

TESTING OF FREQUENCIES GENERATED IN WATER BY SUBMERGED HIGH-ENERGY LIQUID JET

L.M. Hlaváč*, J. Kaličinský, V. Mádr

Summary: *Utilization of water jets is rather well known for cutting and removing of materials in air. Nevertheless, utilization of water jets for similar works under the water level causes health problems to operators. Testing of high-energy liquid jet outflow to the pressure vessel indicates that there is a very high probability of generation of quite strong ultrasonic wave field. This contribution is aimed at measurements realized in the laboratory of the high-energy liquid jet at the VŠB - Technical University Ostrava. The experiments were performed for pressures simulating submersion from the water level up to the depths 160 meters below it.*

1. Úvod

Výzkum frekvenčního spektra kmitů buzených průnikem kapalinového paprsku vysoké rychlosti kapalným prostředím – vodou – navazuje na praktický problém obsluhy zařízení pro destrukci materiálů pod vodní hladinou kapalinovými paprsky. Při těchto pracích je obsluha zařízení sužována velmi intenzivním hlukem, který způsobuje i ztrátu orientace, stavy úzkosti apod. Zmíněné skutečnosti vedly k rozhodnutí zkoumat spektrální složení vznikajících kmitů. K tomuto účelu byla využita tlaková komora a čerpadlo pro generaci vysokého tlaku v laboratoři Oddělení kapalinového paprsku Institutu fyziky VŠB –TU Ostrava. Vzhledem k náročnosti problému je však studium spektrálního složení generovaného hluku i měření jeho intenzity teprve v počátcích. Postupné vybavování laboratoře měřicí technikou ovšem směřuje k tomu, aby výzkum v této oblasti mohl být významně rozšířen, jak to odpovídá potřebám dalšího pokroku v ochraně zdraví osob pracujících s kapalinovými paprsky.

2. Experimentální metoda

Kmity generované ve vodě v tlakové komoře byly buzeny kapalinovým paprskem vznikajícím ve vodních tryskách různých průměrů. Tlaková komora je válcová nádoba o objemu 163 l se dvěma bočními přírubami opatřenými průzory se skleněnými výplněmi. Nádoba je uzavírána víkem zajištěným dvaceti šrouby. Víko nese mechanismus pro upevnění a posun vzorku materiálu. Dvě osy mají mechanismus s ručním posunem umožňujícím nastavit polohu vzorku vůči paprsku, třetí osa má hydraulický posuv, který umožňuje vytvořit na vzorku lineární řez zvolenou přednastavenou rychlostí. Kromě vstupního otvoru, kterým je přivedeno do komory potrubí zakončené vodní tryskou, je ve stěnách komory ještě několik

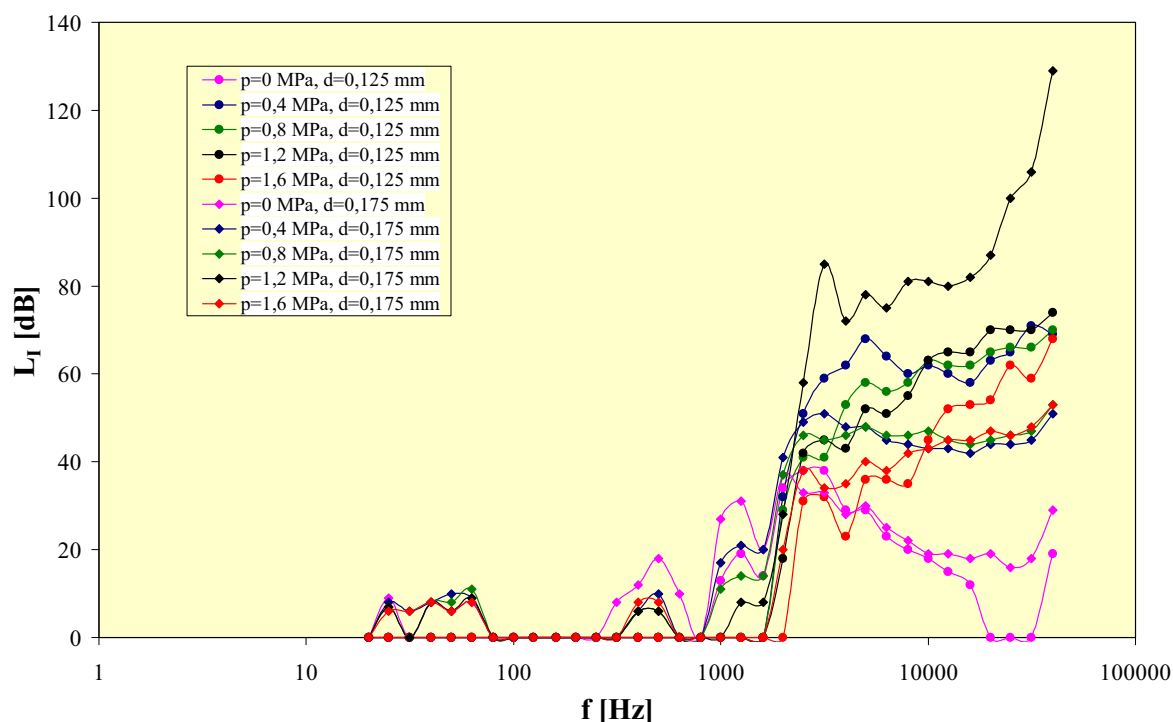
* Doc. Ing. Libor Hlaváč, Ph.D., Jiří Kaličinský, Prof. RNDr. Vilém Mádr, CSc.: Institut fyziky, HGF, VŠB-TU Ostrava, Tř. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba; tel.: +420 597323147, fax: +420 596918589, e-mail: libor.hlavac@vsb.cz

dalších přírub, a to s napouštěcím ventilem, odvzdušňovacím ventilem, automatickým regulačním odtokovým ventilem, pojistným ventilem a tlakoměrem. Konfigurace komory je stálá, není-li mechanismus pro upevnění a posunu vzorku přesouván. Kmity vznikající v uvedené komoře se šíří do jejího okolí, kde je možno je registrovat.

Hluk generovaný v laboratoři je snímán přenosným hlukoměrem s třetinooktávovým filtrem, a to ve vzdálenosti asi 1 m od komory. Hladiny intenzity náležející příslušným frekvencím spektra jsou zaznamenávány jak při provozu samotného vysokotlakého čerpadla, tak při spuštění vodního paprsku tryskajícím do komory naplněné vodou, v níž je pomocí regulačního odtokového ventilu nastavena požadovaná hodnota přetlaku odpovídající simulované hloubce ponoření. Po nastavení požadovaných parametrů je provedeno měření. Sledovány jsou všechny frekvence, ale největší pozornost je věnována oblasti od 20 kHz do 40 kHz. Odečtením hladin intenzity příslušných frekvencí změřených se spuštěným čerpadlem bez výtoku paprsku do tlakové komory od hladin intenzit získaných při výtoku paprsku do komory lze získat hladiny intenzity kmitů buzených v tlakové komoře při různých přetlácích vody odpovídajících příslušným hloubkám ponoření.

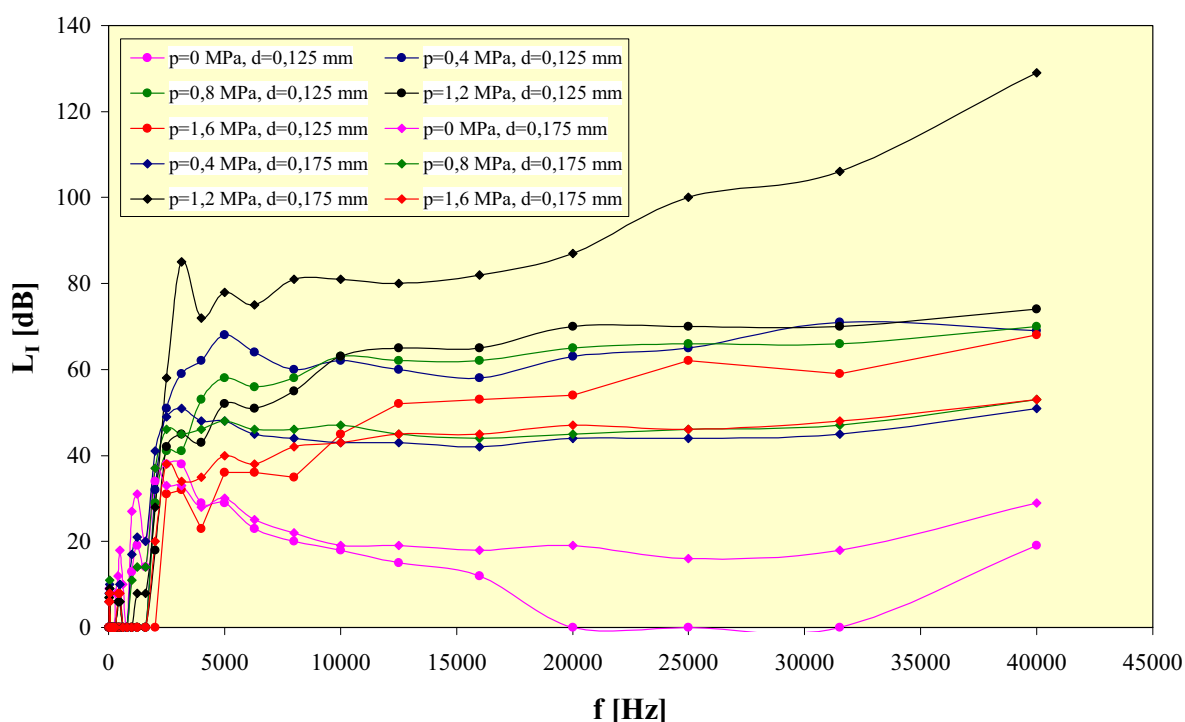
3. Experimentální výsledky

Při experimentech byl použit konstantní tlak vody v čerpadle (400 MPa), konstantní průměr vodní trysky během jedné série přetlaků vody v komoře a nulová postupová rychlost. Analýza byla provedena v celém rozsahu externího frekvenčního filtru, tedy od 20 Hz do 40 kHz. Přetlaky v tlakové komoře byly nastavovány od 0 MPa do 1,6 MPa po 0,2 MPa.



Obr. 1. Rozdílové spektrum získané odečtením hladiny intenzity generované čerpadlem, logaritmická souřadnice frekvence.

Pro ukázkou byly zvoleny průměrné výsledky z opakovaných měření s průměrem vodní trysky 0,125 mm a 0,175 mm. Přetlaky v komoře (0 MPa, 0,4 MPa, 0,8 MPa, 1,2 MPa, 1,6 MPa) odpovídají ponoření těsně pod hladinu, respektive do 40 m, 80 m, 120 m a 160 m. Výsledky jsou uvedeny v podobě dvou grafů. Celkové spektrum je totiž přehledněji patrné z grafu uvedeného na obr. 1. Souřadnice frekvence je v tomto grafu logaritmická, proto umožňuje přehled o hladinách intenzity i u nízkých frekvencí, ale naopak znesnadňuje přiřazení hodnot frekvencím v oblasti zvýšeného zájmu, tedy nad 20 kHz. Proto je na obr. 2. graf uveden s lineární souřadnicí frekvence. Takto je sice potlačena oblast nízkých frekvencí, zejména do 500 Hz, ale tyto frekvence v podstatě nejsou paprskem v tlakové vodě generovány, nebo je jejich intenzita příliš nízká, a proto se téměř vůbec neobjevují v rozdílovém spektru hluku generovaného paprskem v tlakové komoře a vysokotlakého čerpadla, jako pro funkci paprsku nutného pozadí. Navíc je zřejmé, že pro nulový přetlak, tedy stav odpovídající ponoření těsně pod hladinu, je hladina intenzity výrazně nižší, než při větších hloubkách ponoření. Je možno také konstatovat, že při jinak stejných podmínkách generuje tryska s větším průměrem vyšší intenzitu hluku na většině zkoumaných frekvencí. Rozdíl mezi hladinami intenzity je pro trysky o průměru výtokového otvoru 0,125 mm a 0,175 mm přibližně 20 dB téměř v celé oblasti zvýšeného zájmu, tedy pro frekvence nad 10 kHz.



