

Václav Syrový

HARDWARE PRO AKUSTICKOU DIAGNOSTIKU DECHOVÝCH HUDEBNÍCH NÁSTROJŮ

The paper deals with the basic overview of the diagnostic hardware for the wind musical instruments. The problems of various artificial substitutes of musicians by the acoustic measurements and their influence upon the validity of the sound quality evaluation are discussed.

1. ÚVOD

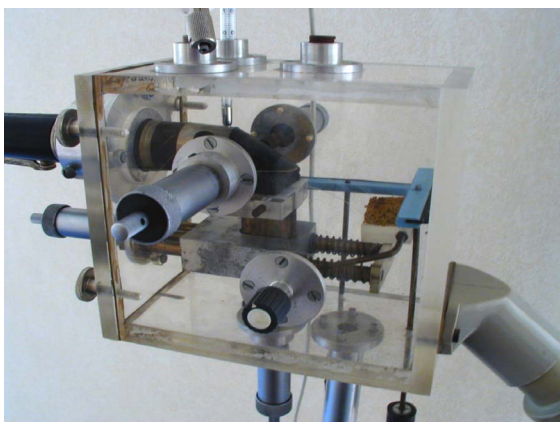
Pod pojmem akustická diagnostika hudebních nástrojů rozumíme účelové zjišťování resp. měření těch akustických vlastností, u kterých předpokládáme přímý či zprostředkovaný vliv na zvukovou kvalitu nástrojů. Tato měření se provádějí jak na sestavených funkčních nástrojích, tak na jednotlivých dílech před jejich sestavením. V případě dechových nástrojů, dřevěných i žesťových se jedná o měření akustických veličin, které se promítají do frekvenčních, intenzitních a spektrálních vlastností tónu, resp. mají vliv na intonační, dynamickou a barevnou kvalitu nástrojů. Objektivní příčinnost těchto vlastností souvisí především s konstrukcí nástrojů, jejich rozměrovými i materiálovými dispozicemi, pominout nelze také vliv samotné technologie jejich výroby. Subjektivní příčinnost těchto vlastností je dána základním problémem akustického přizpůsobení hudebníka a jeho nástroje. Ve vztahu k problematice hodnocení zvukové kvality a její objektivní příčinnosti je akustická diagnostika orientována více na vymezování odchylek od standardního chování nástroje především ve smyslu identifikace event. i lokalizace závad a představuje účinný prostředek kontroly vybraných akustických vlastností.

2. DIAGNOSTIKA A PROBLÉM REÁLNÉ NÁHRADY HRÁČE

Základní otázkou je: co a jak měřit přímo na hudebním nástroji tak, aby měřená veličina zobrazovala určitou subjektivní vlastnost nástroje z pohledu jeho hráče. Vztah mezi měřenou veličinou může být přímý, jako např. průběh vstupní akustické impedance trubky a její intonační vlastnosti, nebo nepřímý, jako např. rezonanční frekvence dutiny klarinetové hubičky a ozevové a barevné vlastnosti tónu klarinetu. V prvním případě můžeme vztah absolutizovat: výsledkem diagnostiky je jednoznačná intonační křivka trubky. Druhý případ představuje především možnost porovnávání hubiček mezi sebou a optimalizaci jejich výběru k danému nástroji. Akustická měření na hudebních nástrojích jsou na rozdíl od měření vlastností jejich tónu spojována ve většině případů s problémem náhrady hráče. Tato náhrada je motivována nejenom **podmínkou opakovatelnosti výsledků měření**, ale také celou řadou dalších organizačně technických problémů.

U hráčů na dechové nástroje je to např. omezená délka dechu, nátisková únava, vliv teploty aj. Potřeba náhrady hráče vyplývá především z nezbytnosti stabilizace vstupních podmínek měření, konkrétní řešení této náhrady odráží pak vlastní smysl měření. Řada měření na hudebních nástrojích totiž vyžaduje jejich reálný akustický stav, zejména pak při analýze jejich tónu. V tomto případě náhrada hráče musí vybudit autentický tón resp. zvuk hudebního nástroje ve smyslu jeho přirozených intonačních, dynamických a barevných vlastností. Problém realizace takové náhrady úzce souvisí s podílem samotného hráče na tvorbě tónu. Zatímco u klávesových i bicích nástrojů je řešení náhrady relativně jednoduché, např. v podobě programovatelného úderného či stiskacího mechanismu, u strunných drnkacích či smyčcových nástrojů náhrada prstu či smyčce ve smyslu základních technik hry působí již velké problémy.

