

MĚŘENÍ rezonančních vlastností klarinetových hubiček

VÁCLAV SYROVÝ

Při hledání a zkoumání metod objektivního hodnocení zvukové kvality hudebních nástrojů je často pokládána otázka: Do jaké míry je popis vlastností nástroje jako celku použitelný pro praxi jeho výroby? Složitá sestava jednotlivých dílů hudebního nástroje vystupuje sice navenek jako jednotný akustický systém, avšak jeho díly přispívají k celkové zvukové kvalitě nástroje různou měrou. Jestliže posluchače obdobně jako měřící mikrofon přijímají už jenom výsledný produkt složitých vztahů uvnitř nástroje, pak hráč na nástroj již tyto vztahy poměrně dobře identifikuje, ale těžko je od sebe dovede oddělit. Nelze totiž subjektivně hodnotit kvalitu např. klarinetového plátku, hubičky či soudku bez použití celého nástroje.

V procesu výroby hudebního nástroje však individuální vlastnosti jeho jednotlivých dílů vystupují jako důsledek materiálových konstrukčních i technologických jevů a jejich hodnocení nemusí být pak jenom nástrojem kontroly, ale může též zdárně ovlivnit kompletaci celého nástroje z kvalitativního hlediska. Lze tedy položit další otázku: Je měření izolovaných vlastností určitého dílu slučitelné s jeho pozdějším kvalitativním začleněním v celku hudebního nástroje? Zkušenosti z výzkumu hudebních nástrojů nasvědčují tomu, že při respektování vlivu funkčních vazeb je měření těchto izolovaných vlastností nejenom s vlastnostmi celku nástroje slučitelné, ale pro účely jeho výroby velmi užitečné. Funkčními vazbami zde rozumíme jak mechanicko-akustickou návaznost jednotlivých dílů hudebního nástroje, tak i vazbu nástroje na samotného hudebníka.

V rámci vědeckovýzkumné spolupráce mezi ČSHN a AMU byl v roce 1982 zadán hudební fakultě úkol technického rozvoje, který se týkal zjištění souvislostí mezi akustickými a mechanickými vlastnostmi klarinetových hubiček a jejich subjektivní kvalitou. Obdobně jako u výzkumu klarinetových plátků jednalo se o zkoumání takových izolovaných vlastností, které by korelovaly s kvalitativním postojem hudebníka. Pro výzkum byl vybrán soubor 35 klarinetových hubiček různých výrobců, které individuálně hodnotilo ve spojení s vlastním nástrojem deset klarinetistů. Jejich subjektivní ohodnocení zaměřené především na ozev a barvu tónu bylo podchyceno v „Testu klarinetové hubičky“ (viz obr. 1), který byl ještě v průběhu dvou let doplňován o další kvalitativní údaje (např. vliv dráhy). Opakovaná subjektivní hodnocení byla pak statisticky zpracována a vyhodnocena.

Mechanická měření hubiček zahrnovala podchycení všech funkčních rozměrů a rozměrových vztahů, které by mohly souviset s kvalitou subjektivně stanovenou hudebníky. Vedle rozměrů byl zjišťován též vnitřní objem hubičky a průběh její klenby, dále profil dráhy a „špičky“. Realizace některých mechanických měření si vyžádala zhotovení speciálních měřících přípravků a pomůcek. Výsledky mechanických měření byly pak pomocí regresní analýzy dávány do vztahu s výsledky subjektivního hodnocení. Zde byly nalezeny statisticky významné závislosti k rozměrům vstupního otvoru hubičky, se zmenšováním plochy tohoto otvoru klesala i subjektivní kvalita hubičky (koeficient korelace pro plochu otvoru $k=0,78$). Není bez zajímavosti, že v subjektivním hod-

nocení se promítly i akusticky nepodstatné rozměry a vnější tvarové dispozice hubiček. Proto také byla subjektivní hodnocení nejenom opakována v různých časových odstupech, ale též zvlášť vyhodnocována pro mechanicky výrazně odlišné hubičky (např. skleněné).

