



REDUCING RAILWAY WHEEL - WHEELSET NOISINESS USING ABSORBERS

J. Ondrouch¹, T. Boháč²

Summary: Noise is one of currently most significant problems of railway traffic. The wheelset, especially the wheel, is one of the most significant sources of the total noise. The reduction of the wheel acoustic energy can be achieved by optimizing the wheel design or using vibration and noise absorbers. The absorber significantly contributes to reducing noise of the wheel. This paper aims at presenting the process of designing absorbers and discussing the results obtained so far.

1. ÚVOD

Při jízdě kolejového vozidla dochází vlivem dynamických zatížení v kontaktu kolo kolejnice, které jsou především způsobeny drsností a nerovnoměrností kontaktních ploch kola – kolejnice, případně smýkáním vlivem rozdílností ujetých drah kol v oblouku, ke vzniku mechanické energie která se dále šíří jednotlivými prvky daného mechanického systému, jimiž je pak z dílčí části následně vyzařována povrchovými plochami v podobě akustické energie do okolního prostředí. Jedním z významných zdrojů, který se podílí na celkové hlučnosti je železniční dvojkolí respektive kolo. Snížením vyzařované akustické energie kola je možné dosáhnout jeho optimalizací nebo užitím tlumiče vibrací a hluku. Cílem tohoto článku je prezentace postupu návrhu tlumiče a diskuse zatím dosažených výsledků.

2. POPIS KONSTRUKČNÍHO CELKU KOLA S TLUMIČEM A EXPERIMENTÁLNÍ OPTIMALIZACE TLUMIČE

Stávající tlumič železničních kol je třívrstvé mezikruhové konstrukce vázané na vnitřní nebo vnější věncovou část kola pomocí rozpěrného ocelového kroužku. Vazba tlumiče na vnitřní stranu kola je vhodnější z hlediska teplotních a deformačně - napjatostních poměrů věnce kola. Naproti tomu vazba tlumiče na vnější stranu věnce kola jak je na obr.1, je vhodnější z hlediska účinnosti tlumení vibrací a hluku.

Vzhledem k četnému výskytu vysokých rezonančních špiček ve frekvenční oblasti od cca 100 Hz do 6000 Hz se jeví vlastnosti vrstevnaté konstrukce tlumiče vzhledem k jeho tlumení v širokém pásmu frekvencí jako vhodná. Cílem optimalizace stávajícího tlumiče bylo nalezení vhodné skladby tlumiče s vyšším ztrátovým činitelem tlumícího materiálu odolnému teplotním vlivům s dlouhodobě stabilními vlastnostmi vzhledem k okolním podmínkám.

Optimalizace [1] byla provedena na základě laboratorního měření zkušebních vzorků s různou materiálovou skladbou tlumící vrstvy metodou nucených kmitů při namáhání tah – tlak, ze které byl stanoven ztrátový činitel η jako poměr imaginární E_i a reálné E_r složky komplexního modulu pružnosti dané vztahem :

¹ Prof. Ing. Jan Ondrouch, CSc., VŠB – TU Ostrava, ul.17.listopadu, 708 33 Ostrava-Poruba, E-mail: jan.ondrouch@vsb.cz

² Ing. Tomáš Boháč, Bonatrans a.s., Bezručova 300, 735 93 Bohumín, E-mail: tbohac@bonatrans.cz

