



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

HLUKOVÉ ZKOUŠKY MOTOROVÝCH VOZIDEL

NOISE TESTING OF MOTOR VEHICLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN KOPECKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. IVAN MAZŮREK, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Kopecký

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Hlukové zkoušky motorových vozidel

v anglickém jazyce:

Noise testing of motor vehicles

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je podat ucelený přehled současného stavu využití akustických zkoušek aplikovaných na motorová vozidla.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat:

- 1.Úvod
- 2.Definici základních pojmů
- 3.Přehled a rozbor existující literatury v dané oblasti
- 4.Analýzu a zhodnocení získaných poznatků
- 5.Vymezení trendů budoucího vývoje
- 6.Souhrnnou bibliografii
- 7.Závěr

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva

Typ práce: rešeršní

Účel práce: pro V-V a tvůrčí činnost ÚK.

Seznam odborné literatury:

VLK, F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel, Brno: vydavatelství a nakladatelství Prof. ing. František Vlk DrSc., 2001, ISBN: 80-238-6573-0

SMĚRNICE RADY 92/97/EHS ze dne 10. listopadu 1992,

kterou se mění směrnice 70/157/EHS o sbližování právních předpisů členských států týkajících se přípustné hladiny akustického tlaku a výfukového systému motorových vozidel

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Ivan Mazůrek, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá hlukovými zkouškami, které jsou aplikovány na motorová vozidla. Nejprve jsme seznámeni se základní problematikou akustiky, následuje rozdělení zkoušek podle způsobu měření se stručným popsáním metodiky. Pozornost je věnována struktuře technických předpisů platných v ČR a EU.

KLÍČOVÁ SLOVA

Hlukové zkoušky, motorová vozidla, jízdní zkouška, statická zkouška, vnější hluk vozidla, vnitřní hluk vozidla, hluk, zvuk.

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with noise testing applicated on motor vehicles. At first, basic issues of acoustics are mentioned. Next, types of measurement with a short description of methods are given. An attention is paid to the structure of technical regulations which are valid in the Czech Republic and EU.

KEYWORDS

Noise testing, motor vehicles, pass-by testing, stationary testing, exterior vehicle noise, interior vehicle noise, noise, sound.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOPECKÝ, M. *Hlukové zkoušky motorových vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 40 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ivan Mazůrek, CSc..

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Hlukové zkoušky motorových vozidel* vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Ivana Mazúrka, CSc. na základě použitých pramenů, uvedených v závěru práce.

V Brně, dne 24. května 2011

.....

Martin Kopecký

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval všem, kteří ke vzniku této práce jakýmkoliv způsobem přispěli. Zejména děkuji doc. Ing. Ivanu Mazůrkovi, CSc. za cenné rady a připomínky.

ÚVOD	12
1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ	13
1.1 Zvuk a hluk	13
1.1.1 Zvuk	13
1.1.2 Hluk	13
1.2 Akustické veličiny	13
1.2.1 Hladina akustického tlaku	13
1.2.2 Hladina akustického výkonu	14
1.2.3 Hladina akustické intenzity	14
1.3 Metody měření hluku	16
1.3.1 Metody založené na měření akustického tlaku	16
1.3.2 Metody založené na měření akustické intenzity	17
1.4 Motorová vozidla	19
2 PŘEHLED A ROZBOR EXISTUJÍCÍ LITERATURY	20
2.1 Dynamické zkoušky – vnější hluk vozidel	20
2.1.1 Hluk při plné akceleraci	21
2.1.2 Hluk při konstantní rychlosti	22
2.2 Statické zkoušky – vnější hluk vozidel	22
2.2.1 Hluk v blízkosti vozidla	22
2.2.2 Hluk tlakovzdušných systémů	24
2.2.3 Hluk při nabíjení elektromobilu	24
2.3 Dynamické zkoušky – vnitřní hluk vozidel	25
2.3.1 Hluk při konstantní rychlosti vozidla	25
2.3.2 Hluk při plné akceleraci	26
2.4 Statické zkoušky – vnitřní hluk vozidel	26
2.4.1 Hluk při volnoběhu a plné akceleraci	26
2.5 Specifické hlukové zkoušky	27
2.5.1 Hluk vozidel pro svoz odpadu	27
2.5.2 Hluk manipulačních vozíků	29
3 ANALÝZA A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ	30
3.1 Hlukové zkoušky	30
3.2 Technické normy a soustavy technických předpisů	31
3.2.1 Harmonizace technických předpisů	31
3.2.2 Dostupnost technických norem a předpisů	31
4 VYMEZENÍ TRENDŮ BUDOUCÍHO VÝVOJE	33
ZÁVĚR	34
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	35
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	37
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	38
PŘÍLOHY	39
Seznam norem, předpisů a směrnic	39
Ceny norem, předpisů a směrnic	40

ÚVOD

Hluk je nedílnou součástí moderní doby, a tudíž je mu věnována stále větší pozornost. Dnes již dobře známe jeho účinky na lidský organismus a nejsou to pouze na první pohled patrné projevy jako je bolest hlavy, rozmrzelost, neschopnost se soustředit a v extrémních případech dokonce fyzické poškození sluchového orgánu. Některé zdravotní potíže se dostávají v důsledku dlouhodobého vystavení hlukové zátěži a nemusí se jednat o hluk vysoké intenzity. Dlouhodobá zátěž působí neblaze na kardiovaskulární a imunitní systém, celkově škodí zdraví narušením spánku a samozřejmě dochází ke ztrátě citlivosti sluchu.

Se stále rostoucím počtem automobilů je právě silniční doprava jedním z nejvýznamnějších zdrojů hluku. Obydlí v blízkosti silničních tahů nebo velkých dopravních systémů jsou sužována takřka neustálým hlukem. Pro ochranu lidského zdraví proto vznikla právní opatření, která stanovují hygienické limity hluku vztahující se nejen k dopravě celkově, ale i k jednotlivým vozidlům.

Zájmem této práce jsou hlukové zkoušky, které byly vytvořeny za účelem kontroly plnění příslušných hlukových limitů u vozidel. Dříve než je model vozidla schválen pro provoz na pozemních komunikacích, musí tyto zkoušky úspěšně absolvovat. Měří se vnější a vnitřní hluk jak v různých režimech jízdy, tak i na stojícím vozidle. Typickými zdroji hluku jsou hnací ústrojí vozidla (především motor), výfuk, styk pneumatiky s vozovkou a při vyšších rychlostech také obtékající vzduch kolem vozidla.

Cílem této bakalářské práce je podat ucelený přehled hlukových zkoušek aplikovaných na motorová vozidla. Bude vypracován stručný popis metodiky měření a také nastíněna legislativní praxe se zaměřením na území ČR, potažmo EU.

1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ

1

1.1 Zvuk a hluk

1.1

1.1.1 Zvuk

1.1.1

Podstatou zvuku je mechanické vlnění v plynném nebo kapalném prostředí. Technická akustika se zabývá pouze pásmem slyšitelných zvuků. Slyšitelným zvukem rozumíme zvuk o frekvenčním rozsahu lidského ucha, tj. přibližně (20 až 20 000) Hz. Zvuk s nižší frekvencí nazýváme infrazvukem, s vyšší frekvencí ultrazvukem. Mechanické vlnění v tuhých látkách označujeme jako vibrace bez omezení frekvenčního rozsahu. [3, 4]

1.1.2 Hluk

1.1.2

Přesné vymezení pojmu hluk není jednoduché. Obecně můžeme říci, že je to nežádoucí, rušivý nebo nepříjemný zvuk. Tato definice je však subjektivní, protože každý vnímáme zvuk odlišně [24]. Pro účely zákona je hluk v § 30 odstavec 2 zákona č. 471/2005 Sb. o ochraně veřejného zdraví [22] definován takto: „*Hlukem se rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis.*“

Hodnocení hluku dále komplikuje fakt, že lidský sluch není stejně citlivý vůči různým zvukům (např. o odlišných kmitočtech). Naměřené hodnoty totiž neodpovídají subjektivnímu pocitu hlasitosti. Lidské vnímání zvuku je komplikované a neexistuje jednoduchý vztah pro vzájemný přepočet s akustickými veličinami. Za účelem hodnocení hlasitosti zvuků se proto používají normalizované váhové filtry, které korigují výsledek měření tak, aby přibližně odpovídal citlivosti zdravého lidského ucha. Při posuzování škodlivosti hluku je kromě hlasitosti dalším významným faktorem doba vystavení jeho účinkům. [3, 4]

1.2 Akustické veličiny

1.2

Hodnoty akustických veličin se mění v rozmezí několika řádů, z toho důvodu se pro grafické znázornění využívá logaritmická stupnice a zavádí se hladiny akustických veličin s jednotkou „decibel“ [dB]. Důležité je stanovení referenčních hodnot decibelové stupnice, ty jsou dány normou ČSN ISO 31-7 „Veličiny a jednotky. Část 7: Akustika“. Výhodou tohoto přístupu je lepší orientace ve výsledcích měření a podobnost subjektivnímu vjemu hlasitosti. [3]

1.2.1 Hladina akustického tlaku

1.2.1

Při kmitání částic prostředí dochází k lokálnímu nárůstu nebo poklesu tlaku oproti atmosférickému. Tuto odchylku označujeme jako akustický tlak p [Pa]. Hladina akustického tlaku je definována vztahem

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0},$$

kde je:

p_0	Pa	- referenční akustický tlak
p	Pa	- sledovaný akustický tlak.

Referenční hodnotu (0 dB) reprezentuje práh slyšitelnosti, což je nejmenší změna tlaku rozeznatelná lidským sluchem a odpovídá akustickému tlaku $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Jelikož je akustický tlak projevem mechanického vlnění, musí se hladina akustického tlaku vždy uvádět ve vztahu ke kmitočtu. [3]

1.2.2 Hladina akustického výkonu

Postupující akustická vlna je spjata s přenosem energie. Množství energie, které projde za jednotku času určitou plochou, nazýváme akustickým výkonem W [W], ten je dán vztahem

$$W = p v S,$$

kde je:

p	Pa	- akustický tlak
v	m.s ⁻¹	- akustická rychlost
S	m ²	- měřící plocha kolmá na zvukový paprsek.

Hladinu akustického výkonu definuje vztah

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0},$$

kde je:

W_0	W	- referenční akustický výkon
W	W	- sledovaný akustický výkon.

Referenční hodnotou je akustický výkon $W_0 = 10^{-12}$ W. Stejně jako hladina akustického tlaku se i hladina akustického výkonu vztahuje ke kmitočtu. [3]

1.2.3 Hladina akustické intenzity

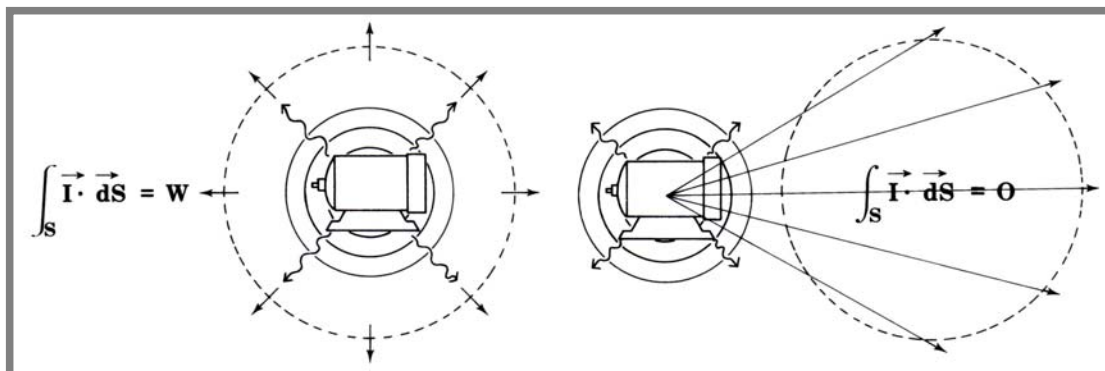
Akustická intenzita I [W.m⁻²] je vektorová veličina, která vyjadřuje směr a smysl hustoty toku akustické energie plochou kolmou k tomuto směru. Její vazbu na akustický výkon popisuje vztah

$$W = \int_S I dS.$$

Bude-li S jednoduchá uzavřená plocha obklopující zdroj zvuku, změní se vztah pro akustický výkon na uzavřený plošný integrál

$$W = \oint_S I dS,$$

přičemž zdroje mimo vytyčený prostor k výslednému výkonu nepřispívají. [4]



Obr. 1 Akustická intenzita procházející plochou – zdroj uvnitř a vně plochy [4]

Součinem okamžitých hodnot akustického tlaku a akustické rychlosti lze získat měrný akustický výkon. Akustická intenzita pak představuje jeho střední hodnotu a je dána vztahem (platí pro rovinnou vlnu)

$$I = p_{ef} v_{ef},$$

kde je:

p_{ef} Pa - efektivní hodnota akustického tlaku
 v_{ef} m.s⁻¹ - efektivní hodnota akustické rychlosti.

Protože můžeme běžnými přístroji spolehlivě měřit pouze akustický tlak, využívá se zde konstantního poměru mezi akustickým tlakem a akustickou rychlostí, který nazýváme měrný vlnový odpor prostředí a označujeme Z [N.s.m⁻³]

$$Z = \frac{p}{v} = \rho c,$$

kde je:

ρ kg.m⁻³ - hustota prostředí
 c m.s⁻¹ - rychlost zvuku v daném prostředí.

Dalšími úpravami předchozích vztahů obdržíme výraz

$$I = \frac{p_{ef}^2}{\rho c},$$

který se využívá pro určení akustické intenzity u zvukoměrných přístrojů založených na měření akustického tlaku. Tento vzorec platí exaktně jen pro rovinnou vlnu, přesto ho lze s dostatečnou přesností použít i pro vlnu kulovou. [3]
Hladina akustické intenzity je definována vztahem

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0},$$

kde je:

I_0 W.m^{-2} - referenční hodnota akustické intenzity, $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

I W.m^{-2} - akustická intenzita. [3]

1.3 Metody měření hluku

Základním měřicím přístrojem v akustice je mikrofón snímající akustický tlak. Pro měření akustické intenzity slouží intenzivní sonda, která se skládá ze dvou mikrofónů s jasně definovatelnou vzdáleností. [4] Aby byla zajištěna relevantnost a porovnatelnost výsledků měření, je velmi důležité stanovení podmínek a postupů, které zpravidla udává nějaký druh předpisu.



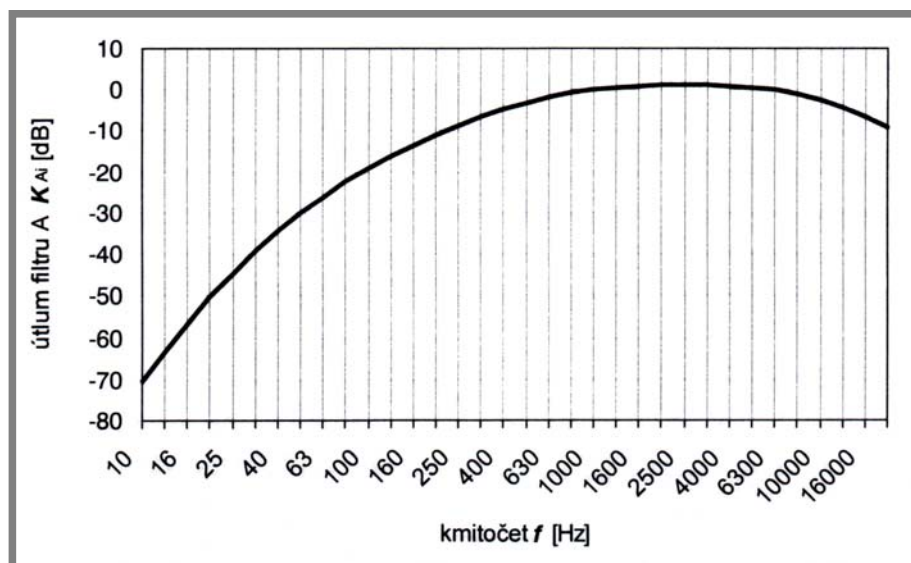
Obr. 2 Intenzivní sonda firmy Brüel & Kjær [6]

1.3.1 Metody založené na měření akustického tlaku

Přímé měření hladin akustického tlaku

Hladina akustického tlaku je jednočíselný údaj odečtený z měřicího přístroje, přičemž musí být jednoznačně stanovena poloha mikrofónu od zdroje. Hladina akustického tlaku $A - L_{pA} [\text{dB(A)}]$ je hodnota korigovaná váhovým filtrem A, která dobře aproximuje subjektivní vjem člověka v oblasti nízkých hodnot akustického tlaku. Z toho důvodu se užívá k posuzování hlučnosti dle hygienických předpisů. U časově proměnného hluku (změny větší než 5 dB(A)) zavádíme ekvivalentní hladinu akustického tlaku $A - L_{Aeq,T} [\text{dB(A)}]$ jako fiktivní ustálenou hladinu akustického tlaku v daném časovém úseku. [3]

Měřením akustického tlaku v definované síti bodů a vykreslením spojnic hladin stejného akustického tlaku vzniká hluková mapa měřeného prostředí. [2]



Obr. 3 Útlumová charakteristika filtru A [3]

Měření hladin akustického výkonu

Hladina akustického výkonu se určí výpočtem z naměřených hodnot akustického tlaku. Postup výpočtu musí být stanoven pro daný typ zdroje. Základní metodické postupy popisují normativní předpisy. [2, 4]

1.3.2 Metody založené na měření akustické intenzity

1.3.2

U měření akustické intenzity je důležitá volba měřicí plochy, ta musí být co nejjednodušší. V praxi se nejčastěji volí kvádry, případně válcové nebo kulové plochy. [4]

Měření akustického výkonu měřením v bodech [4]

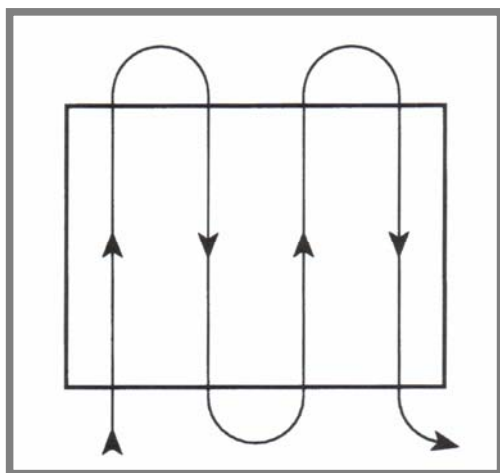
Měřicí plocha je rozdělena na n stejných dílčích ploch S_i , uprostřed každé z nich se změří normálová složka intenzity I_{ni} . Výsledný akustický výkon se určí jako součet všech příspěvků

$$W = \sum_{i=1}^n I_{ni} S_i .$$

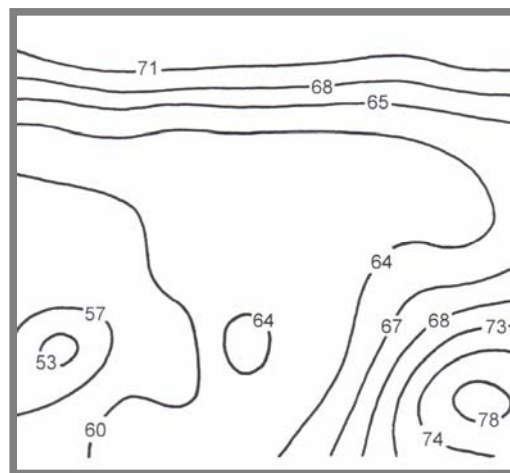
Měření akustického výkonu metodou skanování [4]

Metoda skanování spočívá ve snímání intenzity za spojitého pohybu sondy konstantní rychlostí na měřicí ploše. Sonda se pohybuje pásem o šířce b po dráze l , pro stacionární zvukové pole potom platí

$$W = \int_S I_n dS = b \int_l I_n dl .$$



Obr. 4 Pohyb intenzivní sondy při skanování [4]



Obr. 5 Graf normálové intenzity [4]

Mapy zvukových polí, akustická holografie [4]

Podobně jako vzniká hluková mapa z akustického tlaku, můžeme vytvořit mapu akustické intenzity. Zvolenou rovinu v blízkosti zdroje rozdělíme pravidelnou mřížkou. Měřením normálové složky intenzity v průsečících získáme mapu normálové intenzity. Obraz vektorového pole získáme měřením vektoru intenzity. Pro získání vektoru je třeba měřit intenzitu ve směru všech tří os. To je velmi náročné, proto se tato metoda často kombinuje s akustickou holografií.

Akustická holografie je metoda umožňující konstrukci třírozměrného obrazu zvukového pole z dvojrozměrného měření. K tomu je potřeba znát rozložení veličin na měřicí ploše, které se získávají pomocí pole mikrofónů. Pomocí akustické holografie můžeme studovat tlakové, rychlostní i intenzivní pole a určit akustický výkon včetně směrové charakteristiky zdroje.



