing. Jaroslav Chyský CSc.* a *doc. Ing. Ján Valent CSc.* Počet účastníků byl asi 130. Příspěvky byly otištěny ve dvou svazcích sborníku, rozsah 260 stran, počet příspěvků byl 29. Na závěr konference byla přijata tato doporučení:

1. V oblasti hospodárného využívání energií se zaměřit zejména na:

- zdokonalování využívání současných zdrojů energie,
- využívání netradičních zdrojů energií,
- řešení dlouhodobé akumulace tepla,
- zajištění řádné a kvalitní údržby a provozu instalovaných zařízení,

2. Přehodnocením ekonomických ukazatelů

staveb vytvořit předpoklady uplatnění ekonomicky výhodných řešení.

3. V oblasti tvorby norem nárokovat přepracování ON 73 4502 „Vetrání a vytápění stájových prostorů“ a vypracovat podobnou normu pro potravinářský průmysl. Potřebné podklady je třeba zajistit v předstihu v rámci vědeckotechnické činnosti.

4. V oblasti vědeckovýzkumné vycházet při zadávání, řešení a koordinaci prací z požadavků projektových organizací a uživatelů.

5. V oblasti výrobně příslušných závodů. V zájmu spolehlivosti zařízení se doporučuje realizovat dodávky komplexně, včetně regulace a měření. Přitom je třeba vytvořit prostor pro účinnější spolupráci v rámci států RVHP.

6. V oblasti rozšiřování vědeckotechnických znalostí pokračovat v pořádání konferencí s touto tematikou s dvouletou periodicitou.

*Chyský*

## SPALOVÁNÍ ODPADOVÉ STROMOVÉ KŮRY

*Zpracováno s použitím údajů z článku Ing. Jaroslava Černockého, Technické zprávy ČKD DUKLA 6/77.*

K řešení palivoenergetické situace je nutné hledat cesty i ve spalování netradičních spalitelných látek. Jednou takovou cestou, donedávna u nás opomíjenou, je využití tepelné energie odpadové kůry, získané při odstraňování stromové kůry při těžbě dřeva.

Vývoj způsobů těžby a zpracování dřeva vede k tomu, že se odstraňování stromové kůry přesouvá do produktivních provozů odkorňovacích stanic. Dochází ke koncentraci výskytu odpadní kůry a do popředí vstupuje problém jejího zužitkování. Existují jak způsoby průmyslového využití tohoto odpadu, tak i způ-

soby více či méně efektivní likvidace. Jedním ze způsobů likvidace je spalování kůry s využitím tepla, a to buď k výrobě topného média (voda, pára), nebo k přímému využití tepla spalin v technologických procesech zpracování dřeva.

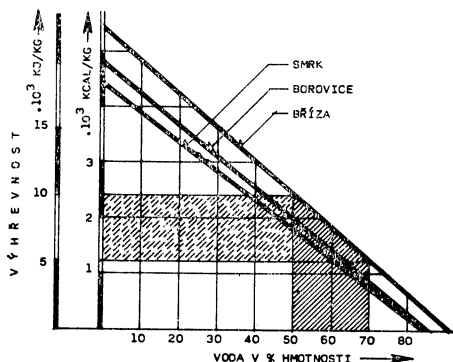
*Vlastnosti kůry jako paliva*

Dřevní hmota různých druhů dřeva se svým chemickým složením v podstatě neliší, ale v chemickém složení kůry se projevují výraznější rozdíly (*obr. 1*).

ELEMENTÁRNÍ ROZBOR SUŠINY RŮZNÝCH DRUHŮ DŘEV OBR. 1

DŘEVINA		UHLÍK	VODÍK	KYSLÍK + DUSÍK	POPEL
		C	H	O + N	A
		%	%	%	%
SMRK	DŘEVO	50,3	6,2	43,1	0,4
	KŮRA	50,6	5,0	40,7	2,8
BOROVICE	DŘEVO	50,5	6,2	42,9	0,4
	KŮRA	54,4	5,9	38,0	1,7
BŘÍZA	DŘEVO	49,6	6,1	43,9	0,4
	KŮRA	56,6	6,8	35,0	1,6

ZÁVISLOST VÝHŘEVNOSTI KŮRY NA OBSAHU VODY OBR. 2



Pro konstrukci spalovacího zařízení je důležitou hodnotou obsah popele, který spolu s minerálními uhlíky na kůře při manipulaci s kmeny (2—12 % hmotnosti kůry) tvoří tuhé zbytky spalování.

Využitelná výhřevnost odpadové kůry je ovlivňována obsahem vody a s jejím rostoucím hmotnostním podílem klesá (obr. 2). Technologie odstraňování kůry, způsoby manipulace a krátký interval mezi odkorováním a spalováním kůry vedou ke skutečnosti, že se kůra zpravidla nevyskytuje vysušená.

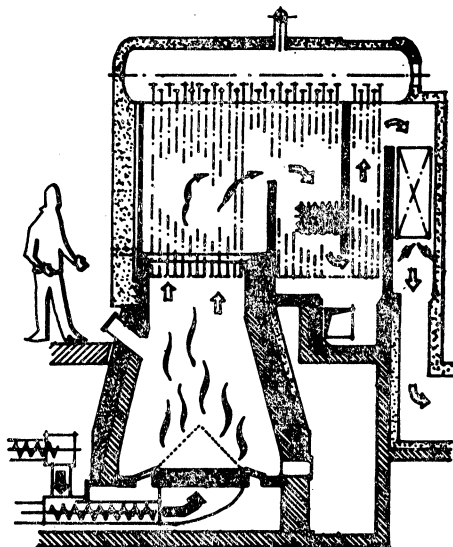
Výhřevnost kůry se výrazně zhoršuje delším skladováním a podle druhu spalovacího zařízení musí být kůra připravena ke spalování drcením na určitou velikost částic.