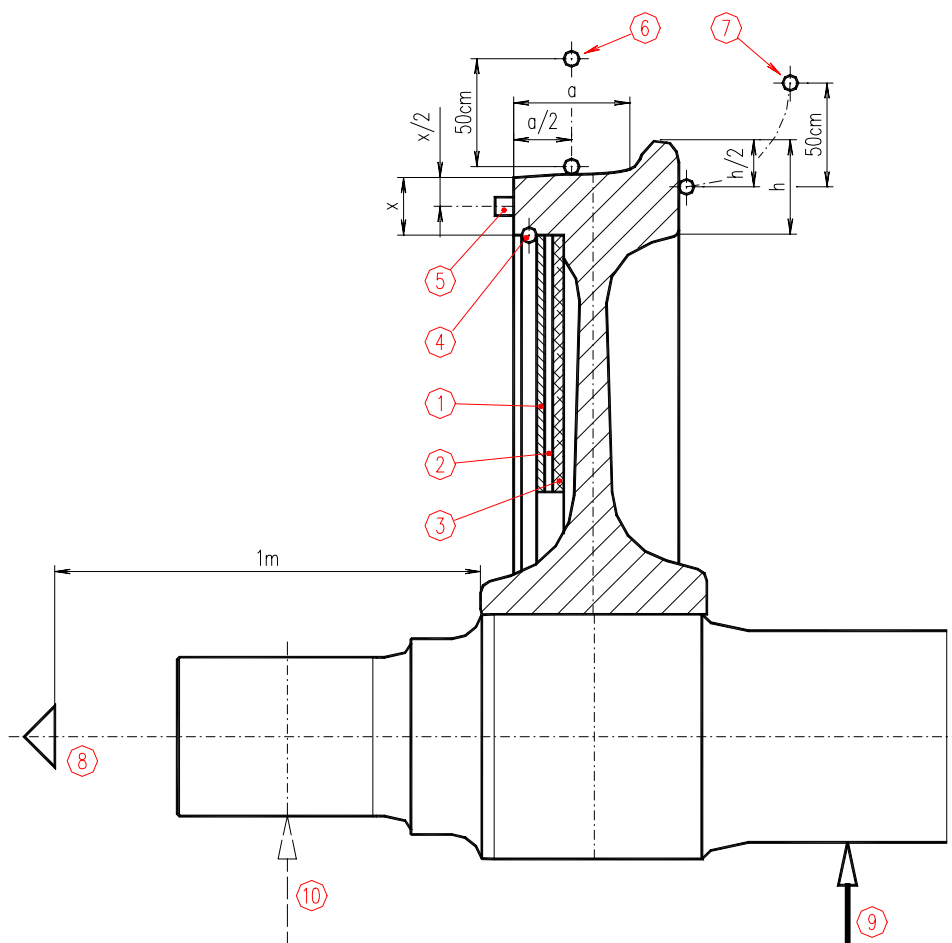
$$\eta = E_i / E_r \quad (1)$$

Tlumicí vrstvy s nejvyššími hodnotami ztrátového činitele byly dále testovány metodou volných ohybových kmitů, ze které byl stanoven činitel tlumení η_T daný vztahem :

$$\eta_T = 2,2 / (T \cdot f_n), \quad (2)$$

kde : T - je doba dozívání
 f_n - je frekvence vlastních kmitů

Na základě těchto výsledků byly vyrobeny prototypy tlumičů, které byly dále testovány experimentálním – laboratorním měřením stručně popsáným níže.



Obr.1 Shématické znázornění dvojkolí s tlumičem při měření;

- 1 – polymer
- 2 – ocelový plech
- 3 – kompozit
- 4 – ocelový kroužek
- 5 – snímač zrychlení
- 6 – radiální buzení ocelovou koulí
- 7 – axiální buzení ocelovou koulí
- 8 – mikrofon
- 9 – podpora
- 10 – podpora

Pozn.: užívá se jen jedné ze dvou podpor – 9 nebo 10 na jedné straně dvojkolí

3. REALIZACE MĚŘENÍ

Měření bylo realizováno na dvojkolí s koly ORE Ø 920 mm a ke stanovení akustických a vibračních parametrů byla použita aparatura firmy Brüel & Kjær.

Ke srovnání a testování železničních dvojkolí s tlumiči a bez tlumičů byla použita metoda měření odezvy na mechanický ráz. Mechanický ráz byl realizován dopadem ocelové koule o hmotnosti 0,5 kg spouštěné ze speciálního držáku s nastavitelnými výškami a to jak v axiálním, tak i radiálním směru. Dvojkolí bylo umístěno na dvou ocelových podporách, přičemž v místě dotyku hřídele dvojkolí a podpěr byla nalepena pryžová podložka. Osa dvojkolí byla umístěna ve výšce 0,72 m nad podlahou. Koule byla spouštěna axiálně (místo úderu ze strany okolku 40 mm od horního okraje) a radiálně (místo úderu ve středu šířky jízdní plochy) s definovaným převýšením 50 cm od místa úderu.

