

TECHNOLOGICKÝ LIST č. 83/16

~~poloprovozu ověřené technologie prototypu
uplatněné metodiky funkčního vzorku autorizovaného software*~~

Název: Průhledná varhanní píšťala pro zviditelňování proudění vzduchu

Title: The transparent organ pipe for airflow visualizations

Původce (-i): Pavel Dlask, Zdeněk Otčenášek

Vlastník (-ci): Akademie múzických umění v Praze, Hudební a taneční fakulta, Výzkumné centrum MARC

Lokalizace: 118 00 Praha 1, Malostranské nám 13

Abstrakt: Funkční vzorek průhledné varhanní píšťaly umožňuje opticky sledovat proudění vzduchu uvnitř píšťaly. Sestavu píšťaly popisuje Technologický list. Průhledná píšťala napodobuje všemi vlastnostmi tradiční neprůhlednou dřevěnou varhanní píšťalu. Sledované proudění vzduchu tak odpovídá skutečné situaci při znění píšťaly ve varhanách. Konstrukce funkčního vzorku zabraňuje vzniku rušivých odlesků na spojích stěn při externím osvětlování částic přimíchaných do vzduchu, které je potřebné při zviditelňování proudění metodou PIV [1]. Znění zvuku plexisklové průhledné píšťaly je stejné jako znění shodně naintonované píšťaly ze dřeva.

Abstract: The functional sample of the transparent organ pipe allows the visualisations of airflow inside the pipe. The pipe set up is described in Technology sheet. The transparent pipe simulates all characteristic of a conventional nontransparent wooden organ pipe. This way the observed airflows corresponds to true situation of pipe sound in organ. The functional sample design prevents the distracting reflections at the wall junctions coming thru external lightening of particles mixed with air, which is required in airflow visualizations by PIV method [1]. The sounding of the perspex transparent pipe is equal to the identically voiced wooden pipe.

Popis: Viz Příloha k TL č. 83/16.

Inovační aspekty: Zviditelňování proudění vzduchu metodou PIV [1] vyžaduje osvětlení částic přimíchaných do vzduchu a odstranění všech optických překážek, které by znemožňovaly sledování trajektorií těchto částic. Běžná dřevěná varhanní píšťala je z neprůhledného materiálu (dřeva) řezaného radiálně, aby kmity stěn minimálně ovlivňovaly kmitání vzduchu uvnitř píšťaly. Při použití plexiskla a obvyklého způsobu spojů stěn varhanní píšťaly dochází k mnoha rušivým odleskům, které způsobují optické chyby při sledování částic. Prezentovaný funkční vzorek nově řeší jak provedení spojů stěn, tak vhodnými tloušťkami stěn napodobuje pružnost skutečných dřevěných stěn.

Přínosy: Transparentní píšťala umožňuje sledování běžným způsobem neviditelného proudění ve skutečné píšťale, které je zásadní pomůckou jak při vývoji nových píšťal a při inovacích intonačních postupů ve varhanářské praxi, tak při výuce varhanářů i varhaníků. Dokumentování proudění v píšťale je zároveň audiovizuální prostředek v multimediálním vzdělávání pracovníků správy nebo památkové péče týkající se historických varhan, které umožňuje omezit poškození píšťalového fondu historických nástrojů neodbornými zásahy při opravách a údržbě, jelikož změny v proudění způsobované nevhodnými úpravami nejsou rozeznatelné zrakem.

Licence: Využití výsledku jiným subjektem je v některých případech možné bez nabytí licence (kód P). Vlastníkem licence je AMU. O udělení licence rozhoduje výlučně Výzkumné centrum MARC HAMU.

Licenční poplatek: Poskytovatel licence na výsledek požaduje licenční poplatek (kód A). Licenční poplatek je vyžadován pro komerční použití.

Obor: Umění, architektura, kulturní dědictví – AL, Akustika a kmity – BI

Projekt: MŠMT Institucionální podpora dlouhodobého koncepčního rozvoje AMU Praha, IP DKR projekt Zvuková kvalita

Identifikační číslo RIV: RIV/61384984:51110/16:N0000050

Poznámky:

*nehodící se škrtněte

Údaje pro RIV:

Umístění: <http://zvuk.hamu.cz/vyzkum/publikacni.php>

Bližší upřesnění výsledku: G/B- funkční vzorek

Interní kód produktu: Průhledná píšťala

Číselná identifikace: TL83/16

Technické parametry výsledku: Technické parametry a popis přípravku viz.