#### Spalování kůry

Spalováním stromové kůry se zabývaly již delší dobu hlavně severské státy v Evropě a proto také odtud pochází většina známých konstrukcí spalovacích zařízení.

OBR. 3

KOTEL PRO SPALOVÁNÍ STROMOVÉ KŮRY O VÝKONU 4 t/h.



Vývoj spalovacích zařízení pro úspěšné spalování kůry v ČSSR šel jednak směrem vlastních konstrukcí a jednak využitím kooperací se zahraničními firmami. Naše konstrukce kotlů se zařízením pro spalování odpadní kůry byly navrženy a realizovány v ČKD DUKLA. Jednou z úspěšných realizací je parní kotel pro spalování směsi kůry a jiného dřevního odpadu (piliny, hobliny) o výkonu 16 t/a, 1,57 MPa, 250 °C, dodaný Drevokombinátu Bučina Zvolen. Kotel má mechanický přesuvný rošt a dva stabilizační mazutové hořáky v bočních stěnách kotle.

ČKD DUKLA má připravenou konstrukci kotle pro spalování kůry a dřevních odpadů bez stabilizačních hořáků v řadě výkonů: 2,5 t/h, 4 t/h, 8 t/h. Konstrukce spalovacího zařízení této řady kotlů je založena na principu tzv. podsuvného roštu (obr. 3).

Fridrich

**Vlastnosti tekutin**

Vydalo nakl. ALFA, Bratislava ve společném vydání se SNTL, Praha 1980, 1. vyd., 288 str., 24 obr., 60 tab., váz., Kčs 24,—.

Při chemicko-inženýrských a technologických výpočtech, výzkumu a projekci chemických zařízení a výpočtech v aplikované fyzikální chemii se vždy vyžadují údaje o fyzikálních a fyzikálně-chemických vlastnostech látek (zejména termodynamických a transportních), nejčastěji plynů a kapalin. V mnoha případech se však požadované údaje o vlastnostech jednotlivých médií v dostupné knižní ani v časopisecké literatuře nenacházejí, jejich experimentální získání je často velmi pracné, nákladné a někdy i nerealizovatelné a nejschůdnější cestou se jeví získat tedy potřebné údaje nepřímo — výpočtem.

Doporučovaná kniha obsahuje souhrn nejdůležitějších výpočetních metod fyzikálně-chemických, termodynamických a transportních vlastností tekutin, umožňujících získat základní údaje nezbytné pro chemicko-inženýrskou praxi bez zdlouhavého a nákladného experimentování. Autor publikace se uvedenou tematikou zabývá již řadu let a tak využívaje svých vědeckých a pedagogických zkušeností shrnul v knize nejdůležitější moderní, kriticky zhodnocené, přehledně zpracované a srozumitelně popsané výpočetní postupy. Třináct kapitol textu je věnováno mezimolekulárním silám, teorému korespondujících stavů, kritickým veličinám, stavovému chování tekutin, tlaku nasycené páry a výparnému teplu čisté látky, tepelné kapacitě, termodynamickým funkcím čistých látek, transportním vlastnostem tekutin, viskozitě, tepelné vodivosti, difúznímu koeficientu a jiným vlastnostem tekutin (povrchové napětí, dielektrická konstanta, polarizace aj.). Popsané metody jsou na závěr každé kapitoly ilustrovány na příkladech s uvedením všech podrobností včetně numerického výpočtu, což je důležité při aplikaci uvedených postupů v praxi. Vedle základních kompilačních prací, které shrnují a hodnotí jednotlivé metody a obsahují doporučení pro jejich výběr a použití, jsou všechny kapitoly doplněny odkazy na novou časopiseckou literaturu z této oblasti.

Účelem knihy je poskytnout rychlé a spolehlivé rady všem, kteří se zabývají chemicko-inženýrskými nebo jinými technickými výpočty a narazí na nedostatek experimentálních údajů.

(tes)

**● Filtry pro jemnou filtraci**

Firma LUWA, NSR uvedla na trh nový typ filtrů pro jemnou filtraci atmosférického vzduchu pro větrací a klimatizační zařízení, hodící se jak jako předfiltry, tak i samostatné filtry. Nový typ filtru nese označení FP a je dalším článkem vývoje fy. LUWA v oblasti vložkových filtrů. Jeho buňka o rozměrech 600 × 600 × 290 mm má oproti předchozím typům výhodu ve vyšším jmenovitém objemovém průtoku 5 000 m<sup>3</sup>/h. Pro zvlášť hospodárné použití se doporučuje zatížit buňku jen 4 250 m<sup>3</sup>/h a pak je tlaková ztráta minimální a jímavost, resp. životnost jsou nadprůměrné.

Náplní vložek je rohož ze skleněných vláken ve formě papíru se zvýšenou pevností, což jí propůjčuje větší bezpečnost, takže je vyloučen průnik prachu v důsledku protržení, úlet skleněných vláken nebo zalepování rohože při vlhkosti a filtr je možno zatížit vyšším konečným tlakem. Náplň je ve dvou kvalitách při účinnosti 85 a 95 % podle ASHRAE 52—76.

Konstrukce buněk, tak jako dosud, je robustní a tedy samonosná.

HLH 2/80

(Ku)

**● Vizuální účinnost**

světelného zdroje je jeho „schopnost produkovat zrakem využitelné viditelné záření“ (po-případě jako míra). Příklad:

Pro 40 W žárovku se udává energetická účinnost 8 % (tj. 3,2 W instalovaného příkonu se přemění ve světlo), pro 40 W zářivku 18,5 % (podle starších pramenů). „Světlem“ označujeme optické (viditelné) záření ve spektru, v rozsahu asi 400 až 750 nm. Oko však má různou citlivost pro jednotlivé vlnové délky a max. u 555 nm (k oběma okrajům tato citlivost téměř rovnoměrně klesá). Bylo určeno, že 1 W záření o vlnové délce 555 nm je ekvivalentní 621 lm; u ostatních vlnových délek se tato hodnota zmenšuje podle křivky citlivost oka.

