

Příspěvek k objektivnímu hodnocení zvukových vlastností píšťalových varhan

VÁCLAV SYROVÝ

Výzkum zvukových vlastností hudebních nástrojů vedoucí k vývoji metod objektivního hodnocení kvality tónu je v současné době nejzpracovávanějším tématem hudební akustiky. Bez rozdílu předmětu tohoto výzkumu lze ve velké řadě prací týkajících se např. dechových či smyčkových nástrojů vysledovat určité společné metodologické problémy i jejich řešení. Jsou to především otázky tzv. **vstupních podmínek** vedoucích k opakovatelnosti výsledků, dále volba měřících metod a vyhodnocení naměřených údajů včetně subjektivního testování atd.

Píšťalové varhany nejsou z hlediska zájmu hudebních akustiků nikterak opomíjeným nástrojem. Jejich postavení jako předmětu výzkumu je však stejně vyjimečné, jako postavení mezi hudebními nástroji vůbec. Tato vyjimečnost vychází z naprosto ojedinělosti nástroje, který je nedílně spjat s daným prostorem. Každé varhany jsou totiž právě pro uvažovaný prostor ve svých zvukových vlastnostech disponovány, aby s ním vytvořily organickou jednotu především a právě z hlediska těchto vlastností. Proto také základním kritériem kvality při subjektivním posuzování varhan je výstavba principálního sboru a tvorby jeho pyramidy vedoucí k plénu, jehož dispozice, menzurační i intonace odráží akustické vlastnosti daného prostoru. Samotný návrh dispozice varhan musí vycházet z podrobných znalostí geometrie a interiérového vybavení prostoru, doby dozvuku a především její frekvenční závislosti, počtu posluchačů apod. Každé varhany nesou v sobě osobitý rukopis svého tvůrce, který se lépe či hůře vyrovnal právě se zvukovou návazností nástroje na prostor při současném respektování obecně platných dispozičních zásad, interpretačních nároků, konstrukčních i ekonomických omezení v daných historických podmínkách. Logika výstavby varhanního zvuku postavená na dialogu jednoty a kontrastu nese v sobě nespočetné množství funkčních vztahů, které jsou z hlediska už těch nejjednodušších akustických měření jen velmi těžko postihnutele.

Řešení těchto zásadních problémů odpovídá také poněkud odlišný přístup k objektivnímu hodnocení kvality zvuku píšťalových varhan. Zcela rozdílně jsou koncipována měření na jednotlivých píšťalách od měření na varhanách jako akustickém celku. **Měření izolovaných píšťal** sleduje obvykle objasnění základních akustických mechanismů, dále vliv konstrukce a materiálu včetně technologie výroby a v neposlední řadě i konkrétní podklady pro modelování tónu elektronickou cestou. U těchto měření se vylučuje vliv prostoru obdobně jako při měření na jiných hudebních nástrojích.

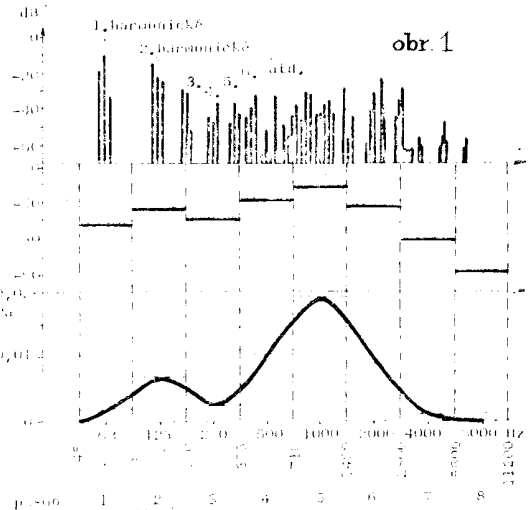
Akustická měření varhan jako nástroje organicky začleněného do prostoru sledují určitou **zvukovou makrostrukturu**, která ovšem z pohledu interpreta i posluchače vyžaduje mnohem větší váhu při přenosu zvukové estetické informace než vlastní mikrostruktura izolovaného tónu. Tato měření jsou však úspěšná pouze v tom případě, když současně **reprodukovatelnou** formou odrážejí i **vlastnosti prostoru**, ve kterém se varhany nacházejí. Protože však vliv prostoru se též negativně promítá do opakovatelnosti výsledků měření, je nutno volit takovou měřící metodu, která buď zajistí tuto opakovatelnost už v průběhu samotné generace měřeného signálu nebo až při jeho zpracování. V prvním případě

to znamená maximálně **omezit vznik stojatých vln** v daném prostoru, a to vhodnou volbou souzvuku tónů, který bude podroben akustickému měření, v druhém případě **opakovaným měřením** v různých místech prostoru a **statistickým zpracováním** naměřených hodnot do jisté míry napodobit integrační schopnost sluchového vjemu. Uvedené přístupy k možnému objektivnímu podchycení zvukových vlastností varhan dávají také obraz o náročnosti přístrojového vybavení a zpracování výsledků měření.

