

# ztv

**ZDRAVOTNÍ TECHNIKA A VZDUCHOTECHNIKA**

nositel Čestného uznání České vědeckotechnické společnosti

Ročník 20

Číslo 4

**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 — Ing. arch.  
L. Chalupský — Doc. Ing. J. Chyský, CSc. — Ing. B. Jelen — Ing. L. Kubíček — Ing.  
Dr. M. Lázňovský — F. Máca — Doc. Ing. Dr. J. Mikula, CSc. — Ing. Dr. J. Němec,  
CSc. — Doc. Ing. J. Valchář, CSc.

Adresa redakce: Dvorecká 3, 147 00 Praha 4

**OBSAH**

Ing. B. Junker:	Regulovatelnost ohřivačů vzduchu vytápěných vodou . . .	193
Ing. J. Belza:	Zvukoizolační vlastnosti vzduchotechnického potrubí . . .	203
Ing. J. Vítek, CSc.:	Vliv složení suspenze na výsledky disperzoidní analýzy s použitím sedimentační metody . . . . .	213
Ing. J. Albrecht, CSc.:	Nové filtrační textilie FINET a jejich vliv na účinnost re- generačních systémů průmyslových filtrů . . . . .	225
Ing. P. Kratochvíl:	Programy pro výpočet tepelných sítí na číslicovém počí- tači, vypracované ve Výzkumném ústavu energetickém . . .	243
Kartonové přílohy 102/38—102/45		

**SUMMARY**

Ing. B. Junker:	Adjustability characteristics of water air heaters . . .	193
Ing. J. Belza:	Noise reduction in air engineering ducts of circular section	203
Ing. J. Vítek, CSc.:	How the composition of a suspension influences the re- sults of dispersoidal sedimentation analysis . . . . .	213
Ing. J. Albrecht, CSc.:	New filter fabric materials FINET; their influence on the effectivity of regeneration systems in industry . . . . .	225
Ing. P. Kratochvíl:	Programmes for digital computers in calculating heat- transfer networks . . . . .	243
Cardboard supplement 102/38—102/45		

## СОДЕРЖАНИЕ

Инж. Б. Юнкер:	Регулируемость водяных воздухоподогревателей . . .	193
Инж. Й. Белза:	Акустическо-изоляционные свойства воздухотехнического трубопровода круглого сечения . . . . .	203
Инж. Я. Витек, к. т. н.:	Влияние состава суспензии на результаты дисперсионного анализа с применением седиментационного метода	213
Инж. Й. Албрехт, к. т. н.:	Новые фильтрующие текстили FINET и их влияние на действие регенеративных систем промышленных фильтров . . . . .	225
Инж. П. Крадохвил:	Программы для расчета тепловых сетей с помощью цифровой вычислительной машины, разработанные в Исследовательском институте энергетики . . . . .	243
Картонное приложение 102/38—102/45		



## SOMMAIRE

Ing. B. Junker:	Réglage des réchauffeurs d'air à eau . . . . .	193
Ing. J. Belza:	Caractéristiques d'isolation acoustique de la conduite d'air avec une section circulaire . . . . .	203
Ing. J. Vitek, CSc.:	Influence de la composition d'une suspension sur les résultats d'une analyse dispersive à l'aide de la méthode de sédimentation . . . . .	213
Ing. J. Albrecht, CSc.:	Textiles filtrants nouveaux FINET et leur influence sur une efficience des systèmes de régénération des filtres industriels . . . . .	225
Ing. P. Kratochvíl:	Programmes de calcul des réseaux de distribution de la chaleur sur un ordinateur digital élaborés dans l'Institut de recherches énergétique . . . . .	243
Annexe de carton 102/38—102/45		



## INHALT

Ing. B. Junker:	Regulierbarkeit von mit Wasser beheizten Luftewärmern	193
Ing. J. Belza:	Schallisolierende Eigenschaften der Lufttechnischen Rohrleitungen vom runden Querschnitt . . . . .	203
Ing. J. Vitek, CSc.:	Wie die Zusammensetzung einer Suspension die Resultate der Dispersoidanalyse mittels einer Sedimentationsmethode beeinflusst . . . . .	213
Ing. J. Albrecht, CSc.:	Neuartige Filtertextilien FINET und wie sie die Effektivität von Regenerierungssystemen der Industriefilter beeinflussen . . . . .	225
Ing. P. Kratochvíl:	Programme zur Berechnung von Wärmerohrnetzen auf numerischen Rechenanlagen . . . . .	243
Kartonbeilage 102/38—102/45		

## REGULOVATELNOST OHŘÍVAČŮ VZDUCHU, VYTÁPĚNÝCH VODOU

ING. B. JUNKER

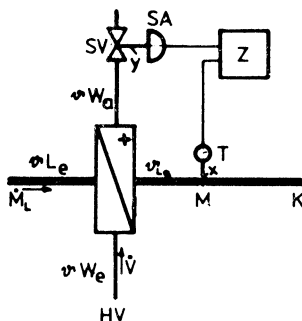
Basilej, Švýcarsko

Podle rozboru, který je proveden v příspěvku, je hranice regulovatelnosti ohřivače vzduchu dosaženo tehdy, je-li ohřátí vzduchu tak malé, že regulační ventil musí pracovat kolem bodu svého otevření. Nastavení ventilu při uvádění ohřivače do chodu zajišťuje stabilitu v normálním pracovním rozsahu. V bodě otevírání ventilu však vzniká kolísání teplot (většinou neodstranitelné), jehož velikost je třeba určit. V příspěvku jsou definovány veličiny, které ovlivňují proces, je uveden vztah pro výpočet a nomogram pro rychlé určení tohoto kolísání.

Recenzoval: Doc. Ing. Jaroslav Chyský, CSc.

### 1. ÚVOD

Nejběžnější regulační okruhy, které se používají v otopných a klimatizačních zařízeních obsahují jako regulační členy přímé nebo trojcestné ventily, často i kohouty nebo klapky. Každý regulační člen tvoří spolu se servomotorem vlastní regulátor. Provozovatel zařízení očekává od regulačního zařízení a zejména od regulačního členu, že se automaticky, v rozmezí požadovaných výkonů (od nulového do plného výkonu) bez závad nastaví v odpovídající poloze. Bez závad v tomto případě znamená, že regulovaná veličina bude mít požadovanou hodnotu a v případě, že vyloučíme dvoupolohovou regulaci, bude tuto hodnotu udržovat bez kolísání tak



Obr. 1. Regulace výkonu ohřivače vzduchu

Regulační zařízení:  $z$  — regulovaná veličina,  $M$  — místo měření,  $T$  — vysláč teploty,  $Z$  — regulátor,  $SA$  — servomotor.

Regulovaná soustava:  $y$  — akční veličina,  $SV$  — regulační ventil,  $LE$  — ohřivač vzduchu,  $HV$  — vstup topné vody,  $K$  — vzduchovod.

Označení veličin:  $\vartheta_{we}$ ,  $\vartheta_{wa}$  — teplota vody na vstupu a na výstupu z ohřivače,  $V$  — průtok vody,  $M_L$  — hmotnostní průtok vzduchu,  $\vartheta_{Le}$ ,  $\vartheta_{La}$  — teplota vzduchu na vstupu a na výstupu z výměníku,  $\vartheta_{Lea} = \vartheta_{La} - \vartheta_{Le}$  — ohřátí vzduchu  $\vartheta_{Lea \max} = -\vartheta_{La \max} - \vartheta_{Le \min} = X_n$  — akční účinek,  $\vartheta_{Lea \min}$  — minimální regulovatelné ohřátí vzduchu

dlouho, až vnější porucha vyvolá změnu nastavení regulátoru. Při použití plynulé regulace u otopných a klimatizačních zařízení je tento stabilní provoz při správném dimenzování teoreticky vždy možný.

Praktické zkušenosti nejsou však vždy dobré, zejména u regulace teplot předehřívačů klimatizačních zařízení, kde je to zvláště nepříjemné. Zapojení je schematicky znázorněno na *obr. 1*. Mnozí projektanti klimatizačních zařízení se domnívají, že lze bez zvláštních opatření udržovat teplotu vzduchu za ohřívačem  $\vartheta_{La}$  stálou pro všechny hodnoty teplot vstupujícího vzduchu a někdy i pro různé průtoky vzduchu  $M_L$ . Jsou potom velmi překvapeni, když v realizovaných zařízeních dochází k trvalému kolísání teplot v nečekaně velkém rozsahu při zvýšení teploty vstupujícího vzduchu  $\vartheta_{Le}$ . Toto kolísání často trvá i při nastavení regulace do extrémní polohy s největší stabilitou (např. při nastavení největšího pásma proporcionality  $X_{pmax}$  a při největší integrační konstantě regulátoru).

Výrobce regulačních zařízení bývá při této příležitosti označován jako hlavní viník a příliš mu nepomůže, když poukazuje na to, že byla překročena hranice regulovatelnosti příslušného výměníku. Pro objektivní diskusi této problematiky na technické úrovni chybí nejčastěji odpovídající znalosti projektantů.

Úvodem musí být ujasněny následující body:

- co se rozumí regulovatelností ohřívače vzduchu;
- jak může být tato regulovatelnost popsána;
- zda může být určena s dostatečnou přesností;
- jak může být ovlivněna.

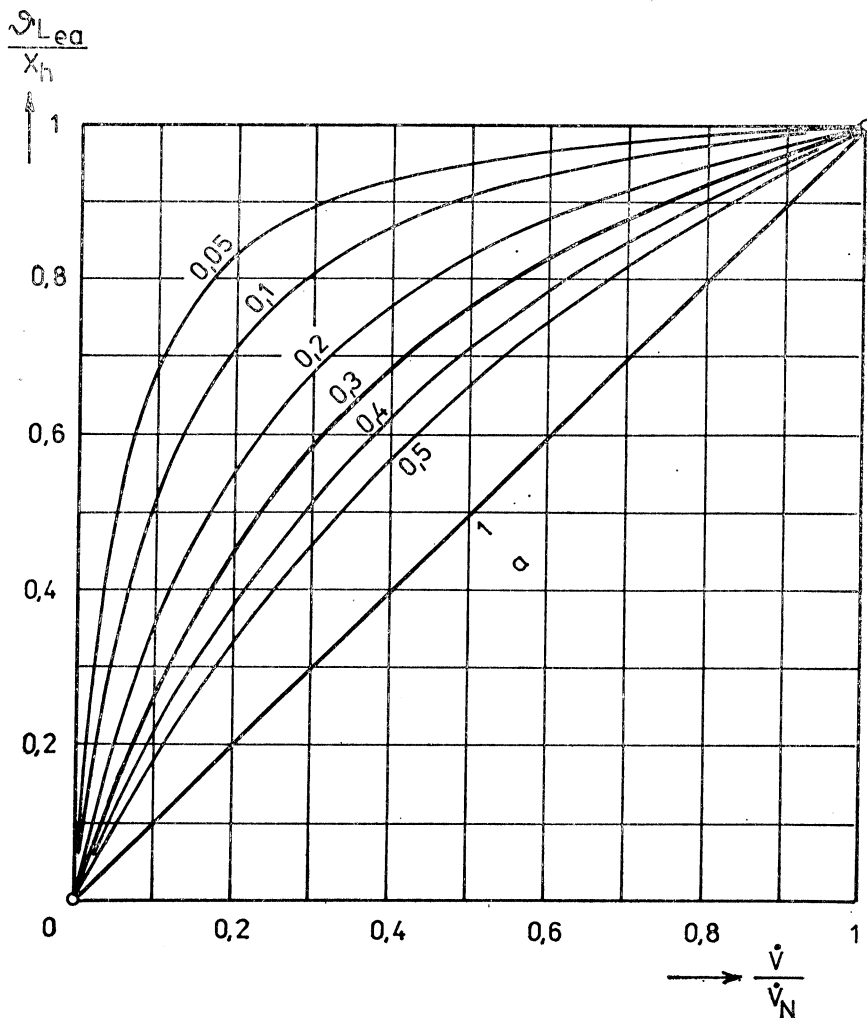
Autor příspěvku uvádí ve své knize „Regulace klimatizačních zařízení“ [1] podrobný rozbor těchto otázek. V dalších odstavcích bude podána tato problematika ve velmi zkrácené formě společně s dosud neuveřejněným vztahem pro výpočet. Od vyjití knihy byly zpracovány nové materiály, které jsou použitím nového nomogramu zpřístupněny pro praktické použití. Tato látka je obsažena v následujících odstavcích.

## 2. REGULOVATELNOST OHŘÍVAČE VZDUCHU

Jak vyplývá z předchozího, je třeba u regulační soustavy podle *obr. 1* rozlišovat dva provozní rozsahy. První, odpovídající malému zatížení, vede k trvalému kolísání teplot ohřívajícího vzduchu  $\vartheta_{La}$ . V této oblasti není ohřívač vzduchu regulovatelný. Druhý rozsah odpovídá požadované funkci regulace bez kolísání. Hranice mezi oběma těmito rozsahy je hranicí regulovatelnosti okruhu. Pojem „regulovatelnost“ je zde pojímán úzce. Provozní body, kdy nastává při běžném nastaveném regulačním okruhu kolísání, jsou přiřazovány do prvního pásma. To však neznamená, že by nemohl být tento proces v praxi využit. K tomuto bodu se ještě vrátíme při stanovování regulovatelnosti.

Nastane-li u ohřívačů vzduchu při malém a nejmenším výkonu trvalé kolísání teplot vystupujícího vzduchu (při nepřetržitém chodu regulačního zařízení) nejsou příčiny tohoto stavu regulačnímu techniku neznámé. Ví, že regulační zařízení musí v tomto provozním bodě velmi značně korigovat funkci ohřívače — nebo, vyjádřeno v terminologii regulační techniky, že je z určitých důvodů činitel přenosu soustavy  $K_s$  (a tím i zesílení) příliš velký. To je důvod, proč nastává trvalé kolísání teplot vzduchu.

Dále je třeba objasnit fyzikální podmínky, vedoucí k tomuto nežádoucímu stavu.



Obr. 2. Charakteristiky ohříváče podle [3]. Bezrozměrné znázornění průběhu výkonu ohříváče v závislosti na průtoku vody ( $\vartheta_{Lea}$  — ohřátí vzduchu,  $X_h$  — akční účinek,  $\dot{V}$  — okamžitý průtok vody,  $\dot{V}_N$  — jmenovitý průtok vody,  $a$  — činitel vytížení výměníku).

Pro konstrukci byl použit vztah:

$$\frac{\vartheta_{Lea}}{X_h} = \frac{1}{1 + a \left( \frac{1}{\dot{V}/\dot{V}_N} - 1 \right)}$$

Jsou tři:

- regulační ventil pracuje v neregulovatelném rozsahu výkonu ohříváče, mimo technicky realizovatelnou charakteristiku (v blízkosti svého uzavření);
- tlakový rozdíl na straně vody  $\Delta p_v$  před a za ventilem má nejvyšší hodnotu v okamžiku otevírání ventilu;

c) tepelné charakteristiky ohříváčů vzduchu mají v blízkosti nulového výkonu největší stoupání, takže při jednotkovém zvýšení průtoku vody dochází zde k největší změně teploty vzduchu.

Všechny tyto tři okolnosti mají podobný účinek. Zvětšují činitel přenosu  $K_s$  sledované části regulované soustavy v blízkosti nulového výkonu výměníku. Pro objasnění vlivu těchto tří okolností na proces regulace je v dalším odstavci proveden kvalitativní rozbor.

### 3. POČETNÍ FORMULACE REGULOVATELNOSTI

Popis je prováděn podle současné úrovně znalostí pomocí dále uvedených veličin (viz též [1]).

1. Vlastnosti regulačního ventilu jsou popsány tzv. *akčním poměrem*  $S_V$ ,

$$S_V = k_{Vs}/k_{Vr}.$$

Pro označení průtoku regulačním ventilem jsou použity, jak je dnes obvyklé, hodnoty průtokových součinitelů  $k_V$  podle směrnice VDI/VDE 2173 [2]. Ve vztahu znamená:

$k_{Vs}$  — průtokový součinitel při jmenovitém zdvihu (katalogová hodnota);  
 $k_{Vr}$  — průtokový součinitel na spodním konci použitelné charakteristiky ventilu.

2. Vliv tlakové ztráty ventilu je charakterizován tzv. *autoritou ventilu*  $P_V$

$$P_V = \Delta p_{V100}/\Delta p_{V0},$$

$\Delta p_{V100}$  — tlaková ztráta ventilu při jeho plném otevření;  
 $\Delta p_{V0}$  — tlakový rozdíl před a za ventilem při jeho uzavření.

Tato definice je dvojznačná, čtenář však na to nebyvá upozorněn: při diskusích o volbě vhodné charakteristiky ventilu se běžně uvažují jen změny tlakové ztráty  $\Delta p_V$ , které vzniknou zmenšením tlakových ztrát okruhu při uzavírání příslušného ventilu. Pro výpočty regulovatelnosti ohříváčů vzduchu je třeba dosazovat  $\Delta p_{V0}$  při extrémních podmínkách, jež zahrnují i změnu dopravní výšky čerpadla a vliv paralelně řazených spotřebičů.

3. Co se týče charakteristik ohříváčů, pracuje se dnes běžně s charakteristikami, uveřejněnými *Würstlinem* [3]. Při regulaci výkonu ohříváče změnou teploty vody na vstupu  $\vartheta_{We}$  (regulace mísením) dávají tyto charakteristiky výsledky zcela přesné, při regulaci změnou průtoku vody  $\dot{V}$  výsledky vyhovující. Sledované stoupání charakteristiky v nulovém bodě závisí na poměrné změně teploty vody  $a$  (konstantě vytížení). Její definice je tato: pro předehříváč

$$a_M = \left. \frac{\vartheta_{We} - \vartheta_{Wa}}{\vartheta_{We} - \vartheta_{La}} \right|_N$$

pro dohříváč

$$a_M = \left. \frac{\vartheta_{We} - \vartheta_{Wa}}{\vartheta_{We} - \vartheta_{Le}} \right|_N$$

Význam označení je zřejmý z *obr. 1*. Symbol  $N$  značí jmenovitý výkon výměníku. Tyto vztahy platí při regulaci mísením. Při regulaci škrcením vody je

$$a_w = 0,6 a_M.$$

Pro nejmenší regulovatelné ohřátí vzduchu  $\vartheta_{\text{Lea min}}$  ( $= \vartheta_{\text{La min}} - \vartheta_{\text{Le}}$ ) lze získat při použití uvedených charakteristických hodnot  $S_V$ ,  $P_V$  a  $a$  při použití akčního účinku ohříváče  $X_h$  tento vztah:

$$\vartheta_{\text{Lea min}} = \frac{X_h}{a[\sqrt{P_V(S_V^2 - 1) + 1} + 1]} \quad (1)$$

Akční účinek ohříváče vzduchu je rozdíl teplot vzduchu na vstupu a výstupu z ohříváče za nominálních podmínek, pro něž byl ohříváč dimenzován:

$$X_h = \vartheta_{\text{LaN}} - \vartheta_{\text{LeN}}.$$

Odvození tohoto vztahu není uvedeno, protože nemůže přispět k pochopení vlastní problematiky. Opírá se o skutečnost, že hranice regulovatelnosti se dosáhne tehdy, shoduje-li se okamžitá hodnota  $k_V$  s hodnotou  $k_{Vr}$ . Jí odpovídá minimální regulovatelný průtok vody  $\dot{V}_{\text{min}}$  a z charakteristiky ohříváče minimální regulovatelné ohřátí vzduchu  $\vartheta_{\text{Lea min}}$ .

Vztah (1) je pro praktické použití zatížen těmito nedostatky:

- Číselné vyhodnocování vztahu (1) je pracné. Vzhledem k tomu, že se dnes používají ve značném rozsahu i u nás kapesní elektronické počítačky místo logaritmického pravítka, nemá tato okolnost velký význam.
- Číselným zhodnocením jednoho případu se ještě nezíská celkový přehled o vlivu jednotlivých parametrů na regulovatelnost ohříváčů.

V knize [1] byl proveden pokus vyloučit nebo alespoň zmenšit oba tyto nedostatky pomocí grafického znázornění. Ve dvou tam publikovaných diagramech je znázorněn průběh křivek  $\vartheta_{\text{Lea min}}/X_h = \text{konst.}$  v závislosti na  $a$  ( $0 \div 1$ ) a  $P_V$  ( $0 \div 1$ ) pro hodnoty akčního poměru  $S_V = 25$  a  $S_V = 50$ . Diagramy však nespĺnily očekávání jako pracovní pomůcka pro projektanty. Bylo to způsobeno tím, že diagramy byly použitelné jen pro uvedené hodnoty  $S_V$  a dále tím, že rovnice (1) popisuje  $\vartheta_{\text{Lea min}}$  sice přesně, není však vhodná z hlediska praktického použití.

Jsou-li k dispozici statistické podklady o ročních četnostech teplot, dává hodnota  $\vartheta_{\text{Lea min}}$  pro předehříváče představu o tom, kolik hodin ročního provozu bude zařízení pracovat v neregulovatelné oblasti. To samotné však není jednoznačné pro určení regulovatelnosti ohříváče vzduchu. Proto budou dále řešeny dva příklady při použití navržené pracovní pomůcky, které představují pro praktiky návod řešení bez rozsáhlého počítání.

Je tedy třeba stanovit charakteristickou veličinu, která by umožnila jednodušeji určit regulovatelnost než veličina  $\vartheta_{\text{Lea min}}$  a navrhnout nomogram, který by umožnil zahrnout vliv čtyř charakteristických veličin ( $a$ ,  $P_V$ ,  $S_V$ ,  $X_h$ ) v jednom pracovním kroku na definovanou regulovatelnost.

#### 4. URČENÍ REGULOVATELNOSTI

Řešení prvního problému je možno provést dále uvedeným způsobem. Stanoví-li se v jednom případě hodnoty  $\vartheta_{\text{Lea min}}$ , lze pro další případy vyvodit jen obtížně, zda

tento rozsah, v němž není ohříváče vzduchu bez rozkmitání regulovatelný, není příliš velký, zda je přijatelný nebo zanedbatelně malý.

Přesto je možno přijmout pro provoz zařízení skutečnost, že teplota vzduchu za ohříváčem trvale kolísá. Potom je však třeba stanovit charakteristiku tohoto kolísání a rozhodnout, zda je toto kolísání přípustné nebo rušivé.

Rozsah tohoto kolísání  $X_{\max}$  (rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší teplotou vzduchu, které se při kolísání vyskytují), je veličina pro praktika dobře pochopitelná. Při dnešních znalostech o vlastnostech regulačních obvodů ohříváčů vzduchu nemůže být však toto kolísání ve stadiu projekce přesně vypočteno, ale jen odhadnuto. I tato hodnota  $X_{\max}$  však přináší podstatné praktické výhody v určení regulovatelnosti. Bude to ukázáno v dalších příkladech.

Pro číselný odhad hodnoty  $X_{\max}$  je účelné vycházet z těchto předpokladů:

- Představujeme si kolísání teplot, které nastává, jako by to bylo kolísání vznikající při dvoupolohové regulaci. Závislosti mezi charakteristickými veličinami tohoto kolísání jsou uvedeny v [1] na obr. 4—8.
- Idealizujeme případ tak, že dvoupolohová regulace vzniká tím, že je použit regulační ventil, který má při provozu jen dvě možné krajní polohy:  $k_V = 0$  a  $k_V = k_{Vr}$ . Jako akční účinek  $X_h$  při dvoupolohové regulaci se pak dosadí  $\vartheta_{Lea \min}$
- Lze předpokládat, že přepnutí z  $k_V = 0$  na  $k_V = k_{Vr}$  a obráceně nastává při relativně malé hodnotě difference akčního účinku  $X_d$ .
- Pro provádění výpočtu tímto způsobem se ukázalo jako výhodné brát odhadnutý stupeň obtížnosti regulačního okruhu  $T_u/T_g = 0,2$  ( $T_u$  je doba průtahu,  $T_g$  doba náběhu).

Za těchto předpokladů je možné zvolit, že rozsah teplotního kolísání  $X_{\max}$  v bodě otevření regulačního ventilu může být nejvýše

$$X_{\min} = 0,2 \vartheta_{Lea \min}. \quad (2)$$

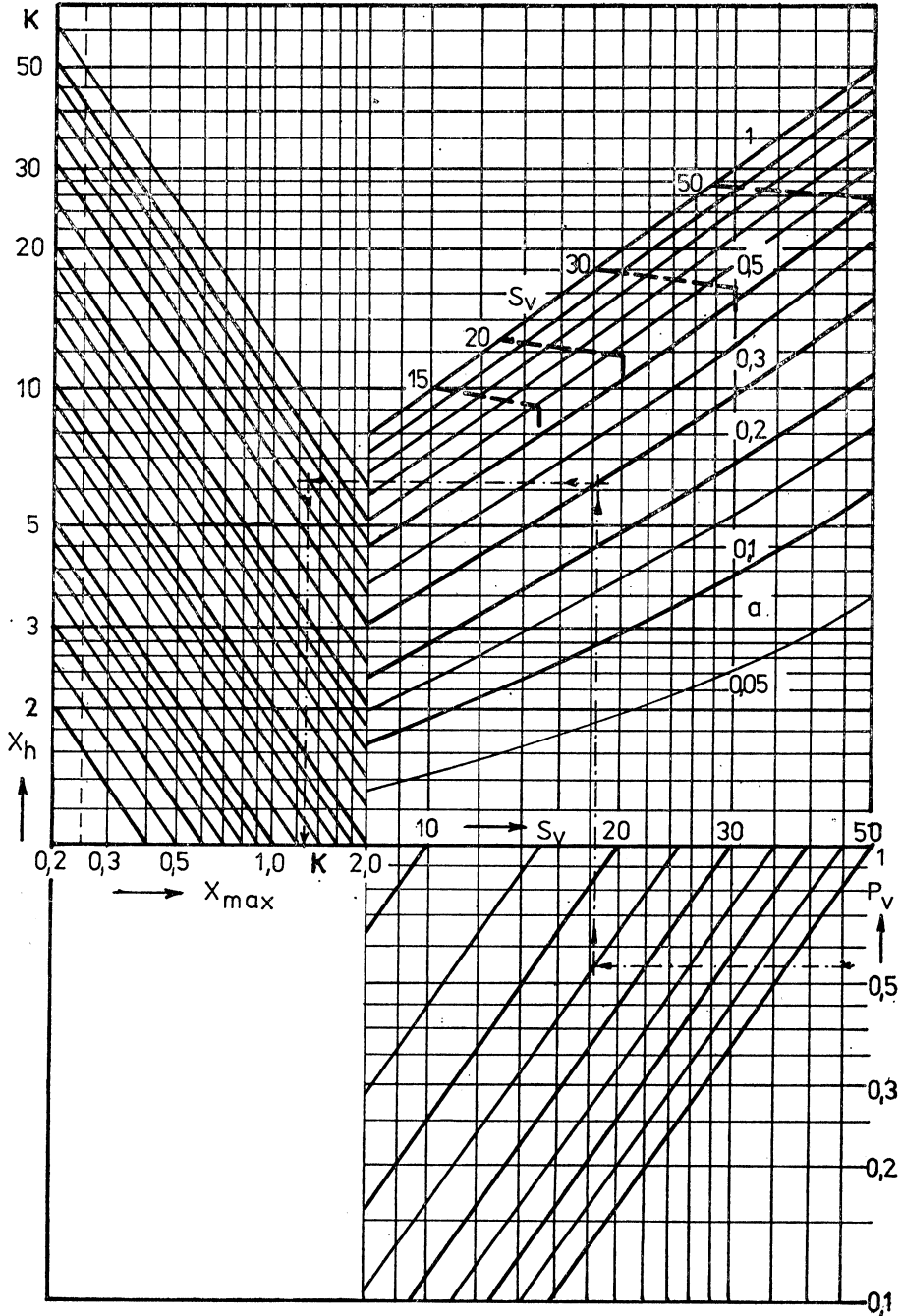
Pro řešení druhého problému, formulovaného na konci předchozího odstavce, byl navrhnout nomogram podle obr. 3. V něm se neodčítají parametry  $a$ ,  $P_V$ ,  $S_V$ ,  $X_h$  na jedné straně a  $\vartheta_{Lea \max}$  na druhé straně, ale spojením vztahů (1) a (2) se získává přímo údaj o rozsahu teplotního kolísání vzduchu  $X_{\max}$ . Nomogram dále obsahuje v horní pravé čtvrtině přerušované mezní čáry označené  $S_V = 15, 20, 30, 50$ , které při určování  $X_{\max}$  poskytují informaci, zda má být použit ventil s lineární nebo ekviprocentní charakteristikou. Tyto mezní křivky byly vyneseny podle odvození, které je obsaženo v [1].

V následujícím odstavci jsou ukázány na dvou příkladech přednosti použití tohoto nomogramu v praxi. Prvým příkladem umožňuje objasnit čtvrtou otázku, která byla formulována v úvodu, totiž možnost ovlivnění a zlepšení regulovatelnosti ohříváčů vzduchu.

## 5. PŘÍKLADY POUŽITÍ NOMOGRAMU PODLE OBR. 3

V *prvém příkladě* je řešena regulovatelnost předeříváče. Zadání je formulováno takto: Mají se určit vlastnosti regulačního ventilu, který byl dimenzován pro určitý případ. Výpočtem byl stanoven průtokový součinitel  $k_V = 13,33 = k_{VN}$ . V údajích výrobce se takový ventil nevyskytuje. Obvykle se volí ventil s nejbližší vyšší hodnotou, v tomto případě např.  $k_{Vs} = 16$  ( $S_V = 30$ ). Tento ventil není při plném, resp.