Žárovka vyzářuje na všech vlnových délkách a bylo určeno, že z 3,2 W „vytvoří“ pouze 444 lm (využitelných), což odpovídá vizuální účinnosti 1,8 %. Pro zářivku je to pak asi 7,4 % — zhruba čtyřnásobek (v uvažovaných předpokladech není ovšem zahrnuta rozdílnost světla žárovky a zářivky, tedy psychologické působení obou světél — zvláště barevné — pro výbojové zdroje, což je při jejich aplikaci neopomenutelné).

Vizuální účinnost zdroje je jeho zhodnocení lidským zrakem. Ukazuje se, jak zvláště za nedostatku energie a při energetickém hodnocení jako základu je složité správně hodnotit, aniž by byl poškozován člověk ve svém životním prostředí — člověk, od kterého očekáváme přínos společenských hodnot.

(LCh)

**Haustechnik Bauphysik Umwelttechnik  
(Gesundheits-Ingenieur) 101 (1980), č. 8**

- Untersuchung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem Klassenraum (Zjišťování koncentrace CO<sub>2</sub> ve třídě) — *Rigos E.*, 226—228.
- Untersuchungen zur Wärmeleistung von indirekten Heizflächen. Teil II: Experimentelle Untersuchungen (Studium tepelného výkonu nepřímých vytvářecích ploch. Díl II.: Experimentální šetření) — *Kast W., Caspary K. J.*, 229—236.
- Galvanische Anoden im Einsatz im Warmwasserbereitungsanlagen (Galvanické anody v použití u zařízení na přípravu teplé vody) — *Hössle L.*, příloha.
- Schnellverfahren zur Abschätzung des Transmissionswärmebedarfes von Objekten in kompakter Bauform (Rychlý způsob odhadu spotřeby transmisního tepla u objektů kompaktního tvaru) — *Pevetz D., Fiala W.*, 245—251.

**Haustechnik Bauphysik Umwelttechnik  
(Gesundheits-Ingenieur) 101 (1980), č. 9**

- Zur Problematik von Funktionsmessungen bei Wärmerückgewinnern (K problematice funkčních měření u zařízení na zpětné získávání tepla) — *Vogel S.*, 257—261.
- Kostenersparnis durch bedarfsabhängige Steuerung einer OP-Klimaanlage (Úspora nákladů řízením podle potřeby klimatizačního zařízení v operačních sálech) — *Majer H. O., Glöckle H.*, 262—264.
- Bauphysik muss fester Bestandteil der Architekten- und Bauingenieurbildung werden (Stavební fyzika se musí stát trvalou součástí vzdělání architektů a stavebních inženýrů) — 264—269.
- Messung von schwebstaubgebundenem Blei und anderer Metalle innerhalb von fahrenden Personenkraftwagen (Měření olova a jiných kovů, obsažených ve vznášejícím se prachu uvnitř jedoucích osobních automobilů) — *Rohbock E., Müller H.*, 270—274.

**Heating, piping, air conditioning 52 (1980), č. 5**

- Computer control of refrigeration systems (Regulace chladicích systémů počítačem) — *Stoecker W. F.*, 53—58.
- Component approach to energy budgets (Vliv jednotlivých prvků na energetický rozpočet budovy) — *Guntermann A. E.*, 63—69.
- Preventing control problems through system design (Předcházení problémům s regulací vhodným návrhem systému) — *Thompson R. E.*, 73—76.
- Solving control problems through system upgrading (Řešení problémů s regulací zlepšením celého systému) — *Haines R. W.*, 79—81.
- Expansion tanks (Expanzní nádoby) — *Coad W. J.*, 85—86.

- Nomograph determines parameters for shell and tube exchangers (Nomogram určuje parametry deskových a trubkových výměníků tepla) — *Molnar J.*, 89—90.
- Pressure-temperature ratings for bronze valves (Výpočty tlaku a teploty pro bronzové ventily) — *Cooper R. K.*, 93—96.

**Heizung Lüftung Haustechnik 31 (1980), č. 8**

- Energetische und luftqualitative Bewertung der Luftführung Raumluftechnischer Anlagen unter Berücksichtigung örtlicher Raumlastverteilung. Teil 1: Raumzonenmodell zur Beschreibung von Luftverteilung, Lastübertragung und Zonenbelastung im Raum (Hodnocení vedení vzduchu u vzduchotechnických zařízení se zřetelem na místní rozložení zatížení z hlediska energetického a jakosti vzduchu. Díl 1.: Model prostorových zón k popisu rozdělení vzduchu, přenášení zátěží a zónového zatížení v prostoru) — *Nouri Z.*, 275—284.
- Das statische Regelungsverhalten von Wärmeübertragern (Statische regulační chování zařízení na šíření tepla) — *Paikert P.*, 285—288.
- Wärmebereitstellung im Hochbau — ohne Strom? (Příprava tepla ve výškové stavbě — bez proudu?) — *Böcher K. H.*, 289—294.
- Technische Lösungen zur Energieeinsparung in der Landwirtschaft (Technická řešení k úspoře energie v zemědělství) — *Goll W.*, 295—302.
- XXI. Internationaler Kongress für technische Gebäudeausrüstung (XXI. mezinárodní kongres: Technické vybavení budovy) — *Müller K. G.*, 303—305.
- Vermeidung von Sauerstoffaufnahme bei Kunststoffrohren in Fussbodenheizungen (Zamezení pohlcování kyslíku u potrubí z plastických hmot podlahového vytápění) — 306.

