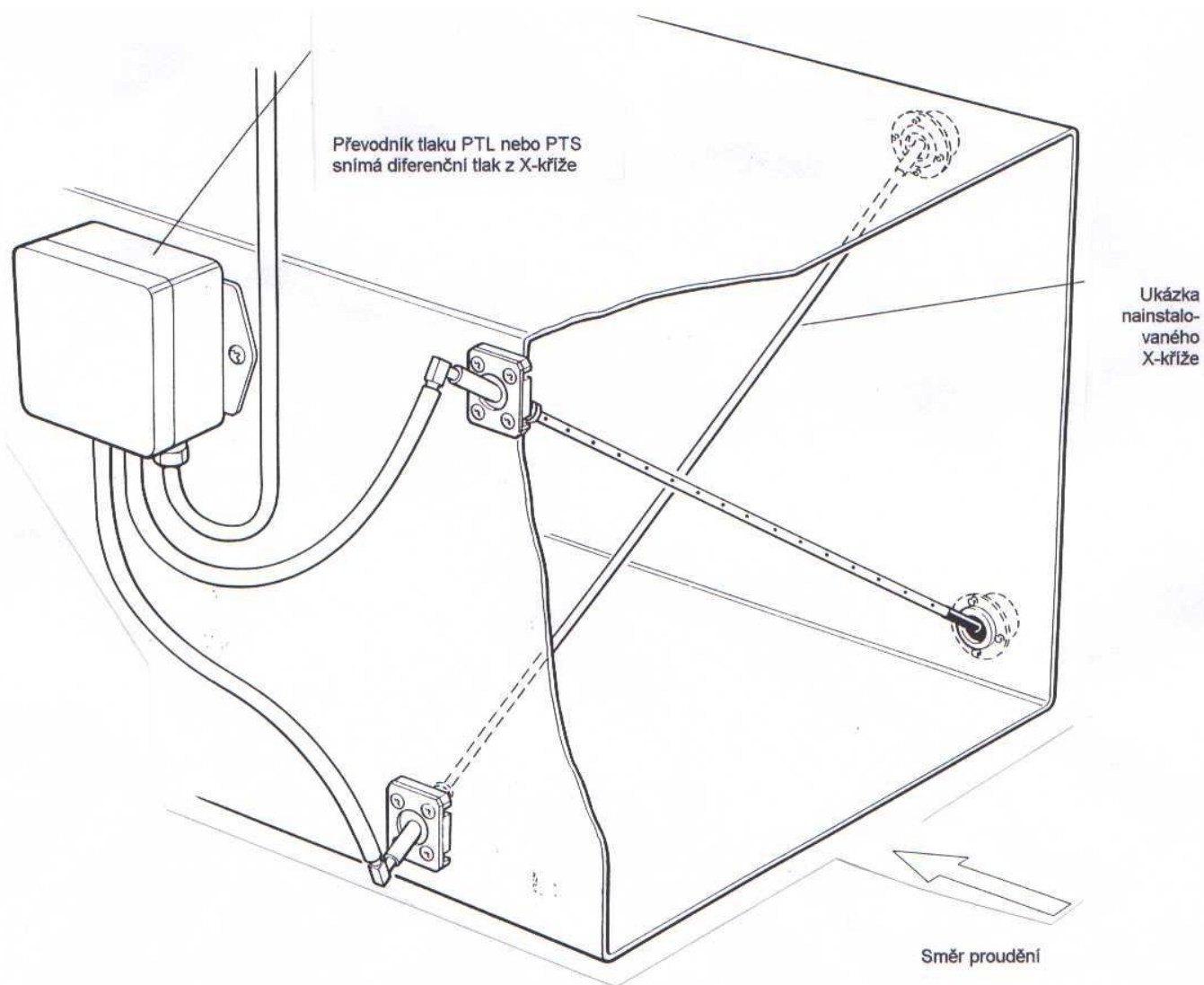


AIRFLOW

X-kříž



Obr. 1

Návod k instalaci a použití

Obsah

Název kapitoly	strana
1. Měřicí princip X-kříže	2
2. Konstrukce	2
3. Využití	2
4. Umístění	3
5. Provedení	3
6. Instalace	4
7. Kompletace systému	7
8. Převod výstupu	7
9. Charakteristiky X-kříže	9
10. Kalibrace po montáži	10
11. Neurčitost a opakovatelnost měření	11
12. Údržba	11

1. Měřicí princip

X-kříž patří do řady měřicích zařízení dodávaných firmou Airflow. Pokud chcete měřit objemový průtok přesněji doporučujeme použít Wilsonovy mříže.