Obr. 2. Rozdílové spektrum získané odečtením hladiny intenzity generované čerpadlem, lineární souřadnice frekvence.

Výše uvedené závěry plynou nejen z obr. 1 (a částečně i obr. 2), ale především z tabulky 1, v níž jsou shrnuty kompletní naměřené hodnoty pro oblast 20 až 40 kHz. Tabulka 1 prezentuje data určená při jednom z měření pro trysku průměru 0,125 mm.

Tab. 1. Měření hladiny intenzity hluku generovaného tryskou průměru 0,125 mm v tlakové komoře naplněné vodou a hladiny intenzity hluku samotného čerpadla.

f (Hz)	hladina (dB) - tryska průměru 0,125 mm									Čerpadlo
	0 MPa	0,2 MPa	0,4 MPa	0,6 MPa	0,8 MPa	1,0 MPa	1,2 MPa	1,4 MPa	1,6 MPa	hladina (dB)
20	51	51	52	52	54	51	52	52	60	50
25	70	70	69	70	70	70	70	70	61	61
31,5	49	50	50	50	49	50	51	50	43	44
40	36	37	36	39	40	37	40	38	33	32
50	52	52	53	52	54	52	52	50	42	44
63	45	47	46	47	49	47	50	48	41	40
80	52	52	51	52	51	53	54	54	46	48
100	55	55	55	58	57	55	57	57	55	55
125	72	72	72	74	76	74	74	74	68	70
160	54	55	55	56	56	54	55	55	53	54
200	58	59	59	59	61	59	59	59	56	60
250	76	76	77	78	79	77	76	74	65	70
315	61	60	60	62	63	62	63	64	56	59
400	64	63	62	64	67	66	71	74	60	64
500	68	67	65	67	68	64	66	66	58	62
630	76	78	77	76	78	76	77	79	74	77
800	84	90	90	89	90	88	87	87	80	88
1000	80	70	71	68	67	68	68	71	64	67
1250	84	72	72	69	69	66	69	65	59	65
1600	84	75	77	72	74	69	69	67	62	70
2000	86	74	72	69	72	72	70	69	58	52
2500	83	86	85	80	79	79	78	78	69	52
3150	82	84	87	81	78	76	74	73	63	51
4000	81	87	88	84	84	83	81	78	64	52
5000	79	86	89	85	86	85	82	81	71	50
6300	74	85	88	86	86	86	82	80	70	51
8000	68	82	84	84	84	84	83	80	69	48
10000	65	78	82	83	83	84	84	82	71	47
12500	60	75	78	79	80	82	82	81	72	45
16000	56	74	76	77	79	80	80	79	71	44
20000	46	68	70	70	71	73	74	73	62	36
25000	32	55	58	58	59	61	61	61	54	24
31500	23	47	56	50	52	54	53	54	44	15
40000	20	38	41	42	43	45	45	45	40	1

4. Závěr

Výsledky naměřené v Laboratoři kapalinového paprsku Institutu fyziky HGF na VŠB-TU Ostrava odpovídají předpokladům, že kapalinový paprsek vystupující do vody generuje kmity s frekvencemi v ultrazvukové oblasti. Protože se jedná o závažný problém nejen z hlediska obsluhy strojů pracujících s kapalinovým paprskem pod vodní hladinou, ale i z pohledu celkové ekologie, bude nutno v oblasti výzkumu frekvenčních spekter generovaných kapalinovými paprsky pokračovat. Další experimenty budou směřovat zejména k vyloučení generace kmitů rezonančními vlastnostmi konfigurace tlakové komory.

5. Poděkování

Práce byla podpořena projekty 1H-PK2/22 MPO a 1/2005 Magistrátu SMO.