U dechových nástrojů je podíl hráče na tvorbě tónu závislý přímo na typu nástroje. Zatímco u dřevěných nástrojů hráč aktivně ovlivňuje režim kmitání oscilátoru, tj. vzdušného (u fléten) či mechanického jednoduchého (u klarinetu a saxofonu) a dvojitého jazýčku (u hoboje a fagotu), u žesťových nástrojů tvoří hráčovy rty vlastní oscilátor v podobě dvojitého membranózního jazýčku. Budící hardware pro vznik reálného tónu – **umělá ústa** představuje u těchto nástrojů problém funkční náhrady rtů a jazyka hráče. U flétny se jedná zejména o konstrukci štěrbiny mezi rty a jejího postavení vůči náústku nástroje, kde vliv materiálu náhrady není dominantní, avšak u plátkových nástrojů materiál umělých rtů, jejich nastavení polohy a tlakové síly přímo určuje úspěšnost náhrady. Kvalita umělých úst pro jedno a dvouplátkové dechové nástroje je odvozována od potřeby měnit nastavení rtů v průběhu přehrávání tónového rozsahu nástroje. V optimálním případě je nutnost změny polohy a přítlaku rtů spojena pouze s přechodem do přefukujícího rejstříku. V konstrukci umělých úst rozlišujeme jednodušší variantu (obr.1) pro přehrávání držených tónů bez spouštěcího mechanismu tónu, která bývá využívána např. pro měření směrových vyzařovacích vlastností plátkových nástrojů nebo k diagnostice konstrukčních úprav dílů nástroje ve vztahu k spektrálním vlastnostem tónu. Podstatně složitější varianta počítá s realizací různého typu nasazení tónu a vyžaduje spouštěcí mechanismus jazyka spojený s dynamickým řízením tlakových poměrů v umělých ústech. Klimatické poměry uvnitř úst musí pak respektovat reálnou teplotu a vlhkost vydechaného vzduchu, konstrukční řešení zase reálnou impedanční zátěž ústní dutiny a celého dechového traktu hráče. Vzhledem k rozdílným anatomicko-fyziologickým dispozicím hráčů na dechové nástroje je zaveden jak v konstrukci umělých úst, tak i u ostatních budících zařízení pojem **průměrného hráče**, který představuje zprůměrovaný vliv statisticky významného souboru hráčů zejména na intonační vlastnosti nástroje. Impedanční přizpůsobení úst či obecného budiče k nástroji zohledňuje vliv tohoto průměrného hráče na akustický režim nástroje.



① Umělá ústa pro plátkové dechové nástroje (realizace HAMU)



② Budiče pro diagnostiku dechových nástrojů (realizace HAMU 1-4, FEL ČVUT 2-3)

Největším konstrukčním problémem u umělých úst pro žesťové dechové nástroje je **funkční náhrada** samotného **oscilátoru** – dvojitého membranózního jazýčku tvořeného rty hráče. Zde se nejedná o pasivní imitaci rtu jako tlumícího prvku jazýčku, který je realizován ze speciální, vlhkost přijímající pryže, ale o aktivní, kmitající a v optimálním případě též aktivně reagující náhradu rtů hráče. V podstatě jde o napodobení svalů s programovatelnou inervací a senzitivitou na vnější mechanický popud. V tomto ohledu funkční náhrada rtů dosud neexistuje, napodobením svalů s možností ovlivňovat jeho napětí se nejvíce blíží trubice z jemné pryže naplněná vodou, u které je možno regulovat tahové napětí pryže a tlak vodní náplně. Na rozdíl od funkce struny jako aktivního oscilátoru u strunných nástrojů je silně tlumený jednoduchý i dvojitý jazýček u dechových nástrojů především řízeným ventilem, který synchronizuje svůj režim s laděným rezonátorem – vzdušným sloupcem nástroje. Tento fakt je dominující zejména v okamžiku vzniku tónu buzení náhradou hráče. Uplatnění náhrady hráče v podobě umělých úst má v akustické diagnostice dechových nástrojů uplatnění především při studiu reálné existence jejich tónu a softwarově je vázáno na analýzu jeho časových a frekvenčních vlastností.

3. DIAGNOSTIKA A PROBLÉM UMĚLÉ NÁHRADY HRÁČE

Pro účelovou diagnostiku není zapotřebí navozovat reálný akustický stav nástroje, ale pouze jej částečně simulovat. V každém případě však musí dojít ke kmitání vzdušného sloupce, i když bez zapojení reálného oscilátoru, tj. vzdušného či mechanického jazýčku (dle typu nástroje). Prakticky to znamená použít elektroakustický budič, definovaným signálem vyvolat požadované módy vzdušného sloupce a příslušnou odezvu sejmout měřícím mikrofonom. Konstrukce hardware, tj. budiče s mikrofonom úzce souvisí s účelem diagnostiky. Pokud chceme, aby naměřené výsledky objektivně vypovídaly o diagnostikované vlastnosti nástroje, pak tento hardware nesmí ovlivnit akustickou realitu nástroje a v podstatě představuje **impedančně přizpůsobenou** umělou náhradu průměrného hráče.