X-kříž se skládá z dvou trubek namontovaných do pomyslných úhlopříček čtyřhranného nebo kruhového potrubí. V obou trubkách jsou vyvrtány rovnoměrně rozmístěné otvory. Jedna trubka se nastaví tak, aby otvory směřovaly kolmo proti směru proudění (snímá se celkový tlak). Druhá trubka se nastaví tak, aby otvory směřovaly kolmo po směru proudění (snímá se tlak v úplavu - tak zvaný sub-statický tlak). Celkový tlak a sub-statický tlak se průměrují po celé délce trubky a jejich rozdíl dává tlak diferenční (na odběrech mimo prostor potrubí). Z konektorů potom můžeme odečítat výstupní signál (diferenční tlak).

Pozn. X-kříž snímá diferenční tlak a dává diferenční tlakový signál. Není vhodný k měření statického tlaku v potrubí.

2. Konstrukce

Trubky X-kříže jsou zhotoveny z nerez oceli (BS 3605 321 S18). Ostatní materiály použité jsou PVC, Polyuretan, plasty a guma. Výstupní konektory mají průměr 6 mm a jsou určeny pro připojení hadiček (obvykle z PVC). X-kříž nesmí být použit v prostředí kde teplota přesahuje 80°C.

3. Využití

X-kříže můžeme s úspěchem použít ve všech čtyřhranných (případně kruhových) potrubních systémech a především tam, kde jiné standardní měřicí systémy nemůžeme použít např. clony pro svoji velkou tlakovou ztrátu.

X-kříže nemůžeme použít v systémech kde je médium s vysokou relativní vlhkostí a tam kde je vysoká koncentrace lepivého prachu, který může způsobit zalepení otvorů a tím i funkčnost X-kříže. V případě vyšší koncentrace doporučuje ponechat v blízkosti montážního místa X-kříže přístupový otvor pro případné čištění a údržbu X-kříže.

Signál z X-kříže můžeme zpracovat následujícími způsoby:

3.1 Diferenční tlak snímat vhodným mikromanometrem s displejem (volitelný zobrazovací výstup tj. tlak, rychlost nebo přímo objemový průtok).

3.2 Diferenční tlak přivést na kontaktní manometr se signálem (alarmem) překročení nebo podkročení nastavené hodnoty.

3.3 Diferenční tlak snímat převodníkem tlaku s unifikovaným výstupním elektrickým signálem a následně regulovat průtok vzduchu v systému.

3.4 Diferenční tlak snímat kapalinovým manometrem s možností vizuální kontroly průtoku a možným manuálním zásahem do systému.

4. Umístění

X-kříže umísťujeme do přímého úseku potrubí kolmo na osu potrubí (osu proudění), přičemž musíme dodržet následující pravidla:

4.1 Dodržte vzdálenost minimálně 3,5 hydraulického průměru (3,5 D) přímého potrubí před X-křížem bez větších překážek v potrubí před touto vzdáleností.

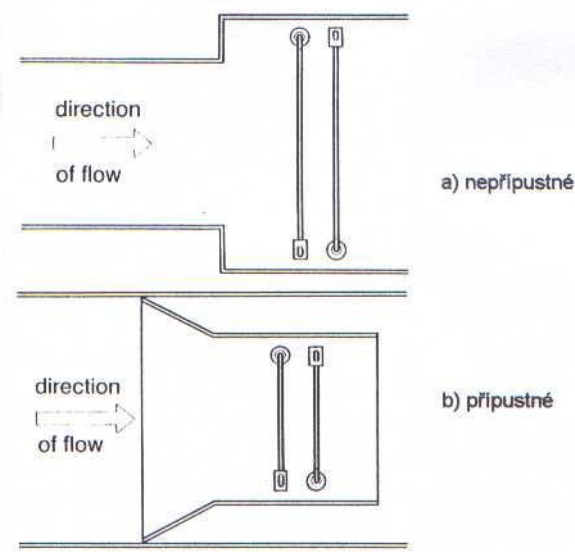
4.2 V případě větších překážek (pravoúhlé koleno, lopatky, tlumiče apod.) se řiďte podle tabulky v kapitole 11.1.

4.3 Dodržte vzdálenost minimálně 1D za X-křížem po směru proudění. Překážky bližší než 1D (např. zúžení nebo rozšíření potrubí) mohou zvýšit tlakovou ztrátu.

4.4 Vyvarujte se náhlému rozšíření potrubí před X-křížem (viz. obr. 2a).

4.5 Při nízké rychlosti v potrubí můžete využít zmenšení průřezu a tím zvýšení tlakových poměrů důsledkem vyšší rychlosti (viz. obr. 2b).