**Heizung Lüftung Haustechnik 31 (1980), č. 9**

- Energetische und luftqualitative Bewertung der Luftführung Raumluftechnischer Anlagen unter Berücksichtigung örtlicher Raumlastverteilung. Teil 2: Aufwandskennzahlen zur Bewertung und Optimierung Raumluftechnischer Anlagen unter Berücksichtigung der Luftführung und Lastverteilung im Raum (Hodnocení vedení vzduchu u vzduchotechnických zařízení se zřetelem na místní rozložení zatížení z hlediska energetického a jakosti vzduchu. Díl 2.: Charakteristiky k hodnocení a optimalizaci vzduchotechnických zařízení s ohledem na vedení vzduchu a rozložení zatížení v prostoru) — *Nouri Z.*, 317—323.
- Bestimmung der maximalen Luftgeschwindigkeit in der Aufenthaltzone eines klimatisierten Raumes (Stanovení maximální rychlosti vzduchu ve vymezené zóně klimatizovaného prostoru) — *Nielsen P. V.*, 324—330.

— Dynamik des Kreuzstromwärmeübertragers zur Erwärmung (Dynamika zařízení pro přestup tepla křížového toku k ohřevu) — Müller K., 331—336.

— Verhalten von Kreuzstromwärmeübertragern beim Kühlen und Entfeuchten von Luft (Chování zařízení pro přestup tepla křížového proudu při chlazení a odvlhčování vzduchu) — Ober Ch., 337—343.

— Zur Berechnung des wirtschaftlich optimalen Wärmeschutzes (K výpočtu ekonomicky optimální tepelné ochrany) — Aulmayr E., 344—345.

— Fachtagung „Zentrale Leittechnik und ihre Bedeutung für die rationelle Energieanwendung“ (Technické zasedání „Ústřední řídicí technika a její význam pro racionální využití energie“) — Müller K. G., 346—347.

— Wohnungslüftung. Untersuchung der verschiedenen Lüftungsarten bzw. Lüftungspraktiken unter hygienischen, bauphysikalischen und energetischen Gesichtspunkten (Větrání bytu. Zkoumání různých druhů větrání, případně způsobů větrání z hygienického, stavebně fyzikálního a energetického hlediska) — Hausladen G., 347—348.

— Stroh, eine noch ungenutzte Energiequelle (Sláma jeden ještě nevyužitý zdroj energie) — 348.

— Wärmerückgewinn aus korrodierender Abluft (Zisk tepla z korodujícího odpadního vzduchu) — 348.

### Heizung und Lüftung — Chauffage et ventilation (Schweizerische Blätter für Heizung, Lüftung, Klima-, Wärme- und Gesundheitstechnik sowie für Rohrleitungsbau) 47 (1980), č. 4

— Städtische und regionale Wärmeversorgungs-konzepte (Městské a regionální návrhy na zásobování teplem) — Kiss M., 13—14.

— Concept de l'alimentation en chaleur des villes et des régions (Návrh na zásobování teplem měst a krajů) — Ferrari D., 14—16.

— Énergie solaire et économies d'énergie (Sluneční energie a energetické úspory) — Faist A., 16—18.

— Wärmeversorgung SENT (Zásobování teplem obce SENT) — 19—20.

### Kälte- und Klimatechnik 33 (1980), č. 1

— Thermische Überlastauslegung tiefsgekühlter elektrischer Leiter (Tepelné přetížení velmi podchlazených elektrických vodičů) — Gerhold J., Schachinger E., 6—10.

— XV. Internationaler Kältekongress 1979 in Venedig. Arbeiten der Kommission D: Kühlhauswesen und Kältetransport (XV. mezinárodní kongres chlazení v Benátkách v r. 1979. Práce komise D — chladírny a chladírenská doprava) — Heinze K., 12—15.

— Strom ersetzt Öl (Proud nahrazuje olej) — 14.

— Neue Richtlinie über Wärmerückgewinnung (Nová směrnice o zpětném získávání tepla) — Brockmeyer H., 16, 18.

— E-Wärmepumpe '79 (Elektrické tepelné čerpadlo '79) — 18—20.

— 50 Jahre Freon-Produkte (50 let výroby freonu) — 20—21.

— Expoclima — Interclima — Paris. 2. Europäische Ausstellung für Kältetechnik, Klimatisierung, Lüftung, Luftaufbereitung und Trocknung; Schlussbericht (Expoclima — Interclima: Paříž. 2. evropská výstava chladicí techniky, klimatizace, větrání, úpravy vzduchu a sušení; závěrečná zpráva) — 22—25.

— Kälte-Klima Fachschau '79 Hannover; Schlussbericht (Chlazení — klimatizace, technická přehlídka v Hannoveru v r. 1979) — 26—28.

### Kälte- und Klimatechnik 33 (1980), č. 2

— Hauswärmepumpen. Ölsparmaschinen als wichtige Innovation für die 80er Jahre oder Stromfresser? (Tepelná čerpadla pro domácnosti. Stroje šetřící olej jako významná inovace pro 80. léta nebo zařízení s velkou spotřebou proudu?) — Bockwyl H., 46—48, 50.

— Liefergradverhalten von Kolbenverdichtern im Hinblick auf die Anwendung in Wärmepumpen (Průběh stupně plnění pístových kompresorů s ohledem na použití v tepelných čerpadlech) — Stenzel A., 52, 54.

— XV. Internationaler Kältekongress 1979 in Venedig. Arbeiten der Kommission D: Kühlhauswesen und Kältetransporte, Teil 2 (XV. mezinárodní kongres chlazení v Benátkách v r. 1979. Práce komise D — chladírny a chladírenská doprava; díl 2.) — Heinze K., 56, 58, 61.

— Energie sparen durch Sachverstand. „Pressekonzferenz des DKV und der VDI-Gesellschaft „Technische Gebäudeausrüstung“ (Energii šetřit na základě znalosti. Tisková konference DKV a VDI na téma „technické vybavení budovy“) — 62.