TECHNOLOGICKÝ LIST č. 83/16 (vydán r. 2016 Výzkumným centrem MARC, HAMU v Praze)

Ekonomické parametry výsledku: Funkční vzorek umožňuje testovat výrobní a vývojové zásahy ve varhanářské praxi a poskytuje podklady pro vzdělávání varhanářů, varhaníků a pracovníků péče o varhany.

Kategorie výsledků podle nákladů: A - Náklady <= 5 mil Kč

IC: 61384984

Vlastník: Akademie múzických umění v Praze

Povinnost licence: P – využití v některých případech bez licence (pro nekomerční použití)

Povinnost odvést licenční poplatek: Z – povinné někdy (pro komerční použití)

Ukázka z Přílohy technologického listu č. 83/16 (vynechány technické a rozměrové detaily)

1 Úvod

Zviditelňování proudění vzduchu metodou PIV [1] vyžaduje intenzivní osvětlení částic přimíchaných do vzduchu a postupné snímání polohy částic v různých časech vhodnou kamerou. Osvětlení pro účely PIV má tvar úzkého vějíře paprsků, který ve směru pohledu kamery osvětluje plochu (osy x , y) a ve směru od kamery (osa z) má nejmenší možnou hloubku (rovina osvětlení = světelný řez). Čím rychlejší změny pohybu vzduchových částic v ploše řezu mají být sledovány, tím kratší musí být interval mezi jednotlivými snímky, zachycujícími uvedený rychlý děj, takže musí být krátká i expoziční doba, po kterou jsou světlocitlivé prvky snímací kamery osvětleny.

Pro sledování změn v proudění vzduchu ve varhanní píšťale, je nutné použít expoziční dobu odpovídající nejméně $1/10$ periody základní frekvence (u píšťaly, která zní např. na tónu $a = 440$ Hz, by měla být expozice kratší než $0,1 * 1/440 = 0,00027$ ms). Takto krátká expoziční doba vyžaduje v určitém prostorovém výřezu intenzivní osvětlení (obvykle pulsy laseru) a pro snímání je obvykle nutné použít vysokorychlostní kameru s velkou citlivostí video senzoru.

Na všech optických rozhraních jsou však směr a intenzita použitého osvětlení ovlivněny lomem nebo odrazem světelných paprsků. Osvětlení, jehož část je odražená nebo zalomená, může posunout místo osvětleného výřezu v prostoru, osvětlit více výřezů nebo měnit intenzitu s polohou. To v určitých případech způsobuje, že dojde chybnému vyhodnocení snímků, jelikož kamera zaznamená změnu polohy částic, které se na snímku vyskytují zdánlivě ve stejném místě, ale ve skutečnosti se nacházejí v jiných částech prostoru a z hlediska kamery jsou v zákrytu „za sebou“. Chyby vzniknou tehdy, když v různých částech prostoru, směrem od kamery, je vlivem působení rozdílných fyzikálních sil proudění rozdílné. V zákrytu v bližší nebo vzdálenější části prostoru, než je tomu ve světelném řezu v místech osvětlených primárním hlavním osvětlením, by při přímém PIV osvětlení bez lomů a odrazů částice neměly být osvětlené (měly by tedy být neviditelné), ale osvětlením vytvořeným lomy a odrazy mohou být viditelné a způsobit rušivý pohyb, kdy v určitém místě může vzniknout zdánlivé vířidlo částic nebo lokální pohlcení částic (lokálně zde zdánlivě přestává platit kontinuita pohybu hmoty). Změna intenzity osvětlení s polohou v prostoru způsobuje další druh chyby, kdy částice osvětlené slaběji na snímku vymizí a jejich změna polohy pak není detekovatelná.

Jak samotný záznam kamerou, tak eliminace chyb způsobených osvětlením vyžadují odstranění optických překážek, které by znemožňovaly sledování trajektorií částic kamerou a způsobovaly změny v jejich osvětlení.

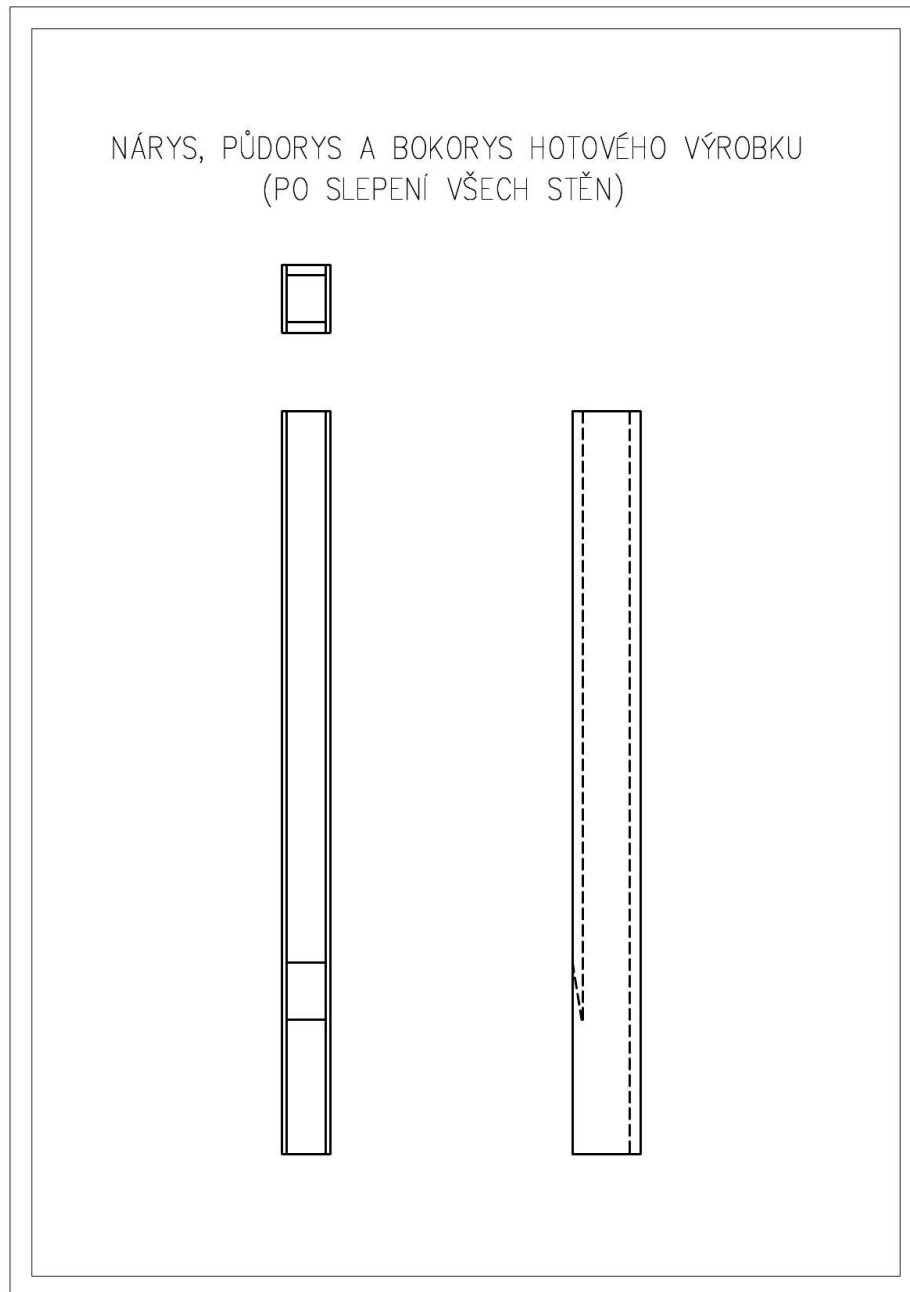
Má-li být sledováno proudění vzduchu uvnitř ve varhanní píšťale, musí být její stěny

...

Průhledná dřevěná varhanní píšťala

Dřevěná píšťala varhan má obvyklé poměry rozměrů (menzuraci) dané akustickými vlastnostmi prostoru a zvyklostmi daného varhanáře. Pro plexisklovou píšťalu pro určitý typ zvuku (např. flétnový zvuk) a pro konkrétní výšku tónu lze převzít všechny rozměry běžné dřevěné píšťaly a upravit pouze tloušťku stěny

Funkční provedení sestavy přední, zadní a obou bočních stěn ukazuje Obr. 1. Na přední stěně jsou patrné úkos a výřez horního rtu labia. Materiál musí být po oříznutí a odfrézování vyleštěn.



Obr. 1 Nárys, bokorys a půdorys slepené průhledné varhanní píšťaly

...

Jádro i noha vsazená do tohoto jádra jsou ze dřeva. Rozměry a provedení jsou zcela shodné s původní dřevěnou píšťalou, proto na výkresech ani jádro ani noha nejsou zakresleny).