Obr. 6 Měření pomocí pole mikrofónů [6]

1.4 Motorová vozidla

Motorové vozidlo je takové, které k pohybu využívá hnací sílu svého motoru [20]. Vozidla se člení do několika kategorií, z nichž kategorie motorových vozidel jsou L, M, N, T a Ss. Kategorie L zahrnuje vozidla zpravidla s méně než čtyřmi koly. Vozidla s nejméně čtyřmi koly pro dopravu osob patří do kategorie M, pro dopravu nákladu do kategorie N (přídavným písmenem G jsou označována terénní vozidla – M_G, N_G). Do kategorie T patří zemědělské nebo lesnické traktory. Písmeny Ss se označuje kategorie samojízdných pracovních strojů. [21]

Tab. 1 Rozdělení motorových vozidel s popisem kategorie dle předpisu EHK [8]

Kategorie	Podkategorie	Popis
L	L1	Dvoukolová vozidla s objemem motoru do 50 cm ³ nebo maximální rychlosti do 50 km.h ⁻¹ .
	L2	Tříkolová vozidla s objemem motoru do 50 cm ³ nebo maximální rychlosti do 50 km.h ⁻¹ .
	L3	Dvoukolová vozidla s objemem motoru větším než 50 cm ³ nebo maximální rychlosti nad 50 km.h ⁻¹ .
	L4	Vozidla se třemi asymetricky umístěnými koly a s objemem motoru větším než 50 cm ³ nebo maximální rychlosti nad 50 km.h ⁻¹ .
	L5	Vozidla se třemi symetricky umístěnými koly a s objemem motoru větším než 50 cm ³ nebo maximální rychlosti nad 50 km.h ⁻¹ .
M	M1	Vozidla pro přepravu osob s nejvýše osmi sedadly kromě sedadla řidiče.
	M2	Vozidla pro přepravu osob s více než osmi sedadly kromě sedadla řidiče a s maximální hmotností nepřevyšující 5 t.
	M3	Vozidla pro přepravu osob s více než osmi sedadly kromě sedadla řidiče a s maximální hmotností převyšující 5 t.
N	N1	Vozidla pro přepravu nákladů s maximální hmotností nepřevyšující 3,5 t.
	N2	Vozidla pro přepravu nákladů s maximální hmotností převyšující 3,5 t, ale nepřevyšující 12 t.
	N3	Vozidla pro přepravu nákladů s maximální hmotností převyšující 12 t.
T		Zemědělské a lesnické traktory.
Ss		Samojízdné pracovní stroje.

2 PŘEHLED A ROZBOR EXISTUJÍCÍ LITERATURY

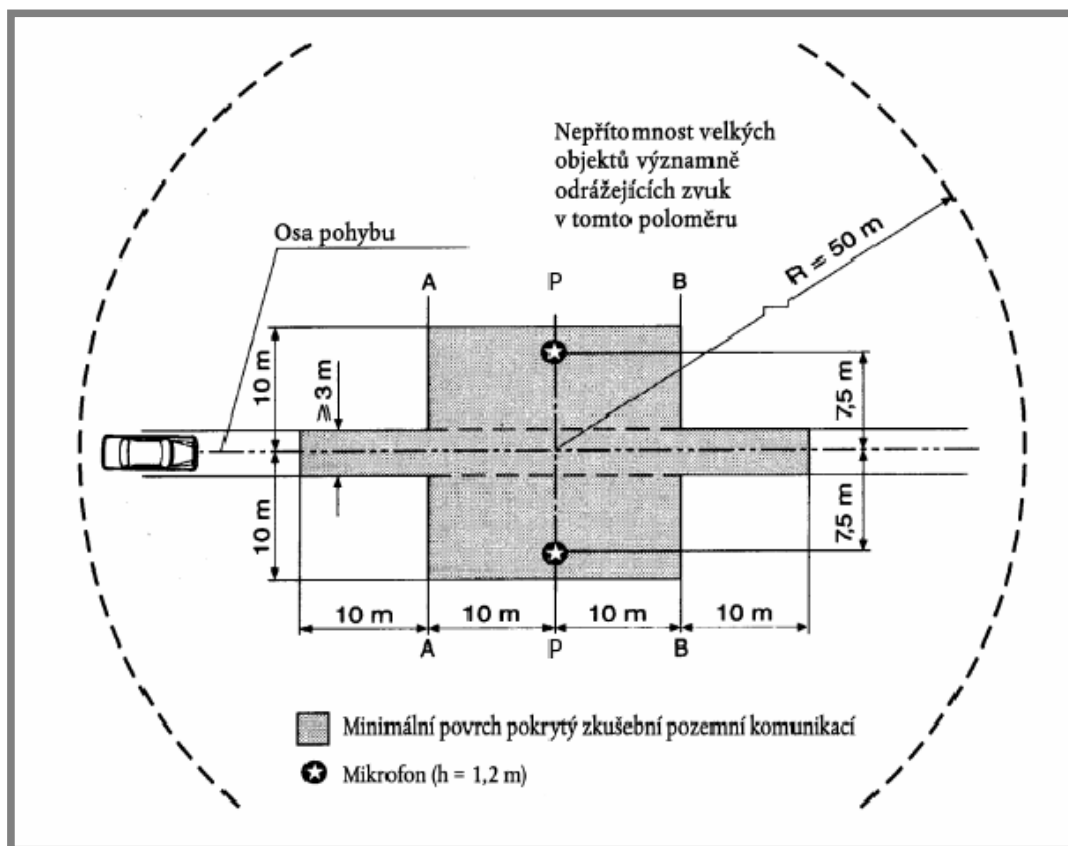
Hlukové zkoušky motorových vozidel můžeme rozdělit na statické a dynamické (jízdní) podle toho, zda je vozidlo v klidu nebo v pohybu. Dále se nabízí dělení na zkoušky pro měření vnitřního nebo vnějšího hluku. Samostatnou skupinu pak tvoří hlukové zkoušky aplikované na specifický typ vozidla (např. pracovní stroje nebo vozidla vybavená dalšími pracovními systémy). Na základě výsledků zkoušek lze provést schválení typu vozidla a rovněž i posouzení míry nebezpečí způsobené hlukem.

Zkoušky pro přehlednost rozdělíme do několika kategorií:

- dynamické zkoušky – vnější hluk;
- statické zkoušky – vnější hluk;
- dynamické zkoušky – vnitřní hluk;
- statické zkoušky – vnitřní hluk;
- specifické hlukové zkoušky.

2.1 Dynamické zkoušky – vnější hluk vozidel

Při měření vnějšího hluku vozidel je třeba zajistit, aby výsledky nebyly znehodnoceny vnějšími vlivy. Proto jsou stanoveny podmínky, které určují podobu zkušební dráhy a jejího okolí. Zkoušky se zpravidla provádějí na dráze dle obrázku (Obr. 7). Přesnou specifikaci dráhy se zabývá norma ISO 10844.



Obr. 7 Zkušební dráha [10]

2.1.1 Hluk při plné akceleraci

Princip akcelerační zkoušky je shodný pro všechny kategorie vozidel. Rozdíly jsou pouze ve stanovení počáteční rychlosti, která se odvíjí od kategorie, výkonu motoru a typu převodovky, kterou je vozidlo vybaveno.

Vozidlo se k přímce AA přibližuje po ose dráhy (Obr. 7) ustálenou počáteční rychlostí. Po jejím dosažení se co nejrychleji polohou akcelérátoru umožní plná akcelerace vozidla a zároveň začíná záznam L_{pA} . Tento stav končí v okamžiku, kdy vozidlo přejede za přímku BB. Měří se nejméně dvakrát po obou stranách vozidla. Nejvyšší zaznamenaná hodnota L_{pA} je brána jako výsledek. [9, 16, 17]

Zkoušku lze provést dvěma metodami. Metoda A spočívá ve stanovení počáteční rychlosti při překročení přímky AA. Oproti tomu u metody B musí být dosažena požadovaná rychlost při přejezdu mezi mikrofony neboli přímky PP. Ke splnění této podmínky je třeba provést řadu neměřených pokusů, kterými se stanoví rychlost na úrovni přímky AA. Zkušební metoda B více přibližuje podmínky skutečnému silničnímu provozu, zejména městskému. [9, 5]

Porovnání podmínek metod A a B pro kategorie M a N

Metoda A:

Rychlost při nájezdu k přímce AA odpovídá buď 50 km.h^{-1} , 75 % otáček maximálního výkonu u motoru s výkonem menším než 225 kW, nebo 50 % otáček maximálního výkonu u motoru s výkonem nad 225 kW. U vozidel poháněných elektromotorem je to 50 km.h^{-1} nebo 75 % maximální rychlosti. [9]

Metoda B

U vozidel M_1 , M_2 do hmotnosti 3,5 t a N_1 je rychlost na úrovni přímky PP stanovena na 50 km.h^{-1} . Pro zbylé podkategorie (M_2 o hmotnosti nad 3,5 t, M_3 , N_2 a N_3) je to 35 km.h^{-1} . Vozidla N_2 a N_3 musí být při měření zatížena nákladem 50 kg na kW jmenovitého výkonu. [5]



Obr. 8 Zkouška nákladního automobilu [23]

2.1.2 Hluk při konstantní rychlosti

Zkouška při konstantní rychlosti vozidla probíhá za podobných podmínek jako akcelerační. Měří se při stejných převodových stupních jako jsou dle předpisu zkoušky zvoleny pro akceleraci. Poloha akcelérátoru musí být taková, aby umožnila jízdu zvolenou konstantní rychlostí v měřicím úseku (mezi přímkami AA a BB). [16]

2.2 Statické zkoušky – vnější hluk vozidel

2.2.1 Hluk v blízkosti vozidla

Vozidla kategorie L, M a N [9, 19]

Hluk v blízkosti stojícího vozidla se měří přímo u jeho výfuku. Protože je vyústění výfukového potrubí dosti rozmanité, je věnována značná pozornost popsání polohy mikrofону. Nejdříve se určí referenční bod výfuku (Obr. 9), od kterého je následně určena poloha mikrofónu. Ta je pro různé varianty výfuků slovně i obrazově popsána v předpisu zkoušky.

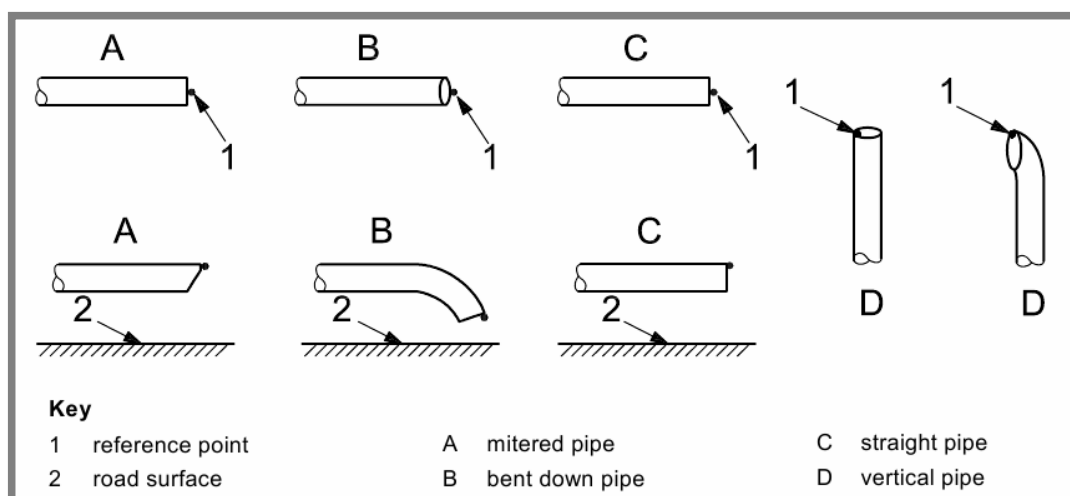
Otáčky motoru se ustálí na hodnotě stanovené z otáček maximálního výkonu (S). Pro kategorii L je předepsáno:

- 75 % otáček S , kde $S \leq 5000 \text{ min}^{-1}$;
- 50 % otáček S , kde $S > 5000 \text{ min}^{-1}$.

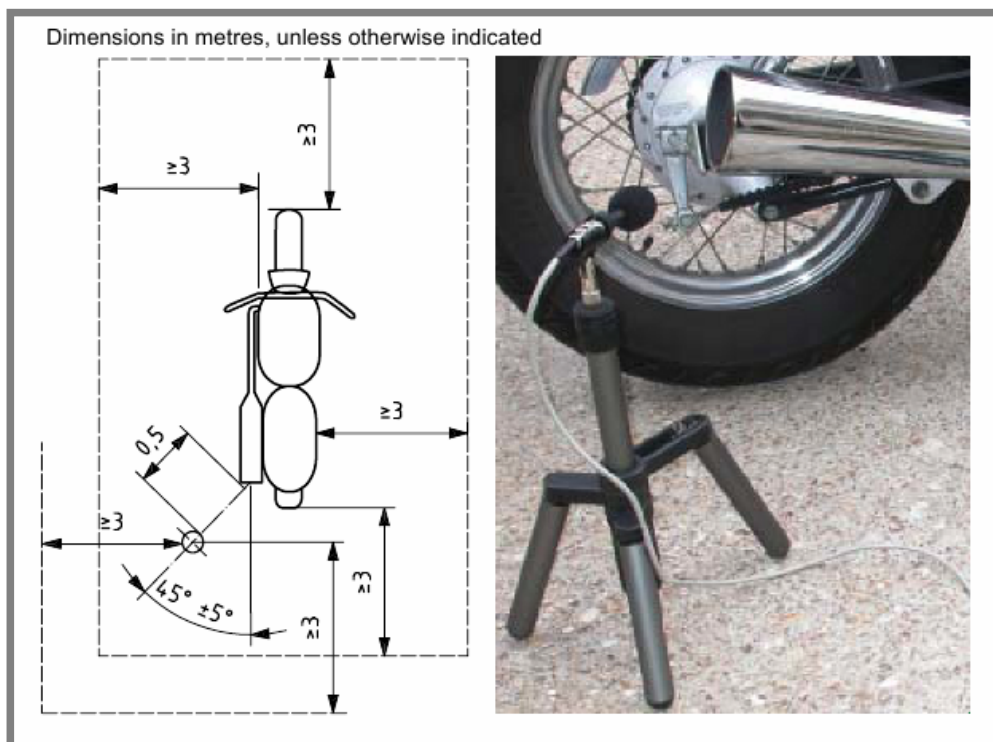
Pro kategorii M a N:

- 75 % otáček S , kde $S \leq 5000 \text{ min}^{-1}$;
- otáčky 3750 min^{-1} , kde $5000 \text{ min}^{-1} < S < 7500 \text{ min}^{-1}$;
- 50 % otáček S , kde $S \geq 7500 \text{ min}^{-1}$.

Po ustálení otáček se akcelérátor co nejrychleji zcela uvolní. Při zkoušce se měří L_{pA} krátce při ustálených otáčkách a v celém průběhu poklesu na volnoběžné otáčky. Měří se nejméně třikrát. Výsledkem je nejvyšší zaznamenaná hodnota.



Obr. 9 Referenční bod výfuku [19]

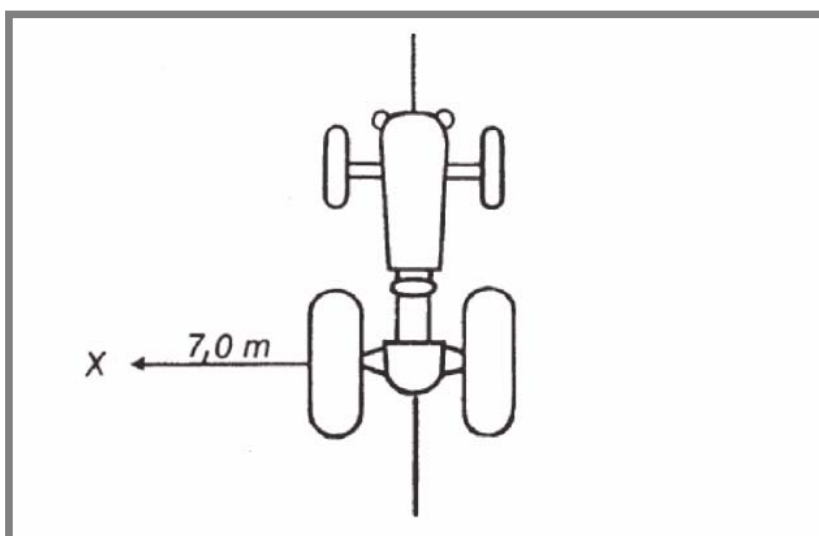


Obr. 10 Příklad polohy mikrofonu [19, 7] - editováno

Vozidla kategorie T [11]

Hluk v blízkosti vozidel kategorie T se již neměří přímo u výfuku, ale ve vzdálenosti 7 m od povrchu vozidla dle obrázku (Obr. 11). Zkouška je určena pro vozidla s pneumatikami o konstrukční rychlosti (6 až 40) km.h⁻¹.

Při zkoušce se měří L_{pA} motoru běžícího na 75 % otáček maximálního výkonu. Pokud je vozidlo vybaveno omezovačem otáček, ustálí se na maximálních otáčkách omezovače. Měření se nejméně dvakrát opakuje.



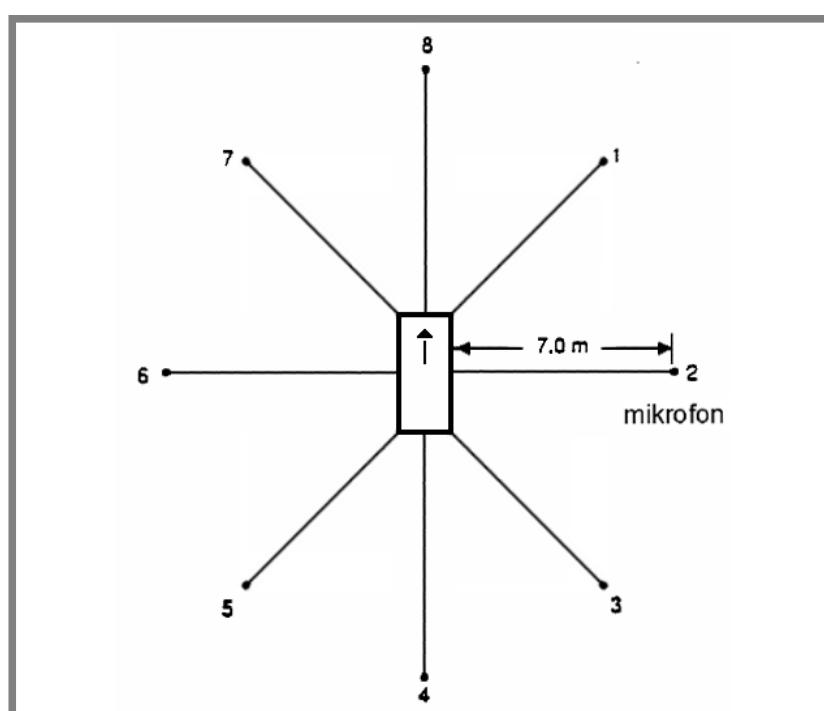
Obr. 11 Vzdálenost mikrofonu [11]

2.2.2 Hluk tlakovzdušných systémů

Vozidla kategorie M a N [9]

Dalším zdrojem hluku u vozidel jsou tlakovzdušné systémy brzd. Zde se měří hluk při jejich odfouknutí v polohách mikrofونů 2 a 6 dle obrázku (Obr. 12). Zaznamenává se nejvyšší hodnota L_{pA} při odfouknutí regulátoru tlaku, provozní a parkovací brzdy. Zkouška je určena pro vozidla tímto zařízením vybavená, která mají maximální přípustnou hmotnost vyšší než 2800 kg.

Hluk regulátoru se měří za chodu motoru ve volnoběžných otáčkách. Odfuk brzd pak při vypnutém motoru, přičemž se před každým měřením nejprve musí naplnit tlakovzdušná jednotka na provozní tlak. Každé měření se provádí nejméně dvakrát.



Obr. 12 Rozmístění mikrofونů [10]

2.2.3 Hluk při nabíjení elektromobilu

Metoda měření slouží k určení L_{WA} vyzařovaného při nabíjení akumulátoru elektromobilu vestavěným nabíječem. Před zahájením měření musí být baterie vybity na úroveň nižší než 50%. Mikrofony jsou pravidelně rozprostřeny v šesti pozicích kolem vozidla. L_{WA} se stanovuje z hodnot akustického tlaku výpočtem dle normy ČSN EN ISO 3744. Zkouška je určena pro vozidla kategorií M_1 , M_2 , N_1 a N_2 . [15]