— E-Wärmepumpe '79 (Elektrické tepelné čerpadlo '79) — 64.

— Intherm '80. Internationale Fachmesse Energie + Technik, Stuttgart (Intherm '80. Mezinárodní technický veletrh: Energie + technika; místo konání Stuttgart) — 66, 68.

### Kälte- und Klimatechnik 33 (1980), č. 3

— Hauswärmepumpen. Ölsparmaschinen als wichtige Innovation für die 80er Jahre oder Stromfresser? Teil 2 (Tepelná čerpadla pro domácnosti. Stroje šetřící olej jako významná inovace pro 80. léta nebo zařízení s velkou spotřebou proudu? Díl 2.) — Bockwyl H., 92—94, 96, 98, 100.

— Raumklimatisierung, Wärme- und Lärmdämmung (Klimatizace prostorů, tepelná a zvuková izolace) — Enke Ch., 100—102.

— Energieverbrauch einer Luftheizungsanlage in einem Wohnhaus (Spotřeba energie teplovzdušného vytápěcího zařízení v obytném domě) — Dirkse R. J. A., Löwenstein H., 104—106, 108, 110.

— Energiesparung und Schallabsenkung durch

Ventcontrol (Úspora energie a snížení hluku) — 110.

— Raumklimatetechnik 1980 (Klimatizační technika 1980) — 114.

— Wärmedämmung; Fragen zu einem aktuellen Thema an Prof. Dr. Karl Gertis (Tepelná izolace; otázky k aktuální tématice na prof. Dr. Karla Gertise) — 122—125.

— Bau — 6. Internationale Fachmesse für Baustoffe, Bausysteme, Bauerneuerung, München 18.—22. 11. 1980 (Stavba — 6. mezinárodní technický veletrh věnovaný stavebninám, stavebním konstrukcím, modernizaci staveb v Mnichově ve dnech 18.—22.11. 1980) — 128—130.

#### Kälte- und Klimatechnik 33 (1980), č. 4

— Auslegung von Luftfiltern (Rozměry filtrů na vzduch) — *Mürmann H.*, 140—142, 144.

— XV. Internationaler Kältetekongress 1979 in Venedig. Arbeiten der Kommission B2: Kältemaschinen (XV. mezinárodní kongres chlazení v Benátkách v r. 1979. Práce komise B2 — chladicí stroje) — *Kruse H.*, 145—146, 147, 150—151.

— Tiefkühlwochen (Týdny věnované mrazení) — 151.

— Zuverlässige Flanschverbindung im Anwendungsgebiet der Tieftemperatur- und Vakuumtechnologie (Spolehlivé přírubové spojení v oblasti technologie nízké teploty a vakuové technologie) — *Herz W.*, 152.

— Solargestützte Brauchwasserbereitung — ein Systemüberblick (Příprava užitkové vody sluneční energií — přehled systémů) — 155—156, 158—159.

— Entwicklungstendenzen zur Nutzung der Sonnenenergie in der Bundesrepublik Deutschland (Vývojové směry využití sluneční energie v NSR) — *Hlawczka H.*, 160, 162.

— 10 Jahre BBC-York Kälte- und Klimatechnik (10 let firmy BBC-York, chladicí a klimatizační technika) — *William N. R.*, *Frank A.*, 165—166, 168, 170.

— Invitec '80 Technik im Umweltschutz; 3. Internationale Fachmesse und Kongress, Düsseldorf, 11.—15. 2. 1980 (Invitec '80: Technika vzhledem k ochraně životního prostředí; 3. mezinárodní technický veletrh a kongres v Düsseldorfu ve dnech 11.—15. 2. 1980) — 172, 175.

#### Kälte- und Klimatechnik 33 (1980), č. 5

— Neuzzeitliche Wohnungslüftung (Moderní větrání bytů) — *Mürmann H.*, 194—196 198—200.

— Wärmerückgewinnung aus Prozesswärme, Wärmeezeugern und aus Kältekreisläufen (Zpětné získávání tepla z tepelných postupů, ze zařízení na výrobu tepla a z chladicích oběhů) — *Schmitter W.*, 200, 202.

— Fertigelemente aus Beton im Kühlhausbau (Prefabrikované prvky z betonu v konstrukci chladíren) — *Kopfringer H.*, 204, 206.

— Kryowerkstoffe im Schiffsbau: Die Nickelstähle (Kryomateriály v konstrukci lodí.

Niklové ocele) — *Baier E.*, 209—210, 212—214.

— Thermostate für Service an Kühlmöbeln (Thermostaty pro chladicí zařízení) — *Mariager H. C.*, 214, 216.

— Intherm '80. Internationale Fachmesse Energie + Technik, Stuttgart (Intherm '80. Mezinárodní technický veletrh: Energie + technika: místo konání Stuttgart) — 218, 220—222.

#### Luft- und Kältetechnik 16 (1980), č. 3

— Die neue Klimablock (KB)-Baureihe des Kombi-Luft- und Kältetechnik (Nová konstrukční řada klimatizačních jednotek Kombinátu vzduchotechniky a chladicí techniky) — *Beyer W.*, *Scheunemann K. H.*, 123—128.

— STASAN/DYSAN, ein strukturorientiertes Programmsystem zur Simulation von Anlagen der Luft- und Kältetechnik (STASAN-DYSAN strukturální programový systém k napodobení zařízení vzduchotechniky a chladicí techniky) — *Herold P.*, *Thalheim D.*, 128—131.

— Über die Gasströmungsverteilung in Elektroabscheidern (O rozdělování proudění plynu v elektrických odlučovačích) — *Degner B.*, 131—135.

