



NOVÉ TECHNOLOGIE
VÝZKUMNÉ CENTRUM
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

MODELOVÁNÍ A MĚŘENÍ INTERAKCÍ V TECHNICKÝCH SYSTÉMECH

FUNKČNÍ VZOREK

WILSONOVA MŘÍŽ PRO AERODYNAMICKÝ TUNEL

Autor: *Ing. Michal Kůs, Ph.D.*
Ing. Jindřich Kňourek, Ph.D.
Ing. Petr Kovařík, Ph.D.

Číslo projektu: *1M06059*

Číslo výsledku: *NTC-FV-16-10*

Odpovědný pracovník: *Ing. Michal Kůs, Ph.D.*

Vedoucí odboru: *Ing. Jan Sedláček, Ph.D.*

Ředitel centra: *doc. Dr. RNDr. Miroslav Holeček*

PLZEŇ, LISTOPAD 2010

Jazyk výsledku: CZE

Hlavní obor: JB

Uplatněn: ANO

Poznámka: <http://www.zcu.cz/ntc/vysledky/fv/NTC-FV-16-10.html>

Název výsledku česky:

Wilsonova mříž pro aerodynamický tunel

Název výsledku anglicky:

Wilson grid for aerodynamic tunnel

Abstrakt k výsledku česky:

ZČU NTC provozuje střední aerodynamický tunel. Potřeba průběžného a přesného měření a zaznamenávání průtočného množství vzduchu v tunelu vedla k návrhu a svépomocné výrobě Wilsonovy mříže. Tato mříž se skládá ze sestavy tlakově propojených trubek. Ty jsou perforovány malými otvory tak, aby se získal diferenční tlakový signál v prostoru mříže. Tento signál je proporční k dynamickému tlaku, takže se z něj dá po kalibraci odvodit rychlost vzduchu v tunelu a průtočné množství.

Abstrakt k výsledku anglicky:

New Technologies Research Centre at the University of West Bohemia in Pilsen uses middle-sized wind tunnel experimental facility. The need of instant and accurate air mass flow rate determination and instant monitoring led to the home-made construction of the airflow Wilson grid. Such a grid consists of a set of tubes. Tubes are perforated at opposite sides to provide a single differential pressure signal, which is proportional to the dynamic pressure in the duct. After the calibration process, it is giving information about the in-tunnel velocity and mass flow rate. See <http://www.zcu.cz/ntc/vysledky/fv/NTC-FV-16-10.html>.

Klíčová slova česky:

aerodynamický tunel; měření průtoku; Wilsonova mříž; diferenční tlak

Klíčová slova anglicky:

aerodynamical tunnel; mass flow rate measurement; Wilson grid; differential pressure

Vlastník výsledku: *Západočeská univerzita v Plzni*

IČ vlastníka výsledku: 49777513

Stát: *Česká republika*

Lokalizace: *Západočeská univerzita v Plzni, Nové technologie
– Výzkumné centrum v západočeském regionu*

Licence: *NE*

Licenční poplatek: *NE*

Ekonomické parametry: *Funkční vzorek využíván Západočeskou
univerzitou v Plzni, IČ 49777513, ekonomické
parametry se neuvádí.*

Technické parametry: *Vyrobený a ověřený funkční vzorek, využíván
Západočeskou univerzitou v Plzni, IČ 49777513.*

Kategorie nákladů: *výše nákladů ≤ 5 mil.*

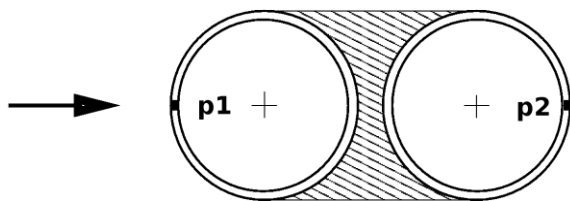
Popis funkčního vzorku:

1) Úvod

ZČU NTC provozuje aerodynamický tunel střední velikosti. Potřeba průběžného a přesného měření a zaznamenávání průtočného množství vzduchu v tunelu vedla k návrhu a svépomocné výrobě Wilsonovy mříže. Tato mříž se skládá ze sestavy tlakově propojených trubek. Ty jsou perforovány malými otvory tak, abychom získali diferenční tlakový signál v prostoru mříže. Tento signál je proporční k dynamickému tlaku, takže se z něj dá po kalibraci odvodit rychlost vzduchu v tunelu a průtočné množství.

