

Akustické vlastnosti kruhových klapek (část 3)



Acoustic Properties of Round Dampers (Part 3)

Recenzent
 Ing. Václav Šimánek

Tento článek je pokračováním tematického okruhu zaměřeného na hlučnost a regulační vlastnosti jednolistých klapek v systémech vzduchotechniky. V tomto článku jsou ve vzájemné souvislosti prezentovány akustické a hydraulické vlastnosti jednolístové kruhové klapky a soustav dvou sériově řazených klapek s různým provedením regulačního listu za předem definovaných podmínek. Článek předkládá doporučení pro volbu vhodného typu klapky z hlediska nízké hlučnosti a dobrých regulačních schopností.

Klíčová slova: hluk, klapky, regulace

The topic area of this article continues in focusing to noise and control properties of round dampers in HVAC systems. The acoustic and hydraulic properties of the round damper and systems of two dampers lined in series with a differently designed control flap under the pre-defined conditions are presented herein in mutual relationships. Authors submit recommendation as to the selection of a suitable damper type with respect to the noise lowering and good control abilities.

Key words: noise, dampers, control

1. ÚVOD

V zařízeních techniky prostředí je třeba vždy splnit z tepelně technických důvodů určitou intenzitu větrání, pro kterou jsou hlavním kritériem hygienické požadavky pro pobyt osob. Vzduchotechnická zařízení jsou často považována za nevyhovující z hlediska tepelné pohody, což je způsobeno tím, že nejsou provozována na projektovaných parametrech, a to nejen z důvodů cenových, ale i hlukových. V mnoha případech to jsou i chyby způsobené ve fázi projektu či kvalitou provedených montážních prací.

Od klimatizačních zařízení se požaduje, aby zajišťovala tepelnou pohodu vnitřního prostředí. Jedná se v mnoha případech o velice náročné prostory z hlediska nezbytného dodržení požadovaných hlukových limitů. Z těchto důvodů je nutno jednotlivé součásti systému navrhovat se základním požadavkem na nízkou hlučnost.

Vzduchotechnické potrubní rozvody jsou zakončeny příváděcími a odváděcími vyústkami, které mají za úkol zajistit požadovanou distribuci vzduchu v prostoru. Toho se obvykle dosahuje regulováním průtoku vzduchu v jednotlivých odbočkách na principu škrcení (místní tlakové ztráty). Vyústky se spolu s regulačními orgány (jedná se o jednolístové či vícelístové klapky) při průtoku vzduchu, kromě již uvedeného, stávají zdroji aerodynamického hluku. Největší problém činí projektantům hluk vyústek a regulačních orgánů, které jsou buď součástí koncových elementů nebo jsou zařazeny v jejich těsné blízkosti. Na potlačení tohoto hluku tlumiči hluku již není v naprosté většině případů prostor, jelikož jsou bezprostředně spojené přímo s větráním prostorem.

Jak již bylo naznačeno v prvním z této řady článků jde o vícerozměrný problém, který je teoreticky obtížně řešitelný z důvodů neznalosti všech okrajových podmínek, se kterými je třeba pracovat. Z těchto příčin jsou dále prezentovány výsledky získané z experimentálních prací autorů.

Jednotlivé měřené klapky a jejich soustavy jsou uvedeny v tab. 1. Základním případem byla klapka s plným regulačním listem a rozměrem shodným s rozměrem potrubí. Následují varianty s různým procentem perforace plechu klapky a jejich vzájemné kombinace.

Jednotlivé zkoumané případy jsou vyjmenovány v tab. 1.