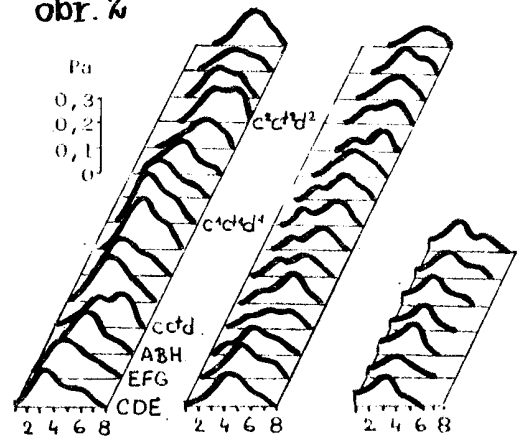
Vývoj i praktické využití první metody označované také jako **formantová analýza** je podrobně popsán v lit. [1], [2], [3], druhou metodu s výsledky známými pod označením „**dlouhodobě průměrovaná spektra**“ se zabývá lit. [4]. Obě metody mají přirozeně řadu předností i nedostatků, v některých aspektech se také vhodně doplňují, přesto však mohou ve svých výsledcích sloužit jako objektivní podklad nejenom při posuzování vlastností historických i soudobých nástrojů, ale též při jejich rekonstrukcích, přestavbách apod.

Zvukové studio hudební fakulty AMU bylo už několikrát postaveno před problém objektivního vyhodnocení zvukových vlastností píšťalových varhan, a to jak v případě akustických měření na jednotlivých píšťalách, tak při měření zvuku varhan jako celku. Z hlediska praktického využití ve varhanářské i akustické praxi se ukázala jako velmi výhodná formantová analýza v oktávo-ových pásmech podle Lottermosera a Meyera. Tato dnes už „klasická“ metoda je totiž schopna poskytnout při minimální přístrojové náročnosti opakovatelné a hlavně interpretovatelné výsledky.

Základním problémem při analýze zvuku varhan v reálném prostoru je omezení vzniku stojatých vln, který samozřejmě nelze zcela vyloučit. Při analýze izolované-



obr. 2

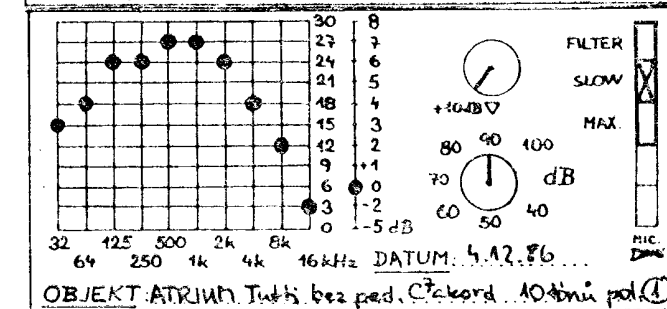
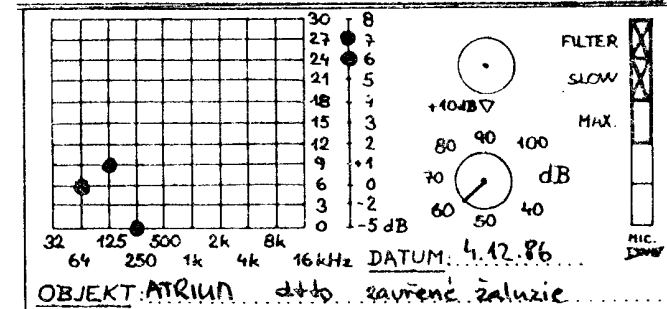
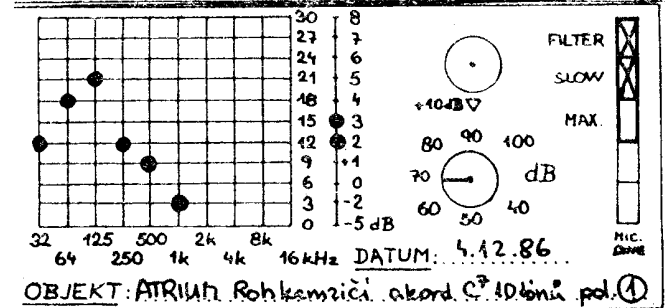
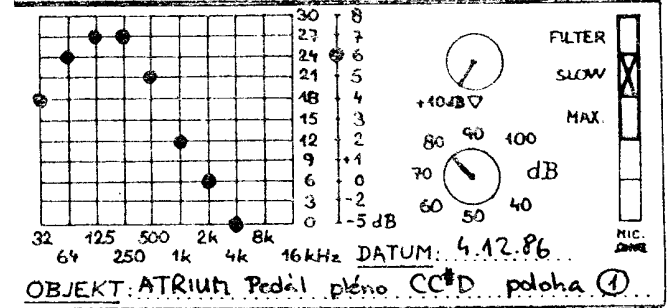
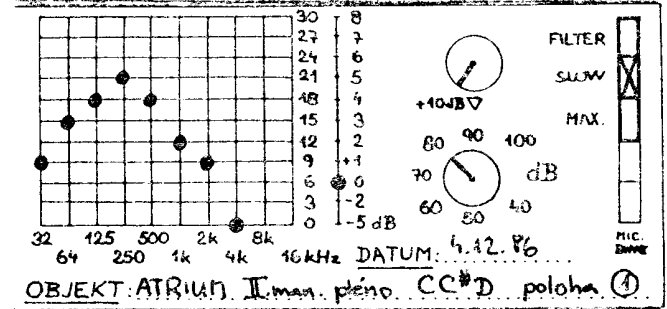
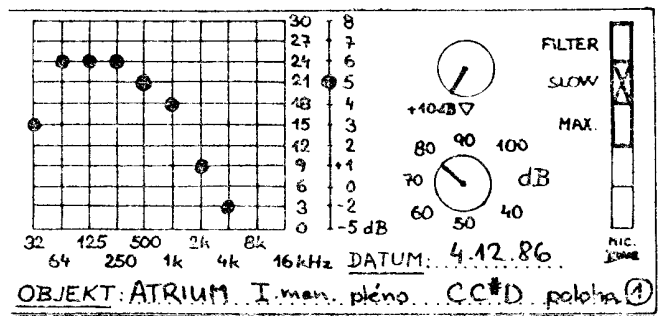
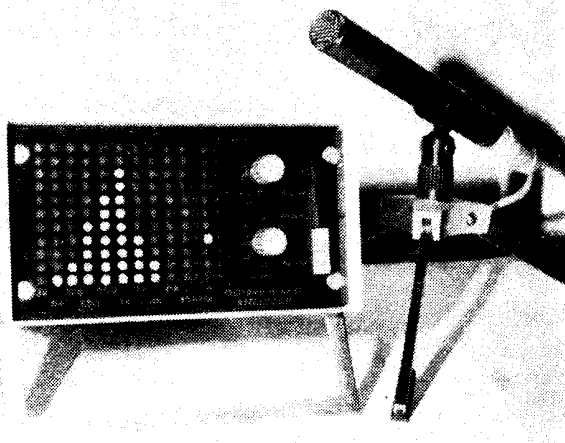


Hlavní stroj Zadní pozitiv Pedál

ho tónu nebo konsonantního intervalu či souzvuku je tento vznik víc než pravděpodobný a potom je otázkou, zda se měřicí mikrofon bude nalézat např. v uzlu nebo kmitné vlny a tomu bude pak odpovídat konkrétní naměřená hodnota. Při změně polohy mikrofonu může přirozeně dojít i k značné změně v naměřených hodnotách. Proto se jako **testovací souzvuky** používají **disonantní shluky**, které jsou sice zdrojem nejrůznějších interferencí, ale vedou k poměrně dobře opakovatelným výsledkům při dodržení dalších vstupních podmínek. Podle lit. [1] se jako nejvýhodnějším testovacím souzvukem ukázaly **tři sousední půltóny**, které při dobrém potlačení stojatého vlnění vedou k vysoké rozlišovací schopnosti při oktavové analýze zvukových vlastností jednoho či více rejstříků v průběhu celého manuálu. Na jednu oktávu připadají potom čtyři naměřená spektra. Princip analýzy sousedních tří půltónů v oktavových pásmech přináší obr. 1. Pro zdůraznění rozdílů naměřených hodnot lze vynášet akustický tlak přímo v Pascalech. Výsledná křivka odráží potom nejenom změnu polohy souzvuku, ale změnu jeho hlasitosti i barvy. Pro pět oktáv manuálu se tak získá dvacet křivek, jejichž tvarová posloupnost může vyjadřovat jak vlastnosti jednoho rejstříku, tak i např. pléna daného manuálu. V případě analýzy pléna lze pak z „prostorově“ uspořádaných křivek usuzovat na jeho charakter, výstavbu zvukové pyramidy, intonaci atd.