2) Konstrukce mříže

Základním prvkem Wilsonovy mříže je pár měděných trubek. Jedná se o trubky o průměru 12 mm, tloušťka stěny je 1 mm. Trubky jsou spojeny podélně k sobě tak, aby tvořily válec oválného řezu se dvěma oddělenými komorami, viz obrázek 1. V trubkách jsme vyvrtali dírký o průměru 1 mm, po celé délce trubky s roztečí 56 mm. V první, náběžné, trubce je tak celkový tlak p_1 . V druhé trubce je na opačné straně je statický tlak p_2 . V celém prostoru potrubí tunelu je umístěno vedle sebe takových párů 7 s roztečí 93 mm, máme tedy rovnoměrně pokrytý celý průřez potrubí měřícími body jak pro celkový, tak pro statický tlak a to ve stejných místech.



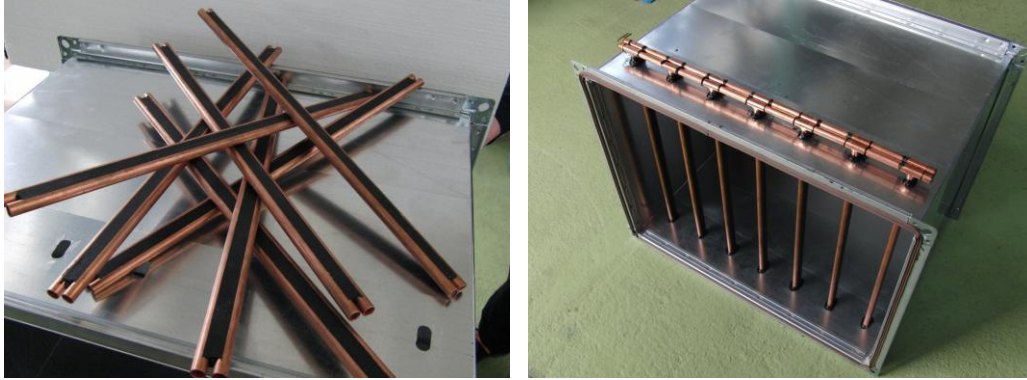
Obrázek 1: Schéma uspořádání trubek

Trubky jsme slepili polymerním lepidlem Terostat-9220. Jedná se o lepidlo na bázi MS-polymeru s velkou lepicí silou při zachování elastičnosti spoje. To je vhodné pro eliminaci vlivu vibrací tunelu na spoje trubek. Lepidlo se vytvrzuje vzdušnou vlhkostí, po vytvrzení je odolné vlhkosti a vodě a odolává teplotám do 100°C . Detail spoje a vrtaný tlakový odběr je na obrázku 2.