Obr. 3. Nomogram pro určení rozsahu kolísání teplot  $X_{max}$  v okamžiku otevření regulačního ventilu u ohřivače vytápěného vodou ( $X_{max}$  — maximální rozsah kolísání teplot vzduchu,  $X_h$  — akční účinek ohřivače (maximální ohřátí vzduchu),  $\alpha$  — číselník vytížení ohřivače,  $P_v$  — autorita regulačního ventilu,  $S_v$  — akční poměr regulačního ventilu, - - - — hranice mezi lineární a ekviprocentní charakteristikou ventilu).

jmenovitým výkonu zcela využít. To se projeví i v hodnotě akčního poměru, jak je dále uvedeno. Stejný stav by nastal, kdyby ventil měl stanovenou velikost, tedy  $k_{vS} = k_{vN}$ , kdyby měl menší akční poměr  $S_V$  ve srovnání se skutečně použitým ventilem. Mezi oběma akčními poměry platí vztah

$$S'_V = S_V \frac{k_{vN}}{k_{vS}} = 30 \frac{13,33}{16} = 25.$$

Při stanovování  $X_{\max}$  pomocí nomogramu obr. 3 nebo pro dosazování do vztahů (1) a (2) je třeba pracovat s hodnotou  $S'_V$ .

Regulační ventily se obvykle vyrábějí v řadách s modulem velikosti  $\sqrt[5]{10}$ . V nejnepříznivějším případě tedy může  $S'_V = S_V \sqrt[5]{10} = 0,63 S_V$ .

U přehříváčů běžně dimenzovaných zvětšuje skutečnost, že hodnota  $k_{vS}$  použitého ventilu je větší než vypočtená  $k_{vN}$ , teplotní kolísání nejvýše 1,5krát. Vlastní chybné dimenzování může mít důsledky značně horší.

Sledovaný přehříváč je vybaven regulací směřováním a pracuje v extrémních podmínkách při těchto teplotách (označení podle obr. 1; index  $N$  označuje podmínky dimenzování):  $\vartheta_{weN} = 90^\circ\text{C}$ ,  $\vartheta_{waN} = 70^\circ\text{C}$ ,  $\vartheta_{LaN} = 23,5^\circ\text{C}$ ,  $\vartheta_{LeN} = -16,5^\circ\text{C}$ ,  $X_h = \vartheta_{LaN} - \vartheta_{LeN} = 40\text{ K}$ . Podle odstavce 2 je činitel vytížení ohříváče:

$$a = \frac{90 - 70}{90 - 23,5} = 0,3.$$

Dále bylo určeno, že při hydraulických podmínkách vodního okruhu, které zde nejsou udány, má ventil autoritu

$$P_V = 0,55.$$

S těmito hodnotami je možno použít již nomogram obr. 3. Postup řešení je vyznačen čerchovanými čarami. Vychází se z hodnoty  $P_V$  směrem k příslušné hodnotě  $S'_V$ , dále k hodnotě  $a$ , vodorovně k hodnotě  $X_h$  a na spodní vodorovné stupnici získáme hledanou  $X_{\max} = 1,3\text{ K}$ .

Protože tato soustava čar leží pod mezní čárkovanou čarou  $S_V = 25$  (není zakreslena, ale její polohu lze snadno určit interpolací) je třeba použít ventil s ekviprocentní charakteristikou.

Zda rozsah kolísání teplot  $X_{\max} = 1,3\text{ K}$ , které způsobuje zvýšení teplot ohříváného vzduchu v rozmezí  $0 \div 5$ ,  $1,3 = 6,5\text{ K}$  (podle vztahu (2)) je přípustné závisí na účelu a použití zařízení. Pro zařízení s požadavky přísného dodržování tolerovaných teplot je hodnota  $X_{\max} = 1,3\text{ K}$  příliš vysoká.

Dále uvažme, jak může být tato situace zlepšena. Velké hodnoty  $a$  zlepšují regulovatelnost, ale v praxi je většinou není možné příliš zvětšovat. Právě tak akční účinek  $X_h$  má obvykle pevnou hodnotu, danou požadavky klimatizace. Ovlivnit je tedy možno v první řadě hodnotu akčního poměru  $S_V$  a autoritu ventilu  $P_V$ .

Např. v uvedeném příkladě by regulační ventil při  $S_V = 50$  a  $P_V = 1$  (prakticky horní hranice možností) umožnil zmenšit kolísání na  $X_{\max} = 0,5\text{ K}$ . To je hodnota, která ve většině případů vyhoví. V případě, že je vyžadována ještě lepší regulovatelnost, je nutné celý výkon rozdělit na dva regulační ventily, viz [1].

V druhém příkladě je řešena otázka potřebných vlastností regulačního ventilu pro indukční jednotku vysokotlaké klimatizace. Ventil má zajistit, aby teplota

v klimatizovaném prostoru byla udržována v žádaném rozmezí teplot. Pro řešení tohoto příkladu je třeba postupovat v nomogramu v opačném směru.

Nejdříve přijmeme, že indukční jednotka pracuje uspokojivě při  $X_{\max} = 0,5$  K. Ohříváč indukční jednotky je typem dohříváče. Regulovanou veličinou je teplota místnosti. Tento dohříváč může mít jen obtížně větší akční účinek než  $X_h = 6$  K. Činitel vyřízení  $a$  podle dříve uvedeného vztahu při teplotě místnosti (regulace škrcením vody) je

$$a = 0,6 \frac{90 - 70}{90 - 20} = 0,17.$$

V případě, když připustíme autoritu ventilu  $P_V = 0,3$ , má regulační ventil vyhovující akční poměr  $S_V = 17$ . Potřebné vlastnosti regulačního ventilu pro indukční jednotky tedy jsou  $S_V = k_{VS}/k_{VR} = 17$  za předpokladu, že  $P_V = 0,3$ .

Tím byla náplň příspěvku vyčerpána. Rozsah byl velmi zúžen a záměrně neobsahuje všechny aspekty tohoto okruhu otázek. Přesto autor doufá, že mu bylo umožněno publikovat zásady současného řešení těchto problémů a předložit pracovní prostředky, které mohou postavit projekci regulačních obvodů ohříváčů vzduchu na podstatně pevnější základnu.

#### LITERATURA

- [1] *Junker, B.*: Klimaregelung: Grundlagen, Praxis der Projektierung R. Oldenbourg Verlag, München, 1974
- [2] VDI/VDE 2173: Richtlinie Strömungstechnische Kenngrößen von Stellventilen und deren Bestimmung, September 1962
- [3] *Würstlin, D.*: Verbesserung der Grundregelkreise in der Klimatechnik durch Änderung der Verfahren und Einsatz geeigneter Regeleinrichtungen, Gesundheits-Ingenieur 89 (1968) 9, S. 267 ÷ 276

*Překlad a odbornou úpravu textu zajistil Doc. Ing. Jaroslav Chyský, CSc.*

#### РЕГУЛИРУЕМОСТЬ ВОДЯНЫХ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

*Инж. Б. Юнкер*

По разбору, который содержит статья, предел регулируемости достигнется в том случае, если подогрев воздуха так малый, что регулирующий клапан должен работать вокруг пункта своего открытия. Установка клапана при введении воздухоподогревателя в эксплуатацию обеспечивает устойчивость в нормальном рабочем диапазоне, но в пункте открывания клапана возникает колебание температур (по большей части неустраняемое), величину которого нужно определить. В статье определяются параметры с влиянием на процесс, приводится соотношение для расчета и номограмма для быстрого определения этого колебания.

#### ADJUSTABILITY OF WATER AIR HEATERS

*Ing. B. Junker*

According to this analysis the limit of adjustability of an air heater is reached when the heating of air is small and the regulating valve works then in vicinity of its opening point. Setting the valve at the beginning of operation ensures the stability in normal working range. By such a procedure temperature fluctuations arise - that is usually not to be prevented - and their range is to be ascertained. The article defines some process influencing values, mentions the calculating of fluctuation and presents a chart enabling getting quick results.

## REGULIERBARKEIT VON MIT WASSER BEHEIZTEN LUFTERWÄRMERN

Ing. B. Junker

Nach einer im Artikel durchgeführten Analyse wird die Grenze der Regulierbarkeit eines Lufterwärmers dann erreicht, wenn die Lufterwärmung so klein ist, dass Regulierventil in der Nähe seines Öffnungspunktes arbeiten muss. Durch Ventileinstellung beim Anlageanlassen wird die Stabilität im normalen Arbeitsbereich sichergestellt. Aber in der Nähe des Ventilöffnungspunktes entstehen Temperaturschwankungen -die am meisten nicht zu verhindern sind- deren Grösse muss man bestimmen. Der Artikel definiert weiter auch einige den Prozess beeinflussenden Parameter, erwähnt deren Berechnung und zeigt ein Diagramm zur schnellen Berechnung der Schwankungen.

## RÉGLAGE DES RÉCHAUFFEURS D'AIR À EAU

Ing. B. Junker

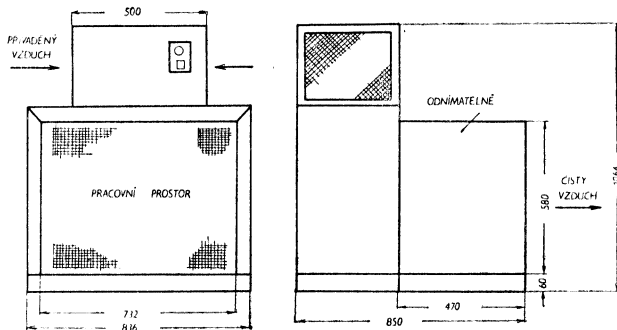
L'article présenté comprend une analyse suivant laquelle on peut obtenir la limite de réglage du réchauffeur d'air si le réchauffage de l'air est petit tellement qu'une valve de réglage doit travailler autour du point de son ouverture. À la mise du réchauffeur en marche, le réglage d'une valve assure la stabilité dans une étendue de travail normale. Dans le point de l'ouverture d'une valve, une variation de températures se produit dont la grandeur il est nécessaire de déterminer. Dans l'article présenté, on définit les valeurs qui exercent une influence sur le procédé, on cite une relation pour le calcul et un nomogramme pour la détermination rapide de cette variation.

### ● Laminární box pro farmaceutické potřeby

Pro farmaceutické práce, vyžadující mimořádně čisté prostředí, vyrábí firma *Therm-o-Tronic* GmbH, Reinbek/Hamburg laminární box o šířce 836 mm, výšce 1064 mm a hloubce 850 mm (obr. 1).

Vzduch z místnosti je filtrován s účinností 99,99 % pro velikost částic 0,3  $\mu\text{m}$ . Filtrovaný vzduch protéká celým průřezem manipulačního prostoru rychlostí asi 0,45 m/s.

(Bš)



Obr. 1. Laminární box.

# ZVUKOIZOLAČNÍ VLASTNOSTI VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ KRUHOVÉHO PRŮŘEZU

ING. JIŘÍ BELZA

SVÚSS — Běchovice

V článku je uvedena teorie vzduchové neprůzvučnosti potrubí kruhového průřezu v porovnání s experimentálně zjištěnými hodnotami naměřenými na modelech vzduchotechnického potrubí. V závěru jsou shrnuty hlavní zásady pro hodnocení neprůzvučnosti vzduchotechnického potrubí kruhového průřezu s ohledem na požadavek zvukové izolace.

*Recenzoval: Ing. Jaroslav Pitter*

## 1. ÚVOD

Všeobecný rozvoj techniky v průmyslu a v jiných oblastech působení lidské společnosti vede ke snižování kvality životního prostředí. Na vytvoření optimálních životních podmínek je zaměřen i obor techniky prostředí. Optimalizace životních podmínek je většinou zajišťována technickými prostředky, jako jsou např. vzduchotechnická zařízení. Průvodním zjevem při vytváření žádaných klimatických podmínek vzduchotechnickými zařízeními je přeměna jisté části příkonu těchto zařízení na energii akustickou. Akustická energie vyzářená povrchem vzduchotechnického zařízení může mít negativní vliv na kvalitu požadovaného prostředí.

Hodnocení kvality prostředí může být tedy negativně ovlivněno hlukem, který je ve sledovaném prostoru závislý na množství akustické energie přenesené různými cestami do tohoto prostoru. Velmi rozsáhlý potrubní systém vzduchotechnických zařízení se může v chráněném prostoru významně podílet na množství vyzářené akustické energie. Podíl akustické energie vyzářené povrchem potrubí je závislý na jeho zvukoizolačních vlastnostech. Zvukoizolační vlastnosti potrubí je možno charakterizovat stupněm vzduchové neprůzvučnosti v závislosti na kmitočtu.

V následujícím textu bude uvedena problematika zjištění stupně vzduchové neprůzvučnosti potrubí kruhového průřezu na základě experimentálních měření a výsledky měření budou porovnány s hodnotami získanými z teoretických vztahů.

## 2. TEORETICKÉ PODKLADY PRO VÝPOČET VZDUCHOVÉ NEPRŮZVUČNOSTI POTRUBÍ KRUHOVÉHO PRŮŘEZU

### 2.1 Charakteristické vlastnosti kmitočtového průběhu neprůzvučnosti potrubí

Kmitočtový průběh neprůzvučnosti válcové stěny je závislý na průměru  $d$  [m], tloušťce stěny  $h$  [m] a na směru dopadu zvukové vlny. Při vyšetřování stupně neprůzvučnosti se vychází z řešení rovinné desky, které je možné použít pro tenkostěnné válce, a to, jsou-li splněny tyto podmínky:

$$h \ll d/2 \quad h < 1/6\lambda_B$$

kde  $\lambda_B = \sqrt{\frac{1,8 \cdot c_L \cdot h}{f}}$  délka ohybových vln stěny [m],

$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho_m}}$  ... rychlost šíření podélných vln v materiálu stěny [ $\text{ms}^{-1}$ ],

$E$  ... modul pružnosti v tahu [Pa],

$\rho_m$  ... měrná hmotnost [ $\text{kgm}^{-3}$ ],

$f$  ... kmitočet [ $\text{s}^{-1}$ ].

Pro potrubí vzduchotechnických zařízení jsou zřejmě obě podmínky splněny. Na rozdíl od případu rovinné desky, kdy je stupeň neprůzvučnosti určen hmotností a ohybovou tuhostí desky a podstatně se snižuje při jejich vzájemné kompenzaci, k níž dochází při kritickém kmitočtu  $f_{KR}$ , uplatňuje se u válce v důsledku zakřivení pružnost stěny, jejíž účinek se kompenzuje s účinkem hmotnosti při válcovém charakteristickém kmitočtu  $f_0$ . Jestliže je  $f_{KR} > 2f_0$ , je možné celou kmitočtovou oblast rozdělit na tři části  $f < f_0$ ,  $f_0 < f < f_{KR}$  a  $f > f_{KR}$ . Válcový charakteristický kmitočet je dán vztahem

$$f_0 = \frac{c_L}{\pi \cdot d}, \quad (1)$$

kde  $c_L$  ... rychlost podélných vln v materiálu potrubí [ $\text{ms}^{-1}$ ],

$d$  ... průměr potrubí [m].

a kritický kmitočet

$$f_{KR} = \frac{c^2 \cdot \sqrt{12}}{c'_L \cdot h \cdot 2 \cdot \pi}, \quad (2)$$

$$\text{kde } c'_L = \sqrt{\frac{E}{\rho_m \cdot (1 - \mu^2)}} = c_L \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \mu^2}}$$

kde  $c'_L$  ... rychlost šíření podélných vln v desce [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ],

$\mu$  ... Poissonův poměr [—].

V oblasti kmitočtů  $f < f_0$  dochází k zvýšení vyzařování akustické energie v okolí tzv. propouštěcích kmitočtů daných vztahem

$$f_p = \kappa \frac{c}{\pi \cdot d}, \quad (3)$$

kde  $c$  ... rychlost šíření zvuku ve vzduchu [ $\text{ms}^{-1}$ ],

$d$  ... průměr potrubí [m],

$\kappa$  ... konstanta pro různé tvary kmitání

(pro základní tvar kmitání je  $\kappa = 1,9$ ).

## 2.2 Výpočtové vztahy pro neprůzvučnost potrubí

Pro oblast propouštěcích kmitočtů  $f_p < f < f_0$  můžeme určit orientačně střední hodnotu stupně neprůzvučnosti podle Heckla [3].

$$R_m = 10 \log \frac{c_L \cdot \rho_m \cdot h}{2 \cdot \rho \cdot c \cdot r} + 9 \quad [\text{dB}], \quad (4)$$

kde  $\rho_m$  ... měrná hmotnost materiálu stěny [ $\text{kgm}^{-3}$ ],  
 $r = d/2$  [m],  
 $c$  ... rychlost šíření zvuku ve vzduchu [ $\text{ms}^{-1}$ ],  
 $\rho$  ... měrná hmotnost vzduchu [ $\text{kgm}^{-3}$ ].

Pro  $f_0 < f < f_{KR}$  je-li  $f_{KR} > 2f_0$  platí zákon hmotnosti a stupeň neprůzvučnosti je dán vztahem

$$R = R_0 - 10 \log(0,23 R_0), \quad (5)$$

kde  $R_0 = 20 \log \frac{\pi \cdot f \cdot M_s}{\rho \cdot c}$ ,  
 $M_s$  je plošná hmotnost stěny [ $\text{kgm}^{-2}$ ].

Pro  $f > f_{KR}$  uvádí *Cremer* [2] vztah pro stupeň neprůzvučnosti

$$R = 10 \log \left[ \frac{2 \cdot M_s \cdot f^2}{\rho \cdot c \cdot f_{KR}} \cdot \left( 1 - \frac{f_{KR}}{f} \right)^{1/2} \right] + 10 \log \left[ 1 + \frac{\eta \cdot f \cdot M_s \cdot \pi}{\rho \cdot c} \cdot \left( 1 - \frac{f_{KR}}{f} \right)^{1/2} \right] \quad [\text{dB}], \quad (6)$$

kde  $\eta$  je ztrátový činitel materiálu stěny [—].

Při takto zjištěném průběhu stupně neprůzvučnosti je nutné vzít v úvahu, že v okolí charakteristického válcového kmitočtu  $f_0$  a kritického kmitočtu  $f_{KR}$  dojde k podstatnému snížení neprůzvučnosti a v oblasti kmitočtu  $f < f_p$  stupeň neprůzvučnosti stoupá nad hodnotu  $R_m$ .

### 3. POPIS METODY MĚŘENÍ STUPNĚ VZDUCHOVÉ NEPRŮZVUČNOSTI

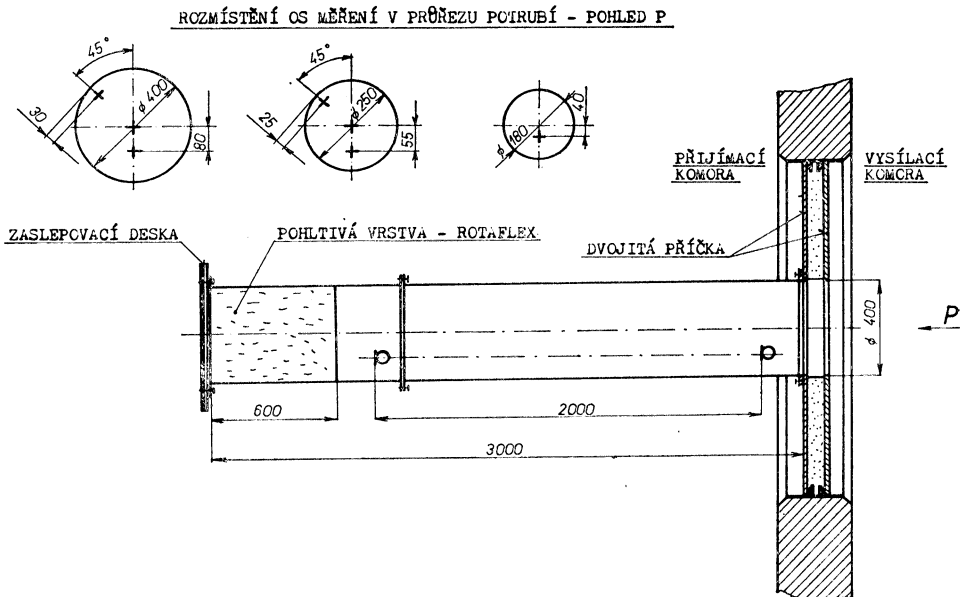
Pro experimentální měření byly zvoleny tři typy ocelového potrubí s přehybovými spoji: průměr 400 mm, tloušťka stěny 1,25 mm, průměr 250 mm, tloušťka 1 mm a průměr 180 mm, tloušťka 0,8 mm. Zkušební potrubí o celkové délce 3 m je složeno z jednoho dílu délky 1 m a jednoho dílu o délce 2 m. Díly jsou spojeny běžným přírubovým spojem. Vzorek potrubí se uchytil do zkušebního otvoru mezi vysílací a přijímací komoru tak, že potrubí je umístěno v přijímací komoře. Vysílací komora je dozvuková místnost, ve které je umístěna reproduktorová soustava určená pro vybuzení difúzního akustického pole. Přijímací komora je dozvuková místnost, ve které je rovněž možné uvažovat akustické pole jako difúzní. Volný konec potrubí je zaslepen deskou, na které je uvnitř potrubí umístěna vrstva pohltivého materiálu. Tato vrstva materiálu zajišťuje minimální odraz akustické energie od desky, čímž je akustické pole uvnitř potrubí podobné akustickému poli v potrubí, které není zaslepeno. Uspořádání zkušebního potrubí a jeho uchycení do zkušebního otvoru je zobrazeno na *obr. 1*.

Měření vzduchové neprůzvučnosti bylo provedeno v rozsahu kmitočtu 100 Hz až 12,5 kHz. Ve vysílací komoře byl vybuzen pomocí reproduktorové soupravy šum o šířce kmitočtového pásma 1/3 oktávy. Pomocí digitálního měřicího systému byl zaznamenán rozdíl průměrných hladin akustického tlaku ve vysílací a přijímací komoře a podle vztahu (7) vypočten stupeň vzduchové neprůzvučnosti  $R$ .

$$R = D + 10 \log \frac{S}{A} + K \quad [\text{dB}(T)], \quad (7)$$

kde  $D$  ... rozdíl průměrných hladin akustického tlaku ve vysílací a přijímací komoře [dB(T)],  
 $S$  ... plocha měřeného vzorku [m<sup>2</sup>],  
 $A$  ... pohltivost v přijímací komoře [m<sup>2</sup>],  
 $K$  ... korekce na hladinu akustického tlaku uvnitř potrubí [dB(T)].

Korekce  $K$  byla předem experimentálně určena měřeními akustického pole uvnitř potrubí pohyblivým mikrofonom ve třech podélných osách, jak je patrné z obr. 1.



Obr. 1. Schéma modelu potrubí.

Veličina  $K$  je rozdíl mezi průměrnou hladinou akustického tlaku ve vysílací komoře a průměrnou hladinou akustického tlaku uvnitř potrubí.

Je zřejmé, že použití této metody je omezené jen na potrubí s větším průměrem, neboť zjišťování průměrné hladiny akustického tlaku uvnitř potrubí s malým průměrem je velmi obtížné.

#### 4. VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH ZHODNOCENÍ

Experimentálně byly ověřeny tyto úpravy vzduchotechnického potrubí:

- alternativa 1 — potrubí průměr 400 mm, bez izolace,
- alternativa 2 — potrubí průměr 250 mm, bez izolace,
- alternativa 3 — potrubí průměr 180 mm, bez izolace,
- alternativa 4 — potrubí průměr 400 mm + izolace IZOROL, tloušťka 35 mm,
- alternativa 5 — potrubí průměr 250 mm + antivibrační nátěr, tloušťka 2,5 mm,



alternativa 6 — potrubí průměr 250 mm + antivibrační nátěr + izolace IZOROL, tloušťka 35 mm,  
 alternativa 7 — potrubí průměr 180 mm + izolace, tloušťka 35 mm.

Pro potrubí průměr 400 mm bez úpravy, označeno jako alternativa 1, lze podle teoretických vztahů (3), (1) a (2) určit tyto hodnoty:

základní propouštěcí kmitočet

$$f_p = 1,9 \frac{342}{\pi \cdot 0,4} = 515 \text{ Hz},$$

charakteristický válcový kmitočet

$$f_0 = \frac{5100}{\pi \cdot 0,4} = 4060 \text{ Hz},$$

kritický kmitočet

$$f_{KR} = \frac{342^2 \cdot \sqrt{12}}{5421 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \pi} = 9650 \text{ Hz}.$$

Pro kmitočty  $f_p < f_0$  je možné určit střední stupeň neprůzvučnosti ze vztahu (4)

$$R_m = 10 \log \frac{5100 \cdot 7850 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{2 \cdot 1,2 \cdot 342 \cdot 0,4} + 9 = 33,83 \text{ dB}.$$

Pro kmitočty  $f_0 < f < f_{KR}$  a podmínku  $f_{KR} > 2f_0$ , která je v tomto případě splněna, je možné určit stupeň neprůzvučnosti podle vztahu (5). Dosazením středních kmitočtů třetiny oktávy jsou výsledné hodnoty:

$f_{stř}$ [Hz]	5000	6300	8000
$R$ [dB]	41	43	45

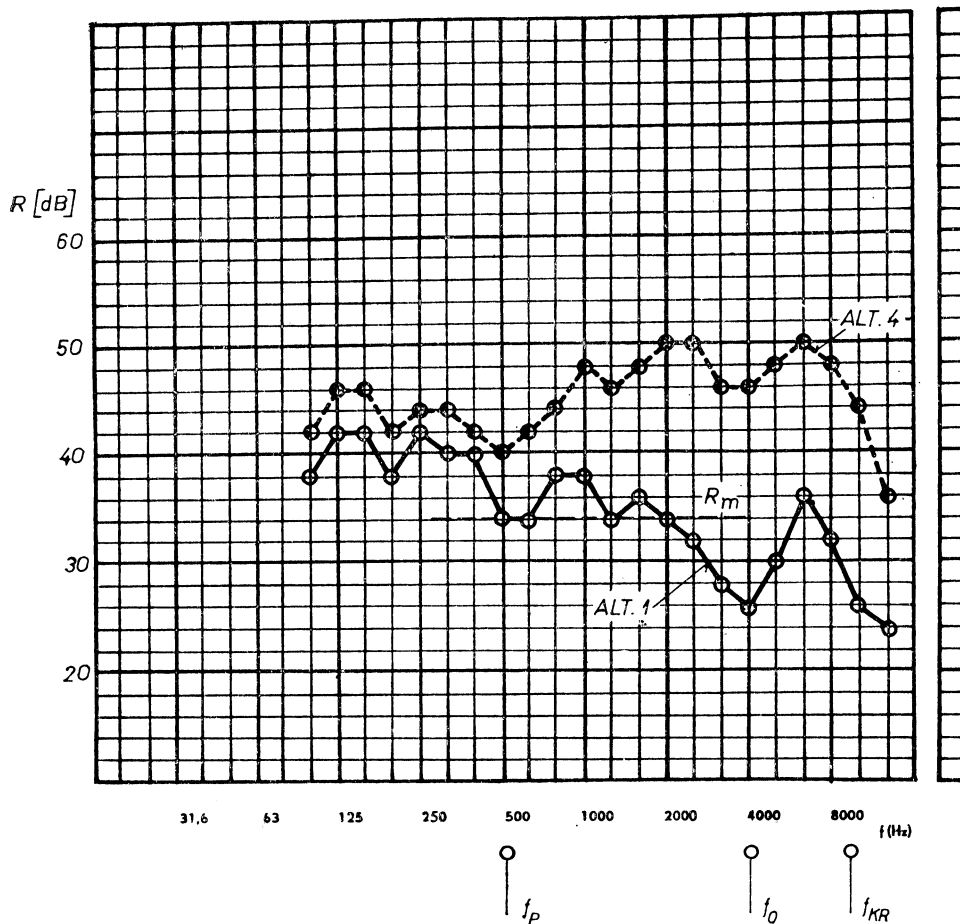
Pro kmitočty  $f > f_{KR}$  je v tomto případě možné určit  $R$  pouze pro třetinu 12500 Hz podle vztahu (6)

$$R = 65,5 \text{ dB}.$$

Hodnoty získané měřením jsou uvedeny na obr. 2. Při porovnání hodnot vypočtených a naměřených je možné konstatovat, že v oblasti kmitočtů  $f_p < f_0$  je vypočtená hodnota středního stupně neprůzvučnosti  $R_m$  zhruba o 2 dB nižší než hodnoty naměřené. V kmitočtovém průběhu je dobře patrný pokles neprůzvučnosti pro kmitočty  $f_p$  ve třetině 500 Hz,  $f_0$  ve třetině 4000 Hz a  $f_{KR}$  ve třetině 10 000 Hz. V oblasti kmitočtů  $f_0 < f < f_{KR}$  se zřejmě neuplatní zcela zákon hmotnosti a stupeň neprůzvučnosti nedosáhne teoretických hodnot. Oblast kmitočtů  $f > f_{KR}$  zastoupena v tomto případě pouze třetinou 12,5 kHz je zřejmě ještě pod vlivem zvýšeného vyzařování akustické energie v oblasti kritického kmitočtu  $f_{KR}$ .

Pro potrubí průměru 250 mm je základní propouštěcí kmitočet

$$f_p = 820 \text{ Hz},$$



Obr. 2. Stupeň vzduchové neprůzvučnosti ocelového potrubí, průměr 400 mm, tloušťka stěny 1,25 mm

charakteristický válcový kmitočet

$$f_0 = 6496 \text{ Hz,}$$

a kritický kmitočet

$$f_{KR} = 11\,900 \text{ Hz.}$$

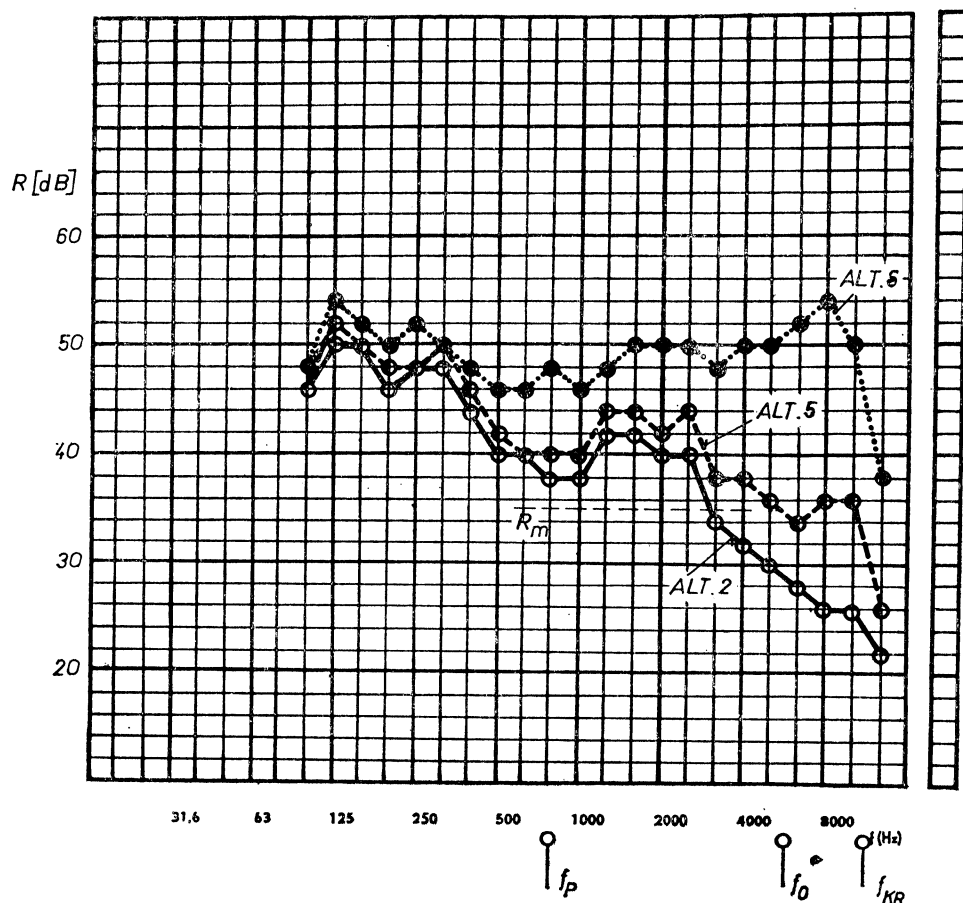
V oblasti kmitočtů  $f_p < f_0$  je střední stupeň neprůzvučnosti

$$R_m = 34,9 \text{ dB.}$$

Pro oblast kmitočtů  $f_0 < f < f_{KR}$  není splněna podmínka  $f_{KR} > 2f_0$  a oblast  $f > f_{KR}$  se v tomto případě pro výpočet  $R$  neuvažuje.

Naměřené hodnoty pro potrubí 250 mm bez úpravy označeno alternativou 2,

jsou uvedeny v grafu na obr. 3 a je možné zjistit, že střední hodnoty naměřeného stupně neprůzvučnosti v oblasti  $f_D < f_0$  je zhruba o 2 dB vyšší než hodnota  $R_m$  zjištěná výpočtem. Pro oblast  $f_0 < f < f_{KR}$  je z grafu patrný trvalý pokles neprůzvučnosti, a to v důsledku zvýšeného vyzařování akustické energie v okolí válcového kmitočtu  $f_0$  vyznačeného ve třetině 6300 Hz a kritického kmitočtu  $f_{KR}$  vyznačeného ve třetině 12,5 kHz. Základní propouštěcí kmitočet je v kmitočtovém průběhu naměřených hodnot patrný mírným poklesem ve třetinách 800 Hz a 1 kHz.

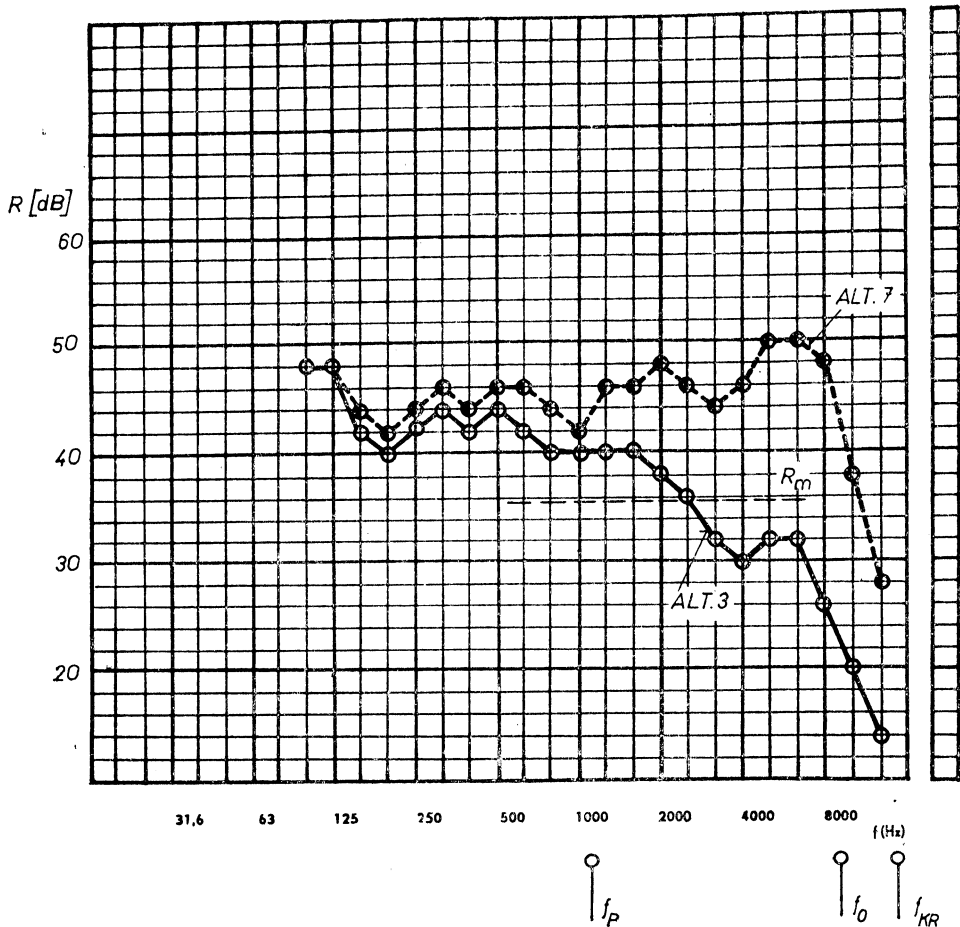


Obr. 3. Stupeň vzduchové neprůzvučnosti ocelového potrubí, průměr 250 mm, tloušťka stěny 1 mm

Pro potrubí průměru 180 mm jsou  $f_p = 1150$  Hz,  $f_0 = 9022$  Hz,  $f_{KR} = 14\,900$  Hz. Z vypočtených hodnot  $f_0$  a  $f_{KR}$  je zřejmé, že téměř celá kmitočtová oblast, ve které se stupeň neprůzvučnosti zjišťuje, je v mezích kmitočtů  $f_D < f_0$  a je tedy možné určit pouze

$$R_m = 35,4 \text{ dB.}$$

Naměřené hodnoty neprůzvučnosti potrubí průměr 180 mm, bez úpravy, jsou patrné na obr. 4. Vypočtený střední stupeň neprůzvučnosti  $R_m$  je v dobré shodě s hodnotami naměřenými. V kmitočtovém průběhu naměřených hodnot je patrný podstatný pokles neprůzvučnosti v oblasti kmitočtu  $f_0$ , zatím co základní propouštěcí kmitočet  $f_p$  se v kmitočtovém průběhu naměřených hodnot neprojevuje.



Obr. 4. Stupeň vzduchové neprůzvučnosti ocelového potrubí, průměr 180 mm, tloušťka stěny 0,8 mm

Z porovnání hodnot získaných výpočtem podle teoretických vztahů [5] a [6] a hodnot získaných měření plyne, že výpočet stupně neprůzvučnosti podle uvedených vztahů je značně odlišný od hodnot naměřených. Uvedené teoretické vztahy byly však odvozeny za jistých omezujících podmínek, viz kap. 2, z řešení rovinné desky nekonečných rozměrů. Zkoušené modely potrubí mají konečné rozměry

a z výrobních důvodů se odchyľují od ideálně válcové stěny. Odchyľky vypočtených hodnot  $R$  jsou patrné z obr. 2 a jsou 8 až 11 dB. Vztah pro  $R$  podle zákona hmotnosti lze použít jen s přihlédnutím k vlivu  $f_0$  a  $f_{KR}$ . Dobrá je shoda vypočtených hodnot  $R_m$ , kmitočtů  $f_p$ ,  $f_0$  a  $f_{KR}$  s jejich výskytem ve spektru naměřených hodnot, což je velmi důležité vzhledem k tomu, že v oblasti těchto kmitočtů dochází k podstatnému snížení stupně neprůzvučnosti.

Pro hodnocení příspěvku jednotlivých úprav na modelech potrubí jsou porovnány v grafech modely s úpravou a bez úpravy. Na obr. 3 jsou úpravy označeny jako alternativa 5 a 6 porovnány s alternativou 2. Z porovnání je patrné zvýšení stupně neprůzvučnosti, jak při překrytí povrchu potrubí antivibračním nátěrem, tak vrstvou IZOROLu tloušťky 35 mm. IZOROL je minerální plst oboustranně překryta tuhým papírem. Zvýšení stupně neprůzvučnosti u potrubí průměr 400 a 180 mm při překrytí povrchu IZOROLEm je patrné z obr. 2 a 4.

V hodnocení účinnosti izolace IZOROL o tloušťce 35 mm na všech měřených průměrech potrubí je vhodné zdůraznit, že snižuje vyzařování akustické energie právě v okolí kmitočtů  $f_p$ ,  $f_0$  a  $f_{KR}$ , což má za následek podstatné zvýšení neprůzvučnosti. V oblasti kmitočtu  $f_0$  a  $f_{KR}$  dosahuje přírůstek neprůzvučnosti až 22 dB.

## 5. ZÁVĚR

Jakožto podklad pro návrhy zvukové izolace potrubí jsou s ohledem na omezenou platnost teoretických výpočtových vztahů nejhodnější experimentálně ověřené hodnoty na modelech potrubí. Jak plyne z porovnání těchto modelových zkoušek s teoretickými vztahy je podle výpočtových vztahů možné určit pouze orientačně stupeň neprůzvučnosti v oblastech mimo kmitočty  $f_p$ ,  $f_0$  a  $f_{KR}$  a v okolí těchto kmitočtů jej nelze určit vůbec, přičemž dochází zejména v okolí kmitočtů  $f_0$  a  $f_{KR}$  k podstatnému poklesu neprůzvučnosti.

Z výsledků zpracovaných v předešlých kapitolách vyplývá nejhodnější postup při návrhu zvukoizolačních opatření pro dané potrubí:

1. Z parametrů daného potrubí zjistit základní propouštěcí kmitočet  $f_p$  podle vztahu (3), charakteristický válcový kmitočet  $f_0$  podle vztahu (1) a kritický kmitočet  $f_{KR}$  podle vztahu (2).

2. Podle vztahu (4) zjistit pro oblast  $f_p < f_0$  orientační hodnotu středního stupně neprůzvučnosti  $R_m$ , přičemž v oblasti  $f < f_p$  je možné předpokládat podle [3], že neprůzvučnost bude větší než  $R_m$ , což bylo potvrzeno měřeními na modelu potrubí. Velmi důležitá pro zvukoizolační schopnost potrubí je poloha vypočtených kmitočtů  $f_0$  a  $f_{KR}$  v jejichž okolí dochází u neizolovaného potrubí k podstatnému snížení neprůzvučnosti a je nutné ji porovnat s kmitočtovou charakteristikou zdroje hluku. V případě, že zdroj hluku intenzivně vyzařuje v oblasti  $f_0$  a  $f_{KR}$  je vhodné povrch potrubí překrýt pohltivým materiálem.

3. Pro zjišťování účinnosti pohltivých materiálů používaných jako zvukoizolačního prvku je účelné vycházet z hodnot zjištěných experimentálně, protože výpočtové podklady nejsou k dispozici. V literatuře [5] existuje údaj zahraničních výrobců o útlumu zvukové vlny procházející vrstvou porézního materiálu. Využití těchto podkladů pro tuzemské materiály je však problematické, protože záleží na struktuře a jiných specifických vlastnostech výrobků. Kromě toho prokázaly některé výzkumné práce [4], že návrh zvukoizolační vrstvy závisí na způsobu a pečlivosti montáže.

Tento ukazatel je důležitější než volba tloušťky vrstvy. Pro běžnou potřebu se vystačí s tloušťkou do 50 mm, při extrémních požadavcích na zvukoizolační efekt je ekonomická tloušťka do 100 mm.

#### SEZNAM LITERATURY

- [1] *Němec J., Ransdorf J., Šnědrle*: Snižování hluku v technické praxi, SNTL, 1970.
- [2] *Cremer*: Theorie der Luftschalldämmung zylindrischer Schalen, *Acustica*, sv. 5, 1955, č. 5
- [3] *Schürmer W. a kol.*: Lärmbekämpfung, Verlag Tribüne, Berlin 1971.
- [4] *Šnědrle M.*: Zvýšení neprůzvučnosti potrubí přidavnou zvukovou izolací, SVÚSS, 66-03019, 1966.
- [5] *Beranek L.*: Snižování hluku, SNTL, 1965.

#### АКУСТИЧЕСКО-ИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВОЗДУХОТЕХНИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

*Инж. Йиржи Белза*

V статье приводится теория воздушной звукопроницаемости трубопровода круглого сечения по сравнению с экспериментально установленными значениями, измеренными на моделях воздухотехнического трубопровода. В заключение подводятся главные принципы для оценки звукопроницаемости воздухотехнического трубопровода круглого сечения, принимая во внимание требование звукоизоляции. §

#### NOISE REDUCTION IN AIR ENGINEERING DUCTS OF CIRCULAR SECTION

*Ing. Jiří Belza*

The article presents a theory of noise reducing qualities of ducts of circular section and compares the theoretical results with the results of experiments on models. Main principles for evaluating the respective noise reducing qualities of a duct of circular section, with regard to required sound insulation, have been added.

#### SCHALLISOLIERENDE EIGENSCHAFTEN DER LUFTECHNISCHEN ROHRLEITUNGEN VOM RUNDEN QUERSCHNITT

*Ing. Jiří Belza*

Der Verfasser legt eine Theorie über Schalldämpfungseigenschaften einer Rohrleitung vom runden Querschnitt vor und vergleicht die theoretischen Resultate mit Resultaten der Modellversuche. Zum Schluss sind Grundsätze zur Beurteilung von Schalldämpfung in betrachteten Rohrleitungen mit Rücksicht auf notwendige Schallisolierung erwähnt.

#### CARACTÉRISTIQUES D'ISOLATION ACOUSTIQUE DE LA CONDUITE D'AIR AVEC UNE SECTION CIRCULAIRE

*Ing. Jiří Belza*

Dans l'article présenté, on cite la théorie de l'insonorisation de la conduite d'une section circulaire dans une comparaison avec les valeurs qui étaient constatées et mesurées à l'aide des modèles de la conduite d'air. En conclusion, on résume les principes essentiels pour une appréciation de l'insonorisation de la conduite d'air avec une section circulaire au point de vue de l'isolation acoustique.

# VLIV SLOŽENÍ SUSPENZE NA VÝSLEDKY DISPERZOIDNÍ ANALÝZY S POUŽITÍM SEDIMENTAČNÍ METODY

ING. JAN VÍTEK, CSc.

*Vědeckovýzkumný uhelný ústav, Ostrava-Radvanice*

Studuje se vliv složení suspenze při disperzoidní analýze aerosolů (křemenného a uhelného prachu) pomocí Andreasenovy modifikace pipetovací metody. Jsou sledovány některé základní ukazatele disperzity aerosolů v závislosti na koncentraci aerosolových částic v sedimentační suspenzi, na koncentraci elektrolytu ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) a na koncentraci povrchově aktivní látky (Slovafol 909). Výsledky práce prokazují, že složení suspenze ve značné míře ovlivňuje výsledky stanovení disperzity aerosolů.

*Recenzoval: Ing. Jaroslav Šimeček, CSc.*

## 1. ÚVOD

Pro stanovení disperzity jemně dispergovaných tuhých látek (aerosolů a hydrosolů) je k dispozici řada metod [1]. K nejpoužívanějším z nich patří různé modifikace sedimentační metody (pipetovací metoda, sedimentační váhy, sledování průběhu sedimentace podle časového průběhu změn některých fyzikálních vlastností suspenze apod. [1—7]. Různých variant sedimentační metody se používá běžně i pro hodnocení disperzity aerosolů v oblasti hygieny práce a protiprašné prevence [8—12]. Metodika sedimentačních měření v této oblasti nebyla však doposud v dostatečné míře ujednocena.

Jedním z faktorů, které mohou ovlivňovat výsledky disperzoidní analýzy, docilované za použití sedimentačních metod, je složení sedimentační suspenze. Sledování vlivu uvedeného faktoru na výsledky sedimentačních analýz je předmětem této práce.

## 2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Při zpracování běžných preparátů sedimentační metodou se připraví suspenze preparátu ve vhodné kapalině (většinou destilované vodě), obsahující zpravidla menší množství elektrolytu (většinou vhodné rozpustné anorganické soli) a v některých případech i malé množství povrchově aktivní látky (smáčedla). Oba tyto přísady mají umožnit dokonalou dispergaci vzorku aerosolu v suspenzi, přísadek smáčedla pak dokonalé smočení vzorku, který je sám o sobě vodou nebo obecně kapalinou, použitou k přípravě suspenze, nesmočitelný (např. uhelný prach ve vodné suspenzi).

Druh použitého přísady a jeho koncentrace v suspenzi může značně ovlivnit vlastnosti suspenze a tedy i výsledky disperzoidní analýzy [13]. Značný význam má i koncentrace samotné hodnocené tuhé látky v suspenzi, ať již z hlediska možného vzájemného ovlivňování jednotlivých částic nebo z hlediska přesnosti a reprodukovatelnosti stanovení jednotlivých velikostních podílů částic v suspenzi.

Vzhledem k uvedeným okolnostem jsou následující kapitoly práce zaměřeny na sledování vlivu:

- koncentrace aerosolových částic,
- koncentrace elektrolytu,
- koncentrace povrchově aktivní látky  
v suspenzi na výsledky sedimentačních měření.

Veškerá měření byla provedena na sedimentační aparatuře podle *Andreasena* [5] s výchozím objemem sedimentační suspenze asi 640 ml. Pracovní postup se v podstatě řídil podle ČSN [5]. Byla vždy připravena sedimentační suspenze o zvoleném složení, která byla těsně před započítáním měření intenzivním promícháním dokonale zhomogenizována. Pokud bylo do suspenze přidáváno i smáčedlo, byl vždy suchý vzorek aerosolu nejdříve dokonale smočen 1% vodným roztokem smáčedla a teprve pak přidán roztok elektrolytu s následující homogenizací suspenze.

Během sedimentace byly ve zvolených časových intervalech pipetováním odebrány podíly suspenze po 10 ml, u kterých byl po vysušení stanoven obsah tuhé fáze vážením. Výsledky byly matematicky zpracovány [5] tak, aby byla získána distribuční křivka velikostí částic hodnoceného vzorku aerosolu a základní ukazatele disperzity (početní a hmotnostní geometrický průměr velikostí částic, standardní geometrická odchylka a další [14, 15]). Veškeré výpočty byly provedeny na samočinném počítači ICL 1900, výpočetní program byl sepsán v jazyku Fortran 1900.

K popsaným pracem byly použity dva druhy aerosolu, a to křemenný a uhelný prach, které mají v hygienické praxi značný význam. Jako elektrolyt byl používán  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  v různých koncentracích, jako povrchově aktivní látka smáčedlo Slovafof 909 v různých koncentracích (jedná se v podstatě o technickou směs alkyl-fenylpolyglykoleterů, výrobek Chemických závodů W. Piecka, n. p., Nováky). V dřívější práci [16] bylo prokázáno, že vodné suspenze, připravené s použitím těchto látek, vykazují dobrý dispergační účinek pro hodnocené typy aerosolů, a jsou stále po dobu řádově  $10^2$  hodin, což je pro sedimentační měření, probíhající za daných podmínek po několik dní, velmi důležitým předpokladem spolehlivosti výsledků.

### 3. VÝSLEDKY A DISKUSE

#### *Ověření reprodukovatelnosti metody*

Ačkoliv reprodukovatelnost výsledků sedimentačních metod byla již určována v řadě prací, byla provedena v rámci této práce pro dané podmínky stanovení znovu, a to jednak proto, aby bylo možno posoudit významnost kolísání parametrů disperzity aerosolů v závislosti na změnách složení sedimentační suspenze u dále popisovaných experimentů, jednak proto, aby bylo možno hlouběji rozebrat vliv jednoho ze sledovaných faktorů složení suspenze (koncentrace aerosolových částic) na reprodukovatelnost výsledků.

Reprodukovatelnost měření byla stanovena provedením 10 samostatných stanovení s použitím 10 podílů téhož výchozího dokonale zhomogenizovaného vzorku křemenného prachu za dodržení stejných experimentálních podmínek. Byl použit vzorek prachu o velikosti částic do cca 60  $\mu\text{m}$ , větší částice byly odděleny na síti 60  $\mu\text{m}$  za mokra). Sedimentační suspenze obsahovala 18,17 g/l křemenného prachu a 2,0 g/l  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ . K přípravě suspenze nebylo v tomto případě použito smáčedla.



Údaje o reprodukovatelnosti některých ukazatelů disperzity křemenného prachu, nalezených při těchto stanoveních, jsou uvedeny v *tab. 1*. Údaje *tab. 1*, odvozené z hmotnostního resp. objemového zastoupení jednotlivých velikostních frakcí aerosolových částic ( $d_v$ ,  $d_g$ ,  $s$ ), byly získány přímo vyhodnocením sedimentační křivky, ostatní údaje byly získány přepočtem z hmotnostních údajů. Všechny tyto další údaje byly vypočteny s předpokladem kulového tvaru aerosolových částic, který je u daných materiálů splněn pouze přibližně. Význam hodnot  $d_p$ ,  $d_g$ ,  $s$ ,  $P$ ,  $a$  (*tab. 1*) je obecně znám [14, 15], u průměru plošně ekvivalentní ( $d_t$ ) a objemově ekvivalentní částice ( $d_v$ ) se jedná o takovou velikost částic, u kterých by v monodisperzním souboru byl nalezen při stejném počtu částic jako u souboru reálného stejný celkový povrch resp. objem částic.

Tab. 1. Reprodukovatelnost základních ukazatelů disperzity křemenného prachu, stanovená u souboru 10 vzorků za použití sedimentační metody.

Název ukazatele	Symbol	Rozměr	Hodnota souboru			Směrodat. odchylka $\pm$ %
			střední (aritm. průměr)	minimální	maximální	
Geometrický průměr velikostí částic dle počtu	$d_p$	$\mu\text{m}$	1,10	0,90	1,37	13,13
Geometrický průměr velikostí částic dle hmotnosti	$d_g$	$\mu\text{m}$	15,54	14,76	16,24	2,74
Standardní geometrická odchylka	$\bar{s}$	—	1,555	1,468	1,662	3,51
Průměr plošně ekvivalentní částice	$d_t$	$\mu\text{m}$	1,74	1,44	2,10	11,35
Průměr objemově ekvivalentní částice	$d_v$	$\mu\text{m}$	2,98	2,58	3,44	9,01
Měrný povrch	$a$	$\text{m}^2/\text{g}$	0,129	0,116	0,139	5,33
Počet částic v miliónech na 1 mg vzorku	$P$	$\text{g}^{-1}$	3,56	2,20	5,22	25,80

Reprodukovatelnost celkových údajů o disperzitě daného souboru částic je výslednicí reprodukovatelností, s jakými je možno stanovit zastoupení jednotlivých velikostních frakcí částic v daném vzorku. Tyto údaje pro hodnocený soubor 10 vzorků křemenného prachu jsou uvedeny v *tab. 2* a *tab. 3*. V *tabulce 2* jsou uvedeny údaje o reprodukovatelnosti stanovení hmotnostního podílu jednotlivých velikostních frakcí částic, v *tabulce 3* obdobně údaje o reprodukovatelnosti stanovení počtu částic v jednotlivých velikostních frakcích. Je zřejmo, že podíl hrubších frakcí částic, jejichž hmotnost se v daných experimentálních podmínkách pohybuje v rozmezí  $10^2$ — $10^3$  g, lze určit s poměrně vysokou reprodukovatelností. Velikostní frakce částic, jejichž celková hmotnost v sedimentační suspenzi je velmi malá, takže stanovení jejich obsahu v pipetovaném podílu suspenze (tj. 10 ml) je již značně ovlivněno chybami vážení apod., lze však stanovit pouze s velmi nízkou reprodukovatelností. V případech, kdy jemné částice jsou ve vzorku aerosolu zastoupeny ve velmi malém hmotnostním množství, je tedy vhodnější od stanovení nejnižších velikostních frakcí raději upustit. Ježto nejjemnější velikostní frakce vykazují ve většině případů i při nepatrném hmotnostním zastoupení velmi významné početní zastoupení, určované pochopitelně s velkými relativními chybami, klesá zpravidla reprodukovatelnost

Tab. 2. Reprodukovatelnost určení podílů jednotlivých velikostních frakcí křemenného prachu dle hmotnosti při aplikaci sedimentační metody u souboru 10 vzorků.

Střední velikost částic frakce ( $\mu\text{m}$ )	Zastoupení velikostní frakce částic ve vzorku (v % hmotnosti)			
	střední (aritm. prům.)	minimální	maximální	směrodatná odchylka $\pm$ %
0,69	0,30	0	0,84	111,6
0,82	0,44	0	1,44	115,0
0,90	0,14	0	0,76	201,6
1,01	0,65	0	1,70	86,83
1,17	1,08	0,66	1,78	34,28
1,41	0,61	0,24	1,65	69,18
2,09	3,36	2,60	3,93	13,72
3,23	3,07	2,42	3,99	17,28
4,61	5,30	3,84	6,31	13,65
6,58	6,74	5,74	8,25	12,77
9,39	10,57	8,54	11,87	9,11
27,11	67,76	65,48	69,80	2,06

Tab. 3. Reprodukovatelnost určení podílů jednotlivých velikostních frakcí křemenného prachu dle počtu částic při aplikaci sedimentační metody u souboru 10 vzorků.

Střední velikost částic frakce ( $\mu\text{m}$ )	Zastoupení velikostní frakce částic ve vzorku (v % dle počtu)			
	střední (aritm. prům.)	minimální	maximální	směrodatná odchylka $\pm$ %
0,69	19,61	0	53,78	102,6
0,82	18,70	0	62,05	119,3
0,90	4,31	0	21,60	200,0
1,01	18,29	0	51,88	92,42
1,17	18,67	9,00	43,50	56,27
1,41	5,65	1,49	12,30	61,18
2,09	9,77	7,38	16,21	25,19
3,23	2,44	1,32	3,55	27,13
4,61	1,48	0,95	2,51	35,22
6,58	0,64	0,38	0,88	26,29
9,39	0,35	0,21	0,51	28,34
27,11	0,09	0,06	0,14	27,44

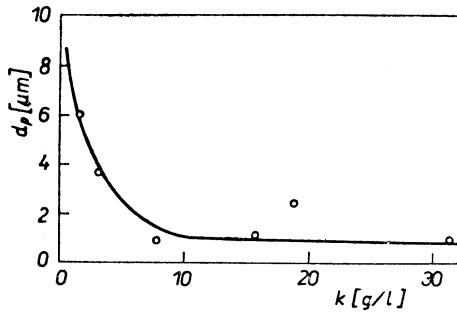
celkových údajů o disperzitě, založených na počtu částic, oproti reprodukovatelnosti údajů, vycházejících z hmotnostního zastoupení jednotlivých velikostních frakcí částic, jak je to zřejmo z tabulky 1. Je tedy výhodné interpretovat výsledky disperzoidní analýzy dle sedimentační metody hmotnostními ukazateli ( $d_g$ ,  $d_v$ ), které lze stanovit s relativně nejvyšší reprodukovatelností.

Je nutno podotknout, že při popsání hodnocení reprodukovatelnosti ani při

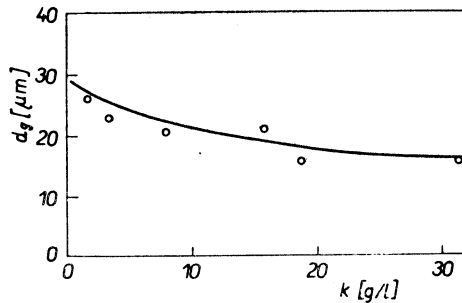
dále popisovaných pracích nebyl eliminován vliv kolísání teploty suspenze v průběhu měření vzhledem k tomu, že při průběžném sledování teplot nebyly nalezeny větší výkyvy. Teplota suspenze se pohybovala v rozmezí  $19 \pm 1$  °C. Při přesnější regulaci teploty suspenze lze pochopitelně očekávat dosažení vyšší reprodukovatelnosti.

*Vliv koncentrace aerosolových částic v sedimentační suspenzi na výsledky měření*

Za účelem prošetření vlivu koncentrace aerosolových částic v sedimentační suspenzi na výsledky měření byla provedena série měření s křemenným prachem. Byl použit týž vzorek, jako v předchozí kapitole, příprava podílů vzorku pro jednotlivá stanovení z homogenizovaného výchozího materiálu byla rovněž provedena stejným způsobem. Byly připraveny suspenze o koncentraci aerosolových částic 1,60, 3,13, 7,79, 15,67, 18,67 a 31,15 g/l v samotné destilované vodě bez přídavku elektrolytu a smáčedla,



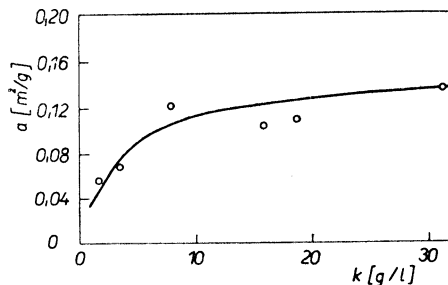
Obr. 1. Závislost geometrického průměru velikostí částic podle počtu  $d_p$  na koncentraci částic v suspenzi  $k$  pro křemenný prach



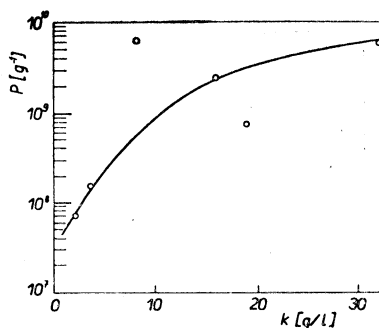
Obr. 2. Závislost geometrického průměru velikostí částic dle hmotnosti  $d_g$  na koncentraci částic v suspenzi  $k$  pro křemenný prach

aby byla vyloučena případná interakce těchto činidel s částicemi aerosolu, která by se při různých koncentracích aerosolových částic mohla projevit v různé míře.

Výsledky jsou uváděny přehledně v grafické formě na obr. 1 až obr. 4, kde lze sledovat závislost některých významnějších ukazatelů disperzity na koncentraci hodnoceného vzorku v sedimentační suspenzi. Všeobecně je možno konstatovat, že v oblasti vyšších koncentrací částic v suspenzi se se změnou koncentrace mění



Obr. 3. Závislost měrného povrchu  $a$  křemenného prachu na koncentraci částic v suspenzi  $k$



Obr. 4. Závislost počtu částic křemenného prachu  $P$ , připadajících na 1 g vzorku, na koncentraci částic v suspenzi  $k$

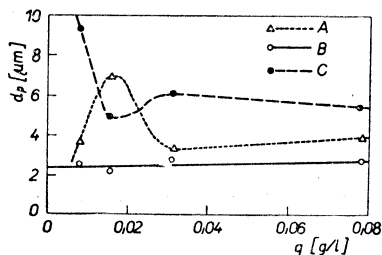
jednotlivé ukazatele disperzity poměrně málo, v oblasti nižších koncentrací částic v suspenzi jsou změny těchto ukazatelů mnohem výraznější. Projevuje se zde zejména vliv nižší reprodukovatelnosti měření v oboru nižších koncentrací částic (podle předchozí kapitoly), daný nepatrným absolutním hmotnostním zastoupením jednotlivých velikostních frakcí částic v pipetovaných podílech suspenze. Hodnoty  $d_p$ ,  $P$  a zčásti i  $a$  jsou na změny koncentrace částic v suspenzi mnohem citlivější než hodnoty  $d_g$  z důvodů, uvedených v předchozí kapitole.

Z uvedeného hlediska lze tedy doporučit, aby koncentrace aerosolových částic v sedimentační suspenzi byla volena pokud možno co nejvyšší (u hodnoceného aerosolu např. alespoň 10 g/l). Koncentraci částic nelze pochopitelně zvyšovat bez omezení, neboť hrozí nebezpečí jejich vzájemného ovlivňování při sedimentačním procesu.

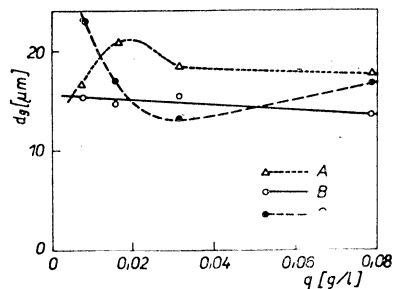
#### *Vliv koncentrace elektrolytu a povrchově aktivní látky v suspenzi na výsledky stanovení disperzity aerosolu*

Jak již bylo uvedeno, bylo k experimentům v rámci této práce použito pouze jediného elektrolytu ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) a jediné povrchově aktivní látky (Slovafol 909), jejichž kombinace se při hodnocení disperzity křemenného a uhlénohého prachu plně osvědčila. Vlastnosti suspenze jsou však pochopitelně ovlivněny nejen množstvím, nýbrž i druhem těchto činidel.

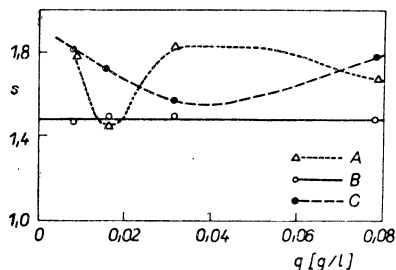
Pro zhodnocení vlivu koncentrace elektrolytu a koncentrace smáčedla v suspenzi na výsledky měření byla provedena série měření disperzity vzorků uhlénoh a křemenného prachu. Vzorek křemenného prachu byl týž, jako v předchozích kapitolách. Vzorky obou materiálů byly pečlivě zhomogenizovány a pak z nich byly odebírány podíly k přípravě jednotlivých suspenzí tak, aby byla zajištěna srovnatelnost u výsled-



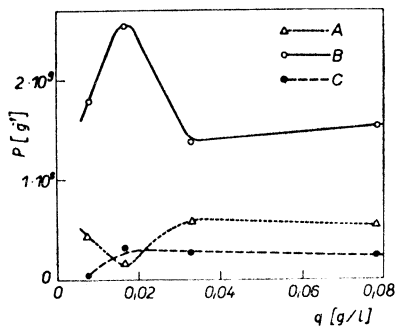
Obr. 5. Závislost geometrického průměru velikostí částic podle počtu  $d_p$  na koncentraci smáčedla Slovafol 909 v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  pro uhlénoh prach (A — suspenze bez elektrolytu, B — suspenze obsahuje 2 g/l elektrolytu, C — suspenze obsahuje 40,0 g/l elektrolytu)



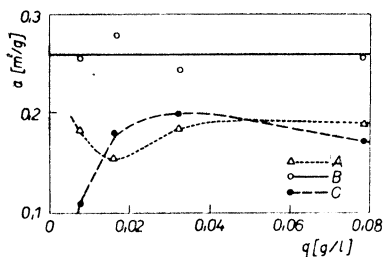
Obr. 6. Závislost geometrického průměru velikostí částic dle hmotnosti  $d_g$  na koncentraci smáčedla v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu pro uhlénoh prach. Označení křivek stejné jako u obr. 5



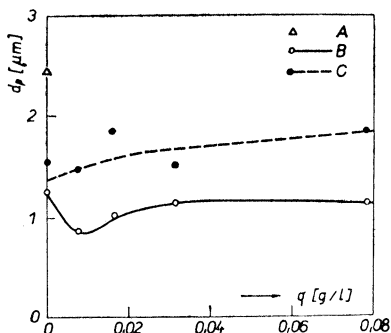
Obr. 7. Závislost standardní geometrické odchylky velikostí částic  $s$  na koncentraci smáčedla v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu pro uhlénoh prach. Označení křivek stejné jako u obr. 5



Obr. 8. Závislost počtu částic  $P$ , připadajících na 1 g vzorku, na koncentraci smáčedla v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu pro uhlerný prach. Označení křivek je stejné jako u obr. 5



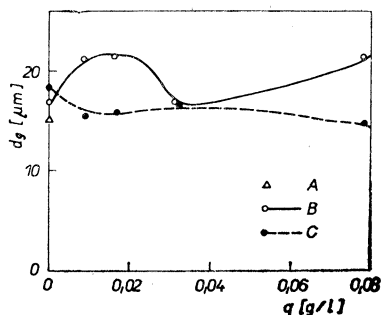
Obr. 9. Závislost měrného povrchu  $a$  uhlerného prachu na koncentraci smáčedla v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu. Označení křivek je stejné jako u obr. 5



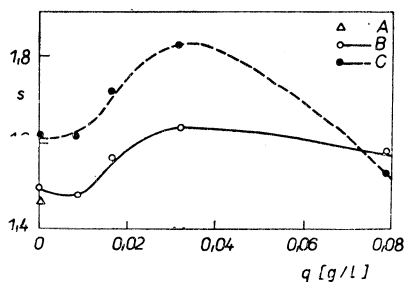
Obr. 10. Závislost geometrického průměru velikostí částic podle počtu  $d_p$  na koncentraci smáčedla v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu pro křemenný prach. Označení křivek stejné jako u obr. 5

ků jednotlivých stanovení. Postup stanovení byl stejný jako v předchozích kapitolách. Byly zpracovány suspenze bez přidavku elektrolytu a s přidavkem 2,0 a 40,0 g/l  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ . U suspenzí s různými koncentracemi elektrolytu byly aplikovány koncentrace smáčedla Slovafol 909 v rozsahu koncentrací od 0,0078 do 0,078 g/l

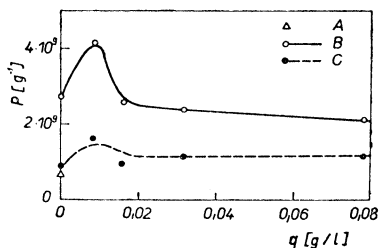
a dále byly zpracovány i suspenze bez přídavku smáčedla. Výsledky, získané při zpracování uhlénoho prachu, jsou uvedeny na *obr. 5 až obr. 9*, výsledky zpracování vzorků křemenného prachu na *obr. 10 až obr. 14*. Ve všech případech jsou uváděny závislosti vybraných parametrů disperzity na koncentraci smáčedla  $q$  [g/l] v suspenzi pro jednotlivé úrovně koncentrace elektrolytu.



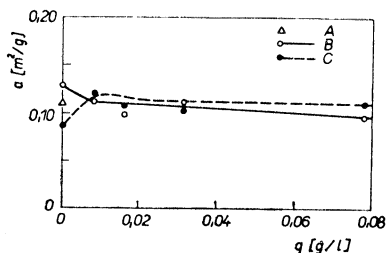
Obr. 11. Závislost geometrického průměru velikostí částic dle hmotnosti  $d_g$  na koncentraci smáčedla v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu pro křemenný prach. Označení křivek stejné jako u obr. 5



Obr. 12. Závislost standardní geometrické odchylky velikostí částic  $s$  na koncentraci smáčedla v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu pro křemenný prach. Označení křivek stejné jako u obr. 5



Obr. 13. Závislost počtu částic  $P$ , připadajících na 1 g vzorku, na koncentraci smáčedla v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu pro křemenný prach. Označení křivek stejné jako u obr. 5



Obr. 14. Závislost měrného povrchu  $a$  křemenného prachu na koncentraci smáčedla v sedimentační suspenzi  $q$  při různých koncentracích elektrolytu. Označení křivek stejné jako u obr. 5

Při vyhodnocování nalezených výsledků je nutno brát v úvahu reprodukovatelnost stanovení jednotlivých ukazatelů disperzity (tab. 1), jejíž výše v mnoha případech opravňuje připsat změny sledovaných ukazatelů disperzity na vrub chybám metody. U uhelného prachu lze konstatovat výraznou závislost hodnot  $d_p$  na koncentraci elektrolytu v suspenzi (srovnání průběhu křivek A, B, C na obr. 5). Naproti tomu vliv koncentrace smáčedla  $q$  [g/l] je vcelku malý, zejména v oblasti vyšších hodnot  $q$ . Nejdokonalejší dispergace (tj. minimálních hodnot  $d_p$ ) se dosáhne při koncentraci 2 g/l  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  (křivka B na obr. 5), při nižších i vyšších koncentracích je již stupeň dispergace nižší. Lze tedy předpokládat, že elektrolyty mají optimální koncentrace v suspenzích, při nichž lze dosáhnout maximálního dispergačního účinku. Optimální koncentraci elektrolytu je ovšem nutno pro každou kombinaci elektrolytu a druhu hodnoceného aerosolu nalézt zkusmo. Vliv koncentrace povrchově aktivní látky v suspenzi na dosažený stupeň disperzity aerosolu je mnohem méně výrazný než vliv koncentrace elektrolytu, což je v souladu s výsledky přechozích prací [16].

Na obr. 6 jsou uvedeny závislosti hodnot  $d_g$  na koncentraci elektrolytu a smáčedla obdobně jako u obr. 5. Průběh jednotlivých závislostí je zásadně obdobný, jako u hodnot  $d_p$  na obr. 5, i když nalezené rozdíly ve stupni disperzity v jednotlivých případech jsou mnohem méně výrazné.

Na dalším obr. 7 jsou uvedeny závislosti hodnot standardní geometrické odchylky  $s$ , charakterizující stupeň polydisperzity vzorku aerosolu, na skladbě sedimentační suspenze. Při koncentraci elektrolytu 2 g/l je dosaženo minimálního stupně polydisperzity, vliv koncentrace smáčedla je velmi malý. Je možno konstatovat, že stupeň polydisperzity je v daném případě pouze velmi málo ovlivněn skladbou suspenze.

Nejmarkantnější rozdíly byly nalezeny u hodnot  $P$ , tj. počtu částic, připadajících podle výsledku disperzoidní analýzy na 1 g aerosolu. Dle průběhu závislostí hodnot  $P$  na koncentraci elektrolytu a smáčedla v obr. 8 se dosáhne nejvyšších hodnot  $P$  a tedy i nejvyššího stupně dispergace při koncentraci elektrolytu 2 g/l podobně jako u ukazatelů  $d_p$  a  $d_g$ , sledovaných na obr. 5 a 6. Závěry dle obr. 5, 6 a 8 jsou plně potvrzeny i výsledky, uvedenými na obr. 9, kde jsou obdobným způsobem jako v předchozích případech sledovány závislosti hodnot měrného povrchu vzorku aerosolu  $a$  ( $\text{m}^2/\text{g}$ ) na skladbě suspenze.

Na obr. 10 až 14 jsou zpracovány vzorky křemenného prachu stejným způsobem, jako v předchozích grafech vzorky prachu uhelného. Z obr. 10 je zřejmo, že hodnoty  $d_p$  jsou prakticky nezávislé na obsahu Slovafolu 909 v suspenzi, zatímco koncentrace  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  má značný význam. Podobně jako u uhelného prachu, byl i v tomto případě nalezen maximální dispergační účinek při koncentraci elektrolytu 2 g/l. U hodnot  $d_g$  (obr. 11) je vliv složení suspenze na nalezené stupně disperzity u jednot-



livých stanovení málo výrazný. Stupeň polydisperzity, charakterizovaný hodnotami standardní geometrické odchylky  $s$ , je nejvyšší při koncentraci elektrolytu 40 g/l a v rozmezí koncentrací smáčedla cca 0,02—0,05 g/l (obr. 12). Průběh hodnot  $P$  (obr. 13) indikuje maximální dispergační účinek při koncentraci elektrolytu 2 g/l a při koncentraci smáčedla cca 0,01 g/l. Hodnoty měrného povrchu a ( $m^2/g$ ) se naproti tomu jeví v daném případě jako zcela nezávislé na skladbě suspenze.

#### 4. ZÁVĚR

Výsledky provedených měření prokazují, že ukazatele stupně disperzity aerosolů, nalezené za použití sedimentace v kapalině, jsou závislé na složení sedimentační suspenze, a to zejména na koncentraci elektrolytu a aerosolových částic v suspenzi, v menší míře pak i na koncentraci povrchově aktivních látek, jejichž přítomnost v suspenzi je při zpracování některých materiálů s nízkým stupněm smáčivosti nezbytná. Uvedené poznatky byly získány zpracováním dvou typů aerosolů, a to křemenného a uhelného prachu.

Mají-li být s použitím sedimentační metody získány shodné a navzájem srovnatelné výsledky na různých pracovištích, bylo by žádoucí ujednotit složení používané sedimentační suspenze, a to nejen kvalitativně, nýbrž i kvantitativně. Eventuální standardizace laboratorních technik v tomto směru nebude však snadnou záležitostí, neboť by pravděpodobně nebylo možné stanovit skladbu sedimentační suspenze univerzálně, nýbrž s ohledem na individuální vlastnosti jednotlivých druhů aerosolů.

*Autor děkuje Jiřině Foldynové za spolupráci při zpracování experimentální části práce.*

#### LITERATURA

- [1] *Ulrich, O. A.*: Size Analysis of Fine Particles and Results Obtained with an Electrical Sensing Zone Particle Analyser, Instrument Soc. of the Amer. Conf., New York (1960).
- [2] *Andreasen, A. H.*: Über die Bestimmung der Feinheit staubförmiger Stoffe durch die Pipettenmethode, Staub, 14, str. 35 (1954).
- [3] *Figurovskij, N. A.*: Sedimentometričeskij analiz, Izdatelstvo AN SSSR, Moskva (1948).
- [4] *Mjazdrikov, O. A.*: Diferencialnyje metody granulometrii, Naklad. Metallurgija, Moskva (1974).
- [5] ČSN 72 11 27, Stanovení zrnitosti keramických látek sedimentací.
- [6] *Müller, G.*: Sediment. Petrologie, Teil I, Methoden der Sediment — Untersuchung, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart (1964).
- [7] *Jelínek, Z. K.*: Úvod do disperzoidní analýzy, Dům techniky ČVTS Pardubice, (1970).
- [8] *Šimeček, J., Štáfa, M.*: Sedimentační metoda pro stanovení respirabilní frakce prachu, Prac. lékařství, 17, 5, str. 192—195 (1965).
- [9] *Šimeček, J.*: Vergleichende Untersuchung von Methoden zur Korngrößenbestimmung, Staub, 26, 9, str. 372—379 (1966); Staub, 27, 6, str. 282—285 (1967).
- [10] *Šimeček, J.*: Srovnání některých granulometrických metod, Zdravotní techn. a vzduchotechnika, 9, 4, str. 179—188 (1966).
- [11] *Šimeček, J.*: Kritické zhodnocení některých metod ke stanovení disperzity prachu, Zdravotní techn. a vzduchotechnika, 9, 5, str. 243—250 (1966).
- [12] *Šimeček, J.*: Sedimentační granulometrické metody, Zdravotní techn. a vzduchotechnika, 8, 5, str. 193—201 (1965); Zdravotní techn. a vzduchotechnika, 8, 6, str. 255—262 (1965).
- [13] *Batch, B. A.*: The Application of an Electronic Particle Counter to Size Analysis of Pulverized Coal and Fly-Ash, Journal of the Inst. of Fuel, Oct., str. 455—461 (1964).

- [14] *Herdan, G.*: Small Particle Statistics, Elsevier Publish. Comp., Amsterdam, Houston, New York, Paris (1953).
- [15] Návrh novely Jednotné metodiky pro stanovení prašnosti v pracovním ovzduší, Příloha č. 18 k Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica, IHE Praha (1974).
- [16] *Vítek, J.*: Stabilizace stupně disperzity u vzorků suspendovaných aerosolů ve vodných roztocích elektrolýtů smáčedlem Slovafol 909, Zdravotní techn. a vzduchotechnika, 19, 1, str. 17—27 (1976).

### **ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СУСПЕНЗИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕДИМЕНТАЦИОННОГО МЕТОДА**

*Инж. Ян Витек, к. т. н.*

Исследуется влияние состава суспензии при дисперсионном анализе аэрозолей (кварцевой и угольной пыли) с помощью модификации пипеточного метода Андреасена. Исследуются некоторые основные показатели дисперсии аэрозолей в зависимости от концентрации аэрозольных частиц в седиментационной суспензии, от концентрации электролита ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) и от концентрации поверхностно-активного вещества (Slovafol 909). Результаты работы доказывают, что состав суспензии имеет в значительной мере влияние на результаты определения дисперсии аэрозолей.

### **HOW THE COMPOSITION OF A SUSPENSION INFLUENCES THE RESULTS OF DISPERSOIDAL SEDIMENTATION ANALYSIS**

*Ing. Jan Vitek, CSc.*

The author examines the influence of composition of suspension (quartz and coal dust) on results of its dispersion analysis by a modified Andreasen's pipetting method. Some main characteristics of aerosol dispersity depending on particles concentration in sedimenting suspension, on electrolyte concentration ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) and on wetting agent Slovafol 909 concentration have been discussed. The results of the examination show that the suspension composition considerably influences the results of aerosol dispersity measurements.

### **WIE DIE ZUSAMMENSETZUNG EINER SUSPENSION DIE RESULTATE DER DISPERSOIDANALYSE MITTELS EINER SEDIMENTATIONSMETHODE BEEINFLUSST**

*Ing. Jan Vitek, CSc.*

Der Verfasser studiert Einflüsse der Zusammensetzung der Suspension bei Dispersoidanalysen von Aerosolen (Quarz- und Kohlestaub) mittels einer modifizierten Pipettenmethode nach Andreasen. Es werden einige Grundparameter der Dispersität der Aerosole im Zusammenhang mit Partikelkonzentration in der sedimentierenden Suspension, mit Konzentration des Elektrolyts ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) und mit Konzentration des Benetzungsmittels Slovafol 909 verfolgt. Die Resultate der Arbeit zeigen, dass die Zusammensetzung der Suspension beträchtlich die Resultate der Aerosoldispersitätsmessungen beeinflusst.

### **INFLUENCE DE LA COMPOSITION D'UNE SUSPENSION SUR LES RÉSULTATS D'UNE ANALYSE DISPERSIVE À L'AIDE DE LA MÉTHODE DE SÉDIMENTATION**

*Ing. Jan Vitek, CSc.*

Dans l'article présenté, on étudie l'influence de la composition d'une suspension au cours d'une analyse dispersive des aérosols (de la poussière de silice et de charbon) à l'aide d'une modification de la méthode de la pipette de Andreasen. On étudie quelques-uns des indices essentiels de la dispersion des aérosols dans la dépendance d'une concentration des particules de aérosol en suspension de sédimentation, d'une concentration de l'électrolyte ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) et d'une concentration de la substance active (Slovafol 909). Les résultats de cette étude montrent que la composition d'une suspension influence les résultats de la détermination de la dispersion des aérosols considérablement.

# NOVÉ FILTRAČNÍ TEXTILIE FINET A JEJICH VLIV NA ÚČINNOST REGENERAČNÍCH SYSTÉMŮ PRŮMYSLOVÝCH FILTRŮ

ING. JIŘÍ ALBRECHT, CSc.

*Výzkumný ústav vzduchotechniky, Praha*

Filtrační textilie FINET, vyráběné tzv. vpichováním, s povrchovou úpravou vstupní strany, vykazují podstatné zlepšení regeneračních vlastností. V článku jsou uvedeny výsledky sledování vlivu hlavních parametrů, tj. délky hadice, zpětného proplachu, mechanického oklepu, vibrací, zanášecí rychlosti, vstupní koncentrace a průměru hadice na účinnost regenerace. Měřítkem pro srovnání různých regeneračních systémů byla tlaková ztráta korigovaná na základě průměrných hodnot maximální a minimální tlakové ztráty. Z měření vyplynulo, že neúčinnějším systémem regenerace je zpětný proplach s mechanickým oklepem, přičemž zpětný proplach je nejdůležitějším činitelem pro regeneraci filtračních textilií FINET.

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

## 1. ÚVOD

V oblasti čištění vzdušnin pomocí filtrů došlo v posledních letech v ČSSR k podstatným změnám. Na trh byly uvedeny nové filtrační materiály (textilie) pod názvem FINET. Nasazení těchto nových filtračních textilií řady FINET v průmyslových filtrech přineslo značné ekonomické výhody (menší tlaková ztráta, delší životnost aj.) a způsobilo podstatné zlepšení účinnosti odlučování.

V současné době se vyrábějí tři základní druhy filtračních textilií řady FINET, a to PES 1 (PES 2), POP 1 (POP 2) a PAN 1. Využití nové výrobní textilní technologie (tzv. vpichování) spolu s povrchovou úpravou vstupní strany filtrační textilie umožnilo získat materiály s podstatně lepšími filtračními vlastnostmi ve srovnání s dříve používanými filtračními tkaninami. Nejde zde jen o zvýšení odlučivosti, ale především o výrazné zlepšení regeneračních schopností.

Je známo, že průmyslový filtr pracuje tak, že se střídají intervaly filtrace (prach z čištěné vzdušiny se zachycuje na povrchu filtračního materiálu) s intervaly regenerace (odstraňování odloučené vrstvy prachu). Dříve užívané filtrační tkaniny se obtížně regenerovaly, což vedlo k používání intenzivních způsobů regenerace (mechanický oklep, vibrace, tlakovzdušný proplach aj.). Filtrační textilie řady FINET vyráběné vpichováním jsou na straně, kde vstupuje zaprášená vzdušina, povrchově tepelně hlazeny. Upravený povrch je maximálně hladký, bez vyčnívajících vláken. Tím se dosáhlo podstatné snížení adhezních sil přidržujících odloučenou vrstvu prachu na povrchu textilie. Zavedení těchto filtračních materiálů v průmyslových filtrech zásadním způsobem změnilo názory na účinnost různých regeneračních systémů. Z těchto důvodů byly provedeny výzkumné práce sledující ověření vlivu nových filtračních textilií FINET u hadicových filtrů na účinnost základních systémů regenerace (zpětný proplach, mechanický oklep, vibrace a jejich kombinace.)

## 2. SLEDOVÁNÍ HLAVNÍCH PARAMETRŮ HADICOVÝCH FILTRŮ

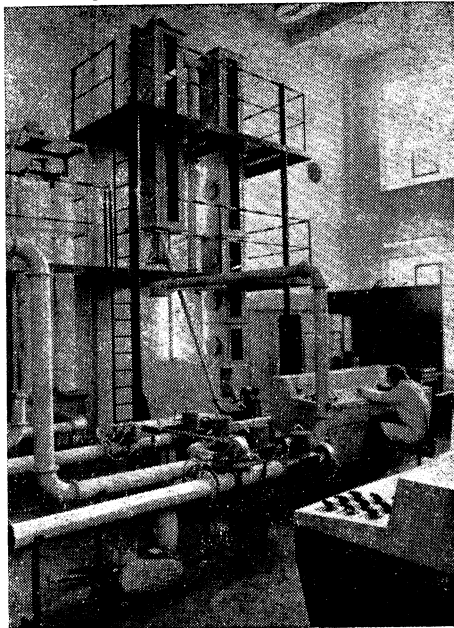
Nejprve je potřeba blíže specifikovat, co lze v našem případě označovat za hlavní parametry hadicových filtrů. Jsou to proměnné parametry konstrukčního nebo provozního charakteru, které mohou ovlivňovat jímavost filtru, nebo jinak řečeno regenerační schopnosti daného systému filtru. Za takové lze pokládat: filtrační rychlost ( $w_f$ ), vstupní koncentraci ( $K_v$ ), rychlost zpětného proplachu ( $w_p$ ), dobu trvání zpětného proplachu, dobu klidu po regeneraci, druh mechanického oklepu nebo vibrace, průměr hadice, délku hadice, napnutí hadice a formy vyztužení hadice (kroužky).

Protože sledování všech parametrů v plné šíři by bylo z časových důvodů neproveditelné, bylo rozhodnuto omezit se na zjištění vlivů těchto vybraných parametrů:

- délky hadice (2,7 a 4,9 m),
- zpětného proplachu,
- mechanického oklepu,
- vibrací,
- zanášecí rychlosti,
- vstupní koncentrace (10 a 50 g/m<sup>3</sup>),
- průměru hadice ( $\varnothing$  140  $\varnothing$  200 mm).

Již při zadání úkolu bylo zřejmé, že daný program nelze splnit obvyklou formou řešení. Bylo třeba se zaměřit na maximální automatizaci celého procesu měření.

Z těchto důvodů byla postavena automatizovaná měřicí trať (obr. 1). Všechny



Obr. 1. Automatizovaná měřicí trať pro sledování základních parametrů hadicových prvků.

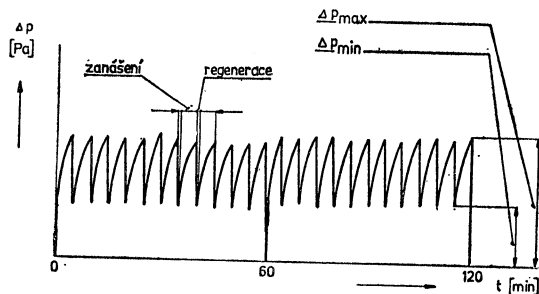
stávající regenerační systémy se podařilo zařadit do 9 nastavitelných základních programů. Automatické ovládání je uloženo v řídicím panelu, který umožňuje jak nastavení určitého programu spojeného s automatickým provozem, tak i ruční ovládání všech prvků.

Na základě dosavadních dobrých zkušeností byl pro měření vybrán normalizovaný zkušební prach „sklářský tripol D“ běžně označovaný jako „Spongelit.“ Pro potřeby průmyslové filtrace pro zkoušky filtračních látek byl vybrán zejména pro své „nepříznivé vlastnosti“, tj. velkou jemnost a sklony k lepivosti. Pro informaci je uvedeno disperzní a chemické složení zkušebního prachu „Spongelit“.

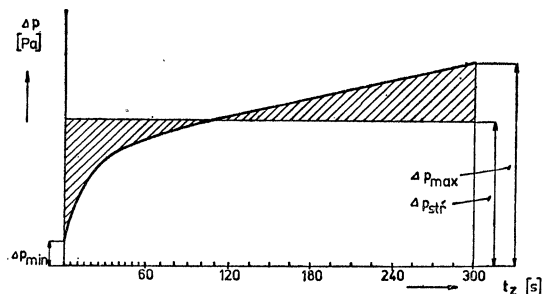
Chemické složení: $\text{SiO}_2$	. . . . .	77—88 %	Disper. slož.	30 $\mu\text{m}$	5 %
$\text{Al}_2\text{O}_3$	. . . . .	4—7,5 %		20 $\mu\text{m}$	8 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	. . . . .	1—3 %		10 $\mu\text{m}$	18 %
$\text{CaO}$	. . . . .	2—8 %		5 $\mu\text{m}$	31 %
$\text{MgO}$	. . . . .	1—1,5 %		2 $\mu\text{m}$	56 %
				1 $\mu\text{m}$	75 %

### 3. ZPŮSOB VYHODNOCOVÁNÍ

Pro sledování jednotlivých hlavních parametrů hadicových průmyslových filtrů bylo třeba zvolit vhodný způsob vyhodnocování, umožňující vzájemné srovnání kvality jednotlivých systémů. Základní srovnávací hodnotou byl průběh tlakové



Obr. 2. Průběh záznamu tlakové ztráty filtrační hadice při střídání etap zanášení a regenerace.



Obr. 3. Průběh tlakové ztráty filtrační hadice v jedné 5minutové etapě zanášení.

ztráty po dobu zanášení a její pokles následkem regeneračního cyklu (obr. 2 a 3). Tento její průběh je charakterizován těmito základními hodnotami:

- a) Tlaková ztráta filtrační hadice v době, kdy skončila etapa zanášení a nastává etapa regenerace. Je to maximální hodnota tlakové ztráty . . . . .  $\Delta p_{\max}$ .
- b) Tlaková ztráta filtrační hadice v době, kdy skončila regenerace a začíná etapa zanášení. Je to minimální hodnota tlakové ztráty . . . . .  $\Delta p_{\min}$ .
- c) Průběh narůstání tlakové ztráty v závislosti na čase po dobu jedné etapy zanášení. Tento průběh lze vyjádřit charakteristickou střední hodnotou tlakové ztráty . . . . .  $\Delta p_{\text{stř.}}$ .

Hodnoty  $\Delta p_{\max}$  a  $\Delta p_{\min}$  lze snadno získat odečtením krajních hodnot na mikro-manometru. Jde však o to, aby byly získány hodnoty již ustálených průběhů. Z tohoto důvodu bylo nutné u většiny zkoušek provádět měření po několik hodin, než došlo k ustálení průběhu tlakových ztrát. Teprve poté probíhalo vlastní měření určené ke konečnému vyhodnocování sledovaného programu. Toto měření probíhalo po dobu 2 hodin. Odečítání tlakové ztráty pro výpočet  $\Delta p_{\text{stř.}}$  bylo prováděno ze začátku po 5 sekundách, dále po 10 sekundách a konec etapy zanášení po 15 sekundách.

$$\Delta p_{\text{stř.}} = \left[ \frac{\Delta p_0 + \Delta p_5}{2} \Delta t_5 + \frac{\Delta p_5 + \Delta p_{10}}{2} \Delta t_5 + \dots \right. \\ + \frac{\Delta p_{55} + \Delta p_{60}}{2} \Delta t_5 + \frac{\Delta p_{60} + \Delta p_{70}}{2} \Delta t_{10} + \dots \\ + \frac{\Delta p_{110} + \Delta p_{120}}{2} \Delta t_{10} + \frac{\Delta p_{120} + \Delta p_{135}}{2} \Delta t_{15} + \dots \\ \left. + \frac{\Delta p_{285} + \Delta p_{300}}{2} \Delta t_{15} \right] \frac{1}{t_z}$$

$\Delta p_0$  až  $\Delta p_{300}$  . . . . . tlaková ztráta v okamžiku  $t = 0$  až 300 s.

Při sledování více těchto průběhů u stejných regeneračních systémů se ukázalo, že tvar průběhu a stoupání jsou prakticky shodné, záleží pouze na hodnotách  $\Delta p_{\max}$ , a  $\Delta p_{\min}$ , které jej vymezují. Proto bylo ustanoveno, že pro výpočet  $\Delta p_{\text{stř.}}$  bude použit jeden změřený průběh platící pro určité hodnoty  $\Delta p_{\max}$ , a  $\Delta p_{\min}$ . Pro tyto  $\Delta p$  byla vypočtena hodnota  $\Delta p_{\text{stř.}}$ , která byla korigována na základě vypočtených průměrných hodnot  $\bar{\Delta p}_{\min}$ . Korigovaná hodnota tlakové ztráty  $\Delta p_{\text{stř.}}$ , označena  $\bar{\Delta p}_{\text{stř.}}$ , stala se základní charakteristickou hodnotou používanou pro porovnávání kvality různých regeneračních systémů.

Pro vzájemné porovnávání byl pro jednotlivá měření zvolen zanášecí interval 5 minut při vstupní koncentraci 10 g/m<sup>3</sup>.

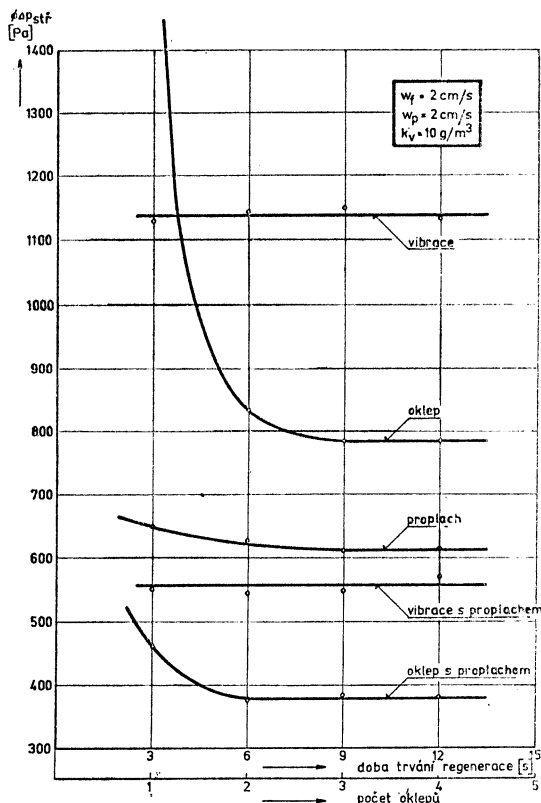
#### 4. VÝSLEDKY VYHODNOCENÍ

**Filtrační hadice  $\varnothing$  200 mm, délka 4,9 m**

Postavené měřicí zařízení umožňovalo uchytit hadici o maximální délce 4,9 m. Pro měření byla jako první vybrána filtrační hadice  $\varnothing$  200 mm z textile FINET — PES—1 vyrobené v n. p. Mitop, Mimoň. Na této hadici proběhlo ověřování vlivu

doby trvání zpětného proplachu, vibrace a mechanického oklepu. Výsledky měření jsou zachyceny na obr. 4.

Pro sledování vlivu doby zpětného proplachu byly zvoleny tyto doby proplachu: 3, 6, 9 a 12 sekund. Měření proběhla při filtrační rychlosti  $w_f = 2 \text{ cm/s}$  a při proplachovací rychlosti  $w_p = 2 \text{ cm/s}$ . Z výsledného průběhu (obr. 4 — proplach) vyplývá, že



Obr. 4. Průběh střední tlakové ztráty filtrační hadice  $\varnothing 200 \text{ mm}$ , délky  $L = 4,9 \text{ m}$ , při různých regeneracích.

vliv doby trvání zpětného proplachu na  $\varnothing \Delta p_{stř}$ , je od 3 sekund do 6 sekund celkem nepatrný a od 6 sekund výše je průběh tlakové ztráty již konstantní. Je to celkem překvapivé zjištění, neboť vzhledem k značné délce hadice se předpokládalo, že vliv doby trvání proplachu bude znatelnější a že konstantní  $\varnothing \Delta p_{stř}$  bude dosažena až po delších časech. Provedení výsypky se skleněnými stěnami umožnilo dobré vizuální sledování průběhu vypadávání prachu z hadice při regeneraci. Bylo konstatováno, že po cca 5 až 6 sekundách přestává z hadice vypadávat odloučený prach, což plně odpovídá naměřeným hodnotám průběhu  $\varnothing \Delta p_{stř}$ .

Pro sledování vlivu mechanického oklepu bylo pro zkoušky použito obdobného uspořádání jako mají stávající filtry FTB a FTG, tj. zdvižení závěsu s hadicí pomocí vačky a spuštění závěsu na pevnou zarážku. Sledován byl vliv počtu oklepů, a to

1, 2, 3 a 4 oklepy. Za účelem zjištění skutečného vlivu počtu oklepů byla po každém měření přidána doba klidu 8 sekund, aby prach uvolněný oklepy měl čas spadnout do výsypky. Dobou klidu se rozumí odstavení filtru, tj. uzavření sání. Z výsledků měření (*obr. 4*) je patrné, že jeden oklep je téměř neúčinný, po dvou oklepech dochází k prudkému poklesu  $\Delta p_{\text{stř.}}$ , a od třech oklepů výše je průběh  $\Delta p_{\text{stř.}}$  konstantní, což znamená, že další oklepy jsou již neúčinné a zbytečně namáhají filtrační textílii.

Dále je na *obr. 4* zachycen průběh vlivu počtu oklepů provázených zpětným proplachem o rychlosti  $w_p = 2$  cm/s. Opět byly sledovány 1, 2, 3 a 4 oklepy. Vzhledem k zpětnému proplachu byla vypuštěna doba klidu 8 sekund používaná při samostatných oklepech. Z průběhu je patrné, že díky zpětnému proplachu dochází již po jednom oklepu k značnému snížení  $\Delta p_{\text{stř.}}$ , a prakticky od dvou oklepů výše (tj. po 6 sek un dách) jsou hodnoty  $\Delta p_{\text{stř.}}$  konstantní a další oklepy s proplachem jsou již neúčinné.

Pro sledování vlivu vibrace byl použit vibrátor typu EVK 150 vyrobený v n. p. Stavostroj v Novém Městě n. Metují, Jeho hodnoty jsou: počet vibrací 3 000, odstředivá síla 1500 kN, výkon 0,37 kW a hmotnost 17 kg.

Zkoušky probíhaly po dobu trvání vibrace 3, 6, 9 a 12 sekund při filtrační rychlosti  $w_f = 2$  cm/s, obdobně jako u samostatného oklepu je zde ke každé sledované době vibrace přidáno 8 sekund doby klidu, aby prach měl čas spadnout do výsypky. Ze získaného průběhu (*obr. 4*) vyplývá, že doba vibrace delší než 3 sekundy je zbytečná, neboť hodnoty  $\Delta p_{\text{stř.}}$  jsou zde již konstantní a delší vibrace nepřináší žádné snížení tlakové ztráty, ale jenom zvýšené namáhání hadice i celého zařízení. Je zřejmé, že k odtržení odloučené vrstvy prachu na vnitřním povrchu hadice dojde v prvních třech sekundách vibrace. Tato krátká doba je zřejmě ovlivněna povrchovými vlastnostmi vpichované filtrační látky, tj. tepelným zhlazením vstupního povrchu.

Na *obr. 4* je vyneseno též průběh tlakové ztráty filtrační hadice v závislosti na době vibrace spojené se zpětným proplachem při rychlosti  $w_p = 2$  cm/s. Konstantní hodnoty  $\Delta p_{\text{stř.}}$ , od první sledované doby vibrace třech sekund výše, ukazují na obdobný charakter průběhu jaký byl zjištěn ze samostatné vibrace. Trvání vibrace s proplachem delší než 3 sekundy se jeví jako zbytečné. Zařazením zpětného proplachu se však dosáhlo podstatného poklesu hodnot  $\Delta p_{\text{stř.}}$ .

Porovnáme-li výsledky naměřené u hadice  $\varnothing 200$  mm,  $L = 4,9$  m, obdržíme následující pořadí podle účinnosti regenerace:

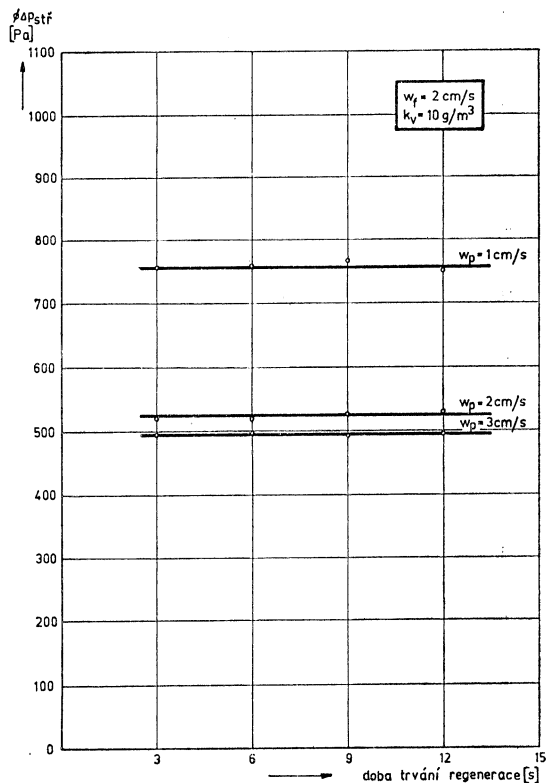
1. Mechanický oklep se zpětným proplachem.
2. Vibrace se zpětným proplachem.
3. Samostatný zpětný proplach.
4. Samostatný mechanický oklep.
5. Samostatná vibrace.

Lze konstatovat, že přidáním zpětného proplachu k samostatné vibraci se docílí snížení tlakové ztráty  $\Delta p_{\text{stř.}}$  o cca 50 %. Také u mechanického oklepu přináší zapojení zpětného proplachu snížení  $\Delta p_{\text{stř.}}$  o 50 %. Z toho vyplývá, že u hadice  $\varnothing 200$  mm, délky 4,9 m patří zpětný proplach k nejúčinnějším regeneračním systémům.

#### Filtrační hadice $\varnothing 200$ mm, délka 2,7 m

Vliv doby trvání zpětného proplachu byl sledován po 3, 6, 9 a 12 sekund. Hodnoty průběhů  $\Delta p_{\text{stř.}}$  pro proplachovací rychlosti 1, 2 a 3 cm/s jsou vyneseny v *obr. 5*.



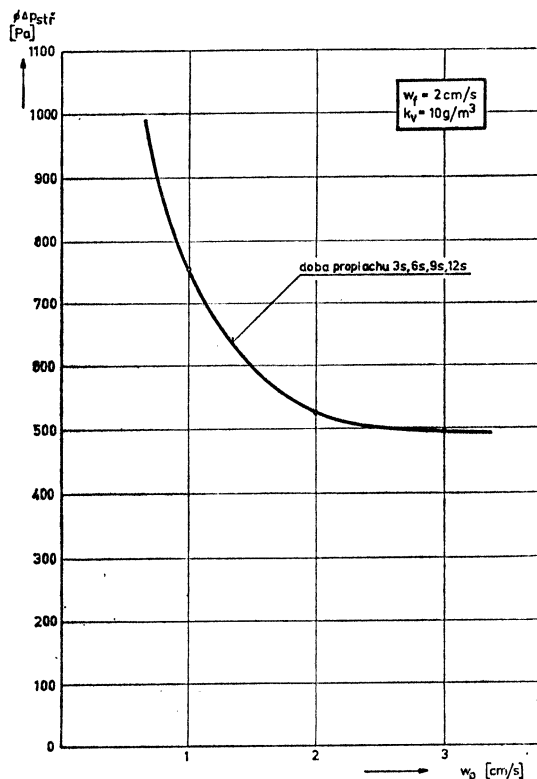


Obr. 5. Vliv doby trvání zpětného proplachu u filtrační hadice  $\varnothing$  200 mm, délky  $L = 2,7$  m.

Z výsledných průběhů vyplývá, že pro všechny sledované proplachovací rychlosti je, od hodnoty doby trvání zpětného proplachu 3 sekundy, delší proplachování bez účinku, neboť nepřináší již žádné snížení tlakové ztráty. V obr. 6 je vyneseno vliv proplachovací rychlosti. Je zřejmé, že s rostoucí rychlostí zpětného proplachu se dosahuje menší tlakové ztráty  $\Delta p_{stř}$ . Od hodnoty  $w_p = 2$  cm/s vliv proplachovací rychlosti prudce klesá a u hodnot nad 3 cm/s jsou hodnoty tlakových ztrát prakticky konstantní. Další zvyšování proplachovací rychlosti je tedy bezúčelné.

Průběh  $\Delta p_{stř}$  při sledování vlivu počtu mechanických oklepů (1, 2, 3 a 4) je vyneseno v obr. 7. Ke každému sledovanému počtu oklepů je připojena doba klidu 8 s. Až do čtyř oklepů probíhá pokles tlakové ztráty. Teprve při vyšším počtu oklepů lze očekávat konstantní hodnotu tlakové ztráty. Lze tedy u této hadice při mechanickém oklepu bez zpětného proplachu stanovit počet čtyř oklepů jako optimální hodnotu.

Na obr. 7 je zachycen také průběh  $\Delta p_{stř}$  při kombinaci mechanických oklepů se zpětným proplachem  $w_p = 2$  cm/s. Z průběhů  $\Delta p_{stř}$  vyplývá optimální hodnota počtu oklepů — 2, s odpovídající dobou trvání regenerace — 6 sekund. Při dalším zvyšování počtu oklepů se hodnoty  $\Delta p_{stř}$  již nemění a další oklepávání pouze zbytečně namáhá filtrační textilii. Při vizuálním sledování vypadávání prachu



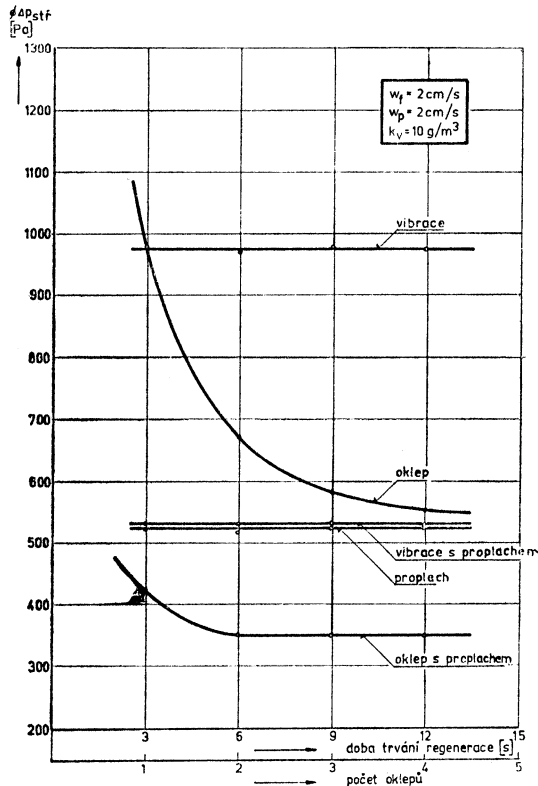
Obr. 6. Vliv rychlosti zpětného proplachu u filtrační hadice  $\varnothing$  200 mm, délky  $L = 2,7$  m.

z hadice při regeneraci bylo konstatováno, že vypadávání prachu skončilo zhruba po 5 až 6 sekundách, což odpovídá změřeným průběhům.

Měření účinku vibrací (obr. 7) ukazuje, že příznivý vliv vibrace se projevuje až do doby jejího trvání 6 sekund. Při delším působení vibrace se již tlaková ztráta nemění, zůstává konstantní. Podíváme-li se na průběh  $\varnothing \Delta p_{stř}$ , při kombinaci vibrace a zpětného proplachu, vidíme, že prakticky od doby trvání vibrace s proplachem 3 s, je již dosaženo maximálního účinku a že další trvání vibrace je zbytečné. Seřadíme-li jednotlivé systémy podle účinnosti regenerace, dostaneme následující pořadí:

1. Mechanický oklep se zpětným proplachem.
2. Samostatný zpětný proplach.
3. Vibrace se zpětným proplachem.
4. Samostatný mechanický oklep.
5. Samostatná vibrace.

Průběhy samostatného zpětného proplachu a vibrace s proplachem jsou téměř shodné. Je to celkem překvapující, neboť by bylo možno předpokládat, že společný účinek vibrace s proplachem přinese vyšší regenerační účinek oproti samostatnému

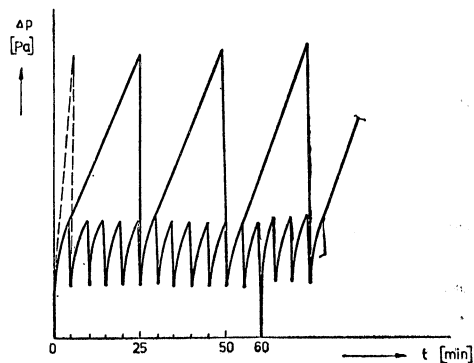


Obr. 7. Průběh střední tlakové ztráty filtrační hadice  $\varnothing$  200 mm, délky  $L = 2,7$  m, při různých druzích regenerace.

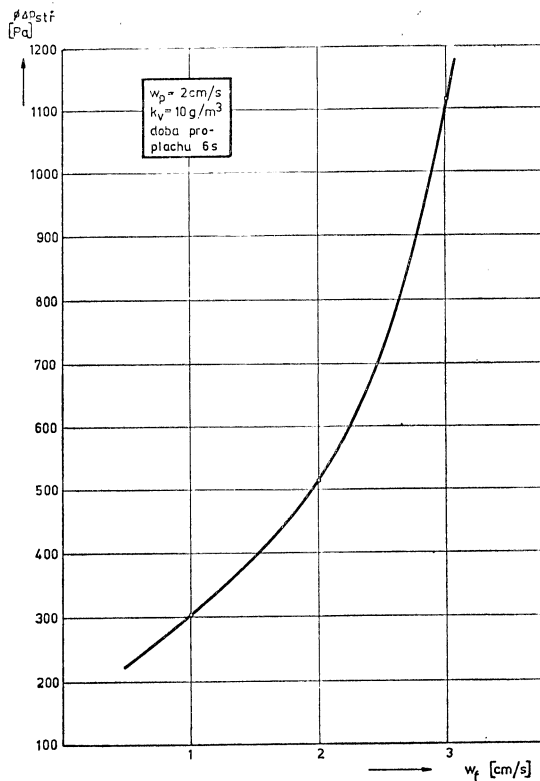
proplachu. Pravděpodobné vysvětlení lze hledat v tom, že při samostatném proplachu dochází k působení tlaku proplachovaného vzduchu na celistvou vrstvu prachu (odpadávají větší kusy), kdežto při vibraci se rozruší celistvost prachové vrstvy a tlak proplachovaného vzduchu nepůsobí na souvislou vrstvu prachu a odpadávající vrstva prachu je tvořena menšími shluky.

Při běžných měřeních byla doba zanášení 5 minut při vstupní koncentraci  $10 \text{ g/m}^3$ . Při sledování vlivu doby zanášení se doba trvání zanášecí etapy nastavila na ovládacím panelu na 25 minut. Sledován byl samostatný zpětný proplach ( $w_p = 2 \text{ cm/s}$ ) a tři oklepy se zpětným proplachem ( $w_p = 2 \text{ cm/s}$ ), při filtrační rychlosti  $w_t = 2 \text{ cm/s}$ . Na obr. 8 jsou zachyceny průběhy  $\Delta p$  v pětiminutových a dvacetipětiminutových zanášecích etapách. Z obrázku je zřejmé, že po ustálení průběhu  $\Delta p$  v začátku zanášení, je směrnice přímkového průběhu  $\Delta p$  stejná jak pro 5, tak i pro 25 minutovou zanášecí dobu.

Pro sledování vlivu filtrační rychlosti byly vybrány hodnoty  $w_t = 1, 2$  a  $3 \text{ cm/s}$  při samostatném zpětném proplachu  $w_p = 2 \text{ cm/s}$ . Výsledný průběh  $\varnothing \Delta p_{stř}$  je vyneseno v obr. 9. Podíváme-li se na průběh  $\varnothing \Delta p_{stř}$ , je zřejmé, jaký zásadní vliv na hodnotu  $\varnothing \Delta p_{stř}$  má rychlost zanášení. Tak např. při změně filtrační rychlosti  $w_t$  z 1 na  $2 \text{ cm/s}$



Obr. 8. Průběh tlakové ztráty filtrační hadice ( $\varnothing$  200 mm, délky 2,7 m) při pětiminutové a dvacetipětiminutové době trvání zanášení.



Obr. 9. Vliv filtrační rychlosti u hadice  $\varnothing$  200 mm, délky  $L = 2,7$  m.

vzroste hodnota  $\varnothing \Delta p_{\text{stř.}}$  z 300 Pa na 510 Pa (rozdíl 210 Pa). Při změně filtrační rychlosti ze 2 na 3 cm/s vzroste  $\varnothing \Delta p_{\text{stř.}}$  z 510 Pa na 1110 Pa (rozdíl 600 Pa). Jinak řečeno, přivedeme-li nejprve na filtrační textilii (v etapě zanášení) rychlostí 2 cm/s množství prachu 60 g/m<sup>2</sup> a poté rychlostí 3 cm/s, — 90 g/m<sup>2</sup>, zvýší se plošné zatížení prachem o 50 %, kdežto hodnota  $\varnothing \Delta p_{\text{stř.}}$  vzroste o více než 100 % (510—1110 Pa). Lze si to vysvětlit tím, že vyšší rychlostí dochází k vytvoření vrstvy prachu s podstatně nižší propustností, než lze pozorovat u stejné vrstvy prachu (g/m<sup>2</sup>) vytvořené nižší rychlostí. Vrstva prachu vytvořená vyšší filtrační rychlostí bude pravděpodobně slabší, tj. stlačenější při stejném zatížení látky prachem (g/m<sup>2</sup>), než vrstva prachu u nižší filtrační rychlosti.

Toto zjištění má značný praktický význam při posuzování volby filtrační rychlosti. Mějme např. filtr pracující s filtrační rychlostí  $w_f = 1,5$  cm/s. Podle měření bude mít tlakovou ztrátu 400 Pa. Omezíme-li filtrační plochu filtru o 50 %, vzroste ve zbylé části filtru filtrační rychlost a tím přiváděné množství prachu (g/m<sup>2</sup>) v časové jednotce na dvojnásobek (o 100 %). Tlaková ztráta však nevzroste pouze o 100 %, ale o 277 % (400—1110 Pa) a toto je z energetického hlediska podstatné zvýšení potřebné energie. K vyčištění daného množství plynu bude potřeba zhruba o 1/3 více energie než u rychlosti  $w_f = 1,5$  cm/s. Toto zjištění podporuje tendenci volby nižších filtračních rychlostí i za cenu větších počátečních nákladů na stavbu rozměrnějšího filtru. Je věcí ekonomického zhodnocení, na jaké hodnoty by bylo vhodné jít se snižováním filtračních rychlostí.

#### Filtrační hadice $\varnothing 140$ mm, délka 4.9 m

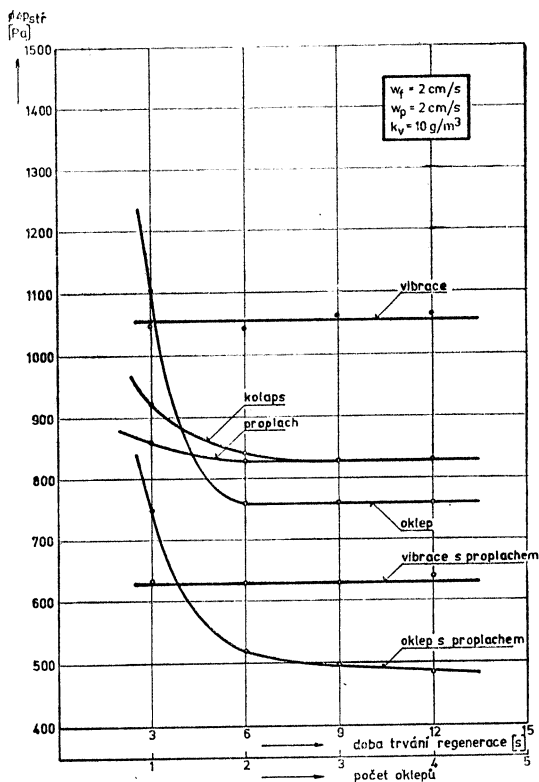
Výsledky měření na filtrační hadici o průměru 140 mm a délce 4,9 m ( $w_f = 2$  cm/s,  $w_p = 2$  cm/s,  $k_v = 10$  g/m<sup>3</sup>) jsou vyneseny v obr. 10.

Podíváme-li se na průběh vlivu doby trvání samostatného zpětného proplachu (obr. 10) vidíme, že s narůstající dobou trvání proplachu se  $\varnothing \Delta p_{\text{stř.}}$  postupně snižuje až do doby 6 sekund, od níž jsou hodnoty  $\varnothing \Delta p_{\text{stř.}}$  konstantní a delší proplach již nemá vliv na změnu tlakové ztráty. Hodnota dosažené tlakové ztráty ve srovnání s hadicí  $\varnothing 200$  mm (obr. 4) je zhruba o třetinu vyšší. Při sledování tvaru hadice při filtraci a při proplachu se ukázal důvod malého regeneračního účinku zpětného proplachu. Při zpětném proplachu dochází u hadice  $\varnothing 140$  mm k nedostatečnému promáčknutí stěny hadice dovnitř, zatím co u hadice  $\varnothing 200$  mm je toto promáčknutí daleko větší (obr. 11). Malé vydutí hadice  $\varnothing 140$  mm směrem dovnitř, při proplachu, nedostatečně narušuje zachycenou vrstvu a tím dochází k nižšímu účinku regenerace.

Dalším faktorem, způsobujícím horší regeneraci hadic s menším průměrem, je zakřivení klenby vrstvy zachyceného prachu. Čím menší průměr hadice, tím větší je zakřivení odloučené vrstvy prachu, která je uvolňována směrem dovnitř hadice a tím je větší odpor této vrstvy proti rozrušení. Tento efekt se bude projevovat především v blízkosti rozpěrných kroužků, kde při proplachu nedochází téměř k žádnému promáčknutí hadice dovnitř.

Sledován byl vliv 1, 2 a 3 kolapsů při zanášecí rychlosti  $w_f = 2$  cm/s a proplachovací rychlosti  $w_p = 2$  cm/s (obr. 10). Pod pojmem „kolaps“ se rozumí v krátkém intervalu za sebou jdoucí zpětný proplach a následné krátkodobé zanášení. Pro sledování vlivu počtu kolapsů byla doba trvání proplachu 1 kolapsu zvolena 3 sekundy. Účelem kolapsu je provést několikrát po sobě stažení filtrační hadice do hvězdice s následujícím nafouknutím. Tímto se sleduje maximální rozrušení odloučené vrstvy

prachu na vnitřním povrchu hadice, které má zvýšit regenerační účinek. Za jednotlivými kolapsy následovala doba klidu 8 sekund. Při porovnání výsledků (obr. 10) se samostatným zpětným proplachem vidíme, že se dosahuje přibližně stejného účinku

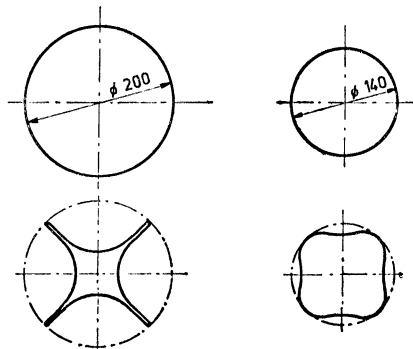


Obr. 10. Průběh střední tlakové ztráty filtrační hadice  $\varnothing 140 \text{ mm}$ ,  $L = 4,9 \text{ m}$ , při různých druzích regenerace.

regenerace. Malý vliv kolapsu lze vysvětlovat nedostatečným prohýbáním filtrační textilie při proplachu.

Vliv samostatného mechanického oklepu pro 1, 2, 3 a 4 oklepy ( $w_f = 2 \text{ cm/s}$ ) s následnou dobou klidu 8 sekund ukazuje (obr. 10), že od dvou oklepů výše se již působení dalších oklepů na změnu tlakové ztráty hadice neprojevuje. Podíváme-li se na výsledky měření kombinace oklepu se zpětným proplachem ( $w'_p = 2 \text{ cm/s}$ ) vidíme, že největší vliv na tlakovou ztrátu mají první dva oklepy. Po dalších oklepech byl sice naměřen určitý pokles  $\Delta p_{stř}$ , ale hodnota poklesu tlakové ztráty je již minimální.

Podíváme-li se na vliv vibrace (obr. 10), vidíme, že po počátečním regeneračním účinku, který proběhne v prvních třech sekundách, se další vibrace již nijak nepodílí na regeneraci zaneseného filtračního materiálu.



Obr. 11. Tvar filtrační hadice  $\varnothing 200$  mm a  $\varnothing 140$  mm při filtraci a zpětném proplachu.

Seřadíme-li u filtrační hadice  $\varnothing 140$  mm,  $L = 4,9$  m jednotlivé systémy podle účinnosti regenerace, dostaneme následující pořadí:

1. Mechanický oklep se zpětným proplachem.
2. Vibrace se zpětným proplachem.
3. Samostatný mechanický oklep.
4. Zpětný proplach, kolaps.
5. Samostatná vibrace.

V porovnání s pořadím u hadice  $\varnothing 200$  mm vidíme, že značně poklesl regenerační účinek zpětného proplachu, který je méně účinný, než samostatný mechanický oklep. Toto lze přičítat zjištěnému malému účinku zpětného proplachu na promačknutí hadice  $\varnothing 140$  mm.

#### Filtrační hadice $\varnothing 140$ mm, délka 2,7 m

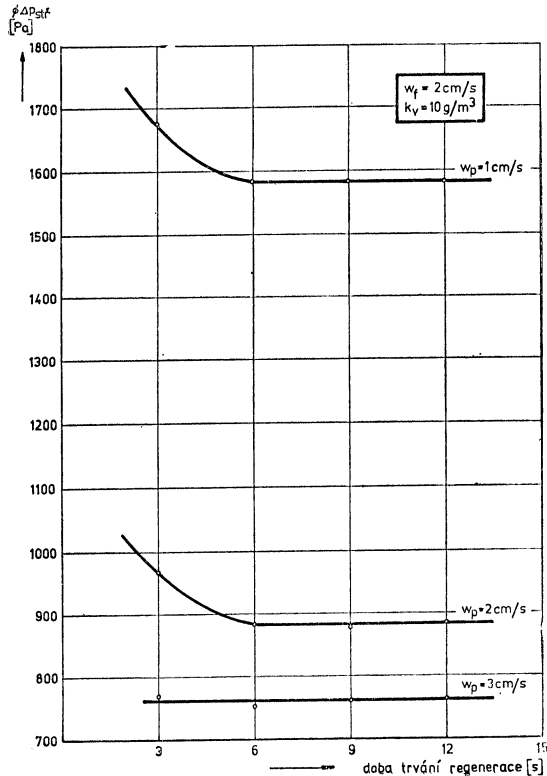
Vliv doby trvání zpětného proplachu je zachycen na obr. 12. U proplachovacích rychlostí  $w_p = 1$  a  $2$  cm/s dochází zhruba po 6 sekundách k zastavení poklesu  $\Delta p_{stř.}$  v závislosti na době trvání proplachu. U  $w_p = 3$  cm/s jsou hodnoty  $\Delta p_{stř.}$  konstantní od první sledované doby proplachu 3 s. Porovnáme-li tyto průběhy s hodnotami u stejně dlouhé hadice  $\varnothing 200$  mm (obr. 5), vidíme, že pro všechny proplachovací rychlosti došlo k podstatnému zhoršení regeneračního účinku zpětného proplachu. Lze to přičítat dříve popsanému nedostatečnému průhybu hadice s menším průměrem při proplachu. Toto zhoršení je zvlášť evidentní u  $w_p = 1$  cm/s, kde změnou průměru hadice z  $\varnothing 200$  mm na  $\varnothing 140$  mm došlo k posuvu  $\Delta p_{stř.}$  z hodnoty 750 Pa na více než dvojnásobek, tj. 1590 Pa. Nepříznivý vliv zmenšování průměru hadice na účinnost regenerace zpětným proplachem je překvapivě veliký.

Výsledky měření vlivu různých regeneračních systémů u hadici  $\varnothing 140$  mm,  $L = 2,7$  m ( $w_p = 2$  cm/s,  $w_t = 2$  cm/s,  $k_v = 10$  g/m<sup>3</sup>) jsou zachyceny v obr. 13.

Při posouzení průběhu tlakové ztráty u samostatného mechanického oklepu vidíme, že od tří oklepů výše je její průběh již konstantní. Nejúčinnější je první oklep, kdy spadne největší množství prachu. Při posuzování průběhu tlakových ztrát

pro mechanický oklep spojený s proplachem je patrné, že od třetího oklepu se hodnoty  $\varnothing \Delta p_{stř.}$  nemění.

Průběhy  $\varnothing \Delta p_{stř.}$  pro samostatnou vibraci a pro vibraci s proplachem při  $w_f = 2 \text{ cm/s}$ , pro dobu trvání 3, 6, 9 a 12 sekund, ukazují, že od první sledované doby trvání vibrace, tj. 3 sekund, nelze již očekávat žádné zvýšení regeneračního účinku. Tomu také odpovídá vizuální sledování pohybu prachu při regeneraci.

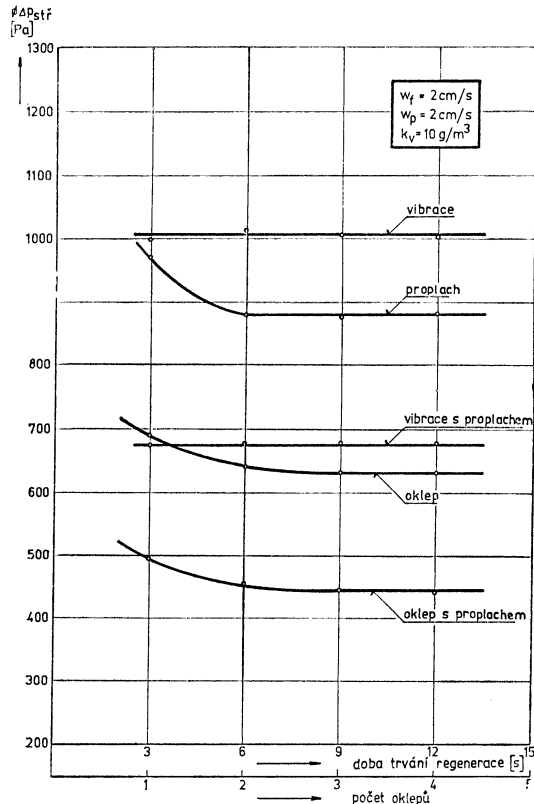


Obr. 12. Vliv doby trvání zpětného proplachu u filtrační hadice  $\varnothing 140 \text{ mm}$ , délky  $L = 2,7 \text{ m}$ .

Průběhy  $\varnothing \Delta p_{stř.}$  pro  $w_f = 2 \text{ cm/s}$ ,  $w_p = 2 \text{ cm/s}$  u různých regeneračních systémů v závislosti na čase (nebo počtu oklepů) vykazují s ohledem na stupeň účinnosti regenerace následující pořadí:

1. Mechanický oklep s proplachem.
2. Samostatný mechanický oklep.
3. Vibrace s proplachem.
4. Zpětný proplach.
5. Samostatná vibrace.





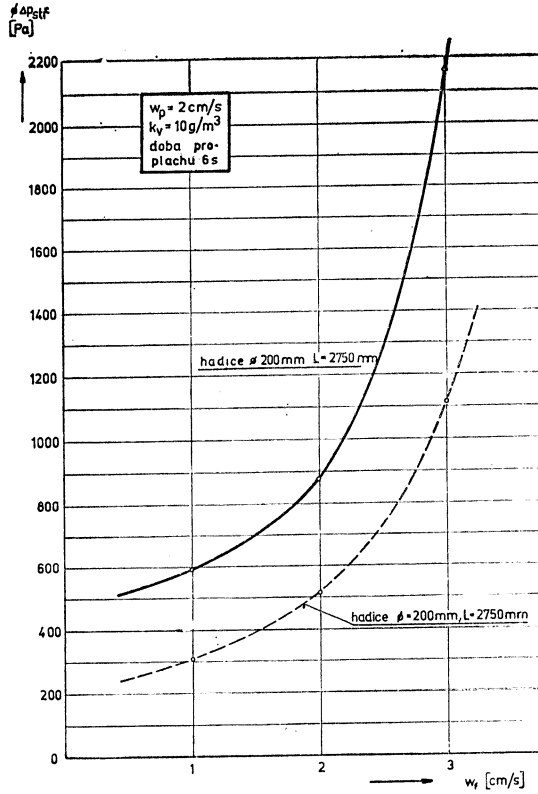
Obr. 13. Průběh střední tlakové ztráty filtrační hadice  $\varnothing 140$  mm, délky  $L = 2,7$  m při různých druzích regenerace.

#### VLIV FILTRAČNÍ RYCHLOSTI

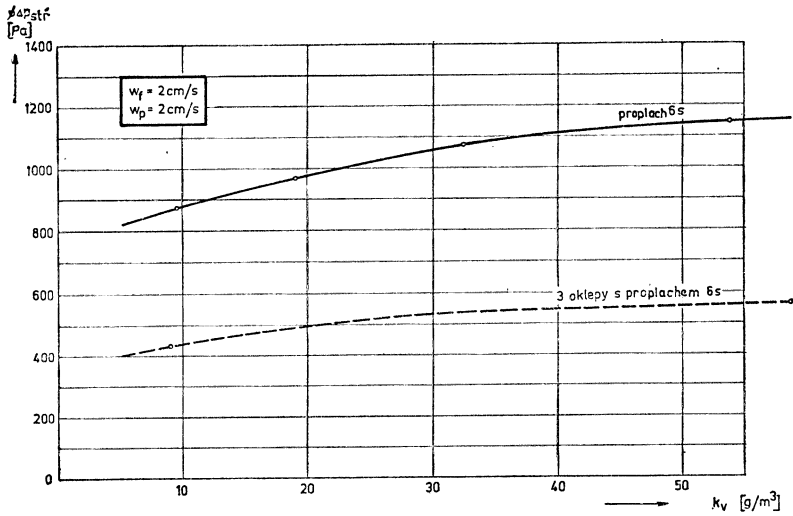
Vliv filtrační rychlosti ( $w_f = 1, 2$  a  $3$  cm/s) na tlakovou ztrátu  $\varnothing \Delta p_{stř}$ , pro zpětný proplach trvající 6 sekund při rychlosti  $w_p = 3$  cm/s je vyneseno v obr. 14. Pro porovnání se stejně dlouhou hadicí  $\varnothing 200$  mm je zde čárkovaně vynesena závislost  $\varnothing \Delta p_{stř} = f(w_f)$  pro tuto hadici. Z obou průběhů  $\varnothing \Delta p_{stř}$  je vidět, že se stoupající filtrační rychlosti  $w_f$  narůstá vzájemný rozdíl tlakových ztrát. Např. u rychlosti  $w_f = 2$  cm/s činí nárůst  $\varnothing \Delta p_{stř}$  u hadice  $\varnothing 140$  mm 370 Pa, kdežto u filtrační rychlosti  $w_f = 3$  cm/s je nárůst  $\varnothing \Delta p_{stř}$  již 1050 Pa. Z toho vyplývá, že s rostoucí filtrační rychlostí se z hlediska spotřeby energie jeví výhodnější použít hadice s větším průměrem.

#### VLIV VSTUPNÍ KONCENTRACE

Vliv koncentrace byl zjišťován u hadice  $\varnothing 140$  mm,  $L = 2,7$  m podáváním různých množství prachu při konstantní době trvání etapy zanášení (5 minut). Průběh závislosti  $\varnothing \Delta p_{stř} = f(k_v)$ , pro zpětný proplach délky 6 sekund při  $w_f = w_p = 2$  cm/s,



Obr. 14. Vliv filtrační rychlosti na střední tlakovou ztrátu filtračních hadic.



Obr. 15. Vliv vstupní koncentrace měřený na filtrační hadici  $\varnothing 140 \text{ mm}$ ,  $L = 2,7 \text{ m}$ .

je vynesena na *obr. 15*. Současne je zde vynesena obdobna závislost pro 3 oklepy se zpětným proplachem. Podíváme-li se na průběh nárůstu tlakové ztráty při změně koncentrace z 10 na 50 g/m<sup>3</sup> (proplach), je patrné, že  $\Delta p_{\text{str}}$  vzrostla z hodnoty 880 Pa ( $k_v = 10$  g/m<sup>3</sup>) na hodnotu 1260 Pa ( $k_v = 50$  g/m<sup>3</sup>), tj. o 34 % přesto, že množství přivedeného prachu je pětinašobné.

Problematicke vlivu vstupni koncentrace je u průmyslových filtrů třeba věnovat zvýšenou pozornost. Jedná se tu především o to, zda z ekonomického hlediska je vhodné nebo nevhodné zařazování mechanických odlučovačů před průmyslové filtry. Dosavadní měření nasvědčují tomu, že z hlediska spotřeby energie se jeví jako nejvýhodnější řešení kombinace nízkých filtračních rychlostí s vysokými vstupními koncentracemi prachu.

## 5. ZÁVĚR

Měření ukázala, že nejúčinnějším způsobem regenerace je zpětný proplach s mechanickým oklepem, ale současně se prokázalo, že zpětný proplach se stal nejdůležitějším faktorem regenerace průmyslových filtrů osazených FINETEM. Na základě dosažených poznatků lze u stávajících filtrů provést zjednodušení regeneračních systémů, tzn. zkrácení zbytečně dlouhé doby regenerace, případné snížení počtů oklepů, nebo kolapsů, aj. Všechny tyto úpravy regeneračního cyklu povedou při zachování provozní tlakové ztráty k snížení namáhání filtračních textilií, což se projeví jejich delší životností a tím snížením provozních nákladů filtrů.

## LITERATURA

*Albrecht Jiří*: „Sledování vybraných parametrů hadicových látkových filtrů.“ — Výzkumná zpráva Z-74-905, 1974 Výzkumný ústav vzduchotechniky Praha.

*Albrecht Jiří*: „Výzkum, vývoj a zavedení výroby typové řady filtračních látek FINET pro průmyslovou filtraci plynů.“ Výzkumná zpráva Z-75-997-1975 Výzkumný ústav vzduchotechniky Praha.

## НОВЫЕ ФИЛЬТРУЮЩИЕ ТЕКСТИЛИ FINET И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДЕЙСТВИЕ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ФИЛЬТРОВ

*Инж. Йиржи Албрехт, к. т. н.*

Фильтрующие текстили FINET производимые т. н. втыканием и с поверхностной обработкой входной стороны показывают существенное улучшение регенеративных свойств. В статье приведены результаты исследования влияния главных параметров, т. е. длины рукава, обратной промывки, механического встряхивания, вибрацией, скорости занесения, входной концентрации и диаметра рукава на действие регенерации. Критерием для сравнения разных регенеративных систем была потеря давления, скорректированная на основе средних величин максимальной и минимальной потери давления. Из измерений вытекает, что самая действительная система регенерации — обратная промывка и механическое встряхивание, причем обратная промывка самым важным фактором для регенерации фильтрующих текстилей.

## **NEW FILTER FABRIC MATERIALS FINET; THEIR INFLUENCE ON THE EFFECTIVITY OF REGENERATION SYSTEMS IN INDUSTRY**

*Ing. Jiří Albrecht, CSc.*

Filter fabric materials, produced by the so-called stitching, with specially prepared inlet side, give much better performance in their regeneration. The article publishes experimental results as to the influence of main parameters — such as bag length, reversed air flow, mechanical rapping, vibrating, velocity of stopping, inlet dust load and bag diameter — on effectivity of regeneration. The basis for comparison has been the pressure loss corrected for average pressure losses, both maximum and minimum. The experiments have shown that the most effective regenerating system is the reversed air flow combined with mechanical rapping; the reversed air flow is the most important factor for filter materials FINET.

## **NEUARTIGE FILTERTEXTILIEN FINET UND WIE SIE DIE EFFEKTIVITÄT VON REGENERIERUNGSSYSTEMEN DER INDUSTRIEFILTER BEEINFLUSSEN**

*Ing. Jiří Albrecht, CSc.*

Filtertextilien FINET, die nach sogenannter Einstichungsmethode und mit speziell präparierter Eintrittsoberfläche hergestellt werden, zeigen sehr günstige Eigenschaften bei Regenerierung. Der Artikel erwähnt die Einflüsse von Hauptparametern (die sind: Schlauchlänge, Rückluftspülung, mechanische Abklopfung, Vibrationen, Verstopfungsgeschwindigkeit, Eintrittstaubkonzentration, Schlauchdurchmesser) auf die Effektivität der Regenerierung. Ein Masstab für Vergleichen verschiedener Systeme ist der Druckverlust, der noch nach Durchschnittswerten der minimalen und maximalen Werte korrigiert worden ist. Die Messungen haben gezeigt, dass das vorteilhafteste Regenerierungssystem die Rückluftspülung mit mechanischer Abklopfung ist. Die Rückluftspülung ist der wichtigste Faktor für Regenerierung von FINET-Textilien.

## **TEXTILES FILTRANTS NOUVEAUX FINET ET LEUR INFLUENCE SUR UNE EFFICIENCE DES SYSTÈMES DE RÉGÉNÉRATION DES FILTRES INDUSTRIELS**

*Ing. Jiří Albrecht, CSc.*

Les textiles filtrants FINET fabriqués par l'aiguilletage et avec un traitement de surfaces du côté de l'entrée présentent une amélioration essentielle des propriétés de régénération. Dans l'article présenté on cite les résultats de l'influence des paramètres principaux c'est-à-dire de la longueur d'un tuyau, du retour de rinçage, du secouement mécanique, des vibrations, de la vitesse de bouchage, de la concentration d'entrée et du diamètre d'un tuyau sur l'efficiencce de la régénération. Une perte de charge corrigée en vertu des valeurs moyennes de la perte de charge maximale et minimale formait un critère pour une comparaison de différents systèmes de régénération. Les résultats de mesures ont montré que le système de régénération le plus efficace est le retour de rinçage avec le secouement mécanique où le retour de rinçage forme un facteur le plus important pour une régénération des textiles filtrants FINET.

# PROGRAMY PRO VÝPOČET TEPELNÝCH SÍTÍ NA ČÍSLICOVÉM POČÍTAČI VYPRACOVANÉ VE VÝZKUMNÉM ÚSTAVU ENERGETICKÉM

ING. PAVEL KRATOCHVÍL

*Výzkumný ústav energetický, Praha*

Článek obsahuje přehled výpočetních programů z oboru tepelných sítí používaných ve Výzkumném ústavu energetickém a je pokračováním informací o výpočetních programech pro samočinné počítače, uveřejňovaných v časopisu ZTV. Tyto programy mohou projektanti i provozovatelé potrubních, zejména tepelných sítí a ústředního vytápění, používat k urychlení, zpřesnění a usnadnění své práce.

*Recenzoval: Doc. Ing. Dr. J. Míkula, CSc.*

## 1. Úvod

Při projekci, výstavbě i při provozu tepelných sítí, otopných soustav i ostatních potrubních rozvodů se často sektáváme s úlohou výpočtu hydraulických poměrů, tj. s výpočtem průtoků a tlakových ztrát v jednotlivých úsecích soustavy a s výpočtem tlaků v jednotlivých uzlech soustavy. Velmi často dochází k tomu, že se potrubní sítě provozují za okolností odlišných od stavu, pro který byly navrženy. Odehlyky od výpočtového stavu způsobují jednak změny odběrů spotřebičů zásobovaných z potrubní sítě, změny stavu dopravované tekutiny, jednak provozní zásahy, zejména vyřazování některých úseků z provozu, připojování dalších spotřebičů, spojování sítí do okruhů apod. Je proto často zapotřebí zjišťovat hydraulické poměry dané sítě pro řadu provozních variant.

Výpočet hydraulických poměrů v potrubní síti vede k řešení soustavy lineárních rovnic takového řádu, kolik je v síti úseků. Takový výpočet je velmi obtížný a u sítí zkrhovaných s větším počtem úseků a s více zdroji prakticky neproveditelný bez využití moderní výpočtové techniky. Ve Výzkumném ústavu energetickém byla vypracována řada programů umožňujících tyto výpočty. Základem těchto programů je tzv. metoda okruhových průtoků (MOP). Tato iterační metoda slouží k výpočtu rozdělení průtoků ve složitých, zkrhovaných potrubních sítích a je obdobou metody smyčkových proudů užívané běžně v elektrotechnice k výpočtu elektrických sítí. Kromě programů pro výpočet hydraulických poměrů v síti

byl vypracován též program pro výpočet teplotního pole potrubí tepelných sítí uložených v zemi. V dalším uvádíme stručně popisy hlavních programů vypracovaných ve Výzkumném ústavu energetickém.

## 2. Program pro výpočet hydraulických poměrů ve vodních potrubních sítích

Program byl zkráceně nazván MOP-3-VODA a je určen k výpočtu rozdělení průtoků na jednotlivé větve, výpočtu tlakových ztrát ve větvích a tlaků v jednotlivých uzlech složitých, zkrhovaných potrubních sítí. Při výpočtu je respektován vliv druhu proudění (laminární, turbulentní) na průtok tepelnou sítí. Program je proto vhodný pro výpočty hydraulických režimů nejen v tepelných sítích, ale i v otopných soustavách. Program umožňuje výpočet sítí libovolně topologicky složitých, jak sítí radiálních, tak zkrhovaných, sítí s několika paralelními větvemi, otopné soustavy v zapojení „Tichellmann“ apod., i sítí s více zdroji, popřípadě i s přečerpávacími stanicemi.

Topologická struktura tepelné sítě se počítači zadává tak, že se pro každou větev potrubí uvede číslo jejího počátečního a koncového uzlu. Uzly sítě mohou být očíslovány v libovolném pořadí. Výběr okruhů a sestavení incidenčních matic potřebných k vlastnímu výpočtu si počítač provede sám. Pomocí programu je možno počítat jednak sítě v rovinném zobrazení, tzn. samostatně přírodní a vratné potrubí s tím, že odběry u spotřebitelů jsou zadané a jsou konstantní, jednak sítě v prostorovém zobrazení, tzn. zároveň přírodní potrubí, větve spotřebičů a vratné potrubí. V druhém případě jsou průtoky u spotřebitelů proměnné a počítají se ze zadané tlakové difference ve zdrojích (ve zdrojích). Jako vstupní data je nutno počítači zadat počáteční přiblížení průtoků ve větvích, odpovídající hmotové bilanci v uzlech. Program je upraven tak, aby bylo možno síť počítat jak v technické soustavě jednotek, tak v soustavě SI. Program je sestaven v autokódu MOST 22 pro počítače série ODRA 1200 a ODRA 1300 (ICT 1900).

### 3. Program pro výpočet hydraulických poměrů ve vodních dvoutrubkových souměrných potrubních sítích

Výpočet hydraulických poměrů ve dvoutrubkových vodních tepelných sítích je úloha, se kterou se v praxi nejčastěji setkáváme. K řešení této úlohy je určen program zkráceně nazvaný MOP 7-VODA, který vznikl úpravou programu MOP 3-VODA. Dvoutrubkové sítě se tímto programem počítají v rovinném zobrazení (výpočet pouze přírodního nebo pouze vratného potrubí), tzn. jako otevřené potrubní soustavy. Oproti programu MOP 3-VODA je daný program vylepšen v tom, že není nutné počítači zadávat počáteční přiblížení průtoků ve větvích sítě. Počítači se zadají pouze průtoky ze zdrojů a do spotřebitelů a počítač si sám sestaví počáteční přiblížení průtoků odpovídající hmotové bilanci v uzlech. V programu je kromě výpočtu průtoků a tlakových ztrát větví a tlaků v uzlech zařazen i výpočet dispozičních tlakových rozdílů v uzlech spotřebitelů. Program umožňuje výpočet velkého počtu variant (provozních stavů) dané sítě při zjednodušeném zadávání vstupních dat. Program je upraven tak, že pro jednotlivé varianty se nezadávají počítači všechna vstupní data, ale jen změny proti předchozí variantě. Tím se značně zjednoduší a zkrátí příprava vstupních dat. U každé počítané varianty je možno provést 4 typy změn. První typ změny spočívá v zařazení nového činného tlaku (čerpadla) do stávající větve, nebo zařazení nové větve, nebo nového odběru popř. zdroje. Druhý typ změny spočívá ve změně hodnoty činného tlaku, průměru potrubí, délky větve, nebo součtu součinitelů místních odporů u stávající větve, nebo ve změně hodnoty průtoků do spotřebiče, resp. ze zdroje. Třetí typ změny spočívá ve vyřazení buď činného tlaku, nebo větve, nebo odběru popř. zdroje. Čtvrtý typ změny se týká hodnot pro celou síť. Je možno měnit hodnotu absolutní drsnosti potrubí, hodnotu střední teploty vody v síti a hodnotu dispozičního tlakového rozdílu v hlavním zdroji. Program je upraven tak, že je možné počítat síť jak v technické soustavě jednotek, tak v soustavě SI. Program je sestaven v autokódu MOST 30 pro počítače série ODRA 1300 (ICT 1900).

### 4. Program pro výpočet hydraulických poměrů v parních tepelných sítích

Program byl zkráceně nazván MOP 1-PÁRA. Je určen k výpočtu rozdělení průtoků na jednotlivé větve, tlakových ztrát ve větvích a tlaků v uzlech zkruhovaných parních tepelných sítí. Při výpočtu se předpokládá, že ve všech větvích sítě proudí sytá vodní pára. Počítač si sám sestaví počáteční přiblížení průtoků ve větvích sítě ze zadaných průtoků u spotřebitelů. Jinak je program obdobný jako program MOP 3-VODA pro vodní sítě.

### 5. Program pro výpočet otopných soustav s regulovatelnými ejektory

Program byl zkráceně nazván OS-REJ a je určen ke zkoumání vlivu gravitačního vztlaku na chod otopné soustavy s regulovatelným ejektorem. Program umožňuje výpočet otopné soustavy při různých provozních režimech (stavech). Jednotlivé provozní režimy se od sebe mohou lišit teplotou venkovního vzduchu, hodnotou tlakové difference v místě připojení otopné soustavy na tepelnou síť, teplotou primární horké vody a zdvihem regulační jehly ejektoru. Pomocí programu je možno pro různé provozní režimy stanovit:

1. průtokové poměry v otopné soustavě (průtoky jednotlivými úseky soustavy a tlakové ztráty v těchto úsecích),
2. teplotní poměry v otopné soustavě, tj. teploty v jednotlivých úsecích soustavy a ochlazení vody v otopných tělesech,
3. tlakové poměry otopné soustavy,
4. teplotní výkony otopných těles,
5. teploty vzduchu v místnostech vytápěné budovy.

Program umožňuje výpočet uvedených veličin jak pro provoz s pevným, neproměnným zdvihem regulační jehly ejektoru, tak pro provoz s automatickou regulací teploty. Program OS-REJ je sestaven v autokódu MOST 22 pro počítače série ODRA 1200.

### 6. Program pro výpočet tepelného pole potrubí tepelných sítí

Program zkráceně nazvaný TEPOLE je určen k výpočtu tepelných ztrát, tepelných toků a teplotního pole potrubí tepelných sítí, a to pro složité případy, kdy není možný přímý výpočet. Je určen zejména pro případy podzemního uložení více potrubí ve společné tepelné izolaci. Úloha se řeší tak, že se přes danou potrubní soustavu položí pravoúhlá síť a předpokládá se, že teplo proudí výhradně větvemi této sítě. Soustava s rozloženými parametry se tak nahradí soustavou se soustředěnými parametry. Takto získaná pravoúhlá síť se pak počítá jako elektrická síť, neboť v obou případech platí podobné matematické vztahy. Výsledkem výpočtů jsou hodnoty tepelných ztrát jednotlivých potrubí, hodnota celkových tepelných ztrát připadající na jeden metr délky potrubí a souřadnice izoterm teplotního pole. Program TEPOLE je sestaven v autokódu MOST 30 pro počítače série ODRA 1300 (ICT 1900).

Программы для расчета тепловых сетей с помощью цифровой вычислительной машины, разработанные в Исследовательском институте энергетики

*Инж. Павел Кратохвил*

Статья содержит обзор вычислительных программ из области тепловых сетей, использованных в Исследовательском ин-

ституте энергетики и она продолжением информации о вычислительных программах, которые публикуются в журнале ЭТВ. Эти программы могут проектировщики и производственники трубопроводных сетей, главным образом тепловых сетей, и центрального отопления использовать для ускорения, уточнения и облегчения своей работы.

### **Programmes for digital computers in calculating heat-transfer networks**

*Ing. Pavel Kratochvíl*

The article reviews some computing programmes prepared and used in the Research Institute for Energy for heat-transfer networks. The article thus completes prior information published in this journal. The mentioned programmes may be used in projecting or operating heat-transfer or central heating networks; the results are more exact and are got at more quickly and easily.

### **Programme zur Berechnung von Wärmenetzen auf numerischen Rechenanlagen**

*Ing. Pavel Kratochvíl*

Der Artikel enthält eine Übersicht der im Forschungsinstitut für Energetik ausgearbeiteten

ten und verwendeten Programme für das Gebiet der Wärmenetze und bildet damit eine Fortsetzung der schon in dieser Zeitschrift veröffentlichten Informationen. Die Programme können von Projektanten und Betreibern von Rohrnetzen — besonders in Wärmenetzen und für Zentralheizungen — zur Beschleunigung, Verbesserung und Erleichterung ihrer Arbeit verwendet werden.

### **Programmes de calcul des réseaux de distribution de la chaleur sur un ordinateur digital élaborés dans l'Institut de recherches énergétiques**

*Ing. P. Kratochvíl*

L'article présenté comprend un résumé des programmes de calcul de la branche des réseaux de distribution de la chaleur utilisés dans l'Institut de recherches énergétiques et il présente une suite des informations sur les programmes de calcul publiés dans le journal „Zdravotní technika a vzduchotechnika“. Les projeteurs et les entrepreneurs des réseaux de conduites et surtout des réseaux de distribution de la chaleur et du chauffage centrale peuvent utiliser ces programmes pour une précision et une facilitation de leur travail.

## ● Z obsahu KLIMATIZACE,

*zpravodaje národního podniku JANKA — Závody Rudých letnic, Nositele Řádu práce*

*Číslo 14 — červen 1976*

Chyský: Možnosti použití lamelových výměníků pro zpětné získávání tepla v klimatizaci (tepelné řešení, důsledky použití výměníků, optimální počet řad výměníků)

Kahle: Klimatizace v provozní budově jaderné elektrárny V 1 (požadavky na vzduchotechniku, výpočet a koncepce klimatizačních zařízení, pomocné okruhy)

Srnka: Klimatizace nejvyšších administrativních budov na světě (výstavba objektů tzv. Světového obchodního střediska v New Yorku, klimatizace stodesetipatrových věžových domů, chladicí centrála a rozvody médií, spotřeba energie)

Kubíček: Nová klasifikace větrání a klimatizace v NSR (klasifikace zařízení, přístrojů a stavebních prvků úpravy vzduchu, vyjádření recenzenta k české terminologii)

Marhoul: Zprávy o normalizační činnosti, (informace pro projektanty, normalizační činnost ve VHJ ČSVZ a v rámci RVHP, zrušené normy) — vložené výpočtové podklady: A 2-03 Násobky a díly jednotek SI Převody jednotek SI

*Číslo 15 — září 1976*

Říha: Plnění usnesení ÚV KSČ o posílení úlohy vědeckotechnického rozvoje (plnění programu technické politiky podniku, mezinárodní vědeckotechnická spolupráce a kooperace se zahraničím)

Chyský: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (zásady pro výpočet, tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla, tepelné zisky z vnějšího prostředí, zisky vodní, příklad výpočtu tepelné zátěže)

Špírar: Klimatizační zařízení ve fakultní nemocnici v Košicích (všeobecné k problémům klimatizace v nemocnicích, popis klimatizačních zařízení v hlavní budově, zásady uplatněné při řešení klimatizačních zařízení FN Košice)

Marhoul: Zprávy o normalizační činnosti (informace pro projektanty, normalizační činnost v oboru vzduchotechniky, normalizace v RVHP)

*Číslo 16 — prosinec 1976*

Říha: Socialistická integrace ve vzduchotechnice (organizace HVTS ve VHJ ČSVZ, současný stav v zajišťování mezinárodní spolupráce v oboru vzduchotechniky),

Žert: Tvorba a ochrana umělého elektroklíma v uzavřených prostorech (snížení nemocnosti umělou ionizací vzduchu, použití aeroionizace v dopravních prostředcích a v kabinách jeřábů,

možnost použití hydroionizace v praxi, biologické účinky hydroiontů a ionizovaného vzduchu)

Broockmeyer: Systém KLIMADRANT (energetické srovnání s běžnými systémy, popis systému KLIMADRANT, výhody systému Kubíček: Výpočet rekuperačních zařízení ve větrání a klimatizaci (jednostupňové rekuperační zařízení, vícestupňová rekuperační zařízení, příklad výpočtu)

Křečan: Předehříváče klimatizačních zařízení, odolné proti zamrznutí (výměníky tepla s nemrznoucím topným médiem, výměníky tepla s konstantní rychlostí proudění teplé vody, předehříváče vzduchu s nízkou teplotou topné vody, předehříváče vzduchu kombinovaný s tepelným čerpadlem, zajištění zařízení při výpadku energie)

Ouředník: Podlahové mřížky (popis a užití podlahových mřížek)

Číslo 17 — březen 1977

Hemzal: Projekční podklady pro návrh výustek STROJTEX (metodika měření aerodynamických charakteristik výustek, výsledky měření, jejich přesnost a použití)

Fiala: Konstrukce a technologie výroby výměníků tepla používaných v klimatizaci (technologičnost konstrukce hlavních částí výměníků, způsoby vzájemného spojování součástí výměníků tepla, způsoby navlékání lamel na trubky)

Kubíček: Zpětné využití tepla rekuperačními výměníky (funkce rekuperačních výměníků tepla, oblast použití rekuperačních výměníků, hospodárnost a optimalizace zpětného využití tepla)

Bašus, Ryšavý: Vizualizace proudění ve vzduchotechnické praxi (vyvíječ dýmu a jeho funkce, možnosti využití vyvíječe dýmu ve vzduchotechnické praxi)

Marhoul: Zprávy o normalizační činnosti (informace pro projektanty, vypuštění výrobků z výroby, seznam vybraných předmětových a předpisových norem třídy 12, platných v n. p. JANKA ZRL k 30. 9. 1976)

Číslo 18 — červen 1977

Oppl: Úkoly ČVTS — komitétu životního a pracovního prostředí

Máca: Klimatizační zařízení pro textilní průmysl (vliv prostředí na provoz, systémy klimatizačních zařízení pro přádelny bavlny, účinnost klimatizačních zařízení, porovnání vý-

konů a spotřeba energie)

Rákóczy: Klimatizační systémy z hlediska úspor energie (energetická hlediska pro navrhování vzduchotechnických zařízení, klimatizační systémy, srovnání systémů klimatizace v běžných nákladech)

Ptáček: Klimatizace obchodního domu PRIOR v Pardubicích (klimatizační a větrací zařízení, seřizování klimatizace v OD a zkušební provoz)

Kubíček: Zpětné využití tepla regeneračními výměníky (technologie zpětného využití tepla, výhody regeneračních výměníků)

Šik: Zajímavosti z výstavy PRAGOTHERM 76 (výběr zajímavých exponátů tuzemských vystavovatelů, zajímavé exponáty zahraničních vystavovatelů, ocenění exponátů)

Číslo 19 — září 1977

Srnka: Přívodní vzduchotechnické elementy pro integrované stropy

Ze závažných příloh upozorňujeme zejména na podklady pro stanovení tlakových ztrát vodních potrubních sítí, zpracované doc. Ing. K. Laboutkou, CSc. v soustavě SI formou nomogramů, a to pro tyto případy:

a) Tlaková ztráta třením  $R$

Tab. 1.  $R$  při  $t_m = 5^\circ\text{C}$  (3 až  $8^\circ\text{C}$ );  $\varepsilon = 0,1\text{ mm}$

Tab. 2.  $R$  při  $t_m = 12^\circ\text{C}$  (8 až  $20^\circ\text{C}$ );

$\varepsilon = 0,1\text{ mm}$

Tab. 3.  $R$  při  $t_m = 32^\circ\text{C}$  (20 až  $50^\circ\text{C}$ );

$\varepsilon = 0,1\text{ mm}$

Tab. 4.  $R$  při  $t_m = 80^\circ\text{C}$  (50 až  $110^\circ\text{C}$ );

$\varepsilon = 0,1\text{ mm}$

Tab. 5.  $R$  při  $t_m = 160^\circ\text{C}$  (110 až  $220^\circ\text{C}$ );

$\varepsilon = 0,25\text{ mm}$

b) Ekvivalentní délka  $l$

Tab. 1.  $l_\zeta$  při  $t_m = 12^\circ\text{C}$  (8 až  $20^\circ\text{C}$ );

$\varepsilon = 0,1\text{ mm}$

Tab. 2.  $l_\zeta$  při  $t_m = 80^\circ\text{C}$  (50 až  $110^\circ\text{C}$ );

$\varepsilon = 0,1\text{ mm}$

c) Hodnoty součinitelů odporu  $\zeta$

1. Zdroje tepla

2. Tvarovky potrubí

3. Uzavírací armatury otopných těles

4. Uzavírací armatury potrubí — závitové

5. Uzavírací armatury potrubí — přírubové

6. Odbočky T

(Bš)



## ZJEDNODUŠENÝ ZPŮSOB PŘEDBĚŽNÉ VOLBY KLIMATIZAČNÍCH JEDNOTEK

Podle Dr.-Ing. R. Pach: *Stadt- und Gebäudetechnik* 31 (1977), č. 2 s. 61—63

Při výstavbě a rekonstrukci občanských staveb vzniká často potřeba stanovit v prvním stupni projektové přípravy předběžné typ a velikost klimatizačního zařízení s ohledem na potřebu místa, nutné vedlejší prostory a podmínky pro připojení. Pro tento případ je v příspěvku uveden zjednodušený způsob výpočtu.

Vychází se z teploty smíšeného vzduchu  $t_s = 26^\circ\text{C}$ , jeho relativní vlhkosti  $\varphi_s = 50\%$  a teploty venkovního vzduchu  $t_e = 32^\circ\text{C}$ . Podle TGL 0—1946/02 se doporučuje při  $t_e = 32^\circ\text{C}$  teplota vnitřní  $t_i = 26^\circ\text{C}$ . Chladicí výkon klimatizačního zařízení  $Q_0$  bude vždy

větší než tepelná zátěž prostoru  $Q_z$  neboť zařízení musí pracovat s částí venkovního vzduchu. Při výpočtu se proto uvažuje  $t_i = 24^\circ\text{C}$ , abychom po smíšení s teplejším venkovním vzduchem dosáhli teplotu  $t_s = 26^\circ\text{C}$ , která určuje výchozí bod  $S$  v  $i-x$  diagramu na obr. 1. Druhým výchozím bodem je střední povrchová teplota chladiče  $t_{ch}$ , která v našem případě byla zvolena  $12^\circ\text{C}$ . Aby se odvedla tepelná zátěž prostoru  $Q_z$ , musí se vzduch ochladit do bodu  $P$  a o tomto stavu se přivádí do místnosti. Průběh změny stavu vzduchu přivedeného do místnosti pro jednoduchost uvažujeme opět po spojnici  $SCH$ . Je to odůvodněno tím, že v místnosti jsou i zdroje vodní páry (např. lidé). Z obr. 1 vyplývá chladicí výkon

$$Q_{ch} = \frac{M}{3,6} (i_s - i_p) \quad [\text{W}], \quad (1)$$

kde  $M$  je hmotnostní průtok vzduchu [kg/h] a  $i$  — entalpie vzduchu [kJ/kg]. Rozdíl entalpií ( $i_i - i_p$ ) odpovídá tepelné zátěži  $Q_z$ , takže můžeme rovnici (1) též psát takto

$$Q_{ch} = Q_z + \frac{M}{3,6} (i_s - i_i) \quad [\text{W}]. \quad (2)$$

Rozdíl entalpií ( $i_s - i_i$ ) činí  $2,5 \text{ kJ/kg}$  ( $\approx 0,6 \text{ kcal/kg}$ ). Dále dosadíme za  $M = \rho \cdot V = 1,165 V$ , kde  $V$  je objemový průtok vzduchu v  $\text{m}^3/\text{h}$ . Dosadíme do (2) a dostaneme

$$Q_{ch} = Q_z + 0,81 V \quad [\text{W}] \\ \approx Q_z + 0,7 V \quad [\text{kcal/h}].$$

Obr. 1. Průběh úpravy vzduchu v  $i-x$  diagramu

TGL 0—1964/02 uvádí tuto závislost  $t_i$  na  $t_e$ :

$t_e$	20	25	28	30	32
$t_i$	22	23	24	25	26

Až do  $t_e = 25^\circ\text{C}$  se předpokládá  $t_s = t_e$  a od  $t_e = 25^\circ\text{C}$  je  $t_s = t_i + 2^\circ\text{C}$ . Z toho lze určit podíl venkovního vzduchu při jakémkoliv teplotě  $t_e$ , neboť podíl venkovního vzduchu =

$$= \frac{t_s - t_i}{t_e - t_i}.$$

Např. pro  $t_e = 30^\circ\text{C}$  je tento podíl  $\frac{2}{5} = 40\%$ .

Dále jsou uváděny případy snížených podílů venkovního vzduchu: 60; 40 a 20 % do  $t_e = 26^\circ\text{C}$ . Podle TGL 0—1946/01 se

u  $t_e > 26^\circ\text{C}$  redukuje podíl venkovního vzduchu na 75 % původní hodnoty. V uvedených případech jsou tedy podíly venkovního vzduchu 45; 30 a 15 %.

Uvedeným způsobem lze kontrolovat chladicí výkon volené klimatizační jednotky při známé tepelné zátěži místnosti a určit podíl venkovního vzduchu při libovolné venkovní teplotě.

Opp

## SOCIÁLNĚ-HYGIENICKÉ ASPEKTY OCHRANY ATMOSFÉRIKÉHO VZDUCHU V PODMÍNKÁCH VĚDECKO-TECHNICKÉHO POKROKU

Pod tímto názvem vyšla v nakladatelství Medicina v Moskvě v r. 1976 monografie napsaná *prof. N. F. Izměrovem*, ředitelem ústavu hygieny práce a nemocí z povolání ALV v Moskvě. Publikace obsahuje podrobný přehled o situaci v znečišťování ovzduší v různých zemích světa, o hygienických normativích a národních standardech jakosti atmosférického vzduchu, o zákonodárství v oboru ochrany ovzduší a o úloze Světové zdravotnické organizace v tomto oboru. Protože jde o cenné a zajímavé údaje v důležitém oboru životního prostředí, přinášíme v tomto příspěvku některé informace z uvedené publikace.

### 1. Vědecko-technický pokrok a znečišťování ovzduší v některých zemích světa

Za posledních 100 let se počet obyvatel Země zdvojnásobil. Hlavní zvýšení počtu obyvatel je ve městech, jejichž obyvatelstvo vzrostlo pětikrát. Koncem 20. století bude podle předpokladu ze 6 miliard lidí bydlet 60 % ve městech. Např. v Latinské Americe v letech 1950 až 1960 se zvýšil podíl obyvatelstva bydlícího ve městech ze 36 na 43 %, v USA ze 60 na 70 %, přičemž se počítá, že v r. 2000 dosáhne 85 %. V SSSR žilo ve městech v roce 1959 100 milionů lidí, v r. 1970 již 136 milionů.

Industrializace, urbanizace, chemizace průmyslu i zemědělství a doprava na jedné straně a změna materiálních i sociálních podmínek života lidí na druhé straně, vedou

k znečištění prostředí, které se projevuje především ve městech. V USA ve 40 městech s 25.000 a více obyvatel ve státě New York pouze v jednom případě nebylo znečištění ovzduší aktuálním problémem. Znečištění roste úměrně počtu obyvatel měst. V městech nad 3 milióny obyvatel je asi 3krát vyšší než v městech o 10 až 25.000 lidí.

Znečištění ovzduší bylo dlouho svázáno se spalováním paliv v energetických i domovních zařízeních. V polovině 20. století způsobuje rozvoj metalurgie zvýšení emisí. Současně změny palivové základny, k nimž došlo např. v Sovětském svazu, a rozvoj automobilové dopravy způsobují, že spalování paliv pro výrobu elektrické a tepelné energie nehraje již v řadě zemí hlavní roli jako zdroj znečištění ovzduší. Např. v Los Angeles připadá na výfukové plyny z celkového množství emisí 83,1 %, zatímco na spalování paliv jen 2,2 %. Podle oblastí jsou ovšem druhy zdrojů emisí rozdílné. Např. v USA ve východní a středozápadní části jsou závažnými zdroji elektrárny na tuhá paliva a cementárny, ve městech vytápěcí zařízení a těžký průmysl. Ztráty způsobené znečišťováním ovzduší představují ročně v této zemi 5,4 miliardy dolarů. V *tab. 1* je uveden přehled emisí některých škodlivin v USA v roce 1968 (v 10<sup>6</sup>t/rok). Z tabulky je zřejmý rozhodující podíl dopravy. Podobně v Evropě jsou v průmyslových zemích hlavními znečišťovateli tepelné elektrárny, průmysl na zpracování ropy, cementárny, chemický průmysl a ve velkých městech vytápění a doprava. *Tab. 2* ukazuje obsah SO<sub>2</sub> v ovzduší center italských měst v r. 1966.

Tab. 1. Emise některých škodlivin v r. 1968 v USA  
(v mil. tun za rok)

Hlavní zdroje	CO	Poléťavé látky	Kyslíčnky síry	Uhlovodíky	Kyslíčnky dusíku	Celkem
Doprava	63,8	1,2	0,8	16,6	8,1	90,5
Spalování paliva na stacion. zařízení	1,9	8,9	24,4	0,7	10,0	45,9
Průmysl	9,7	7,5	7,3	4,6	0,2	29,3
Spalování odpadků	7,8	1,1	0,1	1,6	0,6	11,2
Ostatní	16,9	9,6	0,6	8,5	1,7	37,3
<b>Celkem</b>	<b>100,1</b>	<b>28,3</b>	<b>33,2</b>	<b>32,0</b>	<b>20,6</b>	<b>214,2</b>

Tab. 2. Obsah SO<sub>2</sub> v atmosférickém vzduchu v centrech italských měst (1966)

Město	Střední koncentrace [mg/m <sup>3</sup> ]		Max. denní koncentrace [mg/m <sup>3</sup> ]
	zimní	letní	
Milán	1,021	0,170	4,01
Bologna	0,246	0,104	1,15
Benátky	0,222	0,115	0,90

V NSR ve většině rajónů bývají koncentrace SO<sub>2</sub> 0,41 až 0,75 mg/m<sup>3</sup> a v zemědělství a lesním hospodářství vznikají ročně ztráty 100 miliónů DM. Ve Finsku činil úlet do ovzduší za rok 1970: 400.000 t CO, 500.000 t SO<sub>2</sub> a 700.000 t tuhých látek.

## 2. Hygienické normativy a národní standardy jakosti atmosférického vzduchu

V r. 1949 byla poprvé v SSSR prof. V. A. Rjazanovem formulována kritéria hodnocení účinku koncentrací škodlivin v ovzduší. Jsou obsažena v těchto bodech:

1. Přípustnou může být jen taková koncentrace, která nevykazuje u člověka přímé nebo nepřímé škodlivé a nepříjemné působení, nesnižuje jeho pracovní schopnost a nemá vliv na náladu ani pohodu člověka.
2. Přivýkání škodlivinám nutno posuzovat jako nepříznivý moment a důkaz nepřípustnosti vyskytující se koncentrace.
3. Nepřípustné jsou takové koncentrace, které nepříznivě působí na rostlinstvo, klimatické podmínky daného místa, průzračnost atmosféry a životní podmínky obyvatelstva.

Na zasedání výboru expertů pro znečištění ovzduší Světové zdravotnické organizace v říjnu 1963 byl projednán dokument o kritériích jakosti atmosférického vzduchu a metodách stanovení jakosti ovzduší a byly přijaty tyto závěry:

1. Kritériem pro určení jakosti atmosférického vzduchu jsou testy dovolující určit charakter a velikost působení znečištění na člověka a životní prostředí.
2. Ukazateli jakosti atmosférického vzduchu je řada koncentrací různých látek i doba expozice, které charakterizují specifický vliv znečištění různého stupně na člověka, živočichy, rostlinstvo i životní prostředí jako celek.
3. Ukazatele jakosti atmosférického vzduchu možno rozdělit do 4 kategorií — hladin — závislých na koncentraci, délce expozice a účinku.

*Hladina I* — nejsou pozorovatelné přímé ani nepřímé účinky (vě. reflexů, obranných a přízpusobivých reakcí).

*Hladina II* — možnost podráždění smyslových orgánů, škodlivé působení na rostlinstvo, snížení viditelnosti nebo jiný nepříznivý vliv na životní prostředí.

*Hladina III* — možnost narušení životních fyziologických funkcí nebo změny, které mohou vést ke chronickým onemocněním nebo ke zkrácení délky života.

*Hladina IV* — možnost akutních onemocnění nebo případy úmrtí ve významných skupinách obyvatelstva.

Standardy jakosti atmosférického vzduchu mohou být postaveny na různých teoretických základech: hygienických, sanitárních a technologických. Hygienické standardy odpovídají zájmům člověka, odpovídají biologickému komfortu nebo hygienickému optimu. Sanitární standardy jsou hygienickými standardy s korekcí na technickou dosažitelnost a ekonomickou účelnost. Mají časový charakter, mohou být rozdílné v různých zemích a v různých etapě rozvoje ekonomiky společnosti.

Technologické standardy mají za cíl zabránit úletům cenných látek v takovém stupni, v jakém to ospravedlňují ekonomické úvahy.

V r. 1955 byl v Kalifornii zaveden systém tzv. kouřových poplachů, jehož cílem je zabránit takovému nahromadění škodlivin, které by vedlo k toxickým koncentracím.

Koncentrace atmosférických znečištěnin při kouřových poplachech jsou uvedeny v této tabulce:

Látka	Max. přípustná koncentrace [mg/m <sup>3</sup> ]		
	Poplach č. 1 opatrnost	Poplach č. 2 zvýšená pozornost	Poplach č. 3 nebezpečí
NO <sub>x</sub>	7,87	13,1	26,2
O <sub>3</sub>	1,3	2,62	3,93
Kysl. síry	7,86	13,1	26,2
CO	262	524	786

Na VIII. Evropském semináři zdravotních inženýrů v Bruselu 1962 prof. Rossano z Kalifornie uvedl 3 typy standardů přijatých v Kalifornii a podtrhl, že tyto standardy jsou spíše sanitární, než hygienické.

V tab. 3 je uveden přehled nejvyšších přípustných koncentrací (NPK) kyslíčniku siričitého v různých zemích světa. Pro poléťavý prach platí ve většině socialistických zemí (např. SSSR, ČSSR, NDR) a v Itálii průměrná denní NPK 0,15 mg/m<sup>3</sup> a nárazová 0,5 mg/m<sup>3</sup> (s dobou výskytu 30 min, v NDR 15 min). V Polsku je průměrná denní NPK 0,2 mg/m<sup>3</sup> a nárazová po dobu 15 min 0,5 mg/m<sup>3</sup>, ve speciálních oblastech 0,075 a 0,2 (30 min). Ve Francii platí pro 24 hodinovou NPK 0,35 mg/m<sup>3</sup>, přičemž tato hodnota nesmí být

Tab. 3. Národní standardy různých zemí pro SO<sub>2</sub>

Země	Normativ [mg/m <sup>3</sup> ]	Pro jakou dobu	Poznámka
SSSR	0,50 0,15	30 min 24 h	Překročení denní koncentrace ne více než u 2 vzorků z 50
ČSSR	0,50 0,15	30 min 24 h	NPK
PLR	0,35 0,90 0,075 0,25	24 h 20 min 24 h 20 min	NPK pro obytné oblasti Pro speciální oblasti
RSR	0,75	nárazová	
Holandsko	0,075* 0,25	24 h 24 h	Nesmí být překročena u 50 % vzorků Nesmí být překročena u 98 % vzorků
NSR	0,50 0,75	30 min 30 min	Střední Nesmí být překročena u 97,5 % vzorků
Itálie	0,75 0,10 0,375	30 min 24 h 24 h	Střední za rok
Japonsko	0,125* 0,50* 0,25*	24 h 1 h 1 h	V 99 % vzorků V 88 % vzorků
USA	0,08* 0,365	24 h 24 h	Střední za rok Ne více než 1 × za rok

\*) Při automatickém celodenním odběru vzorků

Tab. 4. Standardy pro úlet škodlivin u některých odvětví průmyslu v USA

Provoz	Látka	Standard	Doba
Tepelné centrály tuhé palivo, výkon přes 12 mil. kcal/h	Polévaté látky	0,18 g na 10 <sup>6</sup> kcal/h	2 h max.
	SO <sub>2</sub>	1,4 g na 10 <sup>6</sup> kcal/h 2,2 g na 10 <sup>6</sup> kcal/h	2 h max. při tekutém palivu totéž při tuhém palivu
	NO <sub>x</sub>	0,36 g na 10 <sup>6</sup> kcal/h	totéž při plynném palivu
Spalovny 50 t/den	Polévaté látky	0,23 g při 12 % CO <sub>2</sub>	2 h max.
Výroba kyseliny dusičné	HNO <sub>3</sub>	1,5 kg/t získané kyseliny	2 h max.
Výroba H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		2,0 kg/t kyseliny	2 h max.
Výroba portland- ského cementu	Polévatý prach za pecemi	0,15 kg/t	2 h max.
	Polévatý prach za chladiči slínku	0,5 kg/t	2 h
Úlet s beryliem	Polévaté látky	Viditelná emise zakázaná	
	Berylium	Viditelná emise zakázaná 10 g	24 h
Úlet rtuti	Rtuť	0,01 µg/m <sup>3</sup> 2,3 g	30 dní max. 24 h max.

překročena po více než 8 dní po sobě jdoucích. Podle doporučení Světové zdravotnické organizace se pro stanovení standardů uvádějí tyto hodnoty:

Škodlivina	Vyjádření koncentrace	Koncentrace [mg/m <sup>3</sup> ]
SO <sub>2</sub> prach	střední roční v 98% vzorků méně než	0,06 0,20
	střední roční v 98% vzorků méně než	0,04 0,12

Předpokládá se 24 hodinový nepřerušovaný odběr vzorků.

V některých státech existují hodnoty (standarty) omezující úlet škodlivin do ovzduší při různé průmyslové činnosti. V tab. 4 jsou uvedeny hodnoty platné v USA.

### 3. Zákonodárství v oboru ochrany atmosférického vzduchu

Prvý pokus řešit problémy ochrany atmosféry před znečištěním byl učiněn v r. 1273, kdy anglický parlament přijal zákon zakazující spalovat v Londýně méněhodnotné uhlí. V USA prvním městem, které se zabývalo bojem s kouřem bylo Chicago, kde v r. 1880 hustý kouř byl považován za narušení veřejného pořádku a trestal se pokutou 5—50 dolarů. V témže městě v r. 1928 existovala síť stanic pro pozorování znečištění ovzduší. Přesto se vyskytovaly vysoké koncentrace.

V roce 1961 vydala SZO monografii „Znečištění atmosférického vzduchu“ obsahující přehled současných zákonů v různých zemích. Byly to: SSSR, USA, GB, Belgie, Dánsko, Francie, NSR, Holandsko, Portugalsko, Švýcarsko, Austrálie, Kanada, ČSSR a N. Zéland.

V ČSSR se ochrany ovzduší týkají: zákon č. 20/1966 o péči a zdraví lidu, vyhláška MZ č. 45/1966 o vytváření a ochraně zdravých životních podmínek a zákon č. 35/67 o opatřeních proti znečišťování ovzduší.

V SSSR se o ochraně ovzduší hovoří již v Programu strany, který byl přijat na VIII. sjezdu RKS (b) v r. 1919.

V r. 1833 byl v Rusku vydán dokument o povolení k výstavbě závodů, manufaktur, továrních a j. zařízení v městě Sank — Peterburg. Byl to první pokus o klasifikaci průmyslových závodů do 3 kategorií v závislosti na ohrožování okolí. V r. 1929—30 se začala v SSSR provádět prvá pozorování z hlediska hygieny atmosférického vzduchu.

Paralelně s rozvojem hygienické služby šel i rozvoj technických organizací v oblasti racionálních metod čištění plynů a konstrukce zařízení. V 20. letech vznikl trust Gazoočistka s výzkumným ústavem NIIOGAZ.

Dne 29. května 1949, tedy pouhé 4 roky po válce, vydal Sovět ministrů SSSR nařízení o opatřeních proti znečišťování atmosférického vzduchu a o zlepšení zdravotně hygienických podmínek sídlišť. Toto nařízení zakazuje schvalovat projekty výstavby a rekonstrukce závodů, při jejichž provozu vznikají škodliviny, aniž by současně nebyla navržena odlučovací zařízení. Nařízení rovněž zakazuje uvádět do provozu nové závody, dílny a zařízení bez čištění plynů.

Velkým přínosem v rozvoji sovětského zdravotnického zákonodárství bylo vydání Sanitárních norem a pravidel projektování průmyslových závodů (GOST 1324—47) v r. 1947. Tyto normy se periodicky novelizují.

Dne 19. 12. 69 schválil Nejvyšší sovět SSSR Základy zákonodárství SSSR a svazových republik o ochraně zdraví. Oddíl III tohoto zákona se týká hygienické a epidemiologické péče a čl. 18 mluví o opatřeních k ochraně vzduchu, vody, k ozdravení podmínek pracovních, obytných i při rekreaci obyvatelstva.

Čl. 21 se týká zabezpečení proti průmyslovým i komunálně - bytovým emisím.

Ve Směrnících XXIV. sjezdu SSSR na leta 1971—1975 se ukládá vyšší odpovědnost ministerstvům, organizacím a podnikům za racionální využívání přírodních zdrojů. Ukládá se dále urychlit výstavbu a rekonstrukci čisticích zařízení pro vodu, vzduch a realizaci opatření proti hluku a výfukovým plynům automobilů.

SSSR a ostatní socialistické země hájí záslahu mezinárodní spolupráce v ozdravení životního prostředí a účastní se práce v různých mezinárodních vládních i nevládních organizacích zabývajících se tímto problémem

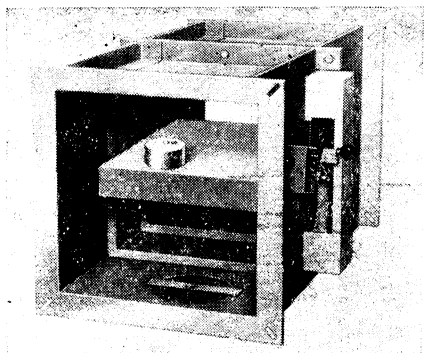
*Oppl*

### ● Protipožární klapky na Pragothermu 1976

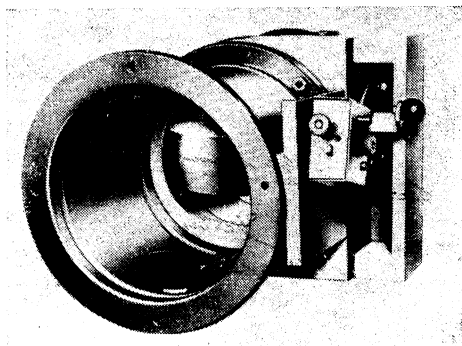
Firma *Wilbeoer KG*, Weener (NSR) tu vystavovala protipožární klapku FK 90 (obr. 1), kterou vyrábí v sedmnácti šířkách od 201 mm do 1500 mm a v jedenácti výškách od 201 mm do 797 mm, a to 400, 500 nebo 600 mm hluboké s automatickým i ručním

ovládáním. Mimo to dodává též protipožární klapky kruhové od průměru 100 mm (obr. 2). Tatáž firma vystavovala též hlásič dýmu k zabudování do vzduchotechnických rozvodů, pracující na opticko elektronickém základě (obr. 3). Opticky zjištěný dým jednak ohlásí, jednak může automaticky uzavřít protipožární klapky.

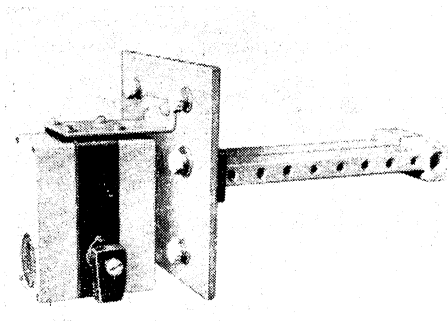
(Bš)



Obr. 1. Protipožární klapka FK 90.



Obr. 2. Kruhová protipožární klapka.



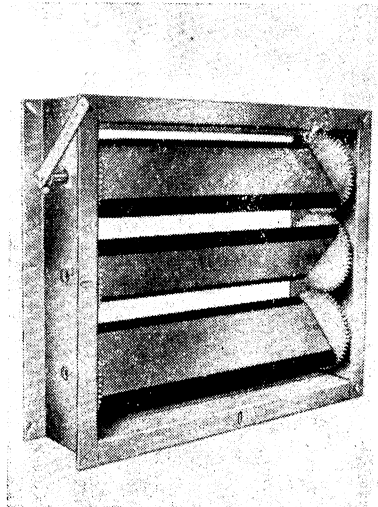
Obr. 3. Hlásič dýmu.

### ● Vzduchotěsná žaluziová klapka

Zejména k použití v nemocnicích je určena vzduchotěsná žaluziová klapka firmy *Wildeboer KG*, Weener (NSR). Těsnost zajišťuje speciální profil dutých protiběžných lamel z umělé hmoty (obr. 1), která je odolná proti

desinfekčním látkám. Ozubená ovládací kola jsou rovněž uložena v ložiskách z umělé hmoty.

(Bš)



Obr. 1. Vzduchotěsná žaluziová klapka.

### ● Barevný zvukový film „Klimatizace“

V roce 1974 zhotovil Krátký film Praha pro n. p. JANKA-ZRL film, který vysvětluje princip úpravy vzduchu v uzavřených prostorech, ukazuje složení a funkci klimatizačních zařízení, přibližuje výrobu jednotlivých komponentů a seznamuje s historií i současností nejstaršího výrobce těchto zařízení ve střední Evropě. Promítací doba filmu je 27 minut.

Film byl oceněn diplomem na II. Mezinárodní přehlídce odborných filmů o životním prostředí EKOFILM 75 v červnu 1975 v Ostravě a diplomem na XIII. Mezinárodní přehlídce technických, vědeckých a naučných filmů TECHFILM 75 v říjnu 1975 v Pardubicích.

Kopie filmu formátu 16 mm je možno si zapůjčit v těchto půjčovnách:

INFOR FILM SERVIS Praha 1, Štěpánská 42, tel. 24 71 09

Krajský filmový podnik Ústí nad Labem-Střekov, Varšavská 767, tel. 24 593

Krajský podnik pro film, koncerty a estrády Plzeň, Škroupova 3, tel. 35 978

Krajský podnik pro film, koncerty a estrády České Budějovice, tř. marš. Malinovského 53, tel. 3644

Ústřední půjčovna filmů, pobočný závod Hradec Králové, Orlické nábřeží 1, tel. 26 901

Krajský podnik pro film, koncerty a estrády Ostrava, Tyršova 14, tel. 20 142

Krajský podnik pro film, koncerty a estrády Brno, Chorzova 1, tel. 20 321

(Ři)

**Gesundheits-Ingenieur 97 (1976), č. 12**

— Luftströmungen in Räumen mittlerer Höhe bei verschiedenen Arten von Luftauslässen (Proudění vzduchu v místnostech střední výšky u různých druhů vyústek vzduchu) — *Fitzner K.*, 293—300.

— Die Berechnung von Sonneneinstrahlungsintensitäten für wärmetechnische Untersuchungen im Bauwesen (Výpočet intenzit slunečního záření pro tepelné technické podklady ve stavebnictví) — *Heindl W., Koch H. A.*, 301—304, 309—314.

— Untersuchungen über die Wärmeleitfähigkeit von Leichtbeton ohne und mit Quarzsandzusatz (Šetření o tepelné vodivosti lehkých betonů bez nebo s přísadou křemičitého písku) — *Schüle W., Giesecke M., Reichardt I.*, 314—318.

**Heizung Lüftung Haustechnik 27 (1976), č. 12**

— Aufsätze für eine energiewirtschaftliche Optimierung der Wärmedämmung von Baukörpern (Základy pro optimalizaci tepelné izolace stavebních objektů z hlediska úspory energie) — *Richartz F.*, 427—434.

— Kirchenheizung und Denkmalschutz (Vytápění kostelů a ochrana památek) — *Arendt C.*, 435—441.

— Raumströmungsuntersuchungen für das Projekt Stadthalle Aachen. Teil 2: Experimentelle Untersuchungen (Studie proudění v prostoru pro projekt městské haly v Cáchách. Díl 2.: Experimentální studia) — *Moog W., Sodec F.*, 442—448.

— Die Gas-Kolbenmotor-Wärmepumpe (Tepelné čerpadlo s pístovým motorem na plyn) — *Fox U.*, 449—452.

— Klimatisierung und Kälteerzeugung durch Fernwärme aus Heizkraftwerken. Teil 2: Spezielle Probleme des Anschlusses von Lüftungs-, Klima- und Kälteanlagen an Fernwärmenetze (Klimatizace a chlazení dálkovým teplem z tepláren. Díl 2.: Zvláštní problémy připojení větracího, klimatizačního a chladičového zařízení na síť dálkového rozvodu tepla) — *Burkhardt W., Anton H.*, 453—456.

— Neuer Geräuschprüfstand für Ventilatoren (Nové zkušební zařízení na zjišťování hluku u ventilátorů) — 457.

**Heizung Lüftung Haustechnik 28 (1977), č. 1**

— Bauliche Anforderungen an Küche, Bad, WC und Hausarbeitsraum (Stavební požadavky na kuchyň, koupelnu, WC a prostor pro domácí práce) — *Usemann K. W.*, 9—13, pokrač.

— Anwendung der Sonnenenergie im Niedertemperaturbereich. Teil 1: Solarkollektoren und ihre Verwendung für Brauchwasser- und Schwimmbeckenwasserverwärmung sowie Raumheizung (Využití sluneční energie v oblasti nízkých teplot. Díl 1.: Sluneční kolektory a jejich použití k ohřevu užitkové vody a vody pro plavecké bazény i k vytápění prostorů) — *Cnugesser E., Mukherjee S. K.*, 14—20.

— Erfahrungen und Tendenzen beim Bau und Betrieb von Müllsanganlagen (Zkušenosti a směry při konstrukci a provozu zařízení na odsávání odpadků) — *Jaehn M.*, 21—26.

— Graphisches Berechnungsverfahren für waagrechte Einrohrstränge von Heizungsanlagen (Grafický způsob výpočtu jednotrubkového horizontálního rozvodu otopného zařízení) — *Möker M.*, 27—34.

— Tarifliche Grundlagen der Stromversorgung im Haushaltsektor (Základní sazby za dodávku proudu v domovním sektoru) — *Behrnt E.*, 35—37.

— Lüftungsanlagen einer Schwimmsporthalle in der DDR (Větrací zařízení plavecké sportovní haly v NDR) — 37.

— Versuchsstand der Firma Sulzer für Heizungs- und Klimatechnik (Zkušebna firmy Sulzer pro vytápěcí a klimatizační techniku) — 42—43.

**Staub Reinhaltung der Luft 36 (1976), č. 11**

— Eine neue Dosiervorrichtung zur Erzeugung von Aerosolen aus vorgegebenen feinkörnigen Feststoffen (Nové dávkovací zařízení na výrobu aerosolů z předem připravených jemně zrnitých prachů) — *Zahraniček A., Löffler F.*, 425—427.

— Verfahren zur röntgendiffraktometrischen Quarzbestimmung in Industriestäuben (Zařízení k rentgenodiffraktometrickému stanovení křemene v průmyslovém prachu) — *Künzler U.*, 428—431.

— Verfahren zur kontinuierlichen Probeentnahme von Gasen (Zařízení na plynulé vzorkování plynů) — *Schulz G.*, 431—432.

— Dust prevention in Swedish foundries (Ochrana proti prachu ve švédských slévárnách) — *Gerhardsson G.*, 433—439.

— Kolloquium „Technische Verfahren zur Entschwefelung von Abgasen und Brennstoffen der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft (Koloquium „Technická zařízení k odsiřování odpadních plynů a paliv“ VDI-komise na ochranu ovzduší) — 439—440.

— Neues Verfahren zur Bestimmung von Stickstoffmonoxid in Eichgasen (Zařízení na stanovení kysličníku dusnatého v plynech pro cejchování) — *Rechenberg W.*, 441—446.

— Erfahrungen mit Kunststoffbehältern bei

Staubniederschlagsbestimmungen nach Bergerhoff im Alpenraum (Zkušební se zásobníky z plastických hmot při stanovení spadu prachu podle Bergerhoffa v alpském prostoru) — *Kofler W.*, 446—447.  
— Rechnerischer Vergleich gebräuchlicher Korngrößenverteilungsfunktionen (Matematické porovnání užívaných funkcí pro rozdělení částic podle velikostí) — *Petroll J.*, 448—452.  
— Hannover-Messe '76. Diesmal erstmalig mit Expoclima und einer Gruppe Reinigungstechnik (Hannoverský veletrh '76. Tentokrát poprvé s Expoclima a se skupinou „čistota ovzduší“) — 452—453.

### **Staub Reinhaltung der Luft 36 (1976), č. 12**

— Physikalische Eigenschaften von Kokerei-Flugstäuben (Fyzikální vlastnosti polétavého popílku z koksovy) — *Masek V.*, 457—459.  
— Immissionsprobleme in der Ziegelindustrie (Problémy imisí v cihlářském průmyslu) — *Berge H.*, 460—465.  
— Messungen zum Ionengehalt in geschlossenen Räumen (Měření obsahu iontů v uzavřených prostorech) — *Bösenberg U., Mühleisen* 466—468.  
— Elektrofiltertheorie mit Rücksprühen: Die „scheinbare kombinierte Ionenmobilität“; Teil 1 (Theorie elektrických odlučovačů se zpětným sršením: „viditelná kombinovaná mobilita iontů“; díl 1.) — *Kinkelin K. F. B.*, 469—474.  
— 18. Ausstellung und Tagung für chemisches Apparatewesen 20. bis 26. Juni 1976, Frankfurt/M. (18. výstava a zasedání od 20. do 26. června 1976 ve Frankfurtě/M. na tematiku „chemické přístroje“) — 475—481.

### **Staub Reinhaltung der Luft 37 (1977), č. 1**

— Grafischer Vergleich von Korngrößenverteilungen (Grafické porovnání rozdělení zrn podle velikostí) — *Petroll J.*, 1—6.  
— Elektrofiltertheorie mit Rücksprühen: Die „scheinbare kombinierte Ionenmobilität“; Teil 2 (Theorie elektrických odlučovačů se zpětným sršením: „viditelná kombinovaná mobilita iontů“; díl 2.) — *Kinkelin K. F. B.*, 6—13.  
— An approach to calculate the collection efficiencies of electrostatic precipitators (Příspěvek k výpočtu odlučivosti elektrických odlučovačů) — *Gothard N.*, 14—16.  
— Das Massenverhältnis des nach verschiedenen Trennfunktionen abgeschiedenen Feinstaubes in Abhängigkeit von der Staubfeinheit (Poměr hmot odloučeného jemného prachu podle různých rozlišovacích funkcí v závislosti na jemnosti prachu) — *Walkenhorst W.*, 16—19.  
— Umgebungsbelastung bei der Schadstoffemission. Vergleich von Wirbelringanlagen und Schornsteinen (Znečištění okolí škodlivými emisemi. Porovnání vířivých zařízení a kominů) — *Hammeke K., Nordsieck H., Vogt K. J.* 20—25.

— Bestimmung zeitlich veränderlicher Grössenverteilungen von Nebelröpfchen mittels Laserstreuung (Stanovení časově proměnlivého rozdělení mlhových kapiček podle velikostí za použití laserova rozptylu) — *Mach H.*, 25—34.

— Internationales Symposium über die Entwicklung der kernphysikalischen Messmethoden zur Detektion, Analyse und Überwachung der Umweltverunreinigungen (Mezinárodní symposium o vývoji jaderné fyzikálních měřících metod na detekci, analýzu a kontrolu znečišťování životního prostředí) — 34—36.  
— Krankenhausklimaanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Filter (Klimatizační zařízení pro nemocnice se zvláštním zřetelem na filtry) — 36—39.

— 18. Ausstellung und Tagung für chemisches Apparatewesen 20. bis 26. Juni 1976, Frankfurt/M., Teil II (18. výstava a zasedání od 20. do 26. června 1976 ve Frankfurtě/M. na tematiku „chemické přístroje“; díl II.) — 39—42.

— Aus der Arbeit des Staubforschungsinstitutes (STF) (Z prací Ústavu pro výzkum prachu) — 42—43.

— Aus der Arbeit der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft (Z činnosti VDI-komise „čistota ovzduší“) — 43.

### **Vodosnabženie i sanitarnaja tehnika (1976), č. 11**

— Povyšenie efektívnoti raboty vodoočistnych stancij chozjastvenno-pit'evykh vodoprovodov (Zvýšení účinnosti práce čistíren vody pro hospodářské vodovody pro pitnou vodu) — *Porjadin A. F., Mitjanin V. M.*, 5—8.

— Očistka prirodnych vod elektroforetičeskim metodom (Čištění přírodních vod elektroforézou) — *Vejcer Ju. I., Kolobova Z. A., Apel'cina E. I.*, 8—12.

— Vintolopastnoj gidrociklon dlja predvaritel'nogo osvetlenija vody (Cyklón se šroubovitými lopatkami pro předběžné čerání vody) — *Melkumov M. D.*, 12—14.

— Aerotenki s trubooeratorami dlja očistki stočnykh vod (Aktivační nádrže s turbínovými provzdušňovači pro čištění odpadních vod) — *Lomanas A. P., Ovsjanikov V. G., Dmuchažlo E. I.*, 14—16.

— Sistemnyj podchod k avtomatizacii proektirovanija ustrojstv otopenija (Systémový přístup k automatizaci projektování vytápěcích zařízení) — *Stepanova T. A.*, 16—19.

— Individual'noe otopenie rabočich mest v promyšlennych zdanijach (Individuální vytápění pracovišť v průmyslových budovách) — *Poličarpov V. F.*, 20—22.

— Íspol'zovanie svetovogo efekta svarnoj dugi v ventilacionnoj tehnike (Využití světelného jevu svařovacího oblouku ve větrací technice) — *Bronštejn R. M.*, 27.

— Teplotečničeskije charakteristiki plastinčatych mnogočodnykh kaloriferov (Teplně-technické charakteristiky deskových vícečodných kaloriferů) — *Fil'nej M. I., Livšic G. D.*, 28—30.



## Vodosnabženie i sanitarnaja technika (1976), č. 12

— Opredelenie koeficienta predel'noj intenzivnosti stoka pri rasčete doždevoj kanalizaciji (Určeni koeficientu mezni intenzity odtoku při výpočtu kanalizace pro odvod dešťové vody) — *Revuškin Ju. M.*, 7—8.

— Regulirovanie solesoderžanija pit'evoj vody, polučaemoj iz distilljata (Regulace obsahu solí v pitné vodě, získané z destilátu) — *Jegorov A. I., Ipatov P. F., Morozova I. S.*, 9—10.

— Vybór rasčětných parametrov i intenzifikacija raboty ilových ploščadok (Volba výpočtových parametrů a intenzifikace práce kalových nádrží) — *Turovskij I. S.*, 10—13.

— Energetičeskaja effektivnost' primenenija potoločnych ventiljatorov v životnovodčeskich pomeščeniach (Energetická efektivnost použití stropních ventilátorů v prostorech určených k chovu dobytka) — *Bystrickij D. N., Gel'man N. A., Jegnazarov A. G., Trunov S. S.*, 14—16.

— Rasčēt sistemy teplosnabženiya so smešanoj schemoj vključeniya vodonagrevatelej i nasosom podmešivajina (Výpočet systému zásobování teplem se smíšeným zapojením ohřivačů vody a směšovacího čerpadla) — *Zaks M. L., Leont'eva T. K.*, 17—21.

## Vodosnabženie i sanitarnaja technika (1977), č. 1

— Magnitnaja obrabotka stočnych vod ot mokroj gazoočistki martenovskich pečej Dneprovskogo metallurgičeskogo zavoda (Magnetické zpracování odpadních vod z mokrého čištění martinských pecí Dněperského hutního závodu) — *Šachov A. I., Duškin S. S.*, 7—8.

— Naturnye issledovanija vodopriemnogo sooruženija iz stratificirovannogo vodoema (Modelové výzkumy jímadla vody z hlubokého vodojemu) — *Vitreško I. A.*, 9—10.

— Očistka stočnych vod nebolšich severnych poselenij (Čištění odpadních vod malých severních osad) — *Močalov I. P.*, 11—13.

— Za dalnejšee razvitie primenenija sanitarnotechničeskich kabin (Další rozvoj sanitárně technických kabin) — *Livčak I. F.*, 14—19.

— Vlijanie konstruktivnych i temperaturnych uslovij na teploobmen v orošaemych vozduchonagrevateljach (Vliv konstrukčních a teplotních podmínek na výměnu tepla ve zvlhčovaných ohřivačích vzduchu) — *Rajak M. B.*, 19—21.

— Dvuchtrubnye sistemy otopenija povyšenoj ustojčivosti (Dvoupotrubní vytápěcí systémy se zvýšenou stabilitou) — *Skanavi A. N., Strečuk M. N.*, 22—24.

— Opyt stroitelstva malých lučevých vodozaborov (Zkouška stavby zařízení paprskovitého jímání vody) — *Žukov N. Ja.*, 28—30.

— Reguljatory temperatury prjamoogo dejstvija dlja sistem otopenija (Přímochinné regulátory teploty pro vytápěcí systémy) — *Sergeev I. S., Tabačnik B. L.*, 33—35.

## Vodosnabženie i sanitarnaja technika (1977), č. 2

— Nekotorye voprosy teorii i rasčeta diskovyh vraščajuščichsja boilogičeskich fil'trov (Některé otázky teorie a výpočtu diskových rotačních biologických filtrů) — *Dmitrievskij N. G.*, 4—6.

— Opredelenie raschoda židkosti i gaza v truboprovodach po skorosti v odnoj točke poperečnogo sečeniya (Určeni průtoku kapaliny a plynu v potrubích podle rychlosti v jednom bodě příčného průřezu) — *Lobačev P. V., Lastočkin A. A.*, 6—10.

— Predvaritel'naja očistka gorodskich stočnych vod s ispol'zovaniem sposoba flotacionnoj biokoaguljacji (Předčištění městských odpadních vod způsobem floatační biokoagulace) — *Sinev O. P., Ignatenko A. P.*, 10—12.

— Učet solnečnoj radiacii pri pofasadnom regulirovanii otpuska tepla (Výpočet slunečního záření při regulaci výdeje tepla u fasády) — *Madorskij I. S., Dračnev V. G.*, 15—17.

— Rezu'taty issledovanija vichervoj trubny nizkogo davlenija (Výsledky výzkumu nízkotlaké vírové trubice) — *Kokorin O. Ja., Dyskin L. M., Agafonov B. A.*, 18—20.

— Ispol'zovanie metoda rasseivaniya promyšlenných vybrosov v atmosfere (Použití metody rozptýlu nečistot v atmosféře) — *Dončenko E. G., Kun M. Ju.*, 20.

— Grafo-analitičeskij sposob podbora vozdušno-otopitel'nych agregatov (Grafickoanalytický způsob volby vzduchových vytápěcích agregátů) — *Elin M. M., Buchbinder M. M., Batura N. E.*, 21—23.

— Ispol'zovanie neftjanogo koksa v kačestve fil'trujuščego materiala (Použití ropného koksu jako filtračního materiálu) — *Sajfutdinov K. Z.*, 26—27.

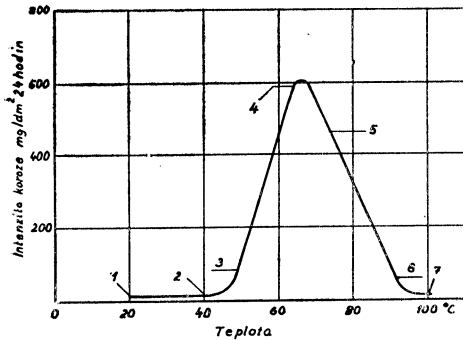
— Issledovanie dinamiki teploobmena v kaloriferných ustanovkach (Výzkum dynamiky výměny tepla v kaloriferních zařízeních) — *Tojchert L.*, 29—31.

— Nekotorye tendencii naučno-techničeskogo progressa v proizvodstve otopitel'nych priborov (Některé tendence vědecko-technického pokroku ve výrobě vytápěcích zařízení) — *Basin G. L.*, 32—34.

— Uproščemaja pritočnaja ventiljacionnaja ustanovka (Zjednodušené přetlakové větrací zařízení) — *Iivinskij B. V.*, 34.

## ● Vhodná teplota teplé užitkové vody

Podle článku 113 ČSN 38 3350 Zásobování teplem, všeobecné zásady — navrhování „teplota vody dodávané do soustavy pro zásobování teplou užitkovou vodou nesmí pře-



Obr. 1. Závislost rychlosti koroze na teplotě vody (1 — rosolovitě silně přiléhající zplodiny koroze, 2 — méně rosolovitě nepřiléhající zplodiny, 3 — spíše zrnité nepřiléhající zplodiny, 4 — rozhodující zrnité zplodiny, 5 — přechod na kompaktní šupiny, 6 — kompaktní přiléhající šupinovitě zplodiny, 7 — kompaktní silně přiléhající zplodiny). stoupit 65 °C,

teplota teplé užitkové vody v místě se uvažuje 55° C“.

Tento předpis vychází ze snahy chránit spotřebitele teplé vody před opařením a ze snahy zmírnit koroze rozvodných potrubí, o nichž se předpokládalo, že jejich rychlost je při teplotách 55 °C až 60 °C ještě mírná.

V polské publikaci Ciepłownictwo od prof. W. Kamlera se s odvoláním na spis N. V. Tomaszowa: Teoria korozji i ochrony metali, PWN Warszawa 1962 uvádí, že rychlost koroze zinku ve vodě z městských vodovodů závisí na struktuře korozních zplodin: Při teplotách nižších než 50 °C vzniká na zinku vrstvička gelu s dobrou přilnavostí a ochrannými vlastnostmi, při teplotách 50 °C až 90 °C vrstvička zrnitá a špatně přiléhající se špatnými ochrannými vlastnostmi a při teplotách vyšších než 90 °C se znovu tvoří nepropustná dobře přiléhající vrstvička hydroxidu zinku.

Závislost rychlosti koroze na teplotě vody je znázorněna na diagramu v obr. 1, rovněž ze spisu prof. W. Kamlera.

Z obrázku je patrné, že intenzita koroze prudce vzrůstá při teplotách vyšších než 50 °C až do teploty asi 65 °C, takže v zájmu prodloužení životnosti rozvodů a ohříváků užitkové vody bylo by výhodnější ohřívat užitkovou vodu na teplotu jen asi 50 °C, což by zároveň snížilo i tepelné ztráty rozvodných potrubí, popřípadě i tepelných sítí při centralizovaném zásobování teplem.

Mikula

ztv

4

Zdravotní technika a vzduchotechnika. Ročník 20, číslo 4, 1977. Vydává Česká vědeckotechnická společnost, komitét pro životní a pracovní 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, 65607 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. 20, 1977 (6 issues) Dutch Glds. 58,— (DM 56,—). Toto číslo vyšlo v srpnu 1977.

© Academia, Praha 1977.