Tab. 1 Přehled variant měřených klapek a jejich kombinací

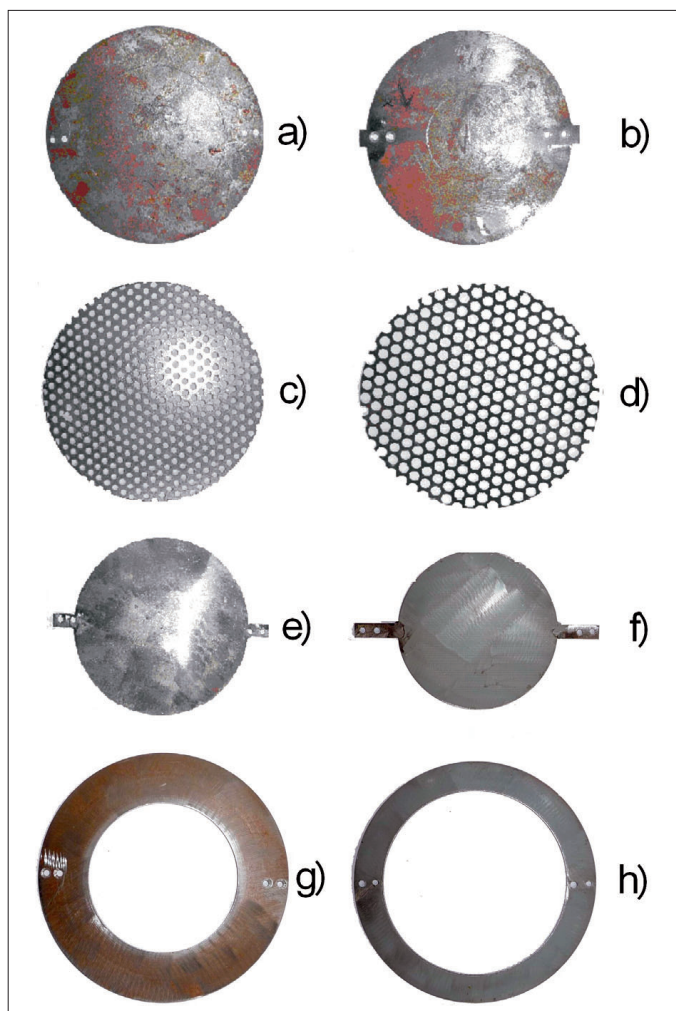
Číslo obr.	Typ klapky
1a	Těsná klapka
1b	Regulační klapka
1c	Perforovaná klapka 35 %
1d	Perforovaná klapka 58 %
1e	Plná klapka 35 % (plný regulační list zmenšený průměr, volná průtočná plocha 35 %)
1f	Plná klapka 58 % (plný regulační list zmenšený průměr, volná průtočná plocha 58 %)
1g	Klapka s otvorem 35 % (plný regulační list s jedním otvorem o volné průtočné ploše 35 %)
1h	Klapka s otvorem 58 % (plný regulační list s jedním otvorem o volné průtočné ploše 58 %)
	Soustava dvou těsných klapek
	Soustava dvou perforovaných klapek 35 %
	Soustava dvou perforovaných klapek 58 %
	Soustava perforované klapky 35 % a těsné klapky

2. AKUSTICKÉ VLASTNOSTI KLAPEK

Základní případ těsné klapky byl již diskutován v [2], proto zde již nebude tento typ uváděn. V následujícím textu budou v krátkosti probány ostatní měřené typy. V závěru tohoto článku budou vzájemně porovnány s přihlédnutím k neodlučitelné vlastnosti tedy tlakovým ztrátám. Příklad spektra akustického výkonu pro těsnou klapku byl prezentován v [2]. Pro dále diskutované typy klapek nebudou již vzhledem k omezenému rozsahu článku tato spektra uváděna.

2.1 Regulační klapka

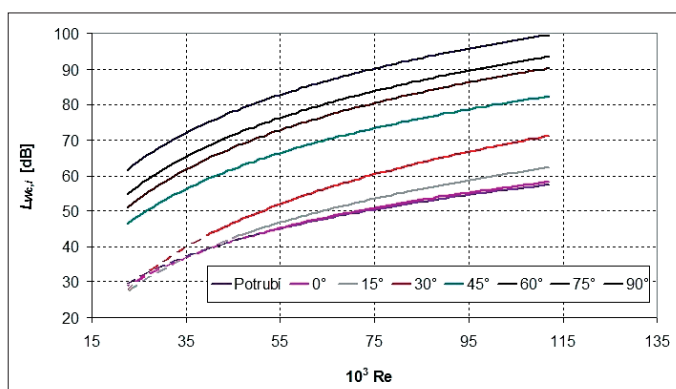
Ve snaze o snížení generované akustické energie vedou úpravy na tvarovou, či rozměrovou změnu listu klapky. Cesta zmenšení regulačního listu byla zkoumána v případě regulační klapky, jejíž průřez klapky odpovídal 92% průřezu potrubí (obr. 1b).



Obr. 1 Typy měřených listů klapky

a) List regulační těsné klapky, b) Zmenšený list regulační klapky, c) List klapky s perforací 35 %, d) List klapky s perforací 58 %, e) Plný list klapky s volnou průtočnou plochou 35 %, f) Plný list klapky s volnou průtočnou plochou 58 %, g) List klapky s jedním otvorem o volné průtočné ploše 35 %, h) List klapky s jedním otvorem o volné průtočné ploše 58 %

Snížení generované hladiny akustického výkonu je dáno tím, že regulační klapka má větší volnou průtočnou plochu oproti těsné klapce a tím je rychlost v zúženém průřezu, která má na vyzářování akustické energie největší vliv, výrazně menší. Obr. 2 prezentuje celkové hladiny akustického výkonu regulační klapky v závislosti na Reynoldsově čísle pro různé úhly natočení regulačního listu. Spektrum hladiny akustického výkonu vykazuje shodný tvar s výsledky pro těsnou klapku. Ve srovnání s těsnou klapkou je

Obr. 2 Celkové hladiny akustického výkonu regulační klapky se zmenšeným průřezem v závislosti na Re při různých úhlech natočení klapky s uplatněním regrese

potlačen výskyt diskretních složek při uzavření klapky, daný právě volnou průtočnou plochou vlivem rozdílu průměrů klapky a potrubí.