4.6 V případě trvalých turbulencí v potrubí doporučujeme instalovat před X-kříž (nejméně ve vzdálenosti 1D) usměrňovací stěnu (viz. BS 848 část 1 19980 str. 50). V případě omezeného prostoru použijte usměrňovací voštinovou stěnu, která dostatečně zrovnoměří proudění. V běžné praxi se může využít ke zrovnoměření proudění např. filtr VZT jednotky apod.



Obr. 2 Vliv místních změn průřezu potrubí

Pozn. Pro čtyřhranné potrubí se určí hydraulický průměr jako $D = (\text{šířka} + \text{výška})/2$

5. Provedení

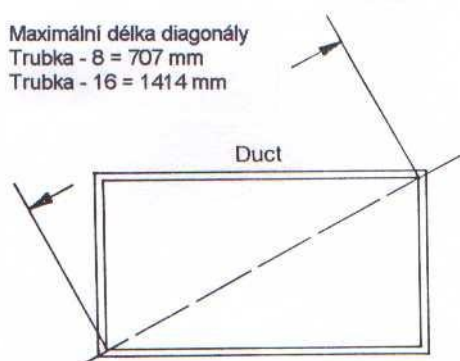
X-kříže jsou dodávány v kompletní sadě zabalené v dlouhém tubusu v požadované délce (dle katalogového čísla). Airflow dodává k X-křížům i jejich charakteristiky. To umožňuje instalovat X-kříže bez speciální kalibrace (pokud se spokojíte s přesností uvedenou v kapitole 11).

Pokud požadujete vyšší přesnost, musíte X-kříže zkalibrovat po jejich instalaci (viz. kapitola 10).

6. Instalace

6.1 Standardní sada se instaluje do pravoúhlého potrubí (čtvercového nebo obdélníkového průřezu, případně kruhového) a dodává se v následujících dvou velikostech:

Průměr trubky mm	8	16
Délka trubky mm	688	1418



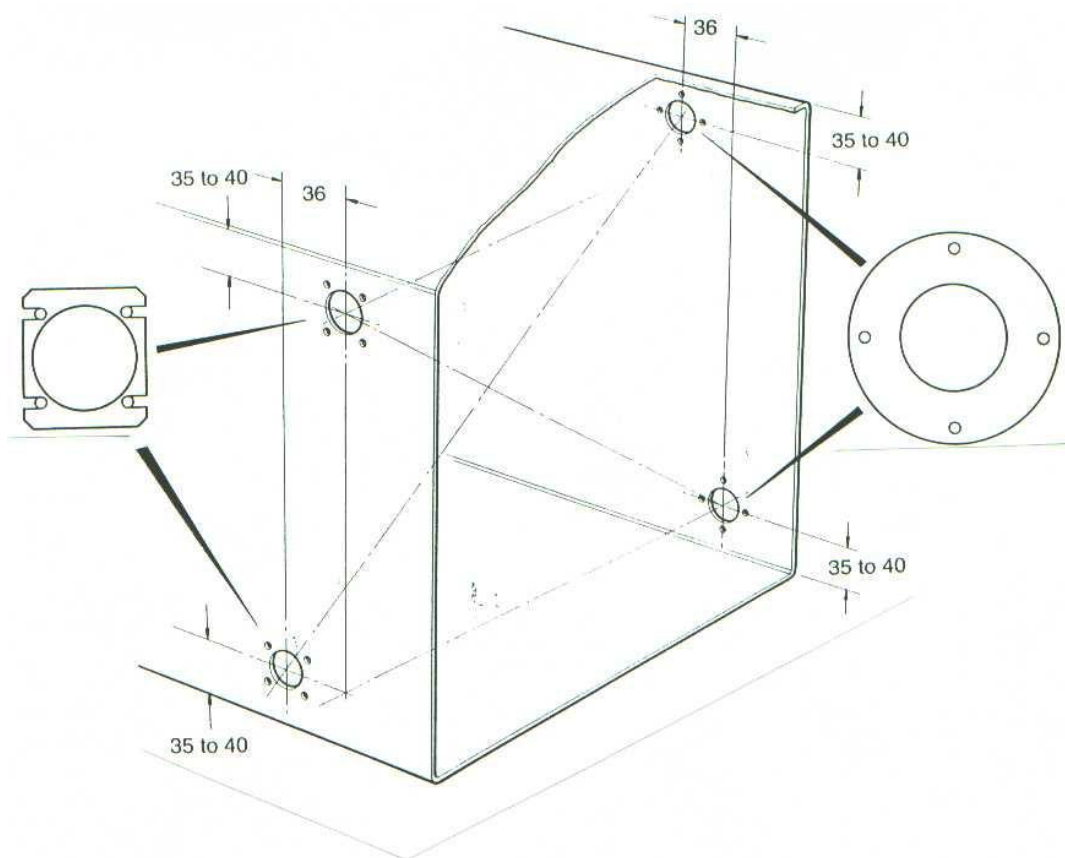
6.2 Rozbalte Vaši sadu s X-křížem. Sada obsahuje následující díly:

Název	Počet
Rozvodka + tlaková trubka	2
Upínací deska	2
Trubkový uzávěr	2
Gumová podložka	2
Samolepicí šablona (čtyřhranná)	2
Samolepicí šablona (kruhová)	2
Přepážka (mezistěna)	2
L-propojka	2
Ochranná čepička	2
Kroužek	2
Samořezné šroubky 6x ¹ / ₂ "	16

Jestliže nějaké díly chybí, ihned kontaktujte zástupce Airflow.

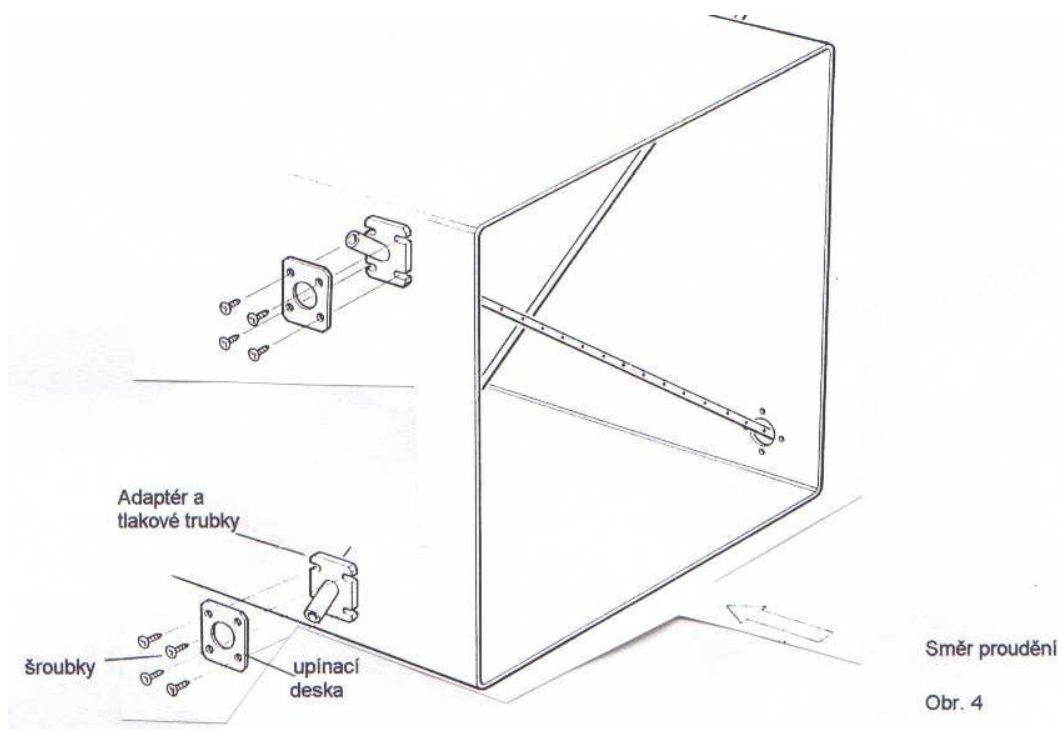
6.3 Zvolte umístění X-kříže v potrubí (kapitola 4).

6.4 X-kříž je konstruován tak, aby byl montován na kratší straně potrubí (viz obr. 1 a 3). Umístění otvorů je patrné z obr. 3. Přilepte samolepicí šablony podle obr. 3 a vyvrtejte otvory přesně podle šablony.



Obr.3

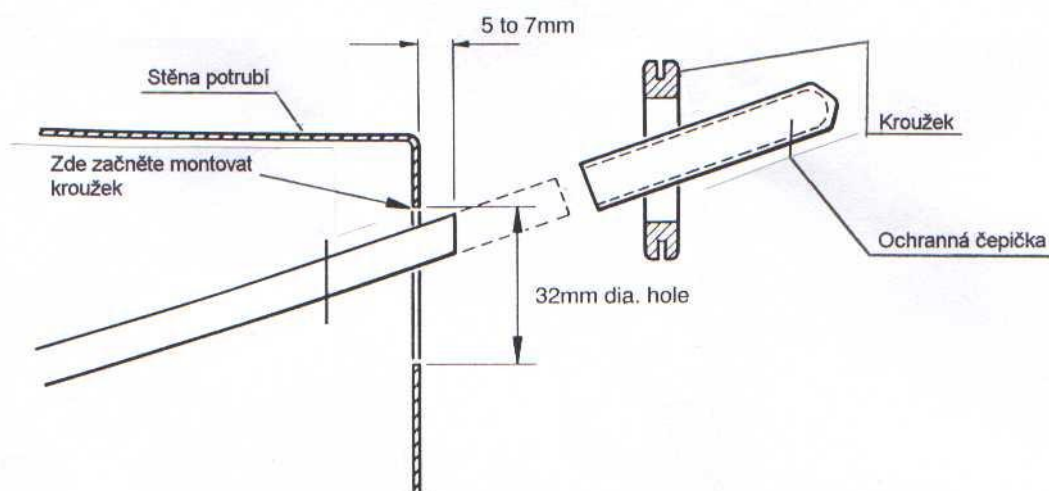
6.5 Zasuňte trubky do příslušných otvorů (viz. obr. 4) a přes rozvodky je připevněte pomocí upínací desky a šroubků. Volné konce trubek vsuňte do protilehlých otvorů (viz. obr. 4).



Obr. 4

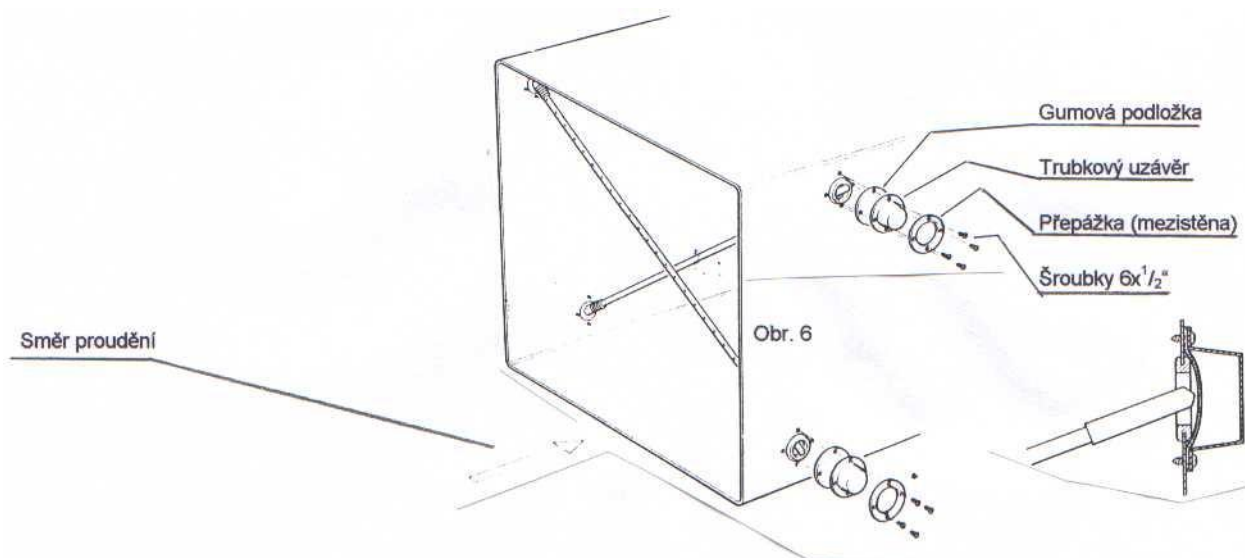
6.6 Po prostrčení volných konců trubek otvory v potrubí upravte jejich délku (volné konce mohou přechřívát pouze 5-7 mm oproti stěně potrubí). Odstraňte ostré hrany a trubky zaslepte ochrannou gumovou čepičkou (viz obr. 5).

6.7 Na otvory 32 mm připevňte gumové kroužky (viz. obr. 5).



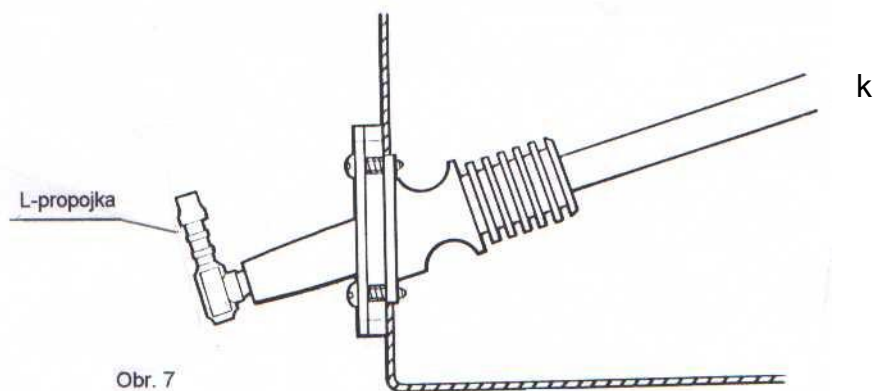
Obr.5

6.8 Podle obr. 6 nainstalujte gumové podložky, trubkový uzávěr, přepážku. Vše upevněte pomocí šroubků.



Obr.6

6.9 L-propojky zatlačte do adaptérů (obr.7). Úhel natočení volte podle přístupu adaptérům a podle vhodnosti připojení hadiček pro odběr tlakového signálu.



7. Kompletace systému

7.1 Samostatný X-kříž netvoří kompletní měřicí systém (je nutné zajistit vhodné snímání a vyhodnocení tlakového signálu).

7.1.1 Pro okamžité měření můžete využít digitálního mikromanometru, např. typ MEDM, který Vám bude indikovat přímo objemový průtok v potrubí s korekcí tlaku a teploty pracovního média.

7.1.2 Pro dlouhodobé měření doporučujeme tlakové převodníky Airflow s volitelným analogovým výstupem s odmocninovou funkcí tj. přímou indikací rychlosti.

7.1.3 Pro alarmovou signalizaci (signál při překročení nebo podkročení nastaveného rozsahu) doporučujeme použít elektronické kontaktní manometry EKM.

7.2 Kompletní instalaci systému zajistíte vhodným propojením X-kříže a zvoleného měřicího přístroje (mikromanometr, převodník tlaku nebo kontaktní manometr) pomocí PVC-hadiček. Vnější průměr L-propojky je 6 mm.

8. Převod výstupu

8.1 Střední rychlost proudění v potrubí

Základní rovnice pro výpočet rychlosti z dynamického tlaku je následující:

$$v = \sqrt{\frac{2 * \Delta p}{\rho}} \quad (\text{m/s}) \quad (1)$$

kde: v – rychlost (m/s)

Δp – dynamický tlak (Pa)

ρ - hustota proudícího média (kg/m^3)

Pro médium o hustotě $1,2 \text{ kg/m}^3$ (tj. vzduch při $16 \text{ }^\circ\text{C}$, 1000 mbar a $65\% \text{ r.v.}$) lze vzorec dosazením upravit na tvar:

$$v = 1,291 * \sqrt{\Delta p} \quad (\text{m/s}) \quad (2)$$

Poměr mezi snímaným diferenčním tlakem na X-kříži (P_v) a dynamickým tlakem odpovídajícím rychlosti proudění se nazývá **koeficient M**.

$$M = \frac{P_v}{\Delta p} \quad (-) \quad (3)$$

Obecný vzorec pro výpočet rychlosti z tlaku snímaného na X-kříži je odvozen z (2) a (3) a má následující tvar:

$$v = 1,291 * \sqrt{\frac{1000}{B} * \frac{T}{289} * \frac{100\,000}{100\,000 + P_s} * \frac{P_v}{M}} \quad (\text{m/s}) \quad (4)$$

kde: v – rychlost (m/s)

P_v – diferenční tlak snímaný na mříži (Pa)

P_s – statický přetlak nebo podtlak v potrubí vůči okolní atmosféře (Pa)

B – barometrický tlak (mbar)

T – absolutní teplota měřeného média (K), která se určí jako $t\text{ }^{\circ}\text{C} + 273$

M – konstanta X-kříže (-)

8.2 Objemový průtok

Potřebný objemový průtok lze snadno určit podle následujícího vztahu:

$$Q = A * v \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (5)$$

kde: v – rychlost (m/s)

A – průřez potrubí (v místě kde je nainstalován X-kříž) (m^2)

Q – objemový průtok (m^3/s)