Parametry dynamicko – akustické odezvy byly snímány mikrofonem a snímačem zrychlení. Mikrofon byl uložen ve stativu ve vzdálenosti 1 m od vnější plochy středového náboje měřeného kola a ve výšce osy dvojkolí, tedy ve výšce 0,72 m nad podlahou. Snímač zrychlení byl umístěn na kole viz. obr.1. Parametry dynamicko – akustické odezvy byly měřeny současně při aplikaci rázového buzení, tj. při jednom dopadu koule. Bylo realizováno měření několika variant tlumičů, pro prezentaci uvádíme jen dále zmíněné výsledky dle [3] :

- železniční dvojkolí bez aplikace tlumičů
- železniční dvojkolí jen s ocelovým kroužkem na vnější straně kola
- železniční dvojkolí s tlumičem Bonatrans na vnější straně kola

4. ANALÝZA A SROVNÁNÍ VIBRAČNÍCH A AKUSTICKÝCH PARAMETRŮ

Na základě změřených časových průběhů dozrívání vibrací a akustického tlaku byly zpracovány obálky časových průběhů a provedena analýza těchto signálů pomocí rychlé Fourierovy transformace.

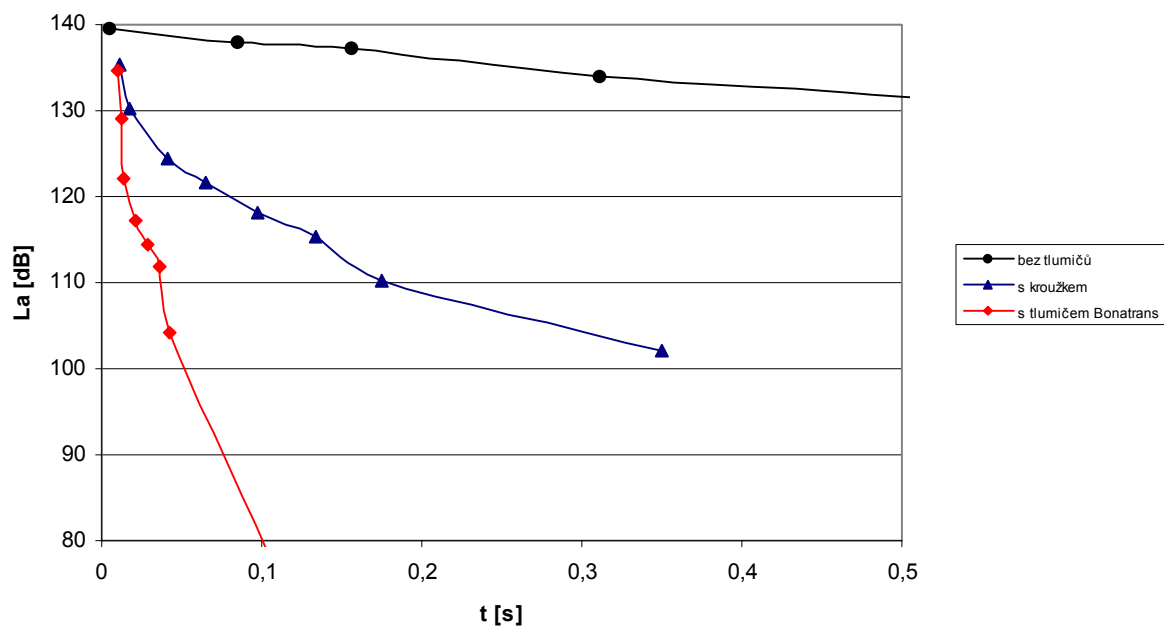
Obálky časových průběhů dozrívání hladiny zrychlení vibrací pro netlumené kolo, kolo jen s aplikací kroužku a kolo s tlumičem Bonatrans jsou znázorněny na obr.2 pro případ radiálního a na obr.3 pro případ axiálního buzení. Obálky časových průběhů dozrívání hladin akustického tlaku pro výše zmíněné měřené konstrukční varianty jsou uvedeny na obr. 4 a 5.

Vybrané časově – frekvenční průběhy hladin akustického tlaku pro netlumené kolo a kolo s tlumičem jsou zakresleny na obr.6 až 9.