2.2 Klapky s definovanou volnou průtočnou plochou 35 %

Je-li v potrubí požadován určitý průtok vzduchu, dosáhne se toho osazením odporového elementu v potrubí. Nejčastějším prvkem je clona. V tomto smyslu byly zkoumány případy geometrického řešení listů klapky s definovanou volnou průtočnou plochou. První případ byl reprezentovaný listem klapky tvaru mezikruží s jedním otvorem o ploše odpovídající 35 % průřezu potrubí, druhý případ byl list vyrobený z perforovaného plechu s perforací 35 %, posledním typem byl plný plech, který při plném uzavření klapky vykazuje volnou průtočnou plochu tvaru mezikruží o ploše 35 % průřezu potrubí.

Pro perforovanou klapku 35 % (obr. 1c) možno konstatovat zvýšenou hlučnost pro úhly natočení 0° a 15° , v porovnání s těsnou klapkou. Tento odstup je dán geometrickým řešením plechu, který není stejně jako u těsné klapky po svém obvodu hladký, ale je nepravidelný, jak dokumentuje obr. 1c. Tato nepravidelnost je vytvořena vystřížením tvaru regulačního listu z tabule perforovaného plechu, což vytvoří po obvodu větší či menší vybrání. Druhým důvodem je nerovnost desky vlivem otvorů, které zvyšují turbulenci proudu vzduchu. Při vyšších úhlech natočení klapky je vlivem výrazně vyšší tlakové ztráty hlučnější těsná klapka.

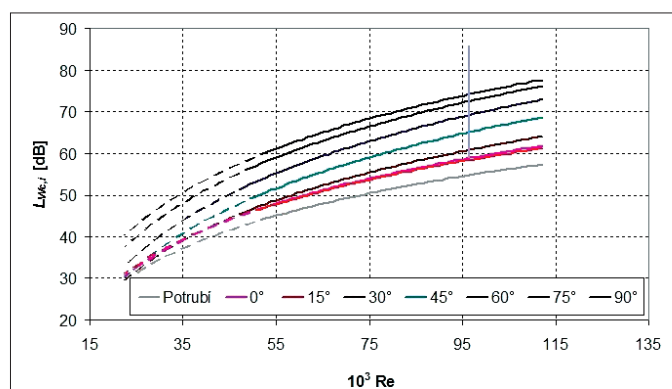
Posouzením spektra hladin akustického výkonu je možno konstatovat výrazné tónové složky pro frekvence 200 a 400 Hz. Nebezpečí zvýšení akustického výkonu vlivem plného uzavření klapky je dáno možností vzniku štěrbin mezi regulačním listem a potrubím. Tento efekt je důsledkem nerovnoměrnosti okraje listu klapky (části odstřížených otvorů na okraji).

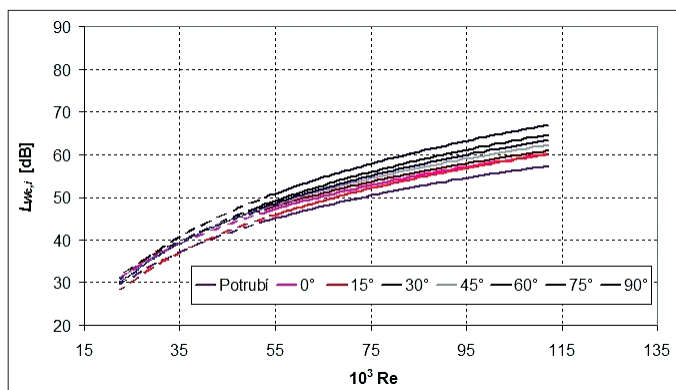
Plný regulační list 35 % reprezentuje vliv jediného otvoru tvaru mezikruží (obr. 1e). Porovnáním výsledků získaných s perforovanou klapkou je jednoznačně podpořena myšlenka snížení generace akustického výkonu klapky, vycházející z principu rozdělení výtokového otvoru do skupiny malých otvorů.

Vsvislá čára odpovídající úhlu natočení 0° reprezentuje vlastní Strouhalův tón, který byl vybuzen při rychlosti $w_s = 8,6$ [m/s], což je střední rychlost v místě klapky.