Akustická měření vycházela z modelu klarinetové hubičky jako akustického rezonátoru zatíženého vzduchovým sloupcem nástroje a buzeného kmity plátku. Už výsledky prvních měření ukázaly na problémy kolem buzení systému; zkušenosti z výzkumu klarinetových plátků, a jeho spolurezonance vedly k rozhodnutí, že měření zu simulovaných např. v umělých ústech, vztah plátku a jeho spolurezonance vedly k rozhodnutí, že měření nebudou uvažovat vliv dráhy hubičky a vlastního plátku. Profil dráhy hubičky je totiž poměrně snadno měřitelný a vazba plátku na hubičku včetně vlivu vokálního traktu hráče je zase parametrem natolik variabilním, že jeho negativní vliv na opakovatelnost výsledků měření by poznamenal regulérnost celého výzkumu. To také prokázala měření rezonančních vlastností hubiček s upnutým plátkem. Problémem tedy zůstalo respektování vlivu vzdušného sloupce nástroje. Výpočet zatěžující akus-

TEST KLARINETOVÉ HUBIČKY

Hubička č. ...	Značka:	Typ:
Hubička hodnotitele — Značka: Typ:		
Provedené úpravy:		
Používaný plátek:		Tvrdość:
Hodnocení vlastní hubičky:		
1. Dynamické možnosti		větší—menší
2. Barva tónu		lepší—horší světlejší—temnější ostřejší—tupější tvrdší—měkčí
3. Ozev tónu poloha hluboká vysoká		snadný—nesnadný snadný—nesnadný
4. Spolehlivost		dobrá—špatná
5. Staccato		dobré—špatné
6. Legato		dobré—špatné
7. Použitý plátek se jeví Nutná změna plátku během hodnocení		tvrdší—stejný—měkčí ano—ne
Změna v bodech:		Nový plátek:
8. Volba optimálního plátku:		
9. Celkové hodnocení: 1 2 3 4		výborná, dobrá použitelná, nepoužitelná
10. Poznámky:		
1.890—Sy		Obr. 1

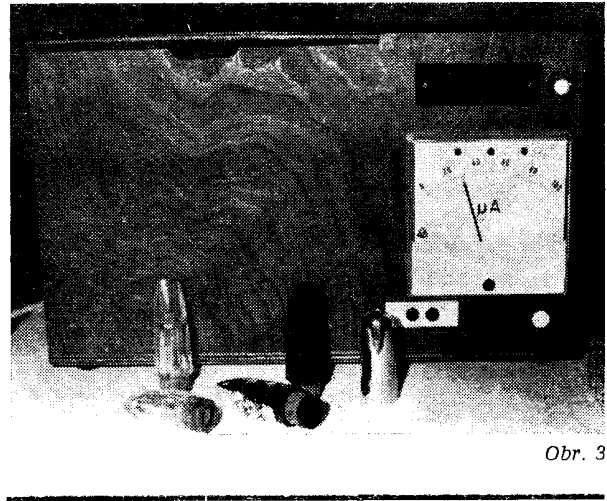
tické impedance byl vzhledem k proměnnosti vlastností trubice klarinetu vlnovodu nahrazen experimentálním vyšetřením vztahu velikosti této impedance ke korelaci mezi rezonančními vlastnostmi hubičky a jejím subjektivním hodnocením. Zatěžující impedance byla měněna nejrozličnějším provedením tzv. impedanční zátky, která zahrnovala i vlastní měřící mikrofon. Od úplného zakrytí výstupního otvoru hubičky přes různé průměry mikrofonních sond a různou hloubku jejich zasunutí do hubičky, které představovaly proměnnou akustickou zátěž v širokém rozmezí, byly měřeny rezonanční vlastnosti hubičky následujícím způsobem.

Zkoumaná hubička byla spolu s měřícím mikrofonem resp. mikrofonní sondou umístěna v měřící komoře. Zdrojem akustického signálu byla reproduktorová soustava, frekvenční průběh byl pomocí kompresoru ovládacího výstup sinusového generátoru a řízeného kompenzačním mikrofonem, který byl umístěn v těsné blízkosti vstupního otvoru hubičky, vyrovnaném v rozsahu 500 Hz až 15 kHz v rozmezí cca 1 db. Úroveň akustického tlaku byla nastavena na 86 dB. První orientační měření sledovala rezonanční charakteristiky v uvedeném frekvenčním rozsahu (viz obr. 2) vliv směřování reproduktorové soustavy, úroveň akustického tlaku a dalších vstup-