— Einsatz von Ekotal im Industriezweig Luft- und Kältetechnik (Použití ekotalu v průmyslovém odvětví vzduchotechniky a chladicí techniky) — *Stöver D.*, *Mildner H.*, 135—140.

— Abreinigungsuntersuchungen am nadelfiltrbestückten Taschenabscheider (Studium čištění kapsového odlučovače z vpichované plsti) — *Ruppmann St.*, *Moderstizki W.*, 140—142.

— Ein neues Wirkdruck-Staubmessgerät (Nový prachoměr na principu čínného tlaku) — *Temmler G.*, *Eschrich R.*, 142—145.

— Erfahrungen beim Betrieb von Syntheserestgaszerlegungsanlagen in chemischen Grossbetrieben. Teil 2: Die Gewinnung von Krypton und Xenon aus den Entspannungsgasen der Ammoniaksynthese (Zkušenosti při provozu zařízení na rozklad zbytkového plynu v chemických velkoprovozech. Díl 2.: Získávání kryptonu a xenonu z uvolňovaných plynů čpavkové synthese) — *Kobelt G.*, 146—148.

— Zur Adsorption von gasförmigen Schadstoffen mit Aktivkohle (K adsorpci plyných škodlivin aktivním uhlím) — *Koch R. K.*, *Schenk J.*, 148—151.

— Konstruktionsgesichtspunkte bei der Entwicklung von Kältemittelverdichtern (Konstrukční hlediska při vývoji kompresorů chladiv) — *Takács I.*, 151—155.

— Praxis der Untersuchung und Erhöhung der Zuverlässigkeit von Kompressionskälte-ausrüstungen (Praxe zjišťování a zvyšování spolehlivosti kompresorových chladicích zařízení) — *Kalvin I. M.*, *Bežanišvili E. M.*, *Smyslov V. I.*, 155—157.

#### Staub Reinhaltung der Luft 40 (1980), č. 7

— Fehleranalyse bei der bildanalytischen Auswertung von Partikelgrößenverteilungen

(Analyza chyb při analytickém vyhodnocování snímků o rozdělení částic podle velikosti) — *Borho K., Polke R., Sommer K.*, 275—279. — Abgasreinigung durch thermische Verbrennung. Teil VI. Reaktionsverhalten halogenhaltiger Schadstoffe (Čištění odpadního plynu tepelným spalováním. Díl VI. Reakční chování škodlivin s obsahem halogenů) — *Meier zu Köcker H., Müller G.*, 280—283. — Chemilumineszenz und mutagene Aktivität von Abgasen aus Verbrennungsprozessen (Chemiluminescence a proměnná aktivita odpadních plynů ze spalovacích procesů) — *Stauff J., Tsai W.-L., Stärk G., Miltenburger H.*, 284—289. — Grösse, Zeitverlauf und Korrelationen der Gesamt-, Blei- und künstlich-radioaktiven Schwebstoff-Immissionen in einer Ballungsrandzone (Velikost, časový průběh a korelace celkových, olovnatých a umělé radioaktivních imisí ve vztahu k okrajové oblasti shlukování) — *Zicha G., Kock G., Nerlich R., Kohls D.*, 290—293. — Die kraftfahrzeugbedingten Kohlenmonoxid-Immissionen in der Fussgängerzone und dem umgebenden Verkehrsring einer Mittelstadt (Imise kyslíčnicku uhelnatého z motorových vozidel v oblasti chodců a v okolním dopravním okruhu středně velkého města) — *Zicha G., Hahne V.*, 294—298. — Die Abscheidung von Stickoxiden bzw. die Simultanabscheidung von Schwefeldioxid und Stickoxiden aus Rauchgasen; Teil 2 (Odlučování kyslíčnicku dusíku, popřípadě simultanní odlučování kyslíčnicku siričitého a kyslíčnicku dusíku z kouřových plynů; Díl 2.) — *Reitz O., Hempelmann R.*, 299—304.

#### Staub Reinhaltung der Luft 40 (1980), č. 8

— Zur Problematik der Prüfung und Eichung zweistufiger Staubmessgeräte (K problematice zkoušení a cejchování dvoustupňových přístrojů na měření prachu) — *Šimeček J.*, 311—316. — Entwicklung und Erprobung eines leistungsfähigen Luftstaub-Sammelsystems für den Einsatz bei der integrierten Luftstaub-Analyse (Vývoj a zkoušení výkonného sběracího systému prachu ve vzduchu pro použití při integrované analýze prachu ze vzduchu) — *Dannecker W., Naumann K.*, 316—320. — Eigenschaften der Feinstäube und Feinstaubextrakte von den Arbeitsstätten eines Walzwerkes (Vlastnosti jemných prachů a extraktů jemného prachu pracovišť válcovací tratě) — *Mašek V.*, 321—323. — Verminderung von Staubemissionen durch den Einsatz von Geweabscheidern (Snižování prašných emisí tkaninovými odlučovači) — *Günther G.*, 324—330. — Kombination von Olfaktometer und Flammenionisationsdetektor zur Bestimmung von Geruchsschwellwerten. Einsatz der Messmethode in der Praxis (Kombinace olfaktometru a plamenného ionizačního detektoru ke stanovení prahových hodnot zápachu. Použití měřic

metody v praxi) — *Kohler H., Homans W. J.*, 331—335.

— Abgaskühlung durch direkte Wassereinspritzung in Drehöfen beim trockenen Klinkerbrennen (Chlazení odpadního plynu přímým vstřikováním vody do rotačních pecí při suchém vypalování slínku) — *Teisseyre M., Luszczevski A., Wawrzynski H.*, 336—340. — Workshop über Ionen-Chromatographie, 2. und 3. Juni 1980 in Petten Niederlande (Zasedání o iontové chromatografii, 2.—3. června 1980 v Pettenu, Nizozemí) — *Rauscher W., Werner W.*, 340—342.