Na obr. 2 jsou vynesena oktavová spektra pro pléna jednotlivých strojů Mundtových varhan Týnského chrámu v Praze. V „krátké“ velké oktávě jsou půltóny nahrazeny celými tóny. Z průběhu křivek je patrný posun zvukového těžiště v průběhu rozsahu manuálů i repetice zvukové koruny. Tento způsob analýzy může též podchytnout případné intonační zásahy a dokonce i zvukové následky určitých změn ve vybavení interiéru prostoru, viz lit. [5].

Pro potřeby praktických měření byl ve zvukovém studiu vyvinut a realizován také přenosný oktavový analyzátor s vestavěným zvukoměrem. Přístroj umožňuje analýzu ve všech oktavových pásmech v reálném čase pomocí zobrazovacího displeje z LED diod v základním rozsahu 30 dB. Tento rozsah lze ještě rozšířit o 10 dB při přesnosti odečítání úrovně akustického tlaku 3 dB. Volba stupnice v dB a zvolený rozsah vycházejí z požadavků na možnost odečítání i malých změn mezi jednotlivými oktavovými pásmy na rozdíl od hrubšího dělení v Pa. Pro získání porovnatelných údajů s křivkami např. na obr. 2 je nutno údaje přepočítat. Vestavěný zvukoměr slouží pro orientační stanovení hladiny akustického tlaku v rozsahu 40 až 108 dB s přesností odečítání 1 dB. Analyzátor je současně vybaven filtrem pro potlačení nízkých frekvencí přibližné charakteristiky váhového filtru A, dále režimem displeje rychle — pomalu, registrací maximálních hodnot a krátkodobou analogovou pamětí. Důležitou součástí analyzátoru je přirozeně měřicí mikrofon. Jeho volba, která vycházela i z ekonomických hledisek, preferovala především všesměrovost, použitelný rozsah dynamiky při malém zkreslení a spolehlivost. Průběh frekvenční charakteristiky byl v daném frekvenčním rozsahu vykorigován přímo ve filtrech analyzátoru do tolerance cca ± 2 dB. Sestava analyzátoru



a použitého dynamického mikrofónu je zřejmá z obr. 3.

Vlastnosti analyzátoru nesplňují sice náročná laboratorní kritéria, ale přesto přinášejí reprodukovatelné a použitelné výsledky, srovnatelné např. se spektry v lit. [1], [2]. Velkou předností takto realizované formantové analýzy je její pohotovost, která umožňuje prověřit vlastnosti zvuku varhan např. při různých registracích, při změně umístění mikrofónu, pro různé typy souzvuků atd. Na obr. 4 jsou jako příklad použití popsaného analyzátoru vyneseny některé výsledky měření na varhanách v pražské koncertní síni Atrium. Uvedená spektra charakterizují barevné i dynamické poměry jednotlivých plén, účinnost žaluzií a zvukový obraz akordu tutti. Při správném výkladu těchto spekter dávají i tato orientační měření velmi užitečné informace a mohou sloužit jako podklad další přesnější analýzy.

Literatura:

- [1] Lottermoser W., Meyer J.: Orgelakustik in Einzeldarstellungen Das Musikinstrument Frankfurt am Main 1966
- [2] Lottermoser W.: Orgeln, Kirchen und Akustik Das Musikinstrument Frankfurt am Main 1983
- [3] Plomp R., de Last J.A.P.M.: Comparison of Organs in a Spectrum Space Acustica 55 1984 193-194
- [4] Sundberg J., Jansson E. V.: Long-Time Average Spectra applied to Analysis of Musik, Part II: An Analysis of Organ Stops Acustica 34/5, 269-274
- [5] Svrco V.: Vybrané kapitoly z nauky o varhanách skripta HAMU, SPN Praha 1987