ních podmínek. Už pro úplné uzavření výstupního otvoru hubičky byly zjištěny náznaky korelací k subjektivnímu hodnocení u velikosti první rezonance (cca 1100 Hz) a velikosti resp. kvality této rezonance (cca 110 dB). Jako velmi problematické se však ukázalo upnutí hubičky v místě korkového obložení, které v důsledku vícenásobného subjektivního testování změnilo svoje vlastnosti. Proto pro další akustická měření bylo zvoleno oddělené upnutí mikrofonní sondy a vlastní hubičky v nefunkční oblasti. Nyní následovala velká řada měření pro různé průměry mikrofonních sond a různou hloubku zasunutí do hubičky. Na každé hubičce bylo provedeno přibližně 150 měření velikosti frekvence prvního rezonančního maxima a jeho úrovně — kvality. Naměřené hodnoty byly pak pomocí regresní analýzy dávány do souvislosti se subjektivním ohodnocením hubiček. Ze získaných závislostí vyplynula evidentní přímá úměra mezi velikostí frekvence prvního rezonančního maxima a subjektivní kvalitou, která pro sondu o průměru 13,25 mm a hloubku zasunutí 28 mm vykazovala korelaci 0,818. Pro odlišný průměr a jinou hloubku zasunutí již tato korelace klesala. To ovšem nasvědčovalo tomu, že uvedené nastavení mikrofonní sondy v podstatě dobře simuluje vliv navázání vzdušného sloupce klarinetu. Proto také veškerá další měření, která sledovala opakovatelnost výsledků za různých vstupních podmínek, dále možnost náhrady akusticky zatlučeného prostoru komůrkou malých rozměrů, vliv vynechání kompenzačního mikrofonu atd., byla realizována pro toto nastavení mikrofonní sondy. Všechna tato měření opakovaně potvrdila úzký vztah mezi velikostí rezonanční frekvence a subjektivním ohodnocením hubičky.

Pro kvalitativní rozsah hodnoceného souboru, který zahrnoval výborne, průměrné i nepoužitelné hubičky různých firem, se změna velikosti rezonanční frekvence pohybovala v rozsahu cca od 1850 do 2020 Hz. Čím vyšší byla tato frekvence, tím bylo také vyšší ohodnocení kvality hubičky, které se především dotýkalo ozevu a barvy tónu. Lze tedy předpokládat, že s vyšší polohou rezonance hubičky dochází k příznivějším energetickým poměrům při přenosu vyšších frekvencí. I když absolutní hodnoty naměřených rezonančních frekvencí se pravděpodobně nebudou ztotožňovat s rezonančními vlastnostmi hubičky v reálném provozu, postihuje velikost rezonanční frekvence, vliv vnitřních tvarových dispozic, drsnosti vnitřního povrchu a materiálu hubičky s vysokou spolehlivostí. V žádném případě však není zde podchycen vliv dráhy a vnějších tvarových dispozic.

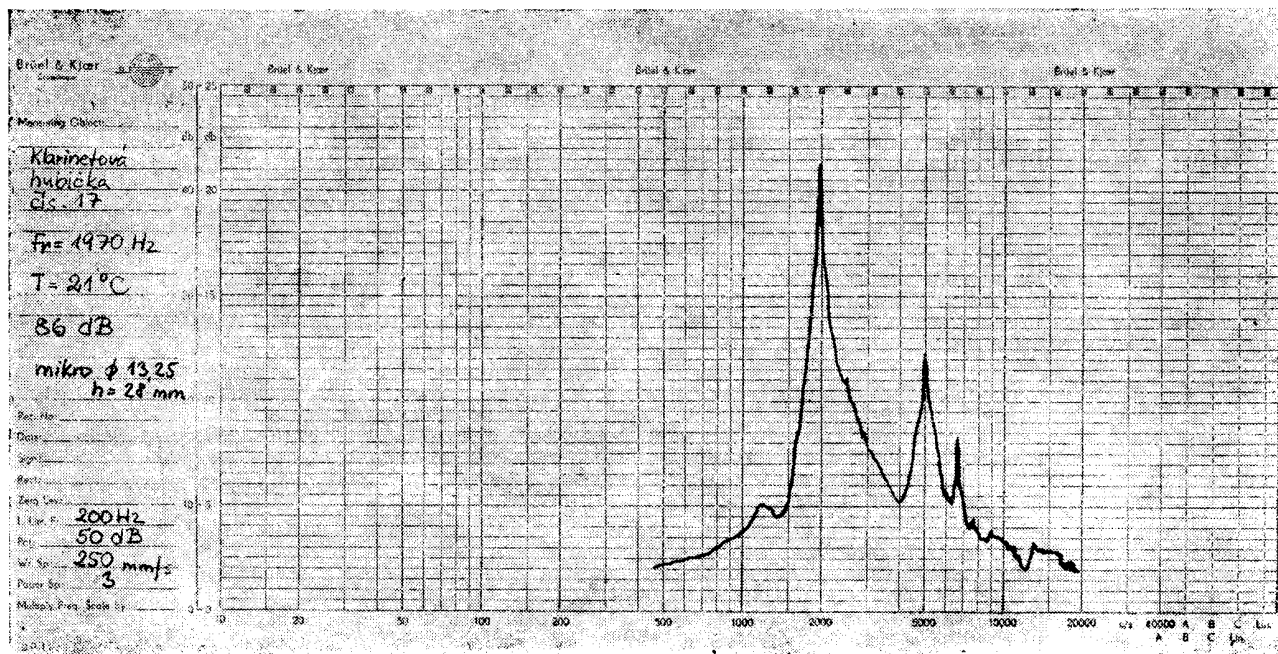
Spolehlivost této metody byla vyzkoušena na celé řadě nejruznějších klarinetových hubiček a setkala se se