2.3 Dynamické zkoušky – vnitřní hluk vozidel

2.3

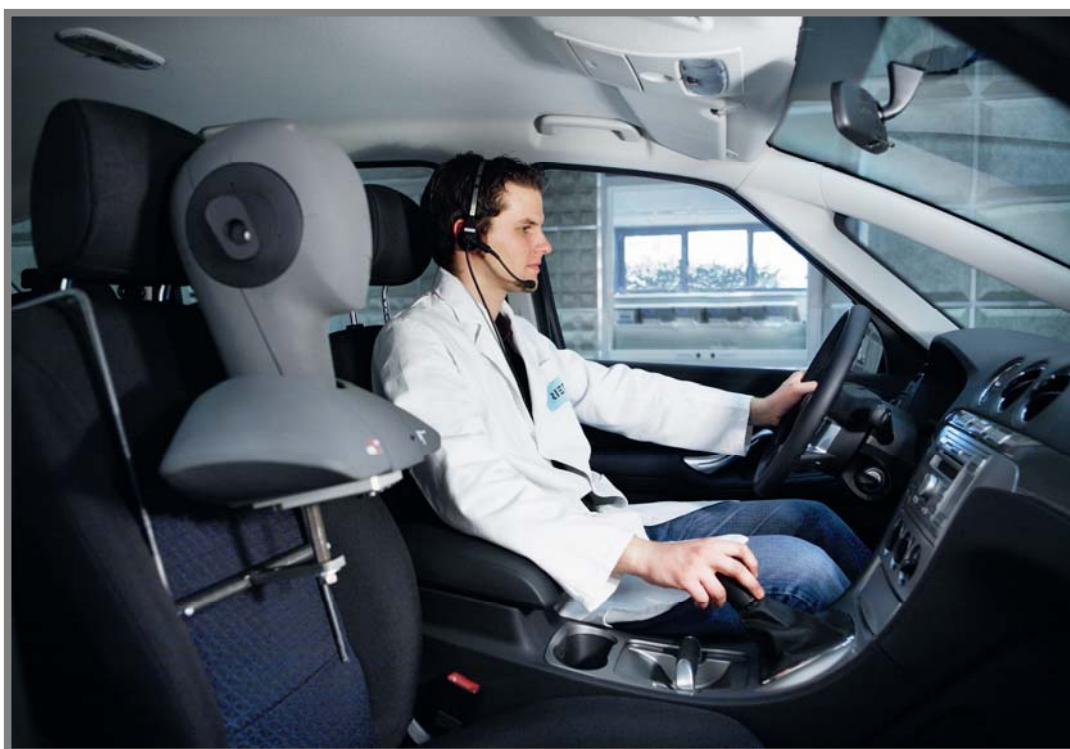
2.3.1 Hluk při konstantní rychlosti vozidla

2.3.1

Vozidla kategorie L, M a N [18]

Při zkoušce se měří L_{pA} alespoň v pěti rychlostních režimech a to v rozmezí od 60 km.h^{-1} nebo 40 % maximální rychlosti do 120 km.h^{-1} nebo 80 % maximální rychlosti (vždy pro nižší z nich). Tato zkouška zahrnuje polohy mikrofونů pro měření na místě řidiče, sedících, stojících i ležících osob.

Měření hluku při konstantní rychlosti vozidla je možno provést dvěma způsoby. Buď při jízdě vozidla zvolenými konstantními rychlostmi (pro každou se musí měřit nejméně 5 s), nebo při pomalé akceleraci, kdy se hodnoty akustického tlaku odečítají při vybraných rychlostech. Akcelerace musí být taková, aby hodnoty souhlasily s hodnotami při konstantní rychlosti.



Obr. 13 Měření vnitřního hluku [29]

Vozidla kategorie T [12]

Vozidla patřící do této kategorie jsou především určena k tažení přípojných vozidel nebo nesení dalších strojů, od toho se odvíjí i metoda měření. Tato zkouška je omezena na vozidla vybavená pneumatikami s maximální konstrukční rychlostí (6 až 40 km.h^{-1}). Pokud má kabina uzavřenou konstrukci, měření se opakuje s otevřenými

dveřmi a okny. Stanovení hlukové emise na pozici řidiče lze provést dvěma metodami.

Měření dle podmínek I:

Zaznamenává se hodnota L_{pA} při takovém zatížení, kdy je hladina hluku nejvyšší. To se provádí pro rychlostní stupeň umožňující rychlost blízkou $7,5 \text{ km.h}^{-1}$. Obdobně se měří pro jakýkoli jiný rychlostní stupeň. V případě, že změřená hladina L_{pA} je alespoň o 1 dB(A) vyšší, zaznamená se také. Dále se měří hluk při maximální konstrukční rychlosti nezatíženého vozidla.

Měření dle podmínek II:

Hladina L_{pA} se měří při průjezdu vozidla stejnou zkušební rychlostí třikrát po téže dráze (průjezd trvá nejméně 10 s). Další měření se provádí na nezatíženém vozidle s maximálními otáčkami při takovém rychlostním stupni, který umožňuje při jmenovitých otáčkách jet rychlostí blízkou $7,5 \text{ km.h}^{-1}$.

2.3.2 Hluk při plné akceleraci

Vozidla kategorie L, M, N [18]

Při zkoušce za plné akcelerace se nejdříve ustálí rychlost vozidla a otáčky motoru na počátečních hodnotách, které se stanoví tak, aby byly splněny provozní podmínky. Poté se co nejrychlejším otevřením škrtící klapky umožní plná akcelerace a zaznamenává se hluk až do 90% otáček maximálního výkonu nebo do rychlosti 120 km.h^{-1} (zvolíme nižší hodnotu). Aby nebyla maximální hodnota L_{pA} vyskytující se v rozsahu akcelerace ovlivněna, nesmí dojít k prokluzu kol. Zkouška opět zahrnuje polohy mikrofónů na místě řidiče, sedících, stojících a ležících osob.

Některé provozní podmínky:

- zařazen je nejvyšší rychlostní stupeň, při kterém nedojde k překročení rychlosti 120 km.h^{-1} ;
- během zkoušky se řazení nemění;
- počáteční otáčky jsou co nejnižší dovolující jejich plynulé zvyšování, nesmí být však nižší než 45% otáček maximálního výkonu;
- u vozidel s automatickou převodovkou se otáčky ustálí přibližně na 45% otáček maximálního výkonu, rychlost však nesmí překročit 60 km.h^{-1} .

2.4 Statické zkoušky – vnitřní hluk vozidel

2.4.1 Hluk při volnoběhu a plné akceleraci

Vozidla kategorie L, M a N

U stojících vozidel se měří hluk za běhu motoru ve volnoběžných otáčkách a při plné akceleraci motoru do nejvyšších otáček (bez zatížení). Zaznamenávají se hodnoty

L_{pA} při volnoběhu, jeho nejvyšší hodnota při akceleraci a hodnota při ustálení maximálních otáček. Měří se na pozici řidiče, sedících, stojících a ležících osob. [18]

2.5 Specifické hlukové zkoušky

2.5

V této části se budeme zabývat specifickými aplikacemi hlukových zkoušek. Jedná se konkrétně o měření hluku vozidel pro svoz odpadu a manipulačních vozíků. Hluk se měří v různých režimech činnosti typické pro tyto vozidla.

2.5.1 Hluk vozidel pro svoz odpadu

2.5.1

Vozidla pro svoz odpadu (RCV) jsou svou činností zdrojem silné hlukové emise, které je vystavena nejen posádka, ale i obydlené oblasti, ve kterých se RCV často pohybuje. Zkouška se provádí na stojícím RCV ve čtyřech provozních činnostech, tj. činnost podvozku; stlačování; zvedání, vyklápění a spouštění kontejneru; výsyp odpadu, a zahrnuje RCV s vyklápěcím zařízením vpředu, na boku a vzadu. [13]

Provozní podmínky:

- při simulaci vyklápění odpadu se vysypává náklad 30 trubek definovaných v předpisu zkoušky;
- pokud je RCV vybaveno více motory, musí všechny pracovat současně. Je-li to možné, zkouší se také každá kombinace motorů;
- otáčky motoru nastavuje automatický akcelerátor. Pokud jím není vozidlo vybaveno, nastaví se manuálně na 1200 min^{-1} . [13]

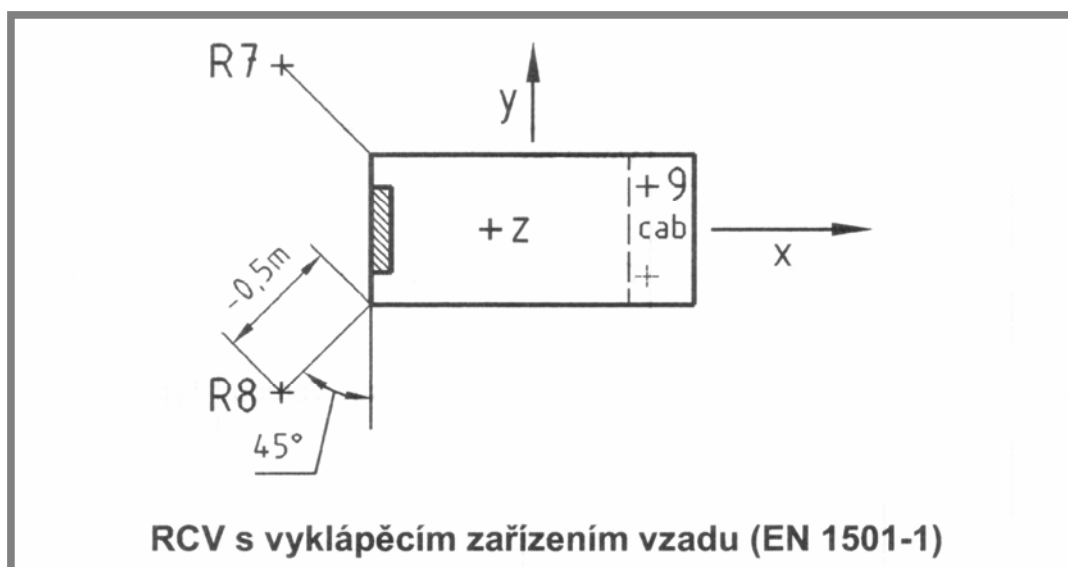
Určení L_{pA} na místech obsluhy a L_{WA} vozidla [13]

Uvnitř kabiny je mikrofon umístěn na pozici řidiče. Mikrofony vně vozidla se rozmístí v souladu s požadavky pro vnější pracovní místa. Časově průměrovaná hodnota L_{pA} se stanoví podle normy EN ISO 11201 pro každé místo obsluhy a provozní činnost zvlášť.

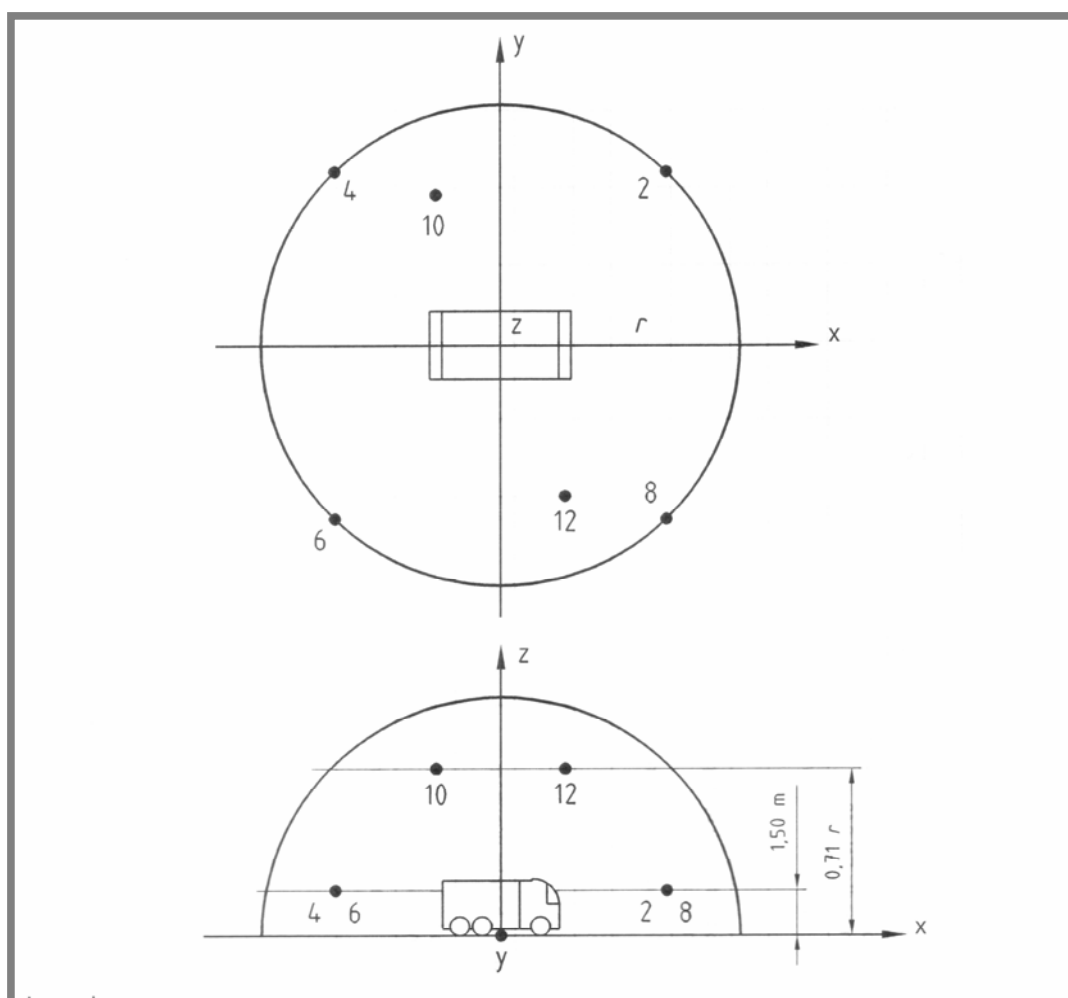
Pro stanovení L_{WA} se mikrofony rozmístí v 6 pozicích na polokulové ploše dle obrázku (Obr. 15). Měřením se určí L_{pA} na polokulové ploše pro každou provozní činnost, přičemž L_{pA} pro výsyp se koriguje navýšením hladiny o 7 dB(A). L_{WA} se stanoví pro každou provozní činnost zvlášť dle normy ČSN EN ISO 3744.

Doby měření pro určení L_{pA} i L_{WA} jsou stejné:

- při činnosti podvozku se měří minimálně 15 s;
- při činnosti stlačovacího systému musí být zahrnuty nejméně 3 kompletní cykly;
- při zvedání, vyklápění a spouštění kontejneru jsou zahrnuty nejméně 3 kompletní cykly. Má-li vozidlo nářasný režim, použije se jednou v každém cyklu;
- při výsypu odpadu jsou zahrnuty 3 cykly, každý s nákladem 30 trubek.



Obr. 14 Rozmístění mikrofonů pro měření na místech obsluhy [13]



Obr. 15 Rozmístění mikrofonů pro stanovení L_{WA} [13]

2.5.2 Hluk manipulačních vozíků

Manipulačních vozíků existuje mnoho variant. Zkouška postihuje 19 technických provedení. Měří se při nečinnosti, zdvihání a jízdě. [14]

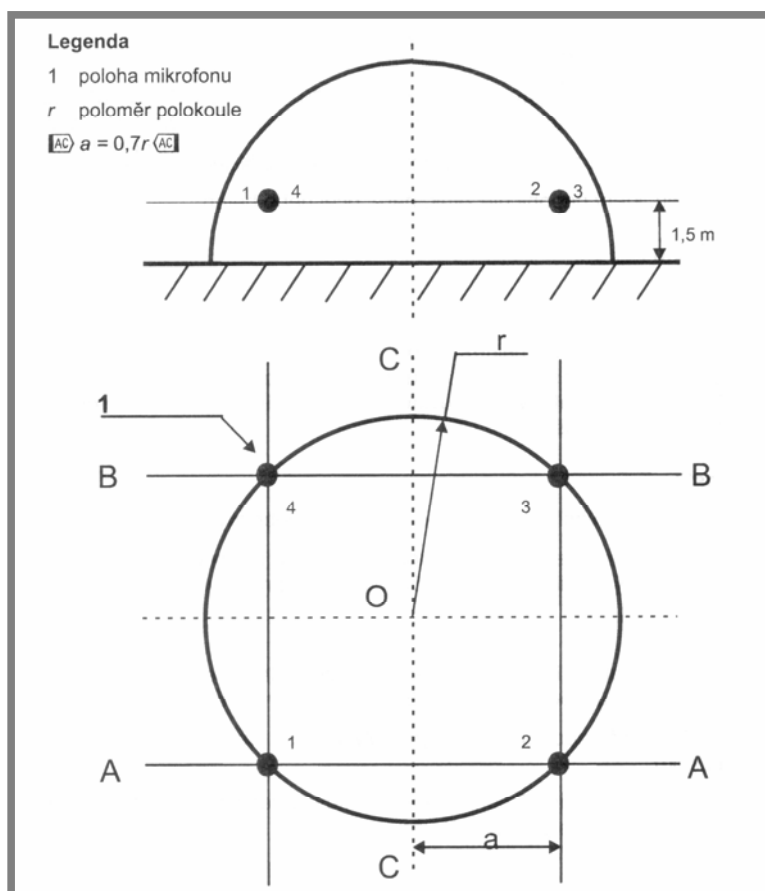
Provozní podmínky:

- při zatížení musí hmotnost břemena činit nejméně 70 % skutečné nosnosti vozíku;
- v nezatíženém stavu se měří při zatížení (0 až 10) % skutečné nosnosti;
- břemeno je z materiálu nepohlcujícího zvuk;
- břemeno se zdvihá maximální rychlostí z nejnižší polohy;
- vozík nečinně stojí, spalovací motor běží ve volnoběžných otáčkách;
- vozík plně akceleruje na zkušební dráze (Obr. 16). [14]

Určení L_{pA} na místech obsluhy a L_{WA} vozidla [14]

L_{pA} se určuje na místě obsluhy. Má-li vozík kabinu, měří se se zavřenými dveřmi a okny. Pro každou provozní podmínku se stanoví L_{pA} jako časově průměrovaná hodnota v souladu s normou EN ISO 11201. Výsledkem zkoušky je aritmetický průměr dvou nejvyšších hodnot L_{pA} stanovených pro každou provozní podmínku.

Z měření ve čtyřech bodech se vypočte hodnota L_{pA} na polokulové ploše (Obr. 16), z té se následně stanoví L_{WA} dle normy ČSN EN ISO 3744. Měří se ve všech provozních podmínkách, pro každou nejméně třikrát.



Obr. 16 Zkušební dráha s polokulovou měřicí plochou [14]

3 ANALÝZA A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ

3.1 Hlukové zkoušky

Pro shrnutí výše uvedených typů zkoušek lze říci, že nás při měření hluku vozidel především zajímá hodnota L_{pA} (případně L_{WA}) jak uvnitř vozidla, tak i v jeho okolí. Tyto hodnoty slouží k posouzení hlučnosti z hlediska hygienických limitů platných v ČR a EU.

Z pohledu schvalování vozidla do provozu existují dva druhy zkoušek – verifikační a monitorovací. Verifikační zkoušky (typové zkoušky) slouží k ověření, zda vozidlo dodané výrobcem splňuje hlukové limity a může být schváleno. Monitorovací zkoušky pak kontrolují plnění limitů v průběhu výroby modelu. Oba druhy zkoušek jsou metodicky totožné, avšak monitorovací zkoušky mohou být do jisté míry zjednodušeny (např. snížením počtu pozic mikrofونů či měření). [18]

Tab. 2 Základní typy zkoušek

	Vnitřní hluk	Vnější hluk
Dynamické zkoušky	Plná akcelerace Konstantní rychlost	Plná akcelerace Konstantní rychlost
Statické zkoušky	Volnoběh Plná akcelerace	V blízkosti vozidla Tlakovzdušné systémy Nabíjení elektromobilů

Každá zkouška se provádí podle přesného metodického postupu, jehož součástí jsou všechny nutné náležitosti:

- měřené veličiny;
- měřicí zařízení;
- polohy mikrofونů;
- provozní podmínky;
- podmínky okolního prostředí;
- podmínky zkušebního místa;
- podmínky platnosti a další.

V ČR existují akreditované zkušebny pověřené Ministerstvem dopravy ČR, které mají na starost provádění těchto zkoušek. Jsou to DEKRA Automobil a.s. (dříve USMD - Ústav silniční a městské dopravy), TÜV SÜD Czech s.r.o. a SZZPLS a.s. (Státní zkušebna zemědělských, potravinářských a lesnických strojů). Nabízené služby lze samozřejmě využít i při vývoji vozidel.

3.2 Technické normy a soustavy technických předpisů

3.2

„Technické normy jsou dokumentované dohody, které pro všeobecné a opakované použití poskytují pravidla, směrnice, pokyny nebo charakteristiky činností nebo jejich výsledků, které zajišťují, aby materiály, výrobky, postupy a služby vyhovovaly danému účelu. V dnešní společnosti jsou technické normy kvalifikovaná doporučení, nikoli příkazy. Jejich používání je dobrovolné, avšak všestranně výhodné.“ [30]

Podle šíře platnosti můžeme normy seřadit takto:

- mezinárodní normy – ISO;
- evropské normy – EN;
- národní normy – např. ČSN;
- podnikové normy.

Česká republika, jako člen EU, musela přijmout všechny normy EN do soustavy ČSN a zrušit normy, které s nimi byly v rozporu. [30]

Metodice měření hluku vozidel se věnuje několik technických norem, ať už ze soustavy ČSN (jako převzaté normy ISO a EN) nebo mezinárodní normy ISO. Jak bylo výše uvedeno, normy nejsou obecně závazné. Povinnost je plnit plyne až z právních předpisů (zákon, vyhláška apod.) [1]. Vedle technických norem se problematikou hluku zabývají vybrané předpisy z mezinárodně platných soustav technických předpisů pro homologaci vozidel a jejich částí. V předpisech jsou spolu s popisem metod měření hluku zavedeny i jeho limitní hodnoty. Jsou to „živé“ dokumenty, které se průběžně obměňují (zprísňují) a tím odrážejí technický pokrok. V současné době v Evropě existují dvě soustavy a celosvětově se buduje třetí. [25]

Evropské soustavy tvoří Předpisy Evropské hospodářské komise – EHK/OSN (*United Nations Economic Commission for Europe – UNECE* či *ECE*) a Směrnice Evropského společenství – ES/EU (*The European Economic Community – EEC*), dříve Evropské hospodářské společenství – EHS. Celosvětově platné jsou Předpisy *Global technical regulations – GTR*. ČR, jako členský stát všech těchto soustav, je povinna předpisy dodržovat. Legislativně jsou tyto Předpisy, respektive Směrnice, zavedeny vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2002 Sb. [20].

3.2.1 Harmonizace technických předpisů

3.2.1

Mezinárodní normy ISO ve svých posledních vydáních zavádějí do praxe nejnovější poznatky z této oblasti, jsou proto zpravidla podkladem pro vznik Předpisů a Směrnic, které na ně však reagují s jistým zpožděním. Pro státy zavazující se členstvím ve více soustavách platí tyto technické předpisy souběžně, tudíž nesmí docházet k jejich vzájemné kolizi. „Předpisy (EHK) resp. Směrnice (ES) týkající se hlukové problematiky silničních vozidel jsou co do limitních hodnot a měřících metod totožné. Odlišnosti jsou pouze v jejich seskupení jako jednotlivé Předpisy nebo Směrnice sdružující více metodik a limitních hodnot dohromady.“ [31]

3.2.2 Dostupnost technických norem a předpisů

3.2.2

Normy ČSN vydává Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví – ÚNMZ a jsou dostupné prostřednictvím smluvních prodejců. Obdobně je tomu s normami ISO, které vydává Mezinárodní organizace pro normalizaci – ISO (*International Organization for Standardization*). [1]

Směrnice ES v českém jazyce je možné vyhledat na webových stránkách portálu Evropské unie (<http://eur-lex.europa.eu>). Předpisy EHK v originálním znění jsou dostupné z webových stránek EHK (<http://www.unece.org/>). Další možností, jak získat tyto dokumenty, je elektronická knihovna mezinárodně platných předpisů, kde společnost TÜV SÜD Czech s.r.o. nabízí za poplatek přístup k jejich překladům.

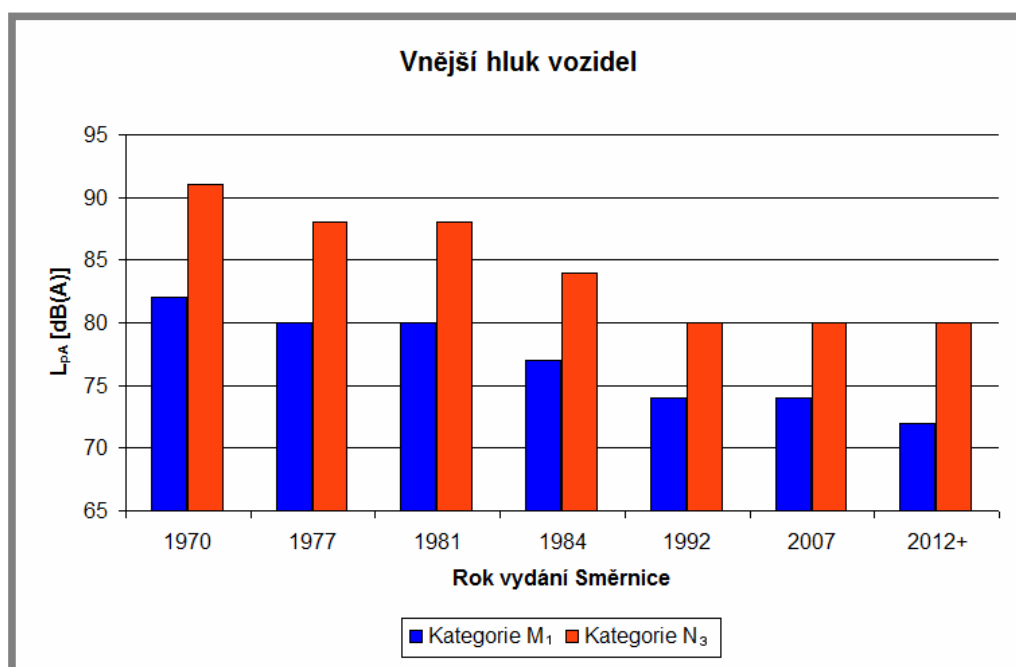


Obr. 17 Hlavička elektronické knihovny předpisů společnosti TÜV SÜD Czech s.r.o. [26]

4 VYMEZENÍ TRENDŮ BUDOUCÍHO VÝVOJE

S technickým pokrokem a možnostmi, které se nabízejí, rostou i nároky na míru hlučnosti vozidel. Dnes platné limitní hodnoty hluku jsou o poznání nižší, než byly při jejich prvním ustanovení. Snižování hluku totiž úzce souvisí s komfortem či bezpečností posádky a je rovněž předmětem konkurenčního boje. Logicky lze předpokládat, že v budoucnu přijde další zpřísnění, avšak i to má své technické hranice.

Možnost snížení limitů hlukové emise byla jedním z předmětů zkoumaných společností TÜV SÜD v rámci projektu MD ČR v letech 2005 až 2008. Jak je uvedeno v dokumentu vydaném v rámci 78. Akustického semináře [5], z projektu vyplynulo, že je u kategorie M_1 rezerva (1 až 2) dB(A) pro zpřísnění limitu. Oproti tomu u zkoumaných vozidel kategorie N_3 to zatím není možné. Historický vývoj limitů ve Směrnících ES a jejich prognóza jsou znázorněny na obrázku „Vnější hluk vozidel“ (Obr. 18).



Obr. 18 Vývoj hlukových limitů vozidel M_1 a N_3

Ve vývoji soustav technických předpisů pozorujeme snahy o jejich zjednodušení a postupné sjednocení. Příkladem může být návrh skupiny Cars21 (*Competitive Automotive Regulatory System for the 21st century*) na zrušení některých Směrnic a jejich nahrazení Předpisy EHK. Domnívám se, že v budoucnu dojde k nahrazení soustav EHK a ES jednotnou celosvětovou soustavou předpisů GTR.

ZÁVĚR

Hlukové zkoušky jsou jedním z mnoha bodů na dlouhé cestě vozidla, kterou musí absolvovat, než je schváleno do provozu. Ve své definici jsou motorová vozidla dosti rozsáhlou kategorií, která zahrnuje také mnoho pracovních strojů. Bakalářská práce se zaměřuje především na skupinu běžných silničních vozidel patřících do kategorií L, M, N a T.

Přehled hlukových zkoušek byl vypracován na základě rešeršní činnosti, kterou se podařilo sestavit seznam technických dokumentů zabývajících se touto problematikou. Hlavními zdroji byly normy a příslušné mezinárodní předpisy platné na území ČR.

Protože jsou normy dostupné pouze za poplatek a některé nebylo možné získat ani prostřednictvím Fakulty strojního inženýrství, jsou vybrané zkoušky zpracovány pouze na základě zdarma dostupných Předpisů či Směrnic. Jelikož jsou normy podkladem pro vznik těchto předpisů, měla by být metodika měření totožná. Jisté odlišnosti jsou přesto k nalezení. Jednak je způsobuje časová prodleva mezi vydáním norem a zavedením změn do předpisů a také fakt, že ne všechny metody měření obsažené v normách jsou vyžadovány k homologaci vozidla.

Vypracovaný přehled hlukových zkoušek sestává pouze z metod měření sloužících k určení hodnot L_{pA} , případně L_{WA} , jako kriteria hygienické nezávadnosti. Pokročilé metody měření založené na akustické intenzitě se v této oblasti zatím neuplatňují. Svůj význam ovšem nacházejí při vývoji a diagnostice vozidel, kde napomáhají lokalizovat zdroje hluku. Pro tyto metody jsou předepsané postupy měření, nikoliv jejich konkrétní aplikace na motorová vozidla.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DRASLÍK, František. *Normativně technická dokumentace: Pravidla tvorby a používání*. Ostrava: MONTANEX a.s., 1998. Technická normalizace, s. 235-286. ISBN 80-85780-91-7.
- [2] KAŇÁK, Jiří. *Akustika v praxi*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Regionální centrum celoživotního vzdělávání, 2008. 22 s. ISBN 978-80-248-1769-9.
- [3] NOVÝ, Richard. *Hluk a chvění*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2009. 400 s. ISBN 978-80-01-04347-9.
- [4] SMETANA, Ctirad, et al. *Hluk a vibrace, měření a hodnocení*. Praha: Sdělovací technika, 1998. 188 s. ISBN 80-901936-2-5.
- [5] *Sborník 78. akustického semináře*. Praha: Nakladatelství ČVUT, květen 2009. 34 s. ISBN 978-80-01-04345-5.
- [6] Brüel & Kjær. *Microphones & Conditioning: Product Catalogue, Version 16*. Denmark: Brüel & Kjær, January 2009. 66 s. Dostupné z WWW: <<http://www.e-pages.dk/bruel/60/>>. BF0208-16.
- [7] Brüel & Kjær. *Environmental Solutions: Product Catalogue*. Denmark: Brüel & Kjær, 90 s. BF0213-11.
- [8] EU. Consolidated redolution on the construction of vehicles (R.E.3), Annex 7. In *Economic commission for Europe*. 11 August 1997, TRANS/WP.29/78/Rev.1, s. 52-59.
- [9] EU. Předpis č. 51 Evropské hospodářské komise Spojených národů (EHK/OSN) – Jednotná ustanovení o schvalování motorových vozidel, která mají nejméně čtyři kola, z hlediska jejich emisí hluku. In *Úřední věstník Evropské unie*. 30.5.2007, s. 68-115. Dostupný také z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:137:0068:0115:cs:PDF>>.
- [10] EU. SMĚRNICE RADY 92/97/EHS ze dne 10. listopadu 1992, kterou se mění směrnice 70/157/EHS o sbližování právních předpisů členských států týkajících se přípustné hladiny akustického tlaku a výfukového systému motorových vozidel. In *Úřední věstník Evropské unie*. 19.12.1992, Svazek 011, s. 225-255. Dostupný také z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:11:31992L0097:CS:PDF>>.
- [11] EU. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/63/ES ze dne 13. července 2009 o určitých konstrukčních částech a vlastnostech kolových zemědělských a lesnických traktorů. In *Úřední věstník Evropské unie*. 19.8.2009, s. 23-33. Dostupný také z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:214:0023:0033:CS:PDF>>.
- [12] EU. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/76/ES ze dne 13. července 2009 o hladině akustického tlaku kolových zemědělských a lesnických traktorů působícího na řidiče. In *Úřední věstník Evropské unie*. 1.8.2009, s. 18-28. Dostupný také z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:201:0018:0028:CS:PDF>>.
- [13] ČSN EN 1501-4. *Vozidla pro svoz odpadu a k nim příslušející vyklápecí zařízení - Všeobecné požadavky a bezpečnostní požadavky - Část 4: Postup zkoušení hluku vozidel pro svoz odpadu*. Praha: Český normalizační institut, Duben 2008. 20 s.
- [14] ČSN EN 12053 +A1. *Bezpečnost manipulačních vozíků - Zkušební metody měření emisí hluku*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Únor 2009. 20 s.

- [15] ČSN EN 12736. *Elektricky poháněná silniční vozidla - Vnitřní hluk vozidla při nabíjení vestavěným nabíječem - Stanovení hladiny akustického výkonu*. Praha: Český normalizační institut, Říjen 2002. 12 s.
- [16] ČSN ISO 362-1. *Měření hluku vyzařovaného jedoucimi silničními vozidly - Technická metoda - Část 1: Kategorie M a N*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Květen 2010. 64 s.
- [17] ČSN ISO 362-2. *Měření hluku vyzařovaného jedoucimi silničními vozidly - Technická metoda - Část 2: Kategorie L*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Květen 2010. 44 s.
- [18] ČSN ISO 5128. *Akustika - Měření vnitřního hluku motorových vozidel*. Praha: Český normalizační institut, Listopad 2002. 12 s.
- [19] ISO/FDIS 5130. *Acoustics - Measurements of sound pressure level emitted by stationary road vehicles*. Geneva: ISO, 2006. 17 s.
- [20] Česko. Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů ze dne 11. července 2002 o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 30.7.2002, 2002, částka 123, č. 341, s. 7146-7255. Dostupný také z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2002/sb123-02.pdf>>.
- [21] Česko. Zákon ze dne 10. ledna 2001 o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.. In *Sbírka zákonů*. 10. ledna 2001, 2001, částka 21, č. 56. Dostupný také z WWW: <<http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb01056&cd=76&typ=r>>
- [22] Česko. Zákon o ochraně veřejného zdraví. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 5.12.2005, 2005, částka 165, č. 471, s. 8734-8790. Dostupný také z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2005/sb165-05.pdf>>. ISSN 1211-1244.
- [23] *Avl.com* [online]. 2011 [cit. 2011-05-11]. Acoustic Engineering for Heavy Duty On-Road Vehicles. Dostupné z WWW: <www.avl.com/acoustic-engineering-for-heavy-duty-on-road-vehicles>.
- [24] *Hluk.eps.cz* [online]. c2007 [cit. 2011-01-28]. Hluk_brozura.pdf. Dostupné z WWW: <http://hluk.eps.cz/hluk/files/2010/03/Hluk_brozura.pdf>.
- [25] *Predpisy.tuv-sud.cz* [online]. 2010-06-22 [cit. 2011-04-05]. Soustavy. Dostupné z WWW: <<http://predpisy.tuv-sud.cz/soustavy.htm>>.
- [26] *Predpisy.tuv-sud.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-05-05]. Predpisy. Dostupné z WWW: <<http://predpisy.tuv-sud.cz/predpisy.html>>.
- [27] *Http://predpisy.tuv-sud.cz* [online]. 2009, 2011-04-07 [cit. 2011-05-22]. Soupis dostupných dokumentů dle TRANS/WP.29/343/Rev.18/Amend.1 (17.06.2010). Dostupné z WWW: <http://predpisy.tuv-sud.cz/bin/ehk/soupis_ehk.htm>
- [28] *Http://predpisy.tuv-sud.cz* [online]. 2009, 2011-05-02 [cit. 2011-05-22]. Soupis překladů technických předpisů EHS/ES (směrnic, rozhodnutí, nařízení) pro motorová vozidla, zemědělské nebo lesnické traktory, přípojná vozidla motorových vozidel i traktorů a výměnné tažené stroje traktorů. Dostupné z WWW: <http://predpisy.tuv-sud.cz/bin/es/soupis_es.htm>.
- [29] *Rieter.com* [online]. 2011 [cit. 2011-05-11]. Vehicle Acoustics. Dostupné z WWW: <<http://rieter.com/en/general/acoustics-thermal/vehicle-acoustics/>>.
- [30] *Unmz.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-04-20]. Otázky a odpovědi. Dostupné z WWW: <<http://www.unmz.cz/urad/otazky-a-odpovedi>>.
- [31] STRNAD, Vlastimil. TUV SÚD Czech s.r.o. [online]. 10. březen 2011 14:48; [cit. 2011-04-05]. Osobní komunikace.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

c	$[\text{m.s}^{-1}]$	- rychlost zvuku
I	$[\text{W.m}^{-2}]$	- akustická intenzita
I_0	$[\text{W.m}^{-2}]$	- referenční hodnota akustické intenzity
L_I	$[\text{dB}]$	- hladina akustické intenzity
L_p	$[\text{dB}]$	- hladina akustického tlaku
L_{pA}	$[\text{dB(A)}]$	- hladina akustického tlaku A
$L_{Aeq,T}$	$[\text{dB(A)}]$	- ekvivalentní hladina akustického tlaku A
L_W	$[\text{dB}]$	- hladina akustického výkonu
p	$[\text{Pa}]$	- akustický tlak
p_0	$[\text{Pa}]$	- referenční akustický tlak
p_{ef}	$[\text{Pa}]$	- efektivní hodnota akustického tlaku
S	$[\text{m}^2]$	- měřicí plocha
v	$[\text{m.s}^{-1}]$	- akustická rychlost
v_{ef}	$[\text{m.s}^{-1}]$	- efektivní hodnota akustické rychlosti
W	$[\text{W}]$	- akustický výkon
W_0	$[\text{W}]$	- referenční akustický výkon
Z	$[\text{N.s.m}^{-3}]$	- měrný vlnový odpor prostředí
ρ	$[\text{kg.m}^{-3}]$	- hustota prostředí

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

- Obr. 1** Akustická intenzita procházející plochou – zdroj uvnitř a vně plochy
- Obr. 2** Intenzivní sonda firmy Brüel & Kjær
- Obr. 3** Útlumová charakteristika filtru A
- Obr. 4** Pohyb intenzivní sondy při skanování
- Obr. 5** Graf normálové intenzity
- Obr. 6** Měření pomocí pole mikrofونů
- Obr. 7** Zkušební dráha
- Obr. 8** Zkouška nákladního automobilu
- Obr. 9** Referenční bod výfuku
- Obr. 10** Příklad polohy mikrofону
- Obr. 11** Vzdálenost mikrofону
- Obr. 12** Rozmístění mikrofонů
- Obr. 13** Měření vnitřního hluku
- Obr. 14** Rozmístění mikrofонů pro měření na místech obsluhy
- Obr. 15** Rozmístění mikrofонů pro stanovení L_{WA}
- Obr. 16** Zkušební dráha s polokulovou měřicí plochou
- Obr. 17** Hlavička elektronické knihovny předpisů společnosti TÜV SÜD Czech s.r.o.
- Obr. 18** Vývoj hlukových limitů vozidel M_1 a N_3

Seznam tabulek

- Tab. 1** Rozdělení motorových vozidel s popisem kategorie dle předpisu EHK
- Tab. 2** Základní typy zkoušek

PŘÍLOHY

Seznam norem, předpisů a směrnic

Normy

ČSN EN 1501-4

Vozidla pro svoz odpadu a k nim příslušející vyklápěcí zařízení - Všeobecné požadavky a bezpečnostní požadavky - Část 4: Postup zkoušení hluku vozidel pro svoz odpadu.

ČSN EN 12053+A1

Bezpečnost manipulačních vozíků - Zkušební metody měření emisí hluku.

ČSN EN 12736

Elektricky poháněná silniční vozidla - Vnitřní hluk vozidla při nabíjení vestavěným nabíječem - Stanovení hladiny akustického výkonu.

(pozn: v českém názvu je chybně uvedeno, že jde o vnitřní hluk vozidla, jedná se o vnější hluk)

ČSN ISO 362-1

Měření hluku vyzařovaného jedoucimi silničními vozidly - Technická metoda - Část 1: Kategorie M a N.

ČSN ISO 362-2

Měření hluku vyzařovaného jedoucimi silničními vozidly - Technická metoda - Část 2: Kategorie L.

ČSN ISO 5128

Akustika - Měření vnitřního hluku motorových vozidel (všechny vozidla s vyloučením traktorů a zemědělských strojů).

ISO 5130

Acoustics - Measurements of sound pressure level emitted by stationary road vehicles.

ISO 5131

Acoustics - Tractors and machinery for agriculture and forestry - Measurement of noise at the operator's position - Survey method.

ISO 7216

Acoustics - Agricultural and forestry wheeled tractors and self-propelled machines - Measurement of noise emitted when in motion.

ISO 9645

Acoustics - Measurement of noise emitted by two-wheeled mopeds in motion - Engineering method.

Předpisy EHK

č.9 Vnější hluk tříkolových vozidel - kategorie L

č.41 Vnější hluk motocyklů - kategorie L

č.51 Hladiny hluku vozidel s min. 4 koly - kategorie M, N

č.63 Vnější hluk mopedů - kategorie L

Směrnice ES

70/157/EHS Směrnice o přípustné hladině akustického tlaku a výfukového systému motorových vozidel.

97/24/ES Směrnice o některých konstrukčních částech a vlastnostech dvoukolových a tříkolových motorových vozidel.

2009/63/ES Směrnice o určitých konstrukčních částech a vlastnostech kolových zemědělských a lesnických traktorů.

2009/76/ES Směrnice o hladině akustického tlaku kolových zemědělských a lesnických traktorů působícího na řidiče.

Ceny norem, předpisů a směrnic

Normy

Ceny v Kč z <http://eshop.normservis.cz/doc/cms/normy-nabidka/> ke dni 22.5.2011:

ČSN EN 1501-4	202,40	
ČSN EN 12053+A1	202,40	
ČSN EN 12736	169,40	
ČSN ISO 362-1	515,90	
ČSN ISO 362-2	394,90	
ČSN ISO 5128	169,40	
DIN ISO 5130	2280,50	
ISO 5131	1550,-	(ze dne 8.3.2011)
ISO 7216	925,-	(ze dne 8.3.2011)
ISO 9645	925,-	(ze dne 8.3.2011)

Předpisy a Směrnice

Cena v Kč (bez DPH) za roční přístup k dokumentům v elektronické knihovně TÜV SÜD Czech s.r.o. dle [27] a [28]:

Předpisy EHK:

č. 9	640,-
č. 41	760,-
č. 51	1190,-
č. 63	700,-

Směrnice ES:

70/157/EHS	2610,-
97/24/ES	1420,-
2009/63/ES	Volně přístupné
2009/76/ES	Volně přístupné