

Prof. Ing. Karel HEMZAL, CSc.
 ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
 Ústav techniky prostředí
 Ing. Zdeněk LERL
 TZB spol. s r.o. Praha

Tlakové ztráty v okruzích s nemrznoucí směsí

Pressure Losses in Circuits with Non-freezing Mixtures

Recenzent
 doc. Ing. Karel Brož, CSc.

Fyzikální veličiny nemrznoucích kapalin (směsí vody a vhodné příměsi, které mají nižší teplotu tuhnutí než 0 °C) zvětšují tlakové ztráty ve vodních okruzích a zhoršují přestup tepla v trubkách výměníků. Významné je zvýšení odporu proudění vzhledem k vodě zejména při nízkých teplotách a při vysokých koncentracích příměsi. V příspěvku jsou uvedena analytická vyjádření hustoty a viskozity na koncentraci příměsi (propylen glykolu) a na teplotě směsi. Údaje jsou použitelné k výpočtům tlakových ztrát třením, pro něž je uveden algoritmus. Příklad výpočtu a rozbor citlivosti výsledků na odchylky vstupních veličin jsou uvedeny v závěru.

Klíčová slova: nemrznoucí směsí, glykol, propylen glykol, tlakové ztráty, tření, tlakový spád

Physical parameters of non-freezing liquids (mixtures of water and suitable additives with freezing temperature lower than 0 °C) enlarge the pressure losses in the water circuits and worsen the heat transfer in tubes of heat exchangers. The increase of flow resistance in comparison to water is significant especially at low temperatures and high concentrations of additives. The article presents the analytical relationship of the density and viscosity in dependence on the additives concentration (propylene glycol) and mixture temperature. The data are applicable to calculations of pressure losses by friction for which the algorithm is presented. In conclusion, the calculation example and an analysis of the results' sensitivity to deviations of input quantities are also presented.

Key words: non-freezing mixture, glycol, propylene glycol, pressure losses, friction, pressure drop



Ústav techniky prostředí

Směs vody a glykolu se používá v zařízeních, která jsou vystavována teplotám pod 0 °C. Typickými příklady jsou zařízení zpětného získávání tepla s výměníky, propojenými vodními okruhy, nebo solární zařízení s vodními kolektory. Proudění směsi, zajišťované většinou čerpadly, je bržděno tlakovými ztrátami, jejichž dominantní složkou jsou ztráty třecí. Ty vznikají v celém objemu proudící tekutiny (v celém průřezu i po celé délce potrubí) a jsou vyjádřeny v potrubí stálého průřezu poklesem statického tlaku (při proměnném průřezu potrubí, změnou celkového tlaku)

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho}{2} w^2 \quad [\text{Pa}]$$

nebo tlakovým spádem

$$R = \frac{\Delta p}{L} \quad [\text{Pa/m}]$$

Součinitel tření λ závisí v proudící tekutině na Reynoldsově čísle $Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$ (kde μ je viskozita tekutiny) a na ekvivalentní drsnosti potrubí ε

(na poměrné drsnosti ε / d). Viskozita μ a hustota tekutiny ρ jsou silně závislé na koncentraci glykolu ve směsi a na teplotě směsi.

Praktické úlohy spočívají ve výpočtu tlakového spádu R při **zadaných hodnotách veličin:**

- hmotnostního průtoku $M = \rho \cdot w \cdot \pi \cdot d^2 / 4$ [kg/s],
- průměru potrubí d [m],
- ekvivalentní drsnosti ε [m],
- teploty t [°C], a
- koncentrace příměsi C [%].

Je účelné zpracovat výpočet v Excelu, pro který jsou nutná analytická vyjádření potřebných veličin na zadaných parametrech. Vyjádření dvou důležitých veličin, viskozity a hustoty na teplotě a koncentraci propylen glykolu ve směsi s vodou, bude odvozeno v následujícím odstavci.

VISKOZITA A HUSTOTA NEMRZNOUCÍ SMĚSI

V příspěvku se budeme zabývat především propylen glykolem (PGL), na němž jsou založeny u nás používané příměsi s obchodními názvy Solaren (cca 48% roztok PGL) a Friterm (cca 93 % PGL). Tyto látky se liší zejména

inhibitory, které zajišťují jejich nekoroziivnost vůči kovům a těsněním spojů. Méně vhodnou příměsí je etylen glykol, u nás např. Fridex, především pro jeho jedovatost. Naproti tomu, u Solaru se uvádělo [10], že „Solar je možno likvidovat rozstříkáním po kompostu, kde se s výhodou uplatní dusíkaté složky přípravku“.