8.3 Ztráty

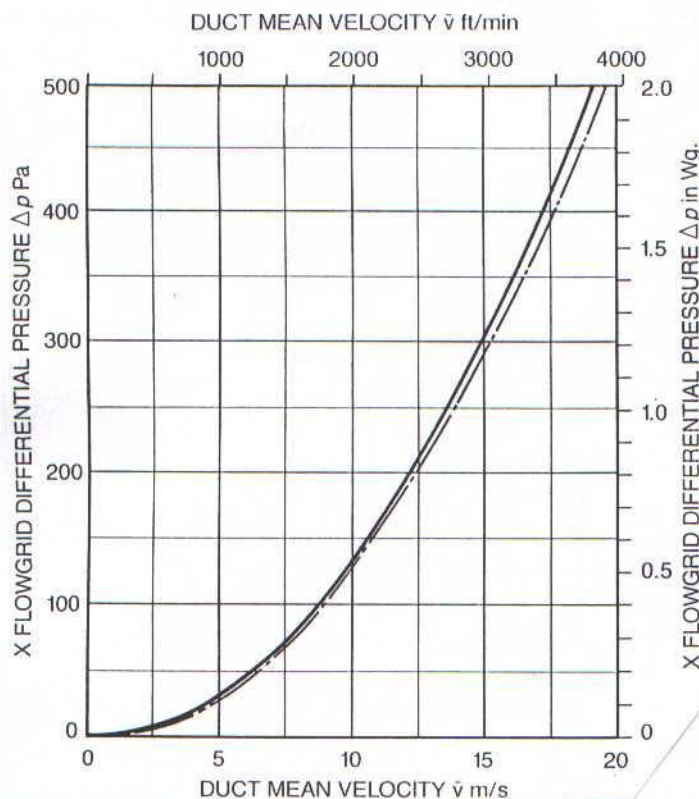
Zabudováním X-kříže do potrubního systému zvětšíte mírně tlakovou ztrátu tohoto systému. Pokud provádíte návrh ventilátoru (tlakové poměry), můžete si změřit i tlakovou ztrátu kříže. Odběry tlaku umístěte ve vzdálenosti $D/2$ před a za křížem.

Z naměřené tlakové ztráty P_L můžete určit koeficient L za podmínky, že znáte odpovídající rychlost vyjádřenou dynamickým tlakem P_v .

$$L = \frac{P_L}{P_v}$$

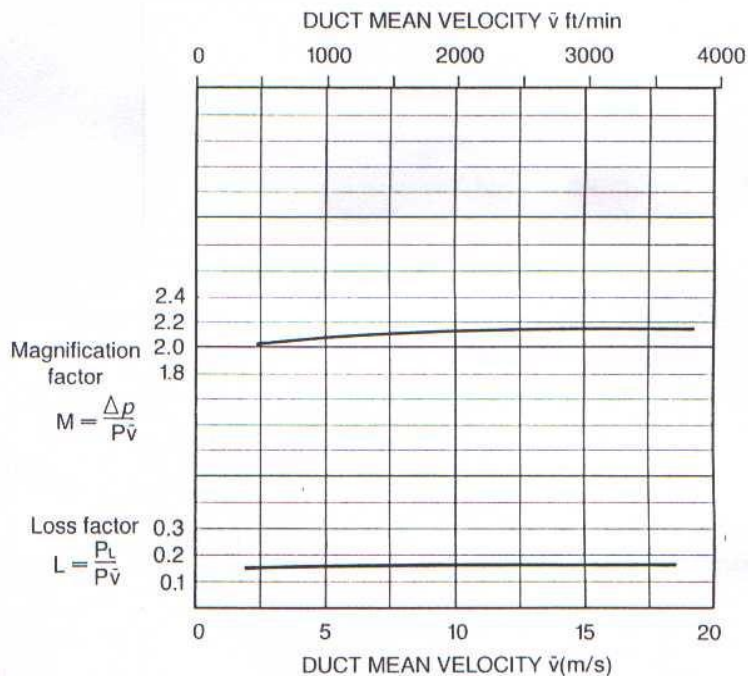
9. Charakteristiky X-kříže

Graf (obr.8) znázorňuje závislost mezi snímaným diferenčním tlakem na X-kříži a rychlosti v potrubí. Graf platí pro standardní podmínky (vzduch o hustotě $1,2 \text{ kg/m}^3$) a může být použit při nízkém nároku na přesnost měření (viz. kapitola 4.3 a 11). Pokud požadujete vyšší přesnost musíte provést přímou kalibraci (kapitola 10).



Obr. 8

Graf (obr.9) ukazuje typické hodnoty koeficientů X-kříže a to koeficientu M a L (viz. kapitola 8) v závislosti na rychlosti. Pokud se pozorně podíváte na uvedené hodnoty vidíte, že jsou téměř konstantní v celém rozsahu (rychlosti používané v běžných potrubních systémech).



Obr.9

10. Kalibrace X-kříže po montáži

K dosažení lepší přesnosti X-kříže musíte provést kalibraci přímo na montážním místě podle následujícího postupu.

Primárním cílem kalibrace je stanovit **koeficient M**. Jsou různé metody měření objemového průtoku v potrubí, které jsou založeny na snímání diferenčního resp. dynamického tlaku. Následující metoda využívá teorie měření Prandtlovou sondou (dynamickou rychlostní sondou) jako primárního měřidla pro určení rychlosti proudění.

10.1 Připojte vhodný mikromanometr na výstupy z X-kříže. Respektujte přitom označení výstupů tj. snímání celkového tlaku (+) a tlaku v úplavu (-).