#### Vodosnabženie i sanitarnaja tehnika (1980), č. 7

— Ežekcionnaja sistema aeracii v ustanovkach dlja očistki malych količestv stočnych vod (Ejektorový systém provzdušňování u zařízení na čištění malého množství odpadních vod) — *Semenovskij Ju. V., Akul'sin V. A., Pyžikov V. S.*, 4—6. — Massovoe kul'tivirovanie mikrovodoroslej (Hromadná kultivace vodních řas) — *Rusina O. N.*, 6—8. — Drenáž bol'sogo soprotivlenija s ščelevym pokrytiem (Drenáž o vysokém odporu se štěrbínovým krytem) — *Strelkov A. K., Atanov N. A., Smorodin A. P.*, 9—10. — Ekonomičeskaja effektivnost' nekotorych tehničeskich rešenij po ekonomii vody (Efektivnost některých technických řešení, týkajících se úspor vody) — *Kanter V. D., Gruver B. Ja.*, 10—11. — Obespečenie trebueмого teplovogo režima životnovodčeskich pomeščenij v period rezkogo pochołodanija (Zabezpečení požadovaného teplotního režimu v prostorech užívaných zvířat během náhlého ochlazení) — *Jegiazarov A. G., Klopov I. I.*, 11—13. — Optimizacija parametrov sistemy teplosnabženija na osnove utilizacionnoj ustanovki s promežutočnym gidrofobnym teplonositel'em (Optimalizace parametrů systému zásobování teplotou vodou pomocí zařízení s hydrofobním nosičem tepla) — *Vinnik V. I.*, 13—14. — O prokladke trub pri persečeenii bolot (Kladení potrubí v močálech) — *Kuzovlev G. M.*, 15—16. — Rasčet inžektora dlja povyšeniija napora na vchode v nasos (Výpočet ejektoru pro zvýšení tlaku na vstupu čerpadla) — *Taršiš M. S.*, 18—19. — Metody rasčeta teplo-massoobmena v regenerativnych i rekuperativnych vozduchovozdušnych teploobmennikach-utilizatorach (Metody výpočtu přenosu tepla a hmoty v regeneračních a rekuperačních výměnících vzduchu) — *Karpis E. E., Poz M. Ja., Granovskij V. L.*, 20—22. — Primenenie tumana v sistemach kondicionirovanija vozducha (Použití mlhy v klimatických systémech) — *Bulyčeva O. P.*, 23—25. — Sovremennye malometražnye otopitel'nye teplogeneratory (Soudobé malé otopné tepelné generátory) — *Basin G. L.*, 27—29.



— Primenenie nekotorych katalizatorov v processach očistki stočnych vod (Použití některých katalyzátorů v procesech čištění odpadních vod) — *Abdeeva E. I., Belostockij M. D.*, 3—4.  
— Nadežnost' zdemno požarotušenija v žilyh i obščestvennyh zdaniach (Spolehlivost protipožárních systémů v obytných a veřejných budovách) — *Čistjakov N. N., Tambovcev B. V., Šopenskij L. A.*, 5—6.  
— Kontaktnyj osvetitel' s rassirjajuščimsja kverchu rezervuarom (Koagulační filtr s vertikálně se rozšiřující jímkou) — *Martensen V. N., Bykova P. G., Kičigin V. I., Gorbunov Ju. F.*, 6—7.  
— Opredelenie srednegodovyh ob'jemov doždevyeh stokov, napravljaemyh na očistnye sooruzhenija i na sbros (Určení ročních průměrných protéklych množství srážkových vod pro čistící zařízení a odtok) — *Kurganov A. M.*, 8—10.  
— Lokalizacija gazovyh vrednostej u oborudovanija s vnutrennim i izbytočnym davleniem vozdušnymi strujami (Lokalizace plyných škodlivin u zařízení s vnitřním přetlakem pomocí vzdušných proudů) — *Romejko N. F., Ščibraev E. V.*, 11—13.  
— Ocenka effektivnosti kompleksa i otdelnyh meroprijatij po normalizacii sostava atmosfery na promyšlennych ploščadkach i v selitebnyh zonach (Hodnocení účinnosti komplexních i jednotlivých opatření k normalizaci složení atmosféry na pracovištích a obytných prostorech) — *Nikitin V. S.*, 13—15.

— Opredelenie koeficientov soprotivlenija uzlov iz otvodov v ventiljacionnyh setjach (Měření odporu u odsávání ve větracích sítích) — *Kljačko L. S., Pustošnaja V. F.*, 16—17.  
— Rasčet materčatnyh cilindričeskich rukavov-vozduchoraspredelitelej (Výpočet látkových výustek ve tvaru hadic) — *Danjuševskij B. Ju.*, 17—19.  
— Rasčet teplovogo režima v techničeskich podpoljach (Výpočet teplotního režimu v technických podzemních prostorech budov) — *Šapovalov I. S., Andrejevskij A. K.*, 19—21.  
— Ispytanie polupromyšlennoj ustanovki po izvlečeniju rtuti iz stočnyh vod elektrokimičeskoj koaguljaciej (Zkoušky poloprovozního zařízení pro separaci rtuti z odpadních vod pomocí elektrochemické koagulace) — *Sorkin E. I.*, 23.  
— Otopitel'no-recirkuljacionnyj agregat STD-300P (Vytápěcí agregát s cirkulací STD-300P) — *Buzin A. A.*, 24.  
— Komfortnye teplovye očuščenija ljudej v kondicioniruemých pomeščenijach (Pocit tepelné pohody v klimatizovaných prostorech) — *Zacharov Ju. V.*, 25—27.  
— Obezraživanie vody baktericidnymi lučami (Dezinfekce vody baktericidním zářením) — *Nikolaev V. A., Kameškov A. A., Bulyčev M. F.*, 28.  
— Ustrojstvo kanalizacionnyh setej iz trub PVCH i rasčet dopustimych na nich statičeskich nagruzok (Kanalizační sítě z potrubí PVC a výpočet jejich povoleného statického namáhání) — *Karelin Ja. A., Jaromskij V. N.*, 29—30.