Z podkladů výrobce příměsí, uvedených v [4] a v technických příručkách [5, 6] byla odvozena rovnice pro analytické stanovení obou vlastností vodní směsi průmyslově inhibovaného propylen glykolu. Vztahy byly odvozeny rozбором průběhů parametrických závislostí tabelárních hodnot (Tab. 1 a 2, platné pro průmyslově inhibovaný PGL) zobrazených do grafů.

Hustota Solarenu a PGL podle Tab.1 (při 50% podílu PGL v Solarenu) se liší max. o 0,7 %, hustota Fritermu o 0,9 %. Shoda je tedy pro praktické výpočty dostatečná a do výpočtu je možné použít kterýkoliv z citovaných podkladů s údaji hustoty.

Viskozita Solarenu se od viskozity PGL podle Tab. 2 liší poněkud více než hustota. Výsledky výpočtu odchylek (po přepočtu údajů kinematické viskozity podle [4]) ukazují na dobrou shodu při koncentracích PGL 40 % (odpovídající koncentraci Solarenu 80 %) a na větší odchylku zejména při -20 °C a koncentraci PGL 50 % (odpovídající koncentraci Solarenu 100 %).

Pro **hustotu propylen glykolu** ve směsi s vodou při koncentraci příměsi C [%] a při teplotě směsi t [°C], byla navržena funkce

$$\rho(C, t) = a_1 \cdot C^2 + a_2 \cdot C + a_3 \quad [\text{kg/m}^3],$$

kde koeficienty a_i jsou závislé na teplotě

$$a_i(t) = b_1 \cdot t^2 + b_2 \cdot t + b_3$$

s hodnotami koeficientů b_i podle tabulky

Koeficienty b_i pro výpočet $a_i(t)$	b_1	b_2	b_3
a_3	-0,0036	-0,0611	1000,1
a_2	5,00E-05	-0,0069	0,6821
a_1	-3,00E-07	2,00E-05	0,0011

Tab.1 Hustota směsi vody a propylen glykolu [kg/m³] (podle [6])

Teplota [°C]	Koncentrace [% obj.]								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
-20					1060,49	1067,72	1073,74	1083,49	1081,46
0	1013,85	1025,84	1036,24	1045,12	1052,71	1059	1069,09	1068,49	1066,46
20	1008,13	1019,01	1028,35	1036,24	1042,87	1048,25	1052,44	1053,12	1051,09
40	1000,46	1010,16	1018,42	1025,3	1030,98	1035,47	1038,81	1037,38	1035,35
60	990,82	993,31	1006,44	1012,3	1017,04	1020,66	1023,19	1021,27	1019,24
80	979,23	986,44	992,42	997,25	1001,05	1003,81	1005,57	1004,79	1002,76
100	965,68	971,56	976,36	980,14	983	984,94	985,97	987,94	985,91

Tab. 2 Viskozita směsi vody a propylen glykolu [mPa.s] (podle [6])

Teplota [°C]	Koncentrace [% obj.]								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
-20					73,03	138,0	215,67	368,8	696,09
0	2,68	4,05	7,08	12,37	18,4	31,32	45,74	74,45	122,03
20	1,42	2,02	3,06	4,57	6,65	10,04	14,15	21,04	33,38
40	0,89	1,18	1,63	2,21	3,11	4,25	5,84	7,99	12,49
60	0,62	0,78	1,01	1,3	1,75	2,22	2,98	3,82	5,85
80	0,46	0,56	0,7	0,88	1,12	1,35	1,77	2,18	3,22
100	0,35	0,43	0,53	0,66	0,79	0,92	1,18	1,42	2

Kontrolní výpočet ukázal dobrou shodu vypočtených hodnot s tabelárními (viz Tab. 4), pro teploty od -20 °C do 100 °C a při koncentracích PGL 20 až 60 % (odchylky do 2 %).