Typickým příkladem je **měření vstupní akustické impedance**, z jejíhož průběhu se usuzuje jak na intonační, tak na ozevové či dokonce „barevné“ kvality nástroje. Hlavní problém této náhrady však spočívá v tom, že hráč nepředstavuje z hlediska buzení nástroje zdroj s konstantní akustickou objemovou rychlostí a naprostá většina konstrukčních řešení budičů dechových nástrojů zase neumožňuje měření objemové rychlosti, ale pouze měření akustického tlaku. Aby velikost tohoto tlaku odpovídala velikosti impedance, musí být výstupní impedance budiče podstatně větší než vstupní impedance měřeného nástroje, což opět neodpovídá realitě přítomnosti hráče. Řešení budičů vychází potom z kompromisního impedančního přizpůsobení zohledňujícího vliv průměrného hráče (obr.2). Dalším problémem je frekvenční charakteristika budiče a jeho akustický výkon. Sestrojení výkonového budiče s vyrovnanou charakteristikou v celém akustickém rozsahu je prakticky nemožné. Při cílené diagnostice např. intonačních vlastností trubky v podstatě vystačíme s rozsahem do 3 kHz, jehož vyrovnání již činí podstatně menší problémy. Požadavek na dostatečný akustický výkon je motivován jednak potřebným odstupem od rušivého pozadí (s možností aplikovat vlastní měření v akusticky neupraveném prostoru) a jednak přiblížením se v tomto směru realitě akustického provozu nástroje. Diagnostika např. žádoucího či nežádoucího vlivu spolurezonance stěn trubky předpokládá reálný akustický tlak v kotlíku nátrubku až 160 dB. Z tohoto důvodu některé konstrukce umělých náhrad hráče na žesťové nástroje v minulosti vycházely z principu laditelné tlakové sirény. Způsob vyrovnání frekvenční charakteristiky resp. její kompenzace souvisí s typem budícího signálu.

Klasické metody měření vstupní akustické impedance zvukovodů používají přeladovaný sinusový signál a přenosové nedostatky budiče vyrovnávají kompresí úrovně budícího signálu tak, aby v požadovaném frekvenčním pásmu byl na vstupu nástroje konstantní akustický tlak, nebo ve

složitějším případě tzv. impedanční hlavy měří na vstupu zvukovodu jak akustický tlak, tak objemovou rychlost. Výjimečným řešením je použití modulovaného vysokonapěťového výboje jako nehmotného zdroje konstantního akustického tlaku. Tyto metody jsou však ve své praxi náročné na čas a akustické podmínky své instalace. Použití FFT analyzátorů umožňuje použít impulzní signál nebo náhodný event, pseudonáhodný šum, lit.[1]. Kompenzace přenosové charakteristiky budiče může být realizována odečtením průběhu impedance bezodrazového zvukovodu nebo softwarovou



③ Systém BIAS, IWK



④ Měření klarinetových hubiček (realizace HAMU a ČSHN)

adaptací tvaru měřicího impulsu. U náhodného šumu lze k vyrovnání charakteristiky budiče využít také ekvalizace sadou pásmových filtrů. Impulzní metody jsou časově úsporné a jejich softwarová podpora dovoluje vyhodnocovat u dechových nástrojů intonační vlastnosti, délkové a průřezové dispozice i příp. výrobní závady, např. netěsnosti, vadné sesazení aj., lit.[2].

4. DIAGNOSTIKA JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ DECHOVÝCH NÁSTROJŮ

Zvláštním případem účelové diagnostiky je zkoumání vlastností izolovaných jednotlivých dílů, jako jsou plátky, hubičky, soudky, nátrubky, ozvučníky aj. Nereálnost jejich samostatné „akustické“ existence a současně jejich vliv na kvalitu tónu vede jak po hard- tak softwarové stránce k hledání vztahu mezi jednoduše měřitelnou akustickou vlastností a kvalitativním ohodnocením, lit.[3]. Ve většině případů se jedná o **měření rezonančních** či přenosových **vlastností**. Hardware může být v tomto případě řešen účelově bez souvislosti s reálnou či umělou náhradou hráče (obr.4).

5. DODATEK

Oddělení hudební akustiky Zvukového studia HAMU využívá pro výzkumně i výukově zaměřenou diagnostiku vedle uvedeného hardware též komplexní diagnostický systém BIAS vyvinutý Institutem pro vídeňský zvukový styl při Hudební univerzitě ve Vídni (obr.3).

UZNÁNÍ

Výzkum se uskutečnil v rámci výzkumného projektu čís. VS 96031, financovaného MŠMT ČR a rozvojového projektu čís. F 510/99 za podpory FRVŠ.

LITERATURA

- [1] V.Syrový, P.Volný, **The Use of Pseudorandom Signals to the Testing of Brass Wind Musical Instruments**
Proceedings of 31st IAC (ISBN 80-228-0632-3), Vysoké Tatry 1997, str. 92-93
- [2] V.Syrový, **Diagnostická impulzní měření na klarinetu**,
Sborník 28. Akustické konference, Vysoké Tatry 1989, str. 257-260
- [3] V.Syrový, **Způsob hodnocení kvality hubiček dechových nástrojů, zejména klarinetů**
Autorské osvědčení čís. 250 953, 1987