Spektrum hladin akustického výkonu vykazuje v celém rozsahu úhlů natočení klapky tři výrazné tónové složky, vyskytující se v rozmezí 200 Hz až 1250 Hz.

Posledním typem klapky je geometrické řešení listu tvaru mezikruží s jedním otvorem uprostřed o ploše dané 35 % plochy průřezu potrubí (obr. 1g).

Obr. 3 Celkové hladiny akustického výkonu perforované klapky 35 % v závislosti na Re při různých úhlech natočení klapky s uplatněním regrese



Obr. 4 Celkové hladiny akustického výkonu perforované klapky 58 % v závislosti na Re při různých úhlech natočení klapky s uplatněním regrese

Při měření této klapky byl zjištěn výrazný nárůst hladin akustického výkonu ve spektrální oblasti ohraničené frekvencemi 125 Hz až 10 kHz při úhlu natočení 87 ° (téměř uzavřená klapka). Tento efekt podporuje dříve uvedené tvrzení nepoužívat klapky osazené regulačním listem o průměru rovném průměru potrubí, neboť při určitých rychlostech proudění může dojít k výraznému zvýšení hlučnosti klapky vlivem vytvoření štěrbin mezi listem klapky a potrubím. Tyto klapky je vhodné proto používat do úhlu natočení 75 °. U klapek perforovaných, které by v potrubí měly vytvářet pevně nastavený odpor při úhlu natočení 90 °, je vhodnější tento odpor realizovat vložením pevné clonky do potrubí, která je po obvodu utěsněna a neohroží tak vznik štěrbin.

2.3 Klapky s definovanou volnou průtočnou plochou 58 %

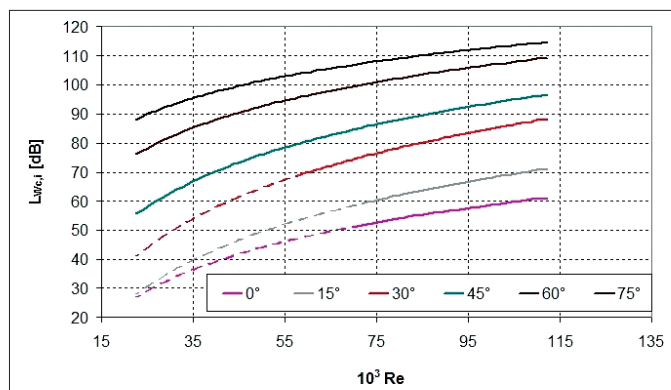
Vliv plochy perforace na hodnotu generované akustické energie byl zkoumán pro stejné geometrické uspořádání jako v předchozích třech případech.

U perforované klapky s perforací 58 % (obr. 1d) je možno konstatovat, že v porovnání s perforací 35 % je rozdíl hladin od úplného otevření do úplného uzavření klapky o 50 % menší. Z toho je možné vyvodit závěr, že klapka s perforací 58 % a úhlem natočení výrazně nezvyšuje akustickou energii generovanou do okolí vlivem malé kontrakce proudu.

Výsledky ukazují, že pro regulaci průtoku je vysoká perforace méně vhodná a její uplatnění lze nalézt zejména pro distribuční prvky, či jako prvek v potrubí, zajišťující rovnoměrný turbulentní rychlostní profil. Malý rozsah hladin akustického výkonu v závislosti na úhlu natočení ukazuje na významný podíl hluku, generovaný vlivem turbulentního proudění vzduchu potrubím. Vliv natočení klapky je významný méně.

Klapka tvořená plným listem s volnou průtočnou plochou tvaru mezikruží 58 % (obr. 1f) vykazuje výraznou shodu výsledků pro úhly natočení 75 ° a 90 °, z čehož je možno konstatovat, že na velikost generovaného akustického výkonu nemá natočení klapky pro úhly 75 ° až 90 ° žádný vliv. Podobnou shodu vykazují úhly natočení 0 ° a 15°. Odstup křivky 0 ° od křivky odpovídající vlastnímu hluku potrubí je dán přítomností obtékaného listu v potrubí. Významnou roli má též uchycení listu na hřídelky klapky. Ty při takto velké průtočné ploše zasahují do volné plochy potrubí a výrazně ovlivňují proudění vzduchu potrubím, protože jsou obvykle širší než samotný list. Vnáší do systému přídavný hluk, který je možno si představit jako obtékání válce, protože hřídelky jsou kruhového průřezu.

List klapky tvaru mezikruží s volnou plochou 58 % (obr. 1h) vykazuje shodné výsledky se stejným typem o volné ploše 35 % a potvrzuje již dříve uvedené závěry týkající se zvýšené hlučnosti při úhlu natočení 90 °, tedy při nevhodném nastavení úhlu klapky se zvýšení akustického výkonu může projevit



Obr. 5 Celkové hladiny akustického výkonu soustavy dvou těsných klapek v závislosti na Re pro stejný úhel natočení klapky A i B (výsledky sestavené s uplatněním regrese, rov. 14 [2])

v celém rozsahu měřených rychlostí. Výsledky měření ukazují na posun maximálního akustického výkonu s klesajícím Strouhalovým číslem.

Z porovnání výsledků pro klapku perforovanou, plnou a klapku s listem tvaru mezikruží, je možné vyvodit jednoznačný závěr, že nejhluchnějším typem je klapka plná a nejméně hlučným perforovaná. Toto tvrzení je platné pro volnou plochu 35 i 58 %. Takovéto srovnání zohledňuje pouze vliv rychlosti proudění a úhel natočení listu klapky. Tento přístup je třeba rozšířit o vliv tlakových ztrát, které daná klapka v potrubí vytvoří. Pak je teprve možné objektivně posoudit hlučnost jednotlivých typů klapek, jak bude provedeno dále.

3. KOMBINACE DVOU SÉRIOVĚ ŘAZENÝCH KLAPEK

Dalším z cílů bylo posouzení regulační schopnosti a výše generované akustické energie pro soustavu dvou klapek řazených sériově za sebou v potrubí. Za tím účelem byla zkoumána soustava dvou těsných klapek.

Myšlenka, která vedla k tomuto řešení, vycházela z poznatků o chování odporových prvků v potrubí. Vložili se do potrubí do série dva hydraulické odpory, je výsledná tlaková ztráta vyvolaná těmito prvky dána jejich součtem a to za předpokladu, že se tyto elementy vzájemně neovlivňují. Rozdělení celkové tlakové ztráty na tyto dva dílčí odpory, vede ke snížení rychlosti proudění v zúženém průřezu klapek. Pro zdroje aerodynamické povahy byla četnými experimenty prokázána závislost generovaného akustického výkonu na 5. až 6. mocnině rychlosti proudění. Proto by úprava spočívající v rozložení tlakové ztráty na dva odpory měla vést ke snížení hluku.

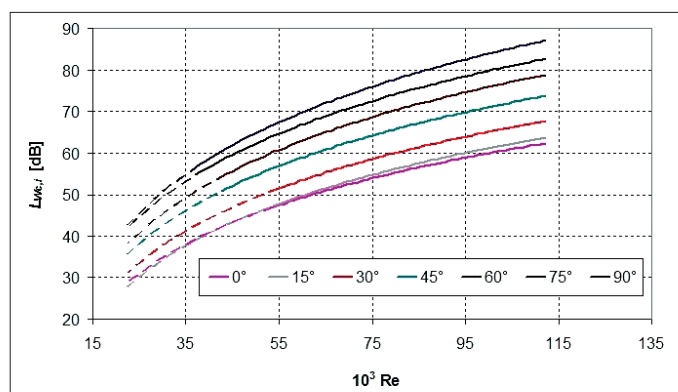
3.1 Soustava dvou těsných klapek

Z výsledků měření soustavy dvou těsných klapek je možné formulovat následující doporučení: „Požaduje-li se snížení hlučnosti při vzájemné kombinaci dvou stejných těsných klapek, je nutné nastavit první klapku umístěnou v proudu vzduchu na větší úhel.“

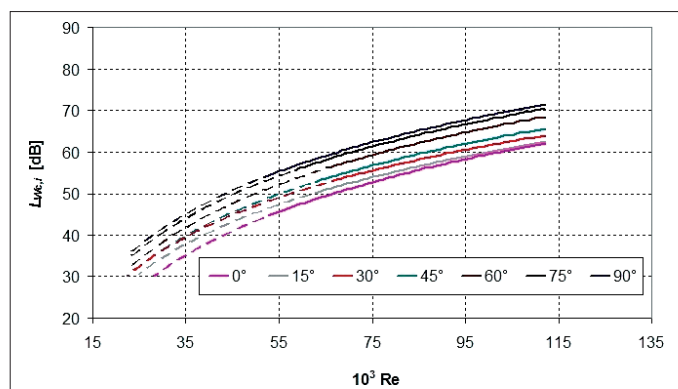
Důvodem je narušení rychlostního profilu v potrubí první klapkou v proudu vzduchu (označenou dále A), která má na vyzařovaný akustický výkon větší vliv. Písmenem B je dále označena klapka v pořadí druhá osazená v proudu vzduchu.

3.2 Soustava dvou perforovaných klapek 35 a 58 %

Pro možnost posouzení vlivu volné průtočné plochy na generovaný akustický výkon a regulační schopnost soustavy dvou klapek, byla zkoumána



Obr. 6 Celkové hladiny akustického výkonu soustavy dvou perforovaných klapek s perforací 35 % v závislosti na Re pro stejný úhel natočení klapky A i B (výsledky sestavené s uplatněním regrese, rov. 14 [2])



Obr. 7 Celkové hladiny akustického výkonu soustavy dvou perforovaných klapek s perforací 58 % v závislosti na Re pro stejný úhel natočení klapky A i B (výsledky sestavené s uplatněním regrese, rov. 14 [2])

soustava dvou perforovaných klapek s perforací 35 % a 58 %. Rozborem chování těchto soustav byly získány shodné závěry vedoucí ke zjištění, že u soustavy dvou perforovaných klapek s perforací min. 35 % je vliv nastavení první či druhé klapky na vyšší úhel, při posouzení vlivu na vyšší celkové hladiny akustického výkonu nevýznamný.

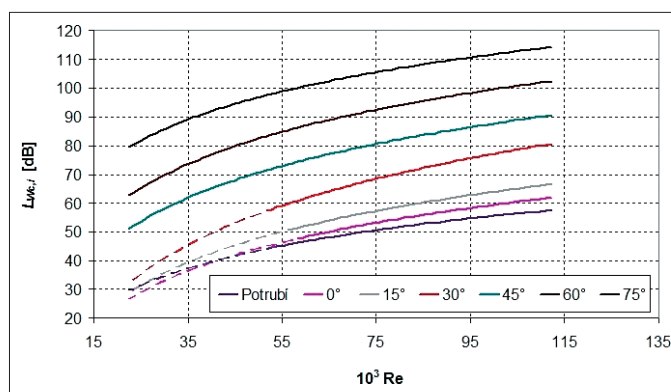
V tuto chvíli přichází opět na mysl provést z hlediska akustiky porovnání soustavy klapek s jednotlivou klapkou shodného typu. Toto srovnání bude provedeno s posouzením vlivu součinitelů místních tlakových ztrát v závěru článku.

3.3 Soustava perforované klapky 35 % a těsné klapky

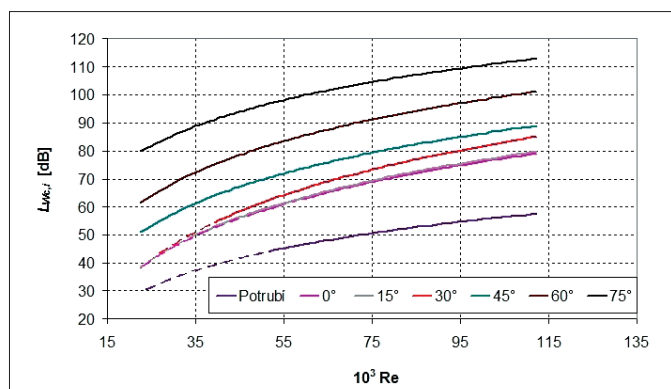
Z požadavku linearizace regulační charakteristiky soustavy klapek vzešlo řešení jak dosáhnout tohoto cíle. Lze toho dosáhnout vytvořením soustavy tvořené těsnou klapkou a jí předsazenou perforovanou klapkou s perforací 35 %.

Z výsledků měření je patrné, že od úhlu natočení těsné klapky B45 ° se celková hladina akustického výkonu perforované klapky na celkové hladině akustického výkonu soustavy výrazně neprojeví (obr. 8 a obr. 9). Dojde k nárůstu celkové hladiny akustického výkonu pro libovolný úhel natočení perforované klapky maximálně o 1 dB.

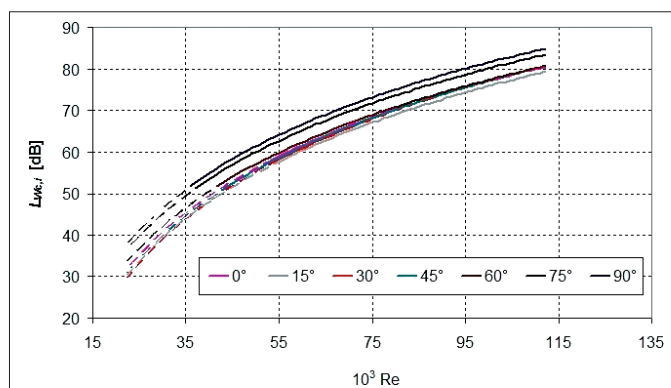
Tento jev je dán obecně platným pravidlem pro logaritmický součet hladin. Oblast, ve které je vliv natočení perforované klapky významný, je ohraničen úhlem natočení těsné klapky do 30 ° (obr. 10). Navýšení celkové hladiny akustického výkonu soustavy pak činí maximálně 6 dB.



Obr. 8 Celkové hladiny akustického výkonu soustavy perforované klapky s perforací 35 % a těsné klapky v závislosti na Re při různých úhlech natočení klapky B a konstantním úhlu natočení klapky A0 ° s uplatněním regrese



Obr. 9 Celkové hladiny akustického výkonu soustavy perforované klapky s perforací 35 % a těsné klapky v závislosti na Re při různých úhlech natočení klapky B a konstantním úhlu natočení klapky A90 ° s uplatněním regrese (viz. [3])



Obr. 10 Celkové hladiny akustického výkonu soustavy perforované klapky s perforací 35 % a těsné klapky v závislosti na Re pro různé úhly natočení klapky A, při konstantním úhlu natočení klapky B30 ° (výsledky sestavené s uplatněním regrese)

Závěrem je možné konstatovat, že provedená měření pro jednotlivé typy klapek prokázala dobrou shodu s obecně známou závislostí celkové hladiny akustického výkonu na 5. až 6. mocnině rychlosti proudění.

4. ZÁVĚR

Vzájemná vazba akustických a tlakových parametrů klapek

Hlavním úkolem klapek je regulovat průtok vzduchu v potrubí. Tlaková ztráta, kterou klapka v potrubí při daném úhlu natočení vytvoří, se výrazným způsobem projeví množstvím emitované akustické energie. Akustický výkon generovaný klapkou závisí nejen na tlakové ztrátě klapky,

Tab. 2 Porovnání jednotlivých klapek při definované tlakové ztrátě a střední rychlosti proudění v potrubí w_s

Typ klapky Číslo obr.	Θ [°]	L_{WA} [dB]	Θ [°]	L_{WA} [dB]	Θ [°]	L_{WA} [dB]	Θ [°]	L_{WA} [dB]
	$w_s = 3$ [m/s]		$w_s = 6$ [m/s]		$w_s = 9$ [m/s]		$w_s = 3$ [m/s]	
$\Delta p_k = 100$ [Pa]					10 [Pa]			
těsná klapka (obr. 1a)	46,8	50	34,4	56,7	27,8	65	26,8	27
regulační klapka (obr. 1b)	53	47	44	59,3	32,4	60	30	24,9
perforovaná klapka 35 % (obr. 1c)	–	–	59,8	51	44,4	57	42,2	23
perforovaná klapka 58 % (obr. 1d)	–	–	–	–	71,5	54,2	69,3	20,8
plná klapka 35 % (obr. 1e)	–	–	51,4	56,4	38,3	63,5	36,7	23,8
plná klapka 58 % (obr. 1f)	–	–	–	–	62,2	63,4	56,5	23,1
klapka s otvorem 35 % (obr. 1g)	–	–	61,7	58,4	44,7	63,7	42,5	25,8
klapka s otvorem 58 % (obr. 1h)	–	–	–	–	90	70,3	73,9	29

ale také na rozměru a geometrii regulačního listu. Je-li dán požadavek na porovnání různých typů klapek, je nutné všechny tyto informace vzít v úvahu.

V tab. 2 je provedeno porovnání jednotlivých typů klapek pro tlakovou ztrátu $\Delta p_k = 100$ [Pa]. Porovnání je provedeno pro tři vybrané střední rychlosti proudění v potrubí w_s . Prázdná pole v tabulce vyjadřují, že daný typ klapky není schopen požadovanou tlakovou ztrátu dosáhnout.

Výsledky ukazují jednoznačný závěr. Nejvhodnějším typem klapky z hlediska vyzařované akustické energie je klapka perforovaná s perforací 35 %. Pro sledované parametry vykazovala téměř vždy výrazně nižší hladiny akustického výkonu. Pro úplnost je v tab. 2 uvedeno porovnání pro tlakovou ztrátu klapky 10 Pa a rychlost 3 m/s. Zde je možné konstatovat, že jednotlivé typy klapek vykazují srovnatelné výsledky. Nízké hodnoty celkových hladin akustického výkonu jsou dány výrazně malou rychlostí proudění. Významný vliv rychlosti proudění je možné pozorovat ve všech sloupcích tabulky.

Odpověď na otázku, zda je možné kombinací dvou klapek při stejném úhlu natočení (dva shodné odpory v potrubí) dosáhnout snížení vyzařované hladiny akustického výkonu podává následující srovnání. Pro tlakovou ztrátu klapky $\Delta p_k = 100$ [Pa] a střední rychlost v potrubí $w_s = 3, 6, 9$ a 12 [m/s] jsou v tab. 3 uvedeny celkové hladiny akustického výkonu A pro jednotlivé typy klapek a jejich soustavy. V soustavě jsou vždy obě klapky natočeny na stejný úhel. Pro soustavu perforované klapky 35 % a těsné klapky jsou v tabulce uvedeny dvě varianty nastavení. První variantou je perforovaná klapka pevně nastavena na úhel 75° (A75°). Druhý případ je pro pevně nastavenou těsnou klapku na úhel 15° (B15°), průtok je pak regulován perforovanou klapkou. Tato varianta byla vybrána s přihlédnutím k velmi dobrým výsledkům, přinášejícím možnost linearizace regulační charakteristiky [3].

Výsledkem porovnání jednotlivých typů klapek je jednoznačný závěr. Rozdělení tlakové ztráty na dva stejné odpory nepřináší z hlediska akustiky, snížení hladin akustického výkonu. Soustava se, jak plyne z výsledků měření, chová podle obecně známých zákonitostí a celková hladina akustického výkonu soustavy je tedy dána logaritmickým součtem jednotlivých zdrojů, které se více či méně navzájem ovlivňují. Možností jak snížit hladiny

Tab. 3 Porovnání jednotlivých klapek a soustav klapek (obě klapky natočeny na stejný úhel) při tlakové ztrátě $\Delta p_k = 100$ Pa a střední rychlosti proudění v potrubí w_s

Typ klapky Číslo obr.	Θ [°]	L_{WA} [dB]	Θ [°]	L_{WA} [dB]	Θ [°]	L_{WA} [dB]	Θ [°]	L_{WA} [dB]
	$w_s = 3$ [m/s]		$w_s = 6$ [m/s]		$w_s = 9$ [m/s]		$w_s = 12$ [m/s]	
$\Delta p_k = 100$ [Pa]								
těsná klapka (obr. 1a)	46,8	50	34,3	56,7	27,7	65	21,6	69
soustava dvou těsných klapek	40,7	54,8	27,4	62,2	19,5	65,3	15,3	69,2
perforovaná klapka 35 % (obr. 1c)	–	–	59,8	51	44,4	57	35	62,7
soustava dvou perforovaných klapek 35 %	78,9	40	45,5	51	33,2	60	26	67,4
perforovaná klapka 58 % (obr. 1d)	–	–	–	–	71,5	54,2	52,2	62
soustava dvou perforovaných klapek 58 %	–	–	81,2	49,3	49,7	55	36	63,2
soustava perforovaná 35 % / těsná (A75)	43,6	48	–	–	–	–	–	–
soustava perforovaná 35 % / těsná (B15)	–	–	60	52,7	42,5	59,3	29	65,8

akustického výkonu je použit regulační list klapky, který vyzařuje výrazně nižší akustický výkon oproti původnímu řešení.

Nejlepších výsledků dosahuje klapka perforovaná s perforací 35 %, resp. soustava dvou perforovaných klapek 35 %. Tyto typy přináší snížení celkové hladiny akustického výkonu min. o 5 dB. Výhodným řešením se též ukázala kombinace těsné a perforované klapky 35 %, jejímž použitím se dosáhne srovnatelných výsledků.

Prezentované práce byly vypracovány v rámci plnění výzkumného záměru VZ MSM 6840770011.

Použité zdroje:

- [1] Kučera, M., Aerodynamické zdroje hluku při nízkých Machových číslech [Dizertační práce]. Praha, 2010. 167 s. ČVUT v Praze. Fakulta strojní.
- [2] Kučera, M., Nový R., Hluk regulačních klapek. In: VVI, 2011, ročník 20, č. 1, s. 5–9. ISSN 1210–1389.
- [3] Kučera, M., Nový R., Regulační klapky s lineární charakteristikou. In: VVI, 2011, ročník 20, č. 2, s. 56–59. ISSN 1210–1389.
- [4] Nový, R., Hluk a chvění, Vydavatelství ČVUT Praha, 2005, ISBN 978–80–01–04347–9. ■

*** Ciat – nové ventilátorové konvektory**

Dortmundská firma Ciat – Kälte- und Klimatechnik GmbH představila novou výrokovou řadu Major Line. Nová konstrukce má přívody vody a nasávání vzduchu lépe přizpůsobené místu instalace. Proti dosavadním modelům s novým registrem a o 15 % zvětšenou čelní stěnou stoupla i účinnost a výkon v rozsahu 0,8 až 11 kW při chlazení a 2,7 až 29 kW při ohřevu. Nová řada nahrazuje standardní provedení Major 2 a Major 300.

Zařízení vyráběná v 50 modelech 6 velikostí o 4 základních konfiguracích jsou vybavena novým elektronicky řízeným motorem z vlastního vývoje, ovládaným v rozsahu otáček 220 až 1500 min⁻¹, a nově koncipovaným oběžným kolem. Skříň ventilátoru a oběžné kolo je z recyklovatelného plastu ABS (akrylonitril-butadien-styren).