Obr. 3

zájmem nejenom u klarinetistů, ale hlavně u výrobce — závodu Amati. Pro účely jejího praktického využití bylo však zapotřebí vyvinout a realizovat jednoúčelové měřicí zařízení s minimálními nároky na obsluhu. Tohoto úkolu se ujali RNDr. Josef Nosek a Ing. Alois Raffaj z oddělení základního výzkumu ČSHN a tak mohlo být předáno závodu Amati měřicí zařízení pro hodnocení klarinetových hubiček. Pro účely základní kvalitativní kontroly byl celkový rozsah rezonančních frekvencí rozdělen na kvalitu nepoužitelnou, průměrnou a výbornou s LED diodovou indikací. Velikost frekvence je zobrazována na displeji, ručkové měřidlo slouží k nalezení rezonančního maxima při přeladování frekvence. Na obr. 3 je uveden celkový pohled na měřicí zařízení, obr. 4 přináší detail měřicí komůrky s reproduktorem a držákem měřené hubičky, ve kterém je umístěna mikrofonní sonda. Při měření je přirozeně nutné kontrolovat teplotu v komůrce.

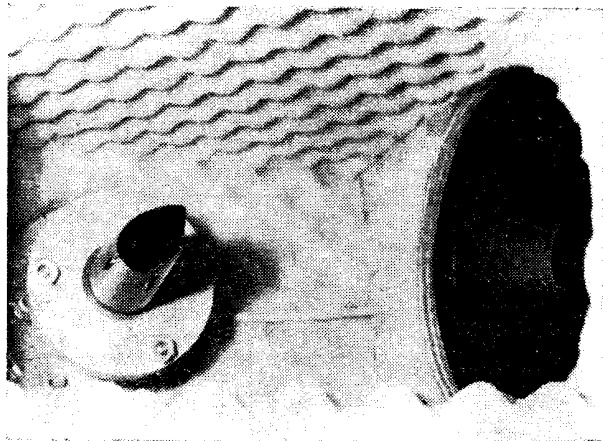
Uvedená měřicí metoda je samozřejmě adaptabilní na všechny typy klarinetových i saxofonových hubiček při stanovení optimálního průměru a zasunutí mikrofonní sondy. Její hlavní využití je v kontrole a vzájemném porovnávání kvality hubiček především při kompletaci mistrovských nástrojů. Změření rezonanční frekvence v žádném případě však neznamená absolutní kvalitativní ohodnocení, ale důležitou informaci pro nástrojaře



Obr. 2

i hudebníka o určitých kvalitativních předpokladech dané hubičky, které nejsou jiným způsobem objektivně zjištělné.

Milou povinností autora je poděkovat všem zúčastněným hudebníkům, pedagogům i posluchačům hudební fakulty AMU a členům hodnotitelské komise za skutečně plodnou spolupráci, právě tak jako kolegům akustikům z ČSHN a ÚTDU ČSAV za morální i faktickou pomoc tomuto výzkumu.



Obr. 1

Literatura:

1. Hodnocení klarinetových hubiček I.
Úkol TR č. 97 322 002 -- 05
Výzkumná zpráva HAMU a ČSHN 1982
2. Hodnocení klarinetových hubiček II.
Úkol TR č. K 97 322 -- 2008
Výzkumná zpráva HAMU a ČSHN 1983
3. Hodnocení klarinetových hubiček III.
Úkol TR č. K 97 322 -- 2010
Výzkumná zpráva HAMU a ČSHN 1984
4. Autorské osvědčení čis. 250 953
„Způsob hodnocení kvality hubiček dechových nástrojů, zejména klarinetů“
5. Měřicí zařízení pro hodnocení klarinetových hubiček
Úkol TR č. K 97 322 -- 2011
Výzkumná zpráva ČSHN 1985