2 Funkční vzorek průhledné varhanní píšťaly

Dle dokumentace (viz kap. 2) byl realizován funkční vzorek průhledné varhanní píšťaly Jako předloha byla použita dřevěná píšťala rejstříku Principál 8, výška tónu gis (frekvence základní harmonické 207 Hz). Rozměry jsou uvedeny na Obr. 3 až 5.

...



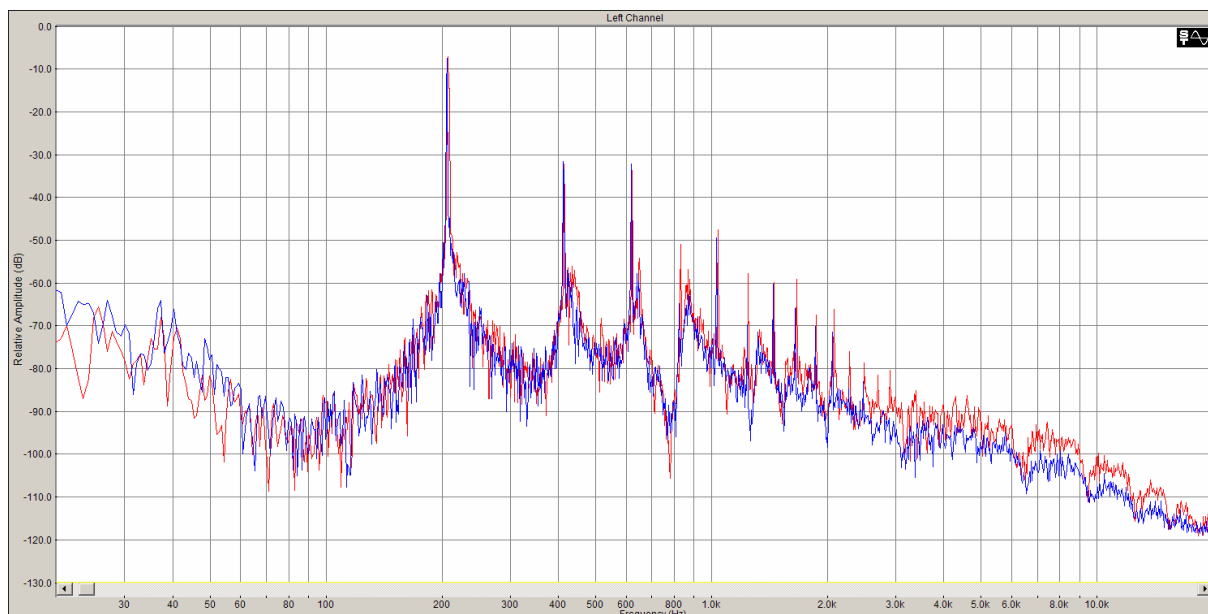
Obr. 6 ... a čelní (dole) pohled na realizovaný funkční vzorek průhledné varhanní píšťaly

...



Obr. 7 Viditelná optická rozhraní u průhledné varhanní píšťaly s konstrukčním řešením jako u běžné dřevěné varhanní píšťaly (...) a u funkčního vzorku (dole)

Ze srovnání spekter tónů, které vydává 1) realizovaný funkční vzorek průhledné píšťaly mající stěny z plexiskla (červeně na Obr. 8) a 2) vzorová píšťala ze dřeva (modře na Obr. 8) je patrná velmi blízká shoda s malými rozdíly v šumové příměsi nad 3 kHz, které jsou ve vzdáleném poli (odstup více než 2 m od píšťaly) pod rozlišovací schopností lidského ucha. Spektra byla měřena dle metodiky [2] ve vzdálenosti 0,3 m.



Obr. 8 Srovnání spektra tónů varhanních píšťal (měřeno ve vzdálenosti 0,3 m):

- 1) červeně ... realizovaný funkční vzorek průhledné píšťaly mající stěny z plexiskla,
- 2) modře ... píšťala ze dřeva jejíž rozměry a intonace byly vzorem pro realizovaný funkční vzorek.

Literatura

- [1] Dantec Dynamics Resources. (2013). [online]. [cit. 2016-12-20].
URL: <http://www.dantecdynamics.com/particle-image-velocimetry>
- [2] Otčenášek, Z. (2007): Metodika objektivního měření akustických změn při restaurování dřevěných píšťal historických varhan. Technologický list TL 53/13. AMU, Praha 2013