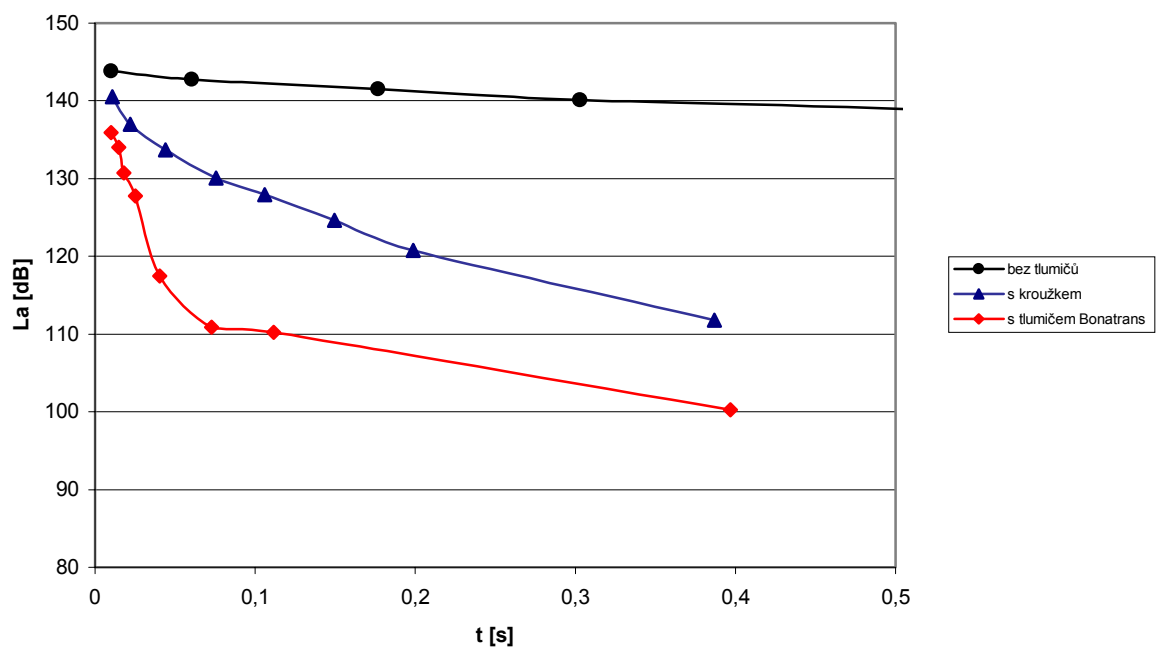
Pokles hladin zrychlení vibrací a hladin akustického tlaku pro axiální a radiální buzení pro kolo bez tlumení a kolo s tlumičem Bonatrans je v tab1.

Tab.1 Pokles hladin zrychlení vibrací a hladin akustického tlaku

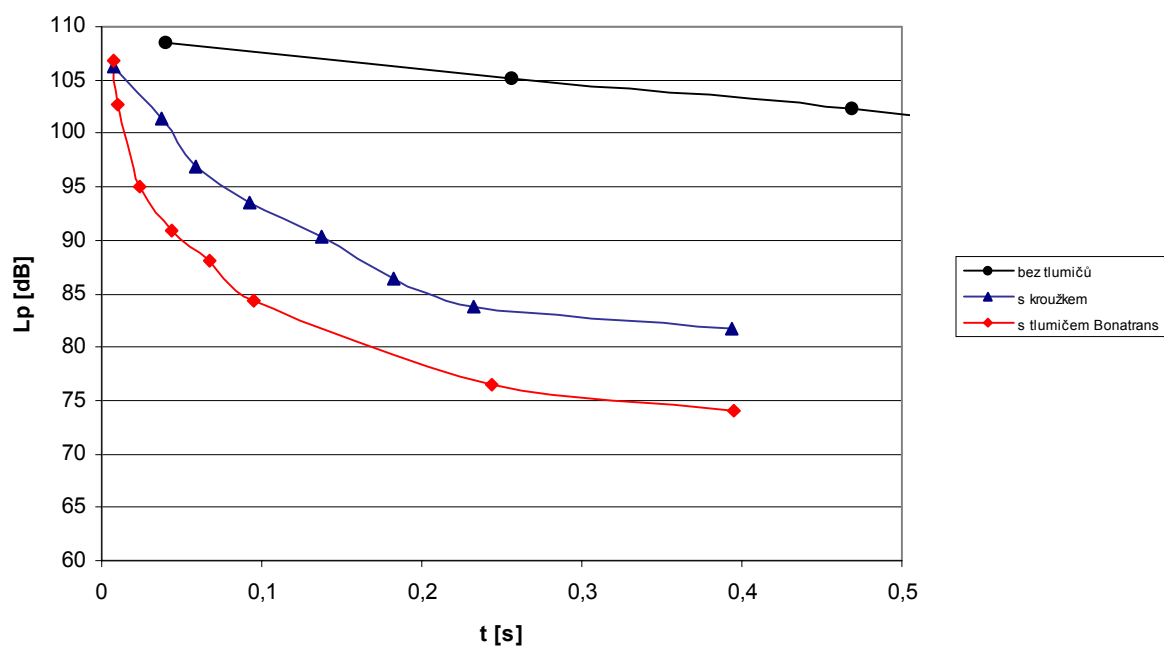
TYP	vibrace		akustický tlak	
	axiální buzení	radiální buzení	axiální buzení	radiální buzení
	dB/s	dB/s	dB/s	dB/s
bez tlumiče	9	15	6	12
s tlum. Bonatrans	610	1600	110	420



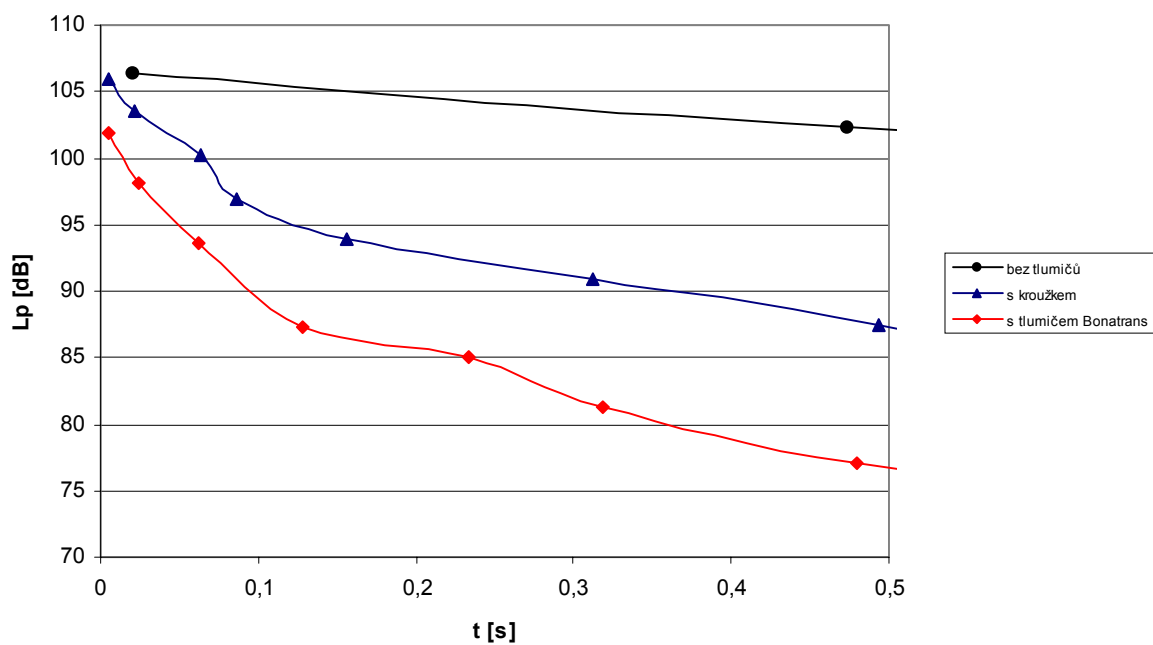
Obr.2 Obálky časových průběhů dozínování hladin zrychlení vibrací pro případ radiálního buzení



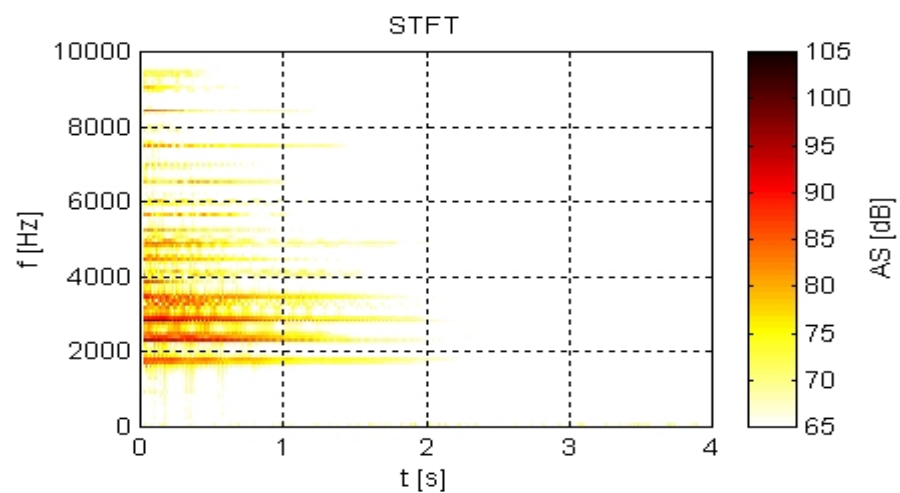
Obr.3 Obálky časových průběhů dozínování hladin zrychlení vibrací pro případ axiálního buzení



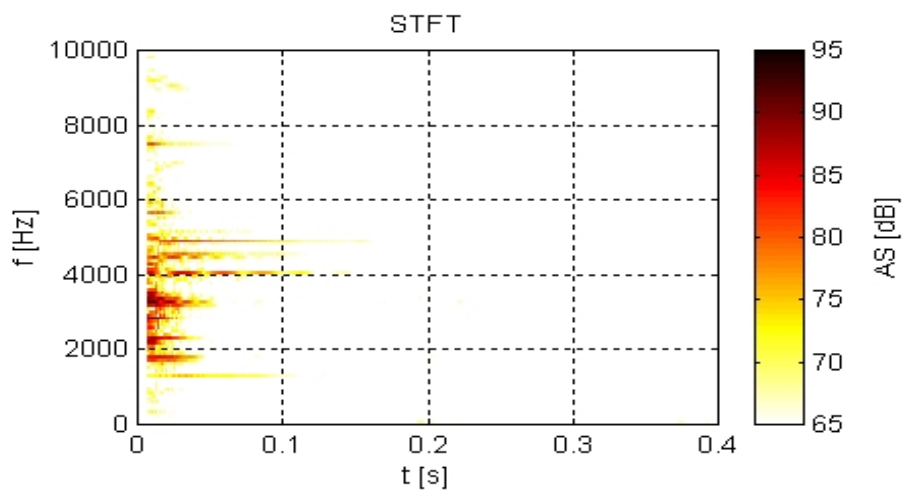
Obr.4 Obálky časových průběhů dozínání hladin akustického tlaku pro případ radiálního buzení



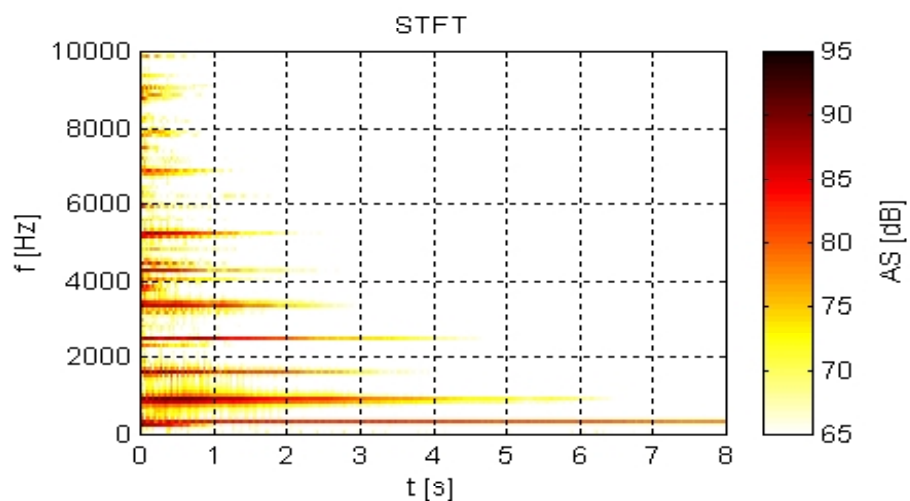
Obr.5 Obálky časových průběhů dozínání hladin akustického tlaku pro případ axiálního buzení



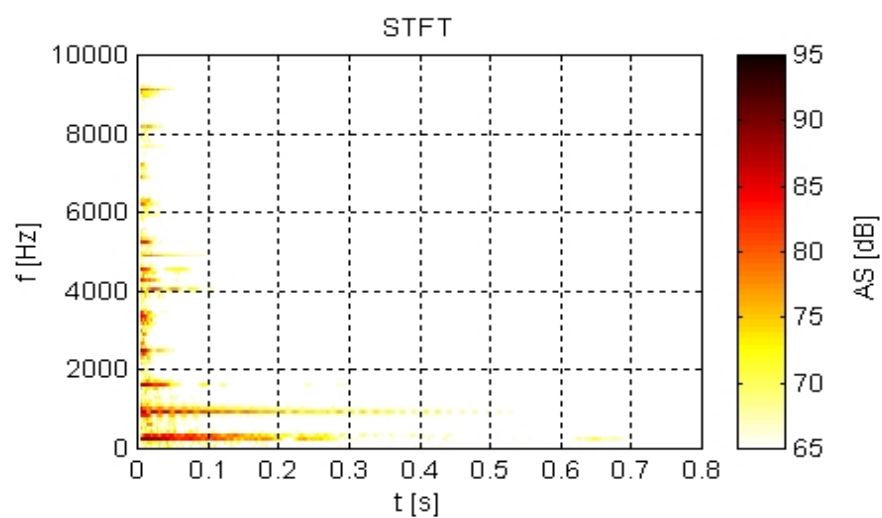
Obr.6 Časově – frekvenční průběh hladin akustického tlaku pro netlumené kolo radiálně buzené



Obr.7 Časově – frekvenční průběh hladin akustického tlaku pro kolo s tlumičem Bonatrans radiálně buzené



Obr.8 Časově – frekvenční průběh hladin akustického tlaku pro netlumené kolo axiálně buzené



Obr.9 Časově – frekvenční průběh hladin akustického tlaku pro kolo s tlumičem Bonatrans axiálně buzené

5. ZÁVĚR

Vliv jednotlivých tlumičů jak v případě radiálního, tak i axiálního buzení je významný z hlediska snížení hladin zrychlení vibrací a hladin akustického tlaku. Je patrné, že největší účinnost tlumení dosahuje kolo s aplikací tlumiče Bonatrans. Vliv tlumičů na posun vlastních frekvencí kola je zanedbatelný, jak je patrné z časově – frekvenčních průběhů akustického tlaku. Při radiálním buzení je vliv tlumičů nejvýraznější ve frekvenčním pásmu od 1600 Hz výše. Při axiálním buzení se tlumiče příznivě projevují již od frekvencí nad 400 Hz.

LITERATURA

1. Briš P., Vašut S., Lapčík L.: Návrh tlumiče železničních kol, katedra fyziky a materiálového inženýrství, FT – Zlín, 29.7.1999, 20
2. Ondrouch J., Bilošová A., Kaňák J.: Zpráva o srovnávacím měření útlumu vibrací a akustických parametrů kola ORE Ø 920 s tlumiči kompozitovými, VŠB – TU Ostrava, listopad 1999, 6
3. Smutný J., Pazdera L.: Laboratorní měření a analýza Dynamicko – akustických parametrů železničního dvojkolí bez tlumiče a dvojkolí s aplikací mezikruhových tlumičů se spojitě rozloženou hmotou, ústav železničních konstrukcí a staveb, VUT Brno, 29.9.2000, 41

Poznámka

Publikace vznikla za podpory výzkumného záměru SNS 272300010.