## ● Nové klimatizační jednotky fy BBC-YORK

Nová jednotka ENERGYPAK umožňuje vytápění a chlazení budovy od nejvyšších venkovních teplot až asi do  $-4^{\circ}\text{C}$  bez potřeby přídavného přívodu tepelné energie tím, že využívá přebytečného tepla — vnitřní tepelné zátěže budovy až do nejnižších venkovních teplot. Tím lze dosáhnout významných úspor na energii a na provozních nákladech při ekonomicky výhodném provozu celého klimatizačního systému.

Zejména třeba vyzdvihnout automatizovaný kombinovaný provoz chlazení, zpětného získávání tepla a tepelného čerpadla. Zkušenost ukázala, že kontinuální zpětné získávání tepla se vyskytuje pouze v teoretických úvahách a projektanti pro jistotu navrhnou i pro poměrně vyšší venkovní teploty přídavné vytápění s olejovým, plynovým či jiným zdrojem. Kombinace zpětného získávání tepla s tepelným čerpadlem, tak, jak je tomu u jednotek

ENERGYPAK, toto projekční riziko odstraňuje.

Dalšími přednostmi jednotky jsou

- použití standardních komponentů,
- všechny stavební díly jednotky tvoří jeden celek, smontovaný a odzkoušený ve výrobním závodě,
- provoz chlazení nastupuje automaticky jako u normálního kapalinového chladiče,
- zpětné získávání tepla může být obnoveno v rozsahu 0 až 100 % během fáze chlazení bez přerušení provozu a nevyžaduje žádnou zvláštní regulaci.

Rozsah výkonů jednotky ENERGYPAK:

chladičí výkon	146—279 kW
topný výkon při	
zpětném získávání tepla	231—399 kW
provozu tepelného čerpadla	138—372 kW

kkt 7/79

(Ku)

● Racionální pásová výroba klimatizačních jednotek

Jenom s 500 zaměstnanci vyrábí francouzská firma AIRWELL v základním závodě v Normandii ročně okolo 250 000 výměníků tepla a téměř 100 000 klimatizačních jednotek.

Vysoká produkce vyplývá z průběžných racionalizačních investic v posledních letech. Teprve na jaře roku 1979 uvedla firma AIRWELL do provozu novou výrobní halu o užitečné ploše 4000 m<sup>2</sup> pro výrobu podokenních klimatizačních jednotek. Aby se odstranily dlouhé dopravní cesty, jsou sklad dílů a mezisklad bezprostředně u výrobního pásu.

Všechny jednotky AIRWELL procházejí v průběhu montáže deseti kontrolními stanicemi a na konci linky jsou podrobeny půlhodinovému zkušebnímu chodu. Skříňové jednotky se na plně automatizované lakovací lince elektrostaticky opatřují vrstvou práškového laku a pak při 180 °C vypalují.

Firma AIRWELL vyrábí hlavně okenní a podokenní klimatizační jednotky, skříňové klimatizační jednotky včetně systémů s děleným chladicím zařízením (tzv. Split-systém). Přes 70 % produkce jde na export.

kkt 8/79

(Ku)

● Tepelná čerpadla pro malé spotřebitele

Švýcarská firma Sulzer představila veřejnosti novou typovou řadu tepelných čerpadel SOLSET, takřka pro univerzální použití, a to ve dvou systémech — tzv. monovalentním a bivalentním. Jejich společným znakem je, že zdrojem tepla je vzduch a topným médiem voda, takže zařízení lze připojit na stávající teplovodní systémy. Pokud to stavební podmínky dovolí, je možno tepelnému čerpadlu předřadit sluneční kolektor.

Monovalentní systém je vyráběn jako kompaktní tepelné čerpadlo o výkonu 15 nebo 18 kW. U novostaveb, dobře tepelně izolovaných s nízkoteplotním (podlahovým) vytápěním je možnost touto jednotkou přímo vytápět. K vytápěcímu kotli lze totiž jako přídavné zařízení připojit jednotku SOLSET-Monovalent, která se s ním pak střídá v provozu tak, že při venkovních teplotách nad 0 °C je v činnosti jen tepelné čerpadlo, při vyšších teplotách zase běží samostatně kotel.

Bivalentní systém obsahuje tepelné čerpadlo, přídavný zdroj tepla (kotel) a přípravu teplé vody, přičemž činnost těchto komponentů je vzájemně sladěna a integrovaně ovládána. Vyráběné velikosti jsou na 26, 30, 38, 50 a 65 kW topného výkonu. Tříkomorový systém kombinovaného kotle s boilerem umožňuje vystačit s minimálním počtem regulačních členů.

HLH 2/80

(Ku)

ztv

2

Zdravotní technika a vzduchotechnika. Ročník 24, číslo 2, 1981. Vydává Česká vědeckotechnická společnost, komitét pro životní prostředí v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd, Vodičkova 40 112 29 Praha 1. Adresa redakce: Dvorecká 3, 147 00 Praha 4. — Tiskne Tisk, knižní výroba, n. p., 656 01 Brno, závod 1. — Vychází šestkrát ročně. Objednávky a předplatné přijímá PNS, 656 07 Brno, tř. Obránců míru 2. Lze také objednat u každého poštovního úřadu nebo doručovatele. Cena jednoho čísla Kčs 8,—, roční předplatné Kčs 48,—. (Tyto ceny jsou platné pouze pro Československo.)

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

Annual subscription: Vol. 24, 1981 (6 issues) Dutch Glds. 77,—  
Toto číslo vyšlo v říjnu 1981.

© Academia, Praha 1981.