Vztah pro **viskozitu propylen glykolu** byl předpokládán ve tvaru

$$\mu = A(t) \cdot \exp[n(t) \cdot C] \quad [\text{mPa.s}],$$

kde

$$A(t) = B_6 \cdot t^6 + B_5 \cdot t^5 + B_4 \cdot t^4 + B_3 \cdot t^3 + B_2 \cdot t^2 + B_1 \cdot t + B_0$$

s koeficienty B_i podle tabulky

i	B_i
6	4,82E-11
5	-1,47385E-08
4	1,73529E-06
3	-0,000100725
2	0,003218067
1	-0,072102417
0	1,668549999

a s exponentem

$$n(t) = 1,34E - 08 \cdot t^3 - 4,098E - 07 \cdot t^2 - 0,0003503 \cdot t + 0,0469212.$$

Odchylky vypočtených a výchozích tabelárních hodnot jsou u viskozity od +9,7 do -13 % (viz Tab. 5). Tuto přesnost považujeme pro technické výpočty za dostatečnou. Výpočet (zde neuvedeným) byla kontrolována přesnost modelu v podkladu [5], kde odchylky jsou +27 až -31 %.

Pro výpočet okruhů s **příměsí Solarenu** platí uvedené vztahy pro PGL s koncentracemi příměsí PGL polovičními. Tak například pro 80% Solaren platí vztahy pro 40% směs propylen glykolu.

Teplota [°C]	Koncentrace PGL [% obj.]		
	30	40	50
-20			20
0	13	-7	2
20	15	1	-1
40	12	9	1
60	10	4	4
80	8	2	4
100	1	-6	-2

Tab. 3
Odchylky viskozity
(Kramoliš – ASHRAE)
/ ASHRAE*100 [%]

t [°C]	C [% obj.]	Výpočet	ASHRAE	dif [%]
60	40	1003	1012	0,9
0	50	1037	1053	1,5
100	40	978	980	0,2
0	20	1014	1026	1,1
-20	50	1043	1060	1,6
-20	80	1071	1083	1,2
20	80	1051	1053	0,2
100	20	968	972	0,4
20	60	1036	1048	1,2
20	40	1022	1036	1,4
0	60	1045	1059	1,3

Tab. 4
Kontrolní výpočet
hustoty PGL
[kg/m³].
Rozdíly dif = 100*
(výpočet – ASHRAE)
/ASHRAE

Obdobným způsobem byly odvozeny vztahy pro **hustotu a viskozitu příměsí Friterm** (92 až 94 % propylen glykolu). Použity byly hodnoty poskytnuté Spolanou. Koeficienty pro výpočet hustoty směsi vody a Fritermu jsou v následující tabulce.

Koeficienty b_i pro výpočet $a_i(t)$	b_1	b_2	b_3
a_3	-0,00349	-0,05635	998,6568
a_2	7,51E-05	-0,01446	1,613579
a_1	-5,7E-07	0,00009	-0,008771

Pro **kinematickou viskozitu** Fritermu

$$v = \mu / \rho = A(t) \cdot \exp[n(t) \cdot C] \quad [\text{mm}^2/\text{s}]$$

byl odvozen vztah s exponentem n ve tvaru polynomu čtvrtého stupně

$$n(t) = (1,65E - 10) \cdot t^4 - (5,4964E - 08) \cdot t^3 + (7,212566E - 06) \cdot t^2 - 0,000645832 \cdot t + 0,051321$$

$$a \text{ s } A(t) = B_6 \cdot t^6 + B_5 \cdot t^5 + B_4 \cdot t^4 + B_3 \cdot t^3 + B_2 \cdot t^2 + B_1 \cdot t + B_0$$

s koeficienty B_i podle tabulky

i	B_i
6	-2,840000E-12
5	8,355000E-10
4	-8,587279E-08
3	2,010023E-06
2	3,255338E-04
1	-3,351349E-02
0	1,413746E+00

Tab. 5 Kontrolní výpočet viskozity PGL [mPa.s].
Rozdíly dif = 100* (výpočet – ASHRAE) / ASHRAE

t [°C]	C [% obj.]	Výpočet	ASHRAE	dif [%]
0	10	2,67	2,68	-0,5
0	40	10,90	12,37	-11,9
0	60	27,86	31,32	-11,0
0	90	113,85	122,03	-6,7
-20	40	47,3	46,8	1,1
-20	60	138,36	137,96	0,3
-20	80	405	368,8	9,7
-20	90	692	696,09	-0,6
20	90	34,02	33,38	1,9
20	60	10,29	10,04	2,5
20	40	4,64	4,57	1,5
20	10	1,40	1,42	-1,2
20	0	0,94	1	-5,9
100	90	1,74	2	-13,0
100	60	0,92	0,92	0,2
100	20	0,39	0,43	-8,1
100	10	0,32	0,35	-8,7
60	40	1,34	1,3	2,9
-15	40	31,38	33,22	-5,6

ALGORITMUS VÝPOČTU TLAKOVÉ ZTRÁTY TŘENÍM

Pro výpočty jsou zadanými hodnotami: hmotnostní průtok M [kg/s], průměr trubky d [m], její drsnost ε [m], koncentrace příměsi C [%] a teplota směsi t [°C]. Hledán je součinitel tlakové ztráty třením λ [-] nebo tlakový spád R [Pa/m]. Pro jejich výpočet byly vztahy upraveny na závislosti na zadaných veličinách.

Pro laminární proudění, které nastává a je stabilní (nebo se stabilizuje) při $Re \leq 2320$, je součinitel tření

$$\lambda = 64 / Re = 16 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d / M$$

a tlakový spád

$$R = 128 \frac{\mu \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot d^4}$$

Pro turbulentní proudění, za něž je vhodné považovat každý případ, kdy $Re > 2320$ je [1, 7] součinitel tření

$$\lambda = \frac{1,306}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

a tlakový spád

$$R = \frac{8 \cdot \lambda \cdot M^2}{\rho \cdot \pi^2 \cdot d^5}$$

Tab. 6 Porovnání tlakového spádu zjištěného výpočtem s tabelárním v [4]

Určit tlakový spád	SOLAREN (50%PGL)		laminární	turbulentní	turbulentní	turbulentní	turbulentní
Průtok	M	kg/h	320	560	1000	1100	1100
Průměr	d	mm	16	16	16	16	25
Drsnost (Cu)	ε	mm	0,0063	0,0063	0,0063	0,0063	0,0063
Koncentrace PGL	C	%	30	30	50	30	30
Teplota	t	°C	20	40	20	80	80
Hustota	ρ	kg/m ³	1016	1008	1029	986	986
Viskozita	μ	mPa.s	3,11	1,67	6,91	0,69	0,69
Reynoldsovo číslo	Re	-	2274	7428	3202	35462	22695
Součinitel tření	λ	-	0,0282	0,0319	0,0405	0,0225	0,0241
Rychlost	w	m/s	0,44	0,77	1,34	1,54	0,63
Tlakový spád (He)	R	Pa/m	169	593	2351	1645	190
"Kramoliš" [4]	R	Pa/m	190	638	2026	1752	204
Odchylka $R = 100^*$ (Kramoliš-He)/He		%	11,9	7,7	-13,8	6,5	7,5

Tab. 7 Citlivost výsledků výpočtu tlakového spádu na odchylky vstupních parametrů

Citlivost modelu	SOLAREN	základ	10 %	-10 %	-10 %	10 %	-10 %	10 %	-10 %	10 %	-10 %	10 %
Průtok	M	kg/h	560	560	560	560	560	504	616	560	560	560
Průměr	d	mm	16	16	16	16	16	16	16	16	14,4	17,6
Drsnost (Cu)	ε	mm	0,0063	0,0063	0,0063	0,0063	0,0063	0,0063	0,0063	0,0057	0,0069	0,0063
Koncentrace PGL	C	%	30	30	30	27	33	30	30	30	30	30
Teplota	t	°C	20	22	18	20	20	20	20	20	20	20
Hustota	ρ	kg/m ³	1016	1015	1016	1014	1018	1016	1016	1016	1016	1016
Viskozita	μ	mPa.s	3,113	2,924	3,315	2,762	3,508	3,113	3,113	3,113	3,113	3,113
Reynoldsovo číslo	Re	-	3979	4235	3736	4484	3531	3581	4377	3979	3979	4421
Součinitel tření	λ	-	0,0380	0,0373	0,0387	0,0367	0,0393	0,0392	0,0369	0,0379	0,0380	0,0369
Rychlost	w	m/s	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,69	0,84	0,76	0,76	0,94
Tlakový spád (He)	R	Pa/m	700	688	713	677	724	585	823	699	701	1151
Odchylka R	dif	%	-	-2	2	-3	3	-16	18	0	0	64

V těchto vztazích je pro Reynoldsovo číslo použita úprava (s kinematickou viskozitou $\nu = \mu / \rho$)

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{M \cdot 4}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} \cdot \frac{d \cdot \rho}{\mu} = \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot d \cdot \mu}$$

Poznámka ke „kritické oblasti proudění“, za niž se pokládá proudění v oblasti při Re nad kritickou hodnotou 2320 do hodnoty $Re = 4000$. Vhodným ukliďněním proudění na vstupu do potrubí (hladký zaoblený vstup, nevířící pohyb tekutiny v nádrži apod. [3]) lze dosáhnout laminární mikrostruktury proudění i do značně větších Re (uvádí se 80 000 i více [2]). Laminární mikrostruktura však není při $Re > 2320$ stabilní. Náhodným vzruchem náhle přechází laminární proudění v turbulentní s podstatně větší tlakovou ztrátou třením.

Tento jev vyvolá, podle spolupráce s hybným účinkem (tlakem čerpadla podle tlakové charakteristiky nebo gravitačním teplotním vztlakem), pokles rychlosti a návrat k laminárnímu proudění. Tím poklesnou tlakové ztráty, což je příčinou nového zvýšení rychlosti průtoku a děj se periodicky opakuje. Podnětem rozkolísání průtoku může být také změna viskozity, způsobená ohříváním nebo zejména ochlazováním proudící kapaliny.

Takový nestabilní chod zařízení není většinou žádoucí ani přípustný, proto se kritické oblasti poučený technik snaží vyhnout již při návrhu zařízení.

Výše uvedený postup dimenzování se zvýšenými ztrátami třením počítá a má na chod stabilizační účinek.

V některých podkladech [např. 4] se doporučuje interpolační postup výpočtu. V této nestabilní oblasti proudění může tento postup dimenzování vést k vážným provozním poruchám v důsledku poddimenzování zařízení.

PŘÍKLAD VÝPOČTU

Několik vybraných příkladů je v Tab. 6. Hodnoty vstupních veličin jsou v technických rozměrech. Při výpočtu tlakového spádu je postup větven podle hodnoty Re vůči kritické $Re = 2320$ na laminární nebo turbulentní algoritmus. V závěrečném řádku jsou výsledky porovnány s hodnotami v tabulkách podle [4]. V některých případech jsou odchylky značné. V kritické oblasti proudění jsou způsobeny rozdílnou filozofií výpočtu. V turbulentní oblasti je shoda výsledků dobrá, v mezích přesnosti technických výpočtů.

Po sestavení algoritmu výpočtu do tabulkového procesoru je možné jednoduše testovat citlivost výsledků. Výsledky výpočtu změn tlakového spádu při odchylkách vstupních veličin (o 10 %) jsou v tab. 7. Pro danou veličinu je vždy ve dvou sloupcích červeně vyznačena hodnota spodní a horní meze při odchylce 10 % a v posledním řádku vliv změny uvedené veličiny na odchylku hodnoty tlakového spádu R . Z tabulky je patrné, že největší vliv mají (pro zadané základní hodnoty) změny průtoku kapaliny a zejména průměru potrubí, který je ve vztahu pro tlakový spád v páté mocnině (při turbulentním proudění). Naproti tomu zvolená odchylka drsnosti se neprojeví.

ZÁVĚR

Předností navrženého postupu je jeho obecné použití. Zatím co tabulky [4] jsou omezeny na teploty 20, 40 a 80 °C a koncentrace Solarenu 60, 80, 100 % (které odpovídají koncentracím PGL 30, 40, 50 %), je doporučeným postupem možné počítat obvody s teplotami od -20 do 100 °C s libovolnými koncentracemi PGL v rozsahu 10 až 90 %. Výpočet plně nahradí útržkovité údaje v různých podkladech [4, 5, 8, 9, 10, 11], které jsou uvedené většinou jen pro vybrané teploty a některé koncentrace příměsí. Pro široký rozsah platnosti je postup využitelný nejen v solárních zařízeních ale i pro ZTZ ve vzduchotechnických zařízeních s rekuperačními žebrovanými výměníky umístěnými v proudu zpětného (odpadního) vzduchu a v proudu vzduchu venkovního, propojenými kapalinovým okruhem (voda s nemrznoucí příměsí).

Předpokladem výpočtu je konstantní teplota směsi po délce uvažovaného potrubí. Při proměnné teplotě je možné rozdělit potrubí na úseky a výslednou tlakovou ztrátu (nikoliv tlakový spád) sečíst. Integrovaný postup by vyžadoval použití některou z numerických metod řešení integrálů, které nemají analytické řešení. Použitelná je metoda tabulkového výpočtu v Excelu, která umožňuje prohlížet jednotlivé hodnoty výpočtu. Mnohem pružnější je vytvořit program ve Visual Basicu. Tyto postupy přesahují rámec našeho příspěvku.

Kromě hydrauliky okruhů je důležitou také znalost přestupu tepla v trubkách výměníků. Při poklesu Re pod 5000 klesá přestup tepla z turbulentní do laminární oblasti přestupu tepla při vynucené konvekci a součinitel přestupu tepla v trubce je tak malý, že výrazně snižuje součinitel prostupu tepla výměníku [12, str. 305]. Potřebné zvýšení rychlosti (až na 1,5 m/s) k dosažení $Re = 5000$ příliš zvyšuje tlakové ztráty. Náklady na provoz čerpadla pak zhoršují ekonomii ZTZ. Tato problematika vyžaduje samostatný rozbor a kvantifikaci a přesahuje rámec našeho příspěvku.

Poděkování. Příspěvek byl vytvořen s podporou výzkumného záměru Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy, MSMT – 6840770011.

Použité zdroje:

- [1] Hemzal K.: Součinitel tření při proudění tekutin – komparace vztahů. VVI 1/2003, s. 30–32, ISSN 1210-1389
- [2] Maštovský O.: Hydromechanika. SNTL Praha 1964
- [3] Bauer – Brůha – Jaňour: Základy proudění. Technický průvodce 18, ČMT Praha 1950
- [4] Kramoliš P. – Vrtek M.: Solaren (Tabulky pro stanovení hydraulické ztráty třením...). Technické vydavatelství. Praha 2004. ISBN 80-903261-1-0
- [5] Properties of Working Fluids – Brines. M. Conde Engineering. Zurich 2002
- [6] 2005 ASHRAE Handbook. Fundamentals. Atlanta USA. ISBN 1-931862-71-0 – údaje podle Dow Chemical (2001a)
- [7] Recknagel – Sprenger – Schramek: Taschenbuch für Heizung+Klima Technik. Oldenbourg Industrieverlag München. 2005. ISBN 3-486-26560-1
- [8] Srnka J.: Výpočet teplosměnných okruhů s glykolovými nemrznoucími kapalinami. Projekční podklady. Klimatizace Janka. Příloha D 4-04
- [9] Čermák J.: Směrnice pro projekci a provoz systémů ZTZ s nemrznoucí kapalinou. Klimatizace Janka. Příloha G 6-02
- [10] Matějček J.: Nemrznoucí kapalina Solar. Klimatizace 42, 1983, Janka, s. 23–24
- [11] Schwarzer J.: Intenzifikace kapalinového okruhu pro ZTZ. Diplomová práce. ČVUT v Praze Fakulta strojní, Katedra techniky prostředí. 16/1994
- [12] Chyský J., Hemzal K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce 31. Bolit B-press Brno, 1993. ISBN 80-9011574-0-8.0020. ■

* Porovnání filtrů se skleněnými a syntetickými vlákny

Odborník na filtraci vzduchu, prof. F. Reichert, vypracoval na podkladě požadavků na testování filtrů podle DIN EN 779 studii porovnávající filtry se skleněnými a syntetickými vlákny, mj. s těmito výsledky:

Porovnáním kapsových filtrů třídy F7 na prvním stupni filtrace bylo zjištěno, že skleněné filtry i za proměnlivých klimatických podmínek si po dobu testování (cca 3 měsíce) zachovávají, příp. mírně zvyšují svou účinnost, u syntetických filtrů počáteční účinnost znatelně klesla. Tuto skutečnost připisuje autor okolnosti, že vlivem nánosu vodivého podílu prachu (sazi), za spoluúčasti vlhkosti, dochází k vybíjení elektrostaticky nabitých syntetických vláken.

Druhý stupeň filtrace byl zkoušen obdobným způsobem jako první. Zde se ukázalo, že ke druhému stupni nepronikla vlhkost v takové míře, aby ovlivnila účinnost syntetických filtrů a pokles jejich účinnosti nebyl zaznamenán, jako v prvním případě.

CCI 2/2006

(Ku)

* Skrytá vzduchotechnika ve Frauenkirche

V nově postaveném historickém chrámu Frauenkirche v Drážďanech, který byl koncem druhé světové války zničen nálety, musela být vzduchotechnika skryta. Úkol byl vyřešen především „zdrojovým“ větráním s centrály v prostoru bývalých krypt o celkovém výkonu 20 000 m³/h upraveného čerstvého vzduchu. Objemový průtok je možné plynule snižovat až na čtvrtinu.

Vzduchovody jsou umístěny jednak pod podlahou chrámu, jednak v dutinách u schodišť. Přívod vzduchu se děje panely s celkem 11 000 kulovými tryskami s nastavitelným směrem výfuku, začleněnými do výzdoby chrámu. Vzhledem k vysoké indukci se teplotní rozdíly 10 K v krátké vzdálenosti „odbourají“.

CCI 13/2005

(Ku)