10.2 Zvolte vhodné měřicí místo pro primární měřidlo a navrtejte otvory do stěny potrubí (průměr volte podle velikosti sondy, kterou budete provádět měření). Měřicí místo volte tak, aby odpovídalo požadavkům ČIŽP při měření objemových průtoků spalín. Polohu a počet otvorů určíte podle pravidel pro síťová měření tlakovými sondami.

10.3 Zahajte měření a zaznamenávejte hodnoty tlakové difference na X-kříži a hodnoty rychlosti měřené Prandtlovou sondou v jednotlivých měřicích bodech (viz. tabulka kalibrace X-kříže). Za předpokladu stejné teploty a tlaku (barometrického a statického) měřeného média v místě primárního měřidla a v místě, kde je nainstalován X-kříž, lze určit konstantu M_i z následujícího vzorce (vypočtená hodnota M_i platí pro i-tý nastavený režim měření). Vzorec má následující tvar:

$$M_i = \frac{\sum P_{v_i}}{\sum \Delta p_i} \quad (-) \quad (6)$$

kde: P_{v_i} – hodnota i-tého diferenčního tlaku snímaného z X-kříže (Pa)

Δp_i – hodnota i-tého dynamického tlaku snímaného z Prandtlovy sondy (Pa)

10.4 Jestliže je to možné, nastavte různé objemové průtoky (měřicí režimy) ve Vašem VZT systému vhodným škrcením (klapkou) nebo regulací ventilátoru. Doporučujeme provést měření při pěti různých hodnotách objemového průtoku (minimálně ve třech viz. tabulka kalibrace). Z pěti (min. ze třech) vypočtených hodnot M_i určíme výslednou hodnotu M jako aritmetický průměr tzn.:

$$M = \frac{\sum M_i}{N} \quad (-) \quad (7)$$

kde: M_i – i-tá vypočtená hodnota (-)

N – počet měření (-)

10.5 Pro názornost je uveden následující příklad v tabulce kalibrace X-kříže (pro 3 měřicí režimy a pro 10 hodnot tlaků při každém měřicím režimu).

Tabulka - příklad kalibrace X-kříže

č.měření		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma	Mi	M
1	Pv	45,0	47,0	45,0	44,0	43,0	46,0	47,0	48,0	44,0	45,0	454,0	2,225	2,196
	Δp	19,0	18,0	21,0	22,0	22,0	23,0	19,0	20,0	21,0	19,0	204,0		
2	Pv	96,0	99,0	97,0	95,0	96,0	98,0	99,0	96,0	95,0	95,0	966,0	2,181	
	Δp	44,0	45,0	44,0	45,0	46,0	43,0	47,0	46,0	42,0	41,0	443,0		
3	Pv	165,0	165,0	167,0	168,0	168,0	164,0	163,0	165,0	166,0	167,0	1658	2,182	
	Δp	75,0	77,0	76,0	78,0	74,0	75,0	75,0	78,0	79,0	73,0	760,0		

11. Neurčitost (nepřesnost) a opakovatelnost měření

11.1 V následující tabulce jsou uvedeny nepřesnosti měření podle charakteru potrubí (překážek v potrubí):

Tabulka - chyby měření:

Překážka	Přímá délka potrubí před X-křížem	
	±5%	±10%
pravoúhlé koleno	10,0 D	3,5 D
koleno s poloměrem $r = 1D$ a menší	10,0 D	3,5 D
lopatky tlumiče	10,0 D	3,5 D
koleno 30°	3,5 D	2,0 D
kuželové zúžení	3,5 D	2,0 D
náhlé zúžení	3,5 D	2,0 D

Pozn. Pro čtyřhranné potrubí $D = (\text{šířka} + \text{výška})/2$

11.2 Obvykle se nepřesnost pohybuje v oblasti ±5% (závisí to vždy na konkrétním místě instalace a tvaru potrubí).

11.3 Pokud provedete kalibraci (viz kapitola 10) bude nepřesnost pravděpodobně menší než ±5%.

12. Údržba

X-kříž nevyžaduje obvykle žádnou údržbu. Pouze v případě vyšších koncentrací lepivého prachu v pracovním médiu (plynu) může nastat zalepování otvorů v tlakových trubkách, což se projeví rozdílnou tlakovou diferencí a následnou chybou měření. V těchto případech je nutné provést vyčištění otvorů.

**Airflow Lufttechnik GmbH, organizační složka Praha, Hostýnská 520, 108 00 Praha 10
Tel./fax: 274 772 230 nebo 274 772 370, www.airflow.cz, e-mail: airflow@ms.anet.cz**