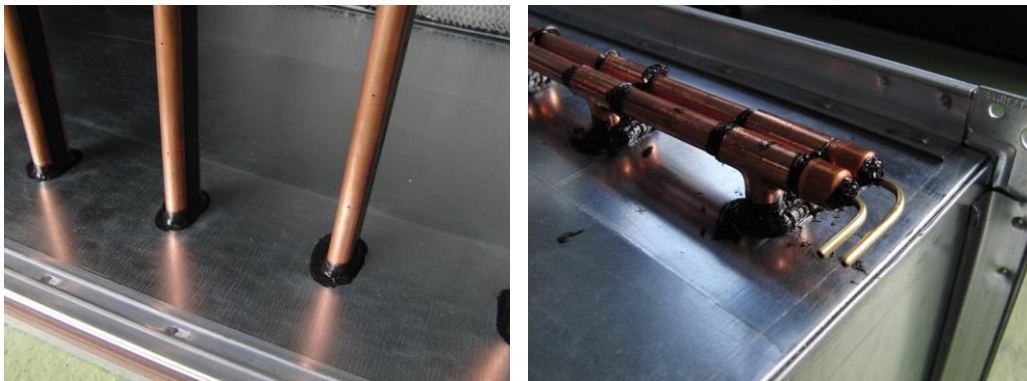


Obrázek 2: Trubkový spoj, vrtaný odběr tlaku

Na obrázku 3 vlevo jsou vidět všechny trubkové páry před montáží do nosného tunelového dílu. Vpravo je kompletní Wilsonova mříž. Pro montáž do nosného dílu jsme opět použili Terostat-9220. Příslušné trubky jsou spojeny dohromady pomocí T-spojek opět Terostatem. Na dalším obrázku jsou vidět detaily provedení Wilsonovy mříže.



Obrázek 3: Trubkové páry, kompletní mříž



Obrázek 4: Detaily provedení Wilsonovy mříže

3) Montáž do prostoru tunelu

Sestava trubek je umístěna v půlmetrovém úseku tunelového potrubí. Na obrázku 5 vlevo je pohled na mříž proti směru proudění vzduchu. Je vidět, že před mříží je také voštinové pole, které uklidňuje proud a eliminuje neaxiální složky rychlosti. Voštiny mají oka asi 8 mm, hloubka je 75 mm.



Obrázek 5: Umístění Wilsonovy mříže v tunelovém dílu

4) Funkce mříže a kalibrační proces

Wilsonova mříž funguje podobně jako například Prandtlova sonda. Diferenční tlak $p_{wil} = p_1 - p_2$ není dynamický tlak, protože p_2 je vzhledem k umístění odečítacích bodů v úplavu trubkového páru nižší než statický tlak. To také znamená, že toto zařízení zvyšuje oproti Prandtlově sondě tlakový signál a je vhodné i pro měření nižších rychlostí. Snímáním a záznamem diferenčního tlaku, průměrného přes celou vyšetřovanou oblast, dostaneme data pro určení rychlosti a průtoku v oblasti.

Nejprve je třeba Wilsonovu mříž nakalibrovat. Jedná se o určení faktoru $M = p_{wil} / p_d$, kde p_d je dynamický tlak odpovídající poměrům v oblasti. Typická hodnota M je kolem 2,2 pro instalaci v rovném úseku potrubí. V našem případě je však umístění Wilsonovy mříže nestandardní, navíc je konstrukce mříže jiná než u běžných výrobců, proto je nutné kalibrační proces absolvovat.

Pro různé rychlosti vzduchu v tunelu jsme monitorovali pomocí traverzování Prandtlovou sondou v tunelu profil celkového tlaku, z něj jsme určili průměrnou hodnotu. Zároveň máme záznamy diferenčního tlaku na Wilsonově mříži. V tabulce na obrázku 6 jsou záznamy pro jednotlivá měření. Průměrnou hodnotu faktoru M jsme kalibrací stanovili na 1,73.

Table 1: Values for Wilson grid calibration

Run number	1	2	3	4
Air velocity w [m/s]	3.2089	4.0563	4.2351	5.3166
Air density [kg/m ³]	1.17	1.17	1.14	1.16
Dynamic pressure p_d [Pa]	6.02	9.61	10.23	16.4
Differential pressure p_{wil} [Pa]	10.43	15.89	17.81	29.51
Factor M [-]	1.73	1.65	1.74	1.8
Average factor \bar{M} [-]	1.73			

Obrázek 5: Umístění Wilsonovy mříže v tunelovém dílu

5) Výhody zvoleného řešení

Zařízení je odolné vůči vlhkosti, vodě a odolává díky použitým materiálům teplotě až do 100°C. Síť odběrných míst je rovnoměrná po celém řezu tunelového dílu, body pro dílčí tlaky jsou na stejných místech. To je rozdíl oproti komerčně dostupným řešením, kde jsou odběrná místa prostřídána. Komerční řešení používají pro spojování trubek plastové křížové spojky, které zvyšují odpor mříže v potrubí. Naším cílem bylo získat měřicí aparát s co nejnižším odporem vloženým do tunelu, což se podařilo.