



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

JÍZDNÍ KOMFORT

DRIVING COMFORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB PLÁNKA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN VANČURA Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jakub Plánka

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:

Jízdní komfort

v anglickém jazyce:

Driving comfort

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Těžištěm bakalářské práce je vypracování rešerše na jízdního komfortu osobních vozidlech. Práce by měla být zaměřena i na metody hodnocení komfortu, a to jak subjektivní tak i objektivní.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Charakteristika jízdního komfortu, oblasti nekomfortního chování vozidla.
- 2) Možnosti hodnocení jízdního komfortu.
- 3) Možnosti ovlivnění jízdního komfortu.
- 4) Návrh měřených veličin vhodných k hodnocení komfortu.

Seznam odborné literatury:

[1] Vlk, F.: Dynamika motorových vozidel

[2] Gillespie, T.: Fundamentals of Vehicle Dynamics

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Vančura, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 19.11.2013

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá charakteristikou jízdního komfortu vozidla. Definiuje způsoby hodnocení jízdního komfortu a navrhuje veličiny vhodné pro měření komfortu. Popisuje části vozidla, které se podílí na celkovém jízdním pohodlí a formuluje činitele ovlivňující vozidlo při pohybu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jízdní komfort, dynamika, podvozek, ovladatelnost, hluk, vibrace, tepelné pohodlí

ABSTRACT

The bachelor thesis describes characteristics of ride comfort. Defines methods to evaluate ride comfort and proposes appropriate value for measurement. Thesis Describes parts of vehicle which contributes to overall driving comfort and formulates factors affecting vehicle in motion.

KEYWORDS

Driving comfort, dynamics, chassis, controllability, noise, vibrations, thermal comfort



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PLÁNKA, J. *Jízdní komfort*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Vančura, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Vančury Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 29. května 2014

Jméno a přímení



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Janu Vančurovi Ph.D. za ochotu, cenné rady a odborné vedení při tvorbě práce.



OBSAH

Úvod	10
1 Jízdní komfort.....	10
2 Hlediska hodnocení jízdního komfortu	12
2.1 Podvozek.....	12
2.1.1 Odpružení	12
2.1.2 Druhy odpružení	13
2.1.3 Tlumení.....	14
2.1.4 Kapalinové tlumiče.....	14
2.1.5 Hydro-plynové tlumiče.....	15
2.1.6 Stabilizátory.....	15
2.1.7 Zavěšení kol.....	15
2.1.8 Pneumatiky	18
2.1.9 Druhy pneumatik	18
2.1.10 Konstrukce pneumatiky	19
2.1.11 Dezén pneumatiky	20
2.2 Ovladatelnost vozidla	21
2.2.1 Způsoby hodnocení ovladatelnosti	21
2.2.2 Pohon všech kol.....	22
2.2.3 Systém Cross Wheel Drive.....	23
2.2.4 Systémy podporující ovladatelnost vozidla.....	24
2.2.5 Dynamická kontrola stability (DSC)	24
2.2.6 Aktivní řízení.....	24
2.2.7 Aktivní tempomat (ACC)	25
2.3 Hodnocení z hlediska druhu vozidla.....	26
2.3.1 Vozy střední třídy	27
2.3.2 Vozy nižší střední třídy	27
2.3.3 Vozy vyšší střední třídy.....	27
2.3.4 Sportovní vozy.....	28
2.3.5 Vozy SUV	29
3 Možnosti ovlivnění jízdního komfortu	30
3.1 Hluk	30
3.1.1 Hluk generovaný pneumatikami.....	30
3.1.2 Eliminace hluku	31
3.1.3 Hluk v kabině automobilu	31
3.1.4 Měření hluku	32



3.1.5	Měření hluku v laboratořích	32
3.1.6	Silniční zkoušky měření hluku	32
3.1.7	Veličiny měření hluku	33
3.1.8	Měření srozumitelnosti řeči	34
3.2	Vibrace	35
3.2.1	Účinky vibrací na lidské tělo	35
3.2.2	Měření vibrací	36
3.2.3	Hodnocení vibrací	37
3.3	Teplotní pohodlí	38
3.3.1	Veličiny vhodné k měření tepelného stavu prostředí	38
3.3.2	Hodnocení tepelného stavu prostředí	38
	Závěr	40
	Seznam obrázků	45
	Seznam použitých zkratk a symbolů	46
	Seznam tabulek a grafů	47



ÚVOD

Automobilní průmysl patří k nejvíce se rozvíjejícím průmyslovým odvětvím a s jeho rozvojem se zvyšují i nároky na jízdní komfort. Řízení a cestování motorovými vozidly se stává nedílnou součástí každodenního života a člověk tímto způsobem stráví velké množství času. Proto se snaží, aby cestování bylo co nejpohodlnější a zároveň bezpečné.

Tato bakalářská práce charakterizuje jízdní komfort a definuje oblasti, při kterých se vozidlo chová nekomfortně. Druhá část zahrnuje hodnocení komfortu z hlediska typu vozidla a jeho celkové konstrukce. V třetí části tato práce formuluje činitele ovlivňující vozidlo při jeho pohybu a definuje možné veličiny pro základní měření jízdního komfortu.



1 JÍZDNÍ KOMFORT

Jízdní komfort se dá jinými slovy vyjádřit jako kvalita jízdy. Kvalitu jízdy každého automobilu ovlivňuje velká řada faktorů souvisejících s automobilem nebo typem vozovky. Auto s kvalitním jízdním komfortem je dobře ovladatelné a zároveň i pohodlné. Klíčovými faktory jsou vibrace, hluk a tepelná pohoda. Tyto faktory mají přímý vliv na tělo pasažéra ve vozidle a určují, zda se člověk při jízdě cítí pohodlně a proto se jízdni komfort hodnotí hlavně těmito faktory. Pohodlí pro řidiče je velmi důležité i ze strany bezpečnosti. Například únava a nepohodlné sezení je na dlouhých cestách problematické a může ovlivnit pozornost řidiče. Dalším z nepříznivých vlivů, je najetí vozidla na nerovnost, což může snížit schopnost řidiče vozidlo ovládat.

Výrobci automobilů často musí najít kompromis při nastavení tuhosti podvozku. Automobil s tuhým podvozkem má výborné jízdni vlastnosti, avšak pasažéři více pocítují nerovnosti na vozovce díky tužším pružinám, které jsou limitovány nižší světloú výškou. Podobně je tomu i u nižší karoserie, kdy má automobil nízko posazené těžiště, což je ideální pro ovládání vozu, nicméně řidič a pasažéři jsou nuceni mít chodidla více natažena.[34]



2 HODNOCENÍ JÍZDNÍHO KOMFORTU

Hodnocení jízdního komfortu je spíše subjektivní než objektivní záležitostí. Rozhodující je jednak pohodlí pasažérů ve vozidle, ale také podmínky pro samotného řidiče. Hodnotit jízdní komfort lze s více hledisek. Základním aspektem je typ vozidla. Vozidla různých typů jsou odlišnými způsoby konstruována a tato konstrukce a použité prvky přímo ovlivňují pohodlí a kvalitu jízdy. Základní hodnocení jízdního komfortu se provádí podle subjektivního vnímání člověka nebo objektivního měření. Objektivní měření se provádí na základě stanovených veličin. U hluku je to akustická hladina zvuku, kterou člověk vnímá smyslovými orgány ve středním uchu. K určení míry vibrací se používá měření váženého zrychlení, integračním výpočtem a následně vyhodnocení pomocí normy. Pro hodnocení teplotního pohodlí se využívá více veličin, jako je teplota, prodeň vzduchu nebo relativní vlhkost. Protože je tepelné pohodlí z části subjektivní, využívá se tzv. indexů, které zohledňují vnímání tepelného pohodlí větší skupiny a to i s odchylkou nespokojených jedinců. Hodnocení jízdního komfortu lze provést i na základě konstrukce podvozku a pneumatik, které jsou neustále v kontaktu s povrchem vozovky a musejí plnit bezchybně svoji funkci a to i za nepříznivých podmínek. Kvalita zpracování vozidla a úroveň komfortu často souvisí i cenou. Například konstrukce vozidel a jízdní komfort vozidel vyšších tříd bývá nesrovnatelně vyšší oproti nižším třídám. Nemusí to však být vždy pravidlem, výrobci vozů se snaží nabídnout zákazníkům vždy maximum za co nejpříjemnější cenu.[1][2][5][6]

2.1 PODVOZEK

Podvozek automobilu je jeden z hlavních činitelů ovlivňujících jízdní komfort. Každé vozidlo má specifické nastavení podvozku a to má jak své kladné, tak i záporné stránky. Například u vozů s větší světlou výškou a jemnějším odpružením má vůz tendenci se v zatáčkách naklápět a hůře držet stopu. Vozidlo však lépe tlumí vibrace a nerovnosti na vozovce. Jinak je tomu například u sportovních vozů, kde je nastavení podvozku spíše tužší a vozidlo díky tomu v zatáčkách drží stopu lépe, avšak na úkor pohodlí posádky vozidla. Samotný podvozek se skládá z několika částí a to z kola s pneumatikou, zavěšení kola, odpružení, tlumičů, stabilizátoru, řízení a brzdové soustavy. Celá tato soustava pracuje jako celek a tvoří základ každého osobního vozu.[1][2]

2.1.1 ODPRUŽENÍ

Odpružení je soubor prvků vytvářejících spojení mezi nápravou a rámem karoserie vozidla. Zabráňuje přenosu kmitavých pohybů náprav a eliminuje tak přenos otřesu na posádku vozidla. Odpružení má také pozitivní vliv na životnost dalších částí podvozku a zajišťuje stálý kontakt pneumatik s vozovkou. U kol, která jsou řízena, by zamezení kontaktu s vozovkou mělo nepříznivý vliv na celkovou říditelnost vozu. Odpružení se tedy poměrně významně podílí na bezpečnosti a celkovém pohodlí při pohybu vozidla.[1]



2.1.2 DRUHY ODPRUŽENÍ

- **Konvenční** – jednoduchý způsob tlumení sestávající se z pasivního tlumiče a vinuté pružiny. Stlačení a roztažení pružiny je možné regulovat pomocí povolovací matice, nebo vykloněním pružiny do strany. Tlumič má větší možnost regulace díky velkému rozsahu škrcení průtoku hydraulické kapaliny a pomocí stavících šroubů. Nelze ovšem měnit rozsah během jízdy.[1]
- **Adaptivní** – adaptivní systém tlumení umožňuje řidiči seříditi tlumič a pružící systém podle aktuálních jízdních potřeb. Provedení umožňuje manuální nebo automatické nastavení. U manuálního seřízení může řidič nastavit velmi tuhé nastavení a docílit zvýšené bezpečnosti, ale na úkor jízdního komfortu. Při nastavení je tuhost automaticky regulována podle rychlosti jízdy. [1]
- **Semiaktivní** – v současnosti nejvíce využívaný systém u osobních automobilů. Vyznačuje se nízkou hmotností, vysokou spolehlivostí, ovšem také vyšší energetickou náročností. Rozdíl oproti adaptivnímu tlumení je v rychlosti, s jakou dokáže systém měnit charakteristiku tlumení na základě jízdních požadavků. [1]
- **Aktivní** – tyto systémy dokážou pokrýt vlastní frekvenci nápravy a to díky tomu, že pracují ve vyšším počtu kvadrantů. Jsou proto pohotové a rozdělujeme je na dva typy a to pomalé, které pracují v rozmezí kmitání karoserie 0 až 5 Hz a rychlé aktivní systémy, které pracují v rozmezí 5 až 25 Hz. Tyto systémy bývají vybaveny přídatnými pružinami k podepření statického zatížení. [1]



Obr. 1 Aktivní podvozek automobilu [3]



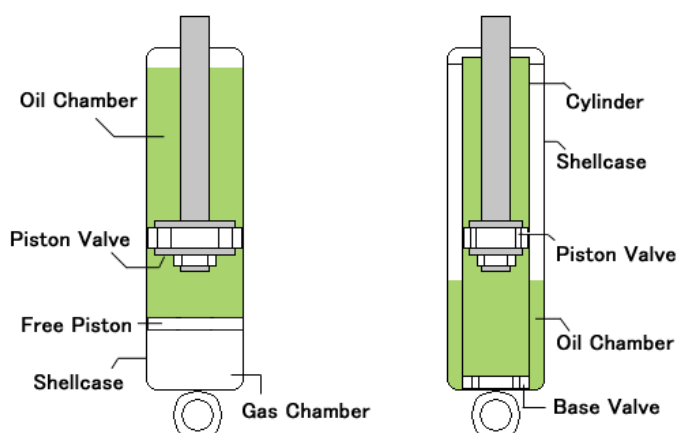
2.1.3 TLUMENÍ

Úkolem tlumičů je účinně zamezit vlastnímu kmitání pružin, ke kterým dochází při najetí automobilu na nerovnost vozovky a má za následek svislé rozkmitání celé karoserie. Tlumič je umístěn nad každým kolem vozidla, u samonosné karoserie je umístěn mezi nápravou a rámem. Tlumič funguje na principu přetlačování kapaliny z pracovního prostoru do druhého pracovního prostoru přes otvor. Velikost průřezu tohoto otvoru reguluje škrcení průtoku média a tím přímo ovlivňuje účinnost tlumiče neboli velikost tlumení. Tlumič je schopen tlumit rázy ve směru jak od vozidla, tak směrem k nápravě. Účinnost tlumiče směrem k vozidlu bývá menší, než při pohybu nápravy směrem od karoserie a to z důvodu ovlivnění tuhosti pružiny.

U osobních vozidel je nejčastěji použit teleskopický dvojčinný kapalinový tlumič. V současné době je na vzestupu používání tlumičů plynových a to nejen samotnými řidiči, kteří nahrazují kapalinové tlumiče tlumiči plynovými, ale i v sériové výrobě je tento typ často zaváděn do automobilů. Jejich předností je plynový polštář uvnitř tlumiče, který zabrání napětí kapaliny a díky tomu nedojde k relaxaci tlumení. Automobil díky tomuto tlumiči má menší tendenci se naklápět a lépe drží stopu. Záslouhou toho je cestování pro pasažéry a řidiče komfortnější. [1][36][6]

2.1.4 KAPALINOVÉ TLUMIČE

- a) **Dvouplášťový tlumič** – hlavní částí tlumiče je válec s hydraulickým médiem (nejčastěji olej), ve kterém se pohybuje píst. Zde jsou také umístěny přepouštěcí ventily a celý válec je upevněn koncem pístnice. Při zasunutí pístnice je kapalina vytlačena do vyrovnávacího prostoru. Pohybem pístu se kapalina přes ventily přetlačuje z jedné pracovní části do druhé. Prostor mezi oběma plášti se nazývá vyrovnávací a slouží ke kompenzaci kapaliny, která v důsledku ohřevu mění svůj objem. [1] [6]
- b) **Jednoplášťový tlumič** – tento tlumič je oproti dvouplášťovému poměrně jednodušší. Pracovní prostor tlumiče je lépe chlazen a nedochází u něj k výskytu vzduchu v pracovním prostoru, který vzniká vlivem nízké teploty. Prostor s plynem je oddělen od pracovního prostoru dělicím pístem. Tento prostor má za úkol vyrovnat dilatace způsobené pohybem pístnice. [1] [6]





Obr. 2 Jednoplášťový a dvouplášťový tlumič [38]

2.1.5 HYDRO-PLYNOVÉ TLUMIČE

Tyto tlumiče mají dvě komory, které jsou odděleny přepážkou s malým otvorem a dvěma jednosměrnými ventily. V těchto komorách je směs vody a lihu, jenž je odolná vůči mrazu. Tato kapalina je vhodnější než olej díky svojí viskozitě, která nemá tendenci se měnit v důsledku změny provozní teploty. Tlumič pracuje na systému dvou komor, z nichž horní komora obsahuje prstencovou pryžovou pružinu a dolní komora obsahuje píst spojený se závěsem kola. Píst pohybuje pružnou membránou, nad kterou je komora s dusíkem, která není spojena s atmosférou.[1][6]

2.1.6 STABILIZÁTORY

Hlavní funkcí stabilizátoru je kompenzovat naklápění automobilu, ke kterému dochází nejčastěji v zatáčkách. Stabilizátor je ve vozidle umístěn na rámu vozidla pomocí kovopryžových pouzder a jeho konce jsou spojeny s oběma koly jedné nápravy. Provedení stabilizátoru bývá často označeno jako „U“ neboli zkrutná tyč. Použití stabilizátoru úzce souvisí s účelem vozidla a druhem provozu, a to na zadní nápravě, přední nápravě nebo na obou nápravách zároveň. Pokud obě kola nápravy najedou na stejně vysokou nerovnost, u stabilizátoru dojde pouze k pootočení. Pokud ovšem automobil najede na nerovnost jen jedním kolem, dojde k pohybu ramene stabilizátoru směrem nahoru a zkrutná tyč přenesení tento pohyb na druhé rameno, které se bude pohybovat stejným směrem. Pohyb způsobí stlačení pružiny a tím dojde ke zmenšení naklopení celé karoserie.[6]

2.1.7 ZAVĚŠENÍ KOL

Zavěšení kola zajišťuje spojení mezi kolem a rámem vozidla případně karoserii. Kolo koná vzhledem k rámu relativní pohyb, který je nezbytný pro správné pro pružení. Kolo má tendenci se při pohybu po vozovce naklápět a zavěšení tyto nežádoucí pohyby eliminuje. Zavěšení také přenáší podélné hnací a brzdící síly, příčné síly a momenty podélných sil z vozovky na karoserii a naopak. Náprava zabezpečuje důležité parametry jízdních vlastností ale i bezpečnosti. Výběr konstrukce má velký vliv na jízdní komfort a to proto, že náprava omezuje přenos vibrací do kabiny vozidla. Požadavky na zavěšení mnohdy kolidují, a proto je potřeba volit kompromis při konstrukci nápravy.[1][6]

Typy zavěšení:

- závislé zavěšení (tuhá náprava)
- nezávislé zavěšení (ostatní druhy zavěšení)



Tuhá náprava

Je nejstarším způsobem zavěšení kol, který je konstrukčně nejjednodušší. Náprava je odpružena vzhledem ke karoserii jako celek a to má za následek zvětšení tzv. tuhých hmot. Díky pevnému spojení obou kol, což zajišťuje společný nosník, se vzájemná poloha kol nemění a díky tomu jsou jízdní vlastnosti horší. Tuhé nápravy vyžadují, aby vozidlo mělo výše položené těžiště, což způsobuje zhoršení stability vozidla a to zvláště v zatáčkách.

Díky tomu, že náprava je velmi tuhým celkem, používá se pro vozidla disponující velkým výkonem nebo pro vozidla s velkou nosností. V současné době se používá spíše u užitkových vozidel, autobusů, terénních vozidel a přípojných vozidel.[1] [6]

Lichoběžníková náprava

Zavěšení je realizováno pomocí dvou trojúhelníkových ramen. Tyto ramena spolu s kolem tvoří průmět do svislé roviny a vytváří lichoběžník. Ramena jsou připojena ke karoserii dvěma body, aby mohla pohlcovat síly přímo ve stopě vozidla. Na spodní rameno jsou přenášeny svislé, podélné a příčné síly, proto je toto rameno masivnější. Snahou konstruktérů je, aby tvar trojúhelníkové konstrukce byl maximálně rozevřený a tím zmenšil síly v uložení. Při pružení nápravy se kolo odklání a sbíhá, kola se navzájem rozcházejí. Tomuto se dá zabránit správnou volbou délky ramen. Náprava má nižší zástavbu v porovnání s ostatními nápravami, a díky tomu má lepší jízdní vlastnosti. Náprava umožňuje snadnou konstrukci řízení, což je zásadní důvod využití této nápravy. Navzdory tomu je poměrně konstrukčně nákladnější, a proto se nejčastěji používá u vozidel vyšší třídy.[39][1]

Náprava MacPherson

Tato náprava je podobně konstrukčně řešena jako lichoběžníková, avšak vrchní rameno nahrazuje hydraulický tlumič jako posuvné vedení. Toto řešení je více celistvé a prostorově úsporné. Konstrukce tlumiče musí být tužší a pevnější než u jiných typů náprav, protože tlumič slouží právě jako vedení. Osa kývání spodního ramene musí být šikmá, aby zamezila kmitání řízení, ke kterému dochází odklonem kola při náklonu a pružení.

Náprava bývá nejčastěji použita u přední nápravy ve vozidlech nižší a nižší střední třídy. Výhodou této nápravy je konstrukční jednoduchost a cenová přijatelnost s využitím nižšího počtu dílů. V důsledku častého odklonu kol, ke kterému dochází při pružení, má náprava horší jízdní vlastnosti a ve vozidlech vyšší třídy se prakticky nepoužívá.[9][1]



Kliková náprava

Kliková náprava je jedna z nejjednodušších typů konstrukčního řešení nápravy u osobních automobilů. Tento typ nápravy má každé kolo zavěšeno na jednom nebo dvou klikových ramenech, která zpravidla bývají spojena U – profilem. Tento profil plní funkci stabilizátoru. Ramena nápravy jsou uložena v pryžových ložiscích. Příčná osa zajišťuje, aby se kola neodkláněla od karoserie. Nevýhodou je, že se vozidlo v zatáčkách příliš naklání odklonem kol od vozovky.

Za účelem minimalizace přenosu vibrací a hluku je použita pružina, která by měla být posunuta co nejbližší nad stopu pneumatiky, což nejefektivněji zabrání přenosu těchto nežádoucích faktorů a má za následek zlepšení jízdního komfortu. Hlavní výhodou této nápravy je úspora prostoru. Bývá použita nejčastěji jako zadní náprava a tudíž tolik neomezuje prostor kufru vozidla, což je důležitý faktor u vozidel v provedení kombi.[1]

Kyvadlová úhlová náprava

Náprava má podobné konstrukční řešení jako náprava kliková, avšak v půdorysu má šikmou osu kývání ramen. Kolo je upevněno pomocí vidlicového ramene do karoserie tuhými pryžovými ložisky. Často u této nápravy dochází k výkyvu i v nárysu, což způsobuje samořízení a vozidlo má tendenci se nedotáčet. Tato náprava může být použita pouze jako zadní náprava, protože neumožňuje natáčení kol. V současnosti je nahrazena spíše víceprvkovou nápravou.[1]

Víceprvková náprava

Jedná se o nejsložitější typ zavěšení, který je však schopen díky požití více prvků optimálního kinematického nastavení. Systém využívá několik samostatných ramen, kdy každé je zatěžováno na tah a tlak a to pouze v určené oblasti, aby se zamezilo jinému zatěžování než v těchto dvou typech. Vlastnosti nápravy jsou definovány vhodným konstrukčním použitím a počtem ramen. Důležitým faktorem je uchycení ramen a tuhost karoserie v tomto místě, proto bývají ramena zakončena točným uložením nebo kulovým čepem. Každý z výrobců automobilů tento problém řeší individuálně, avšak společným cílem je, aby se kolo pohybovalo pouze ve svislém směru. Například použití systému dvou vlečných ramen a čtyř příčných ramen dovolí oddělení sil přenášených na karoserii, a to má za následek lepší stabilitu a zlepšuje jízdní komfort. Nevýhodou této nápravy je, že potřebuje více prostoru a pevnou karoserii v místě, kde je uchycena.[10][1]



2.1.8 PNEUMATIKY

Pneumatiky jsou jednou z nejdůležitějších částí vozidla. Jsou v přímém kontaktu s vozovkou, a proto ovlivňují ve velké míře jízdní komfort a bezpečnost. Jejich úkolem je přenos výkonu a brzdných sil a to co v neefektivnějším rozsahu. Pneumatiky také pohlcují veškeré nárazy vzniklé při najetí na nerovnost či překážku. Kvalitní pneumatiky zajišťují stabilní směr jízdy, odvalují se rovnoměrně a mají co nejmenší valivý odpor, což kladně ovlivňuje jízdní vlastnosti vozidla a jeho spotřebu. Při výběru pneumatiky hraje velkou roli typ vozidla, styl jízdy, ale také roční období, pro které pneumatiky vybíráme. Pneumatika se skládá jako celek z pláště, duše a vložky. Na pneumatice je umístěn ventilek spojený s duší, jinak je tomu u pneumatiky bezdušové, kde není ochranná vložka a ani duše. Ventilek je vyveden přímo na ráfek. Pneumatika se skládá z pryže, vláken (nylonové, rayonové) a ocelového kordu. Pneumatiky rozdělujeme na diagonální a radiální. Pokud je pneumatika radiální, má pásy tkaniny vedeny kolmo na rovinu rotace kola. U diagonální pneumatiky jsou pásy tkaniny vedeny od patky k patce křížící se vzájemně pod úhlem 30° až 40°. V dnešní době je tkanina nahrazena spíše netkaným materiálem. Radiální pneumatiky jsou oproti diagonálním více odolné, méně se opotřebovávají, avšak jsou dražší a hlučnější při jízdě po nerovném povrchu vozovky.[12]

2.1.9 DRUHY PNEUMATIK

- **Pneumatiky pro běžné silnice** - vyznačují se spíše hladším povrchem pro docílení lepší přilnavosti k vozovce .
- **Pneumatiky pro terénní vozidla** – tyto mají hrubý vzorek určený jízdě mimo silnici.
- **Pneumatiky M+S** – v překladu „mud and snow“, což znamená bláto a sníh a tyto pneumatiky jsou určeny pro používání v zimním období.
- **Pneumatiky M+SE** – jsou pneumatiky používány v extrémnějších podmínkách. Jsou opatřeny hroty a na zledovatělé vozovce poskytují automobilu vynikající držení.
- **Pneumatiky pro závodní automobily** – jsou co možná nejhladší s jemným profilem, nebo tzv. „sliky“, které dokonce žádný profil nemají, aby se docílilo maximální přilnavosti.[6]



2.1.10 KONSTRUKCE PNEUMATIKY

Základní částí je běhoun (a), který zprostředkovává styk pneumatiky s vozovkou. Tloušťka běhounu má přímý vliv na zahřívání pneumatiky, proto by měl být co nejtenčí. Pod běhounem je korunní kordová vrstva jinak nazývaná nárazník (b). Úkolem nárazníku je chránit pneumatiku proti proražení a zároveň poskytuje stabilizaci běhounu. Nejčastěji se u osobních automobilů používají dvě vrstvy nárazníku a v současnosti je nárazník nejčastěji tvořen ocelovým kordem. Další částí je radiální kordová vrstva (c), kterou tvoří kordové vložky a je základem pláště pneumatiky. Na bočních stranách pneumatiky jsou tzv. bočnice, ty mají za úkol chránit kostru pneumatiky před porušením, musí být však poddajné, proto jsou vyrobeny z kaučuku. Velmi důležitou částí pneumatiky je vnitřní gumová vrstva (d), která plní funkci duše a proto musí dobře izolovat, aby zabránila úniku vzduchu z pneumatiky. V přímém kontaktu s diskem kola je patka (f), jenž dosedá na jeho ocelový ráfek. Uvnitř patky se nachází vysokopevnostní lano a jako celek zajišťuje správné usazení celého pláště na ráfku kola. Poslední částí pneumatiky je již výše zmiňované ocelové lanko (g), které má za úkol utěsnit ráfek a pneumatiku pomocí podélných třecích sil.[13][12]



Obr. 3 Konstrukce bezdušové pneumatiky [12]



2.1.11 DEZÉN PNEUMATIKY

Plášť pneumatiky je opatřen tzv. dezénem. Jedná se o soustavu žlábků, které povrch pláště rozdělí na geometrické obrazce. Dezén je velice důležitá část pneumatiky, protože poskytuje potřebnou přilnavost pneumatiky k povrchu vozovky. Pokud je vozovka mokrá, vytvoří se mezi ní a pneumatikou vodní film. Tento film se pomocí dezénu snaží pneumatika rozrušit a dostat se do kontaktu s vozovkou. Dezén je konstruován tak, aby drážky měly větší plnost a tím byly schopné odvézt větší množství vody v co nejkratším intervalu. Preferenční je uspořádání drážek příčně k podélné rovině pneumatiky, kdy je dráha pro odvedení vody nejkratší. Pneumatiky mohou mít dezén uzpůsobený na jízdu v období léta, který je charakteristický jemným žlábkováním s kombinací blokového a pásového dezénu (viz Obr. 6) Druhým typem jsou pneumatiky pro využití v zimních měsících, které mají rozměrné žlábkovy v podélném i příčném směru a vytváří bloky, jenž se zaboří do měkkého podkladu a čelními i bočními plochami přenášejí sílu.[2]



Obr. 4 Detail dezénu letní a zimní pneumatiky [35]



2.2 OVLADATELNOST VOZIDLA

Ovladatelnost vozidla znamená v oblasti jízdní dynamiky motorových vozidel jízdní vlastnosti celého systému „řidič – vozidlo – okolí“. Řidič používá k ovládání vozu řízení, akceleraci a brzdění. Na vozidlo při těchto úkonech působí okolní vlivy jako je boční vítr, nerovnost povrchu vozovky, vlivy počasí atd. Cílem zlepšení ovladatelnosti a tím i jízdního komfortu je co nejvíce automobil přizpůsobit schopnostem řidiče. Díky zlepšení je vozidlo pro řidiče lépe ovladatelné a také bezpečnější. Tomuto napomáhají jak asistenční systémy, tak i celkové konstrukční řešení daného vozidla. Míru ovladatelnosti lze posuzovat subjektivně nebo objektivně. Rozdíl mezi těmito metodami je v osobě řidiče. Tyto dva systémy jsou neustále porovnávány a napomáhají k objasnění chování řidiče a vozidla při jízdě.[5]

2.2.1 ZPŮSOBY HODNOCENÍ OVLADATELNOSTI

- a) **Zcela subjektivní hodnocení** – vlastnosti vozidla při jízdě posuzuje výhradně řidič, který slouží jako „měřicí přístroj“, přesnost této metody je omezena z důvodu absence objektivního měření.[5]
- b) **Subjektivní hodnocení** – řidič vozidlem projíždí předem určenou dráhu s vodícími kužely a jeho úkolem je zamezit vybočení vozidla z dráhy. Ovladatelnost je poté analyzována pomocí výsledku z jízdy, jako je rychlost vozidla při jízdě, vzdálenost značek a dalších veličin.[5]
- c) **Objektivní hodnocení** – řidič v tomto případě nemá na vozidlo žádný vliv a ovladatelnost je hodnocena měřením odezvy vozidla na předem definované úkoly. Tyto úkoly zajistí řídicí stroj, který přesně ovládá prvky vozu (ovládání volantu, brzd, akcelerátoru).[5]



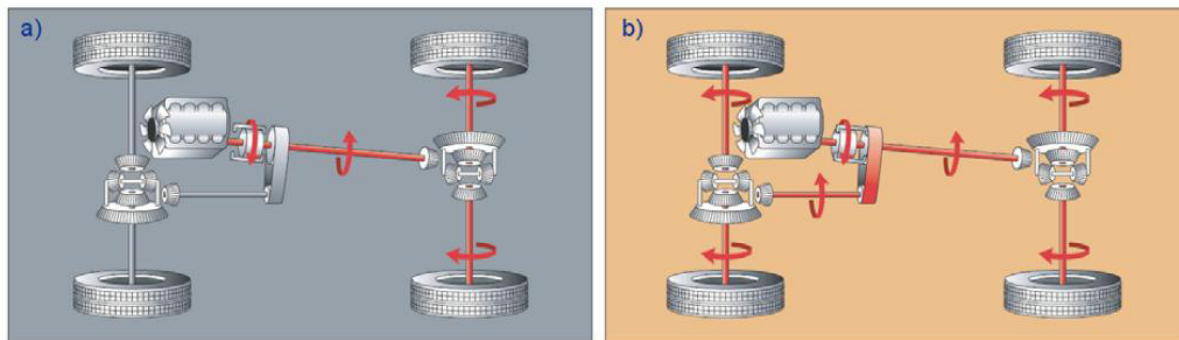
2.2.2 POHON VŠECH KOL

Pohon všech kol, jak už z názvu vyplývá, znamená přenos výkonu na všechna čtyři kola vozidla. Systém je někdy označován jako 4WD (4 wheel drive) což označuje přiřaditelný pohon všech kol a systém AWD (all wheel drive), který označuje stálý pohon všech kol. Většina vozů se systémem pohonu všech kol má motor uložený vpředu. S tímto systémem, ale s motorem uloženým vzadu, se setkáváme hlavně u sportovních vozů. Výhodou je rovnoměrné rozmístění sil mezi kola, a to i při zhoršených jízdních podmínkách, a také lepší akcelerace. Nevýhodou je komplikovanější konstrukce, automobil je těžší a má větší spotřebu paliva.[2][42]

Stálý pohon všech kol (AWD) – výkon je přenesen nepřetržitě na obě nápravy vozu, není tudíž zapotřebí rozdělovací převodovky. Při náhlé změně jízdních podmínek řidič není nucen systém zapínat, proto se těší stále větší oblibě u osobních automobilů. Pohon je možno rozdělit mezi přední a zadní nápravu ve stejném poměru, nebo použít mezi-nápravový diferenciál, který dokáže rozdělit krouticí moment mezi nápravy v rozdílném poměru. [2] [42]

Přiřaditelný pohon všech kol (4WD) – systém přiřaditelného pohonu umožňuje výběr mezi pohonem jedné nebo obou náprav a to za účelem zlepšení jízdních vlastností.

V režimu 2W (pohonu pouze jedné nápravy) rozdělovací převodovka převádí krouticí moment pouze na kardanový hřídel zadní nápravy, zatímco přední kola se mohou volně otáčet. Při využití systému 4WD rozdělovací převodovka umožní přenášet výkon na obě nápravy. [2] [42]



Obr. 5 Připojení pohonu všech kol [2]



2.2.3 SYSTÉM CROSS WHEEL DRIVE

XWD je systém vyvinutý výrobcem automobilů značky SAAB, který zajišťuje pohon všech čtyř kol s využitím spojky Haldex a aktivním zadním diferenciálem se zvýšenou svorností. Diferenciál umožňuje proměnlivý přenos krouticího momentu na obě kola. Celý pohon je řízen nezávislou řídicí jednotkou, využívající data ze systémů ABS a ESP. Tyto data jsou porovnány s datovými mapami a na jejich základě systém vyhodnotí, zda je nutné připojení zadních kol. Například pokud se automobil pohybuje po vozovce s nižší přilnavostí, dokáže řídicí jednotka přenést krouticí moment na kola, která mají aktuálně lepší přilnavost. Pokud se vůz pohybuje naopak po dálnici, není potřeba, aby byl přenášen krouticí moment na všechna kola, proto řídicí jednotka přenese krouticí moment spíše na kola přední a tím snižuje spotřebu paliva. Obecně automobil s tímto systémem má menší tendence se naklápět, lépe se ovládá a tím přispívá k pohodlnějšímu a komfortnějšímu cestování. [14]



Obr. 6 Saab XWD systém Cross Wheel Drive [14]



2.2.4 SYSTÉMY PODPORUJÍCÍ OVLADATELNOST VOZIDLA

V silniční dopravě bylo ještě donedávna běžné řízení dopravní prostředků pouze lidským operátorem. Řízení dopravních prostředků je jednou z nejrozšířenějších lidských činností a tím pádem je také tendencí tuto činnost člověku co nejvíce usnadnit. S rozvojem techniky, automatizace, elektroniky ale také konstrukčního inženýrství se stávají asistenční systémy a nové typy konstrukčních řešení stále běžnější součástí automobilu. Tyto systémy nejen napomáhají řidiči při neočekávaných situacích, ale také ulehčují řízení a mají velký vliv na bezpečnost cestujících uvnitř vozidla. [43]

2.2.5 DYNAMICKÁ KONTROLA STABILITY (DSC)

DSC je systém poskytující stabilitu vozidla při zjištění ztráty kontroly řízení nad vozidlem a to při smyku, náhlém úhybném odklonění, přetáčivosti, nedotáčivosti, případně při aquaplaningu. Při jízdě jsou permanentně vyhodnocována data ze senzorů úhlu zatočení, rychlosti stáčení vozidla a příčného zrychlení. Zároveň systém kontroluje pozici natočení volantu se skutečným natočením kol. Pokud senzory zaznamenají smyk, systém vyhodnotí směr smyku a přibrzdí jednotlivá kola asymetricky tak, aby vytvořil moment proti smyku a tím vozidlo stabilizoval. Systémy DSC také dokážou redukovat výkon motoru, dokud řidič nezíská zpátky kontrolu nad vozem. Systém pracuje na jakémkoliv povrchu a je schopen mnohem lépe zareagovat na smyk a upravit směr vozidla rychleji, efektivněji a dokonce dříve, než řidič samotnou ztrátu kontroly zaznamená. Systém obvykle informuje řidiče při použití systémů stability, aby v řidiči nevzbuzoval přílišný pocit sebejistoty při nestandardní situaci. Všichni výrobci zdůrazňují, že systém nevylepší výkon a nenahradí zkušené řidičské dovednosti, ale pomáhá řidiči při nebezpečných situacích. Systém funguje v přirozených mezích a bezohledný manévř může limity překročit a systém vyřadit. Například při velkém akvaplaningu, kdy kola, která jsou použita k odstranění smyku, nejsou v kontaktu s vozovkou, čímž se sníží účinnost systému.[16]

2.2.6 AKTIVNÍ ŘÍZENÍ

Systém aktivního řízení přizpůsobuje automaticky rychlost ovládání automobilu. Pokud je rychlost nižší, je převod menší a zatáčení je pro řidiče lehčí. Při vyšších rychlostech je naopak převod větší a roste ovládací síla volantu. Tímto se sníží nebezpečí neúmyslné změny směru a řidič má citelný pocit zvýšení stability. Systém aktivního řízení je například u vozů značky BMW konstruován pomocí planetové převodovky se dvěma vstupními a jednou výstupní hřídelí. Jedna vstupní hřídel je spojena s volantem a druhá je poháněna elektromotorem přes samosvorné soukolí. Elektromotor je schopen regulovat míru natočení řízených kol. Například ve velkých zatáčkách není díky aktivnímu řízení nutno přesun ruky po volantu a při parkování postačí méně otáček volantu, což velmi usnadní řízení vozidla. Tento systém je také vybaven vlastní řídicí jednotkou, která vyhodnocuje údaje z čidel. Aktivní řízení je možno také kombinovat se systémem DSC. Toto spojení umožní rychlejší a přesnější natočení kol a pomůže tak vůz dostat do stabilní polohy mnohem rychleji než řidič.[8]



2.2.7 ADAPTIVNÍ TEMPOMAT (ACC)

Adaptivní tempomat je systém, který umožňuje vozidlu dodržovat konstantní rychlost a vzdálenost vozidla jedoucího před ním. Standardní tempomat pracuje pouze do minimální rychlosti a není vhodný například pro popojíždění v městských kolonách. Existuje proto i aktivní tempomat, který dokáže vzdálenost udržovat i při nízkých rychlostech a popojíždění. ACC pracuje jako obyčejný tempomat, pokud se však vozidlo začne přibližovat k jinému vozu, automaticky vyhodnotí, zda se jedná o vozidlo, případně nepohyblivou překážku. Pokud se jedná o vozidlo, automaticky zpomalí a přizpůsobí rychlost vozidlu před ním. Pokud se jedná o překážku, systém ACC vyše signál řídicí jednotce a ta předá signál brzdám a motoru a vozidlo zastaví. Celý systém může být vybaven různými typy zařízení pro detekci a to mikrovlnným radarem, infračervenou kamerou nebo ultrazvukovými snímači. Mikrovlnný radar dokáže detekovat překážku až na vzdálenost 150 metrů. Celý tento systém snižuje možnost havárie a přispívá ke snížení únavy řidiče na delších cestách.[40][47]



Obr. 7 Aktivní tempomat ACC vozu Toyota Avensis[47]



2.3 HODNOCENÍ Z HLEDISKA DRUHU VOZIDLA

V současné době je v automobilovém průmyslu tendencí zmenšování počtu samostatných výrobců osobních automobilů, specializujících se pouze na omezený typ automobilů a naopak velcí výrobci automobilů se snaží zákazníkům nabídnout vozy všech typů a zaplnit tak mezeru na trhu. Mezi výrobci vozů neexistuje standard nebo norma, která by určovala, které modely spadají do určité třídy. Je proto velmi těžké vozy kategorizovat. Jízdní komfort bývá často přímo úměrný tomu, o jakou třídu vozu se jedná, nemusí to však být pravidlem. Jedním z hlavních rozdílů mezi vozy v konkrétních kategoriích je jejich účel, charakteristický rozměr, obsah válců, ale také cena. Požadavky zákazníku jsou často odlišné z hlediska trhu. Například v Evropě zákazníci preferují spíše kompaktní automobily, jako je například Volkswagen Golf nebo Ford Focus. Ve Spojených státech zákazníci upřednostňují spíše automobily se silnými benzínovými motory. Potvrzuje to i zvolení nejoblíbenějším americkým automobilem roku Ford pick-up série F. [6][17]

Třída	malé	nižší střední třída	střední třída	vyšší střední třída	sportovní vozy	terénní vozy a SUV	luxusní vozidla
Audi	A1	A3	A4	A6	R8	Q7	A8
BMW	Mini	BMW 1	BMW 3	BMW 5	BMW 8	X5	BMW 7
Citroën	C2	C4	C5	C6	DS3	Aircross	DS9
Fiat	Panda	Stilo	Croma	X	X	Freemont	X
Ford	Fiesta	Focus	Mondeo	X	Mustang	Ranger	X
Chevrolet	Aveo	Cruze	Malibu	X	Corvette	Suburban	X
Kia	Rio	Ceed	Magentis	Opirus	Ceed GT	Sportage	K9
Mercedes-Benz	A-Class	B - Class	C-Class	E - Class	SLC	G-Class	S - class
Opel	Agila	Astra	Insignia	Omega	Speedster	Frontera	X
Peugeot	206	307	407	607	RCZ	4008	908
Renault	Clio	Megane	Laguna	Latitude	Clio RS	Koleos	X
Škoda	Fabia	Octavia	Superb	Superb	Octavia RS	Jeti	X
Volvo	X	C 30	S40	V70	C70	XC60	X
Volkswagen	Polo	Golf	Passat	Passat cc	Scirocco	Amarok	Phaeton

Tabulka 1. třídy vozidel



2.3.1 VOZY STŘEDNÍ TŘÍDY

Střední třída bývá u výrobců automobilů vrcholem nabídky. Poskytuje větší jízdní komfort a lepší vybavení vozidla, než vozy střední třídy. Nejčastějším typem karoserie je sedan, kombi, a nebo liftback. Výraznými modely jsou pro tuto třídu vozy Ford Mondeo nebo Volkswagen Passat, pro které je charakteristický zejména kvalitní podvozek. Automobily této třídy bývají poháněny především vznětovými přeplňovanými motory o zdvihovém objemu 2l - 2.5l. Přední nápravy jsou víceprvkové nebo typu MacPherson a zadní využívají systémů Multi-link, případně víceprvkového zavěšení. V základním vybavení často nechybí klimatizace nebo systém ESP. Do této třídy spadají rovněž vozy MPV (multi-purpose vehicle), o které je v současné době velký zájem. Tvarem karoserie tyto vozidla připomínají dodávku, avšak jedná se spíše o rodinné vozy sloužící k přepravě více osob.[18][19][20]

2.3.2 VOZY NIŽŠÍ STŘEDNÍ TŘÍDY

Tato třída vozů je často označována jako kompaktní třída. Tento typ vozidel je v Evropě nejprodávanějším a charakteristickým modelem je Volkswagen Golf. Obecně jsou tyto vozy poháněny zážehovými nebo vznětovými čtyřválcovými motory o zdvihovém objemu 1.4l až 2,0l. Typickým typem karoserie pro tuto třídu je hatchback a kombi. Vybavení těchto vozů je zpravidla základní, jako jsou přední airbagy, elektrické stahování oken, centrální zamykání nebo tempomat. V poslední době je však tendencí rozšíření této základní výbavy například o vestavěnou navigaci a mp3 přehrávač, nicméně vše se odvíjí od výrobce vozidla a ceny daného modelu. Například za klimatizaci je často nutné si u těchto vozů připlatit.[21][22]

2.3.3 VOZY VYŠŠÍ STŘEDNÍ TŘÍDY

Vozy vyšší střední třídy se poměrně výrazně odlišují od vozů nižší střední a střední třídy. Automobily této třídy se vyznačují dokonalým odhlučněním kabiny, výbornou kvalitou odpružení a vnitřní výbavou rovnající se mnohdy luxusním vozům. V této kategorii jsou nejvýraznější modely německých výrobců BMW 5, Audi A6 a Mercedes-Benz třídy E. Automobily pohání nejčastěji přeplňované šestiválcové motory o zdvihovém objemu 3l. Podvozek je vybaven stabilizátorem na obou nápravách. Přední náprava je charakteristická použitím dvou lichoběžníkových zavěšení na přední nápravě a nezávislým víceprvkovým zavěšením na nápravě zadní. Tato konfigurace dodává automobilům potřebný komfort a jízdní stabilitu. V základní výbavě je zahrnut tempomat, head-up display nebo samočinná převodovka. U modelů těchto řad je zvykem rozšíření základního vybavení o nadstandard, za který je však zákazník nucen si připlatit často poměrně vysokou částku.[23][24]



Obr. 8 Vozy vyšší střední třídy [31]



2.3.4 SPORTOVNÍ VOZY

Do této třídy spadá velmi široká skupina automobilů. Od rozšířených běžných cestovních vozů o vyšší výkon a sportovní podvozek (označované jako GT), až po výhradně sportovní vozy typu Porsche 911 nebo dokonce tzv. „supersporty“ jako je Bugatti Veyron. Hlavní roli hraje v tomto případě jízdní dynamika, od které se odvíjí konstrukce a vybavení vozidla. Větší část této skupiny má blíže spíše k motoristickému sportu, než k běžnému automobilu. Jedná se však stále o vozidla jezdící po standardních komunikacích, a proto musí splňovat i náležité parametry. Je poměrně těžké utvořit kategorizaci sportovních vozů, ať už podle obsahu motoru, nebo podle výkonu.

Pro upravená cestovní vozidla je charakteristickým rysem vyšší výkon oproti základní verzi, který se pohybuje od 130kW až po 170 kW, nejčastěji za použití přeplňování.

Čistě sportovní vozidla jsou vybaveny spíše silnějšími motory a celkově konstrukcí uzpůsobenou přímo pro sportovní styl jízdy.

Charakteristickým prvkem je možnost konfigurace podvozku. Vozidlo se pomocí konfiguračního tlačítka může přepínat mezi komfortním a sportovním nastavením, což umožní regulaci podvozku, motoru a převodovky. Systém zároveň vyřadí i některé asistenční systémy, zvýší tuhost tlumičů a zrychlí reakci automobilu.[25][26][27][28][29]



Obr. 9 Interiér sportovního vozu Porsche 911 GT3 [47]



2.3.5 Vozy SUV

Vozidla SUV (sportovní užitkové vozy) se současné době těší velké oblibě a to zejména díky kombinaci sportovního a užitkového vozidla. Vozidlo se vyznačuje robustností a prostorem pro zavazadla a zároveň dobrou ovladatelností a jízdním komfortem srovnatelným s osobním vozidlem. Nespornou výhodou tohoto typu vozu je jeho prostornost a pohodlí pro cestující. SUV lze použít také jako tažné vozidlo a to s mnohem větší vahou taženého vozu než běžný automobil. Vozidla SUV bývají často vybaveny pohonem všech čtyř kol a výhodou je i jejich výška. Řidič má díky ní větší přehled o dění před vozidlem a zároveň vyšší postavení vozidla zvyšuje bezpečnost pasažérů uvnitř. Nevýhodou těchto vozů je jejich vyšší spotřeba a s tím související vyšší emise oxidu uhličitého. Vozidla mají výše položené těžiště a mají větší tendenci se naklánět a jsou obecně hůře manévrovatelná.[30]



3 MOŽNOSTI OVLIVNĚNÍ JÍZDNÍHO KOMFORTU

Mezi hlavní faktory, které ovlivňují jízdní komfort patří hluk a vibrace, ale také teplota v kabině vozidla. Hluk a vibrace jsou základním projevem pracovních procesů u dopravních prostředků. Není proto možné je úplně odstranit, ale pouze je redukovat na akceptovatelnou hodnotu. Při běžném pohybu osobních vozů nedochází přímo k takovým hodnotám hluku a vibrací, aby bylo poškozeno lidské zdraví, avšak mohou cestování pasažérům ve vozidle velmi nepříjemnit. Na hodnoty hluku a vibrací má velký vliv s jakou rychlostí se samotné vozidlo pohybuje. Při vyšších rychlostech je poměrně těžké zamezit přenosu těchto rušivých elementů do kabiny vozidla. Pokud se ovšem jedná o náhlý vznik vibrací případně nezvyklý zvuk, je potřeba těmto signálům věnovat pozornost z důvodu možnosti poškození nebo uvolnění částí vozidla.[4]

3.1 HLUK

Hluk je nežádoucí, obtěžující a rušivý zvuk. Je poměrně těžké hluk definovat z důvodu subjektivního vztahu konkrétního člověka k danému zvuku. Hluk vzniká v oblastech, kde dochází k velkým změnám tlaku, neustáleného proudění nebo mechanickým kmitům.

U automobilů je zdrojem hluku více prvků, ať už se jedná o konkrétní zdroje hluku přímo na automobilu (ventilátor, kompresor, sání a výfuk spalovacího motoru), nebo vznik hluku v důsledku pohybu, případně vznik hluku interakcí kol vozu s povrchem vozovky.[4]

Zdroje vnitřního hluku

- a) **Závislost hluku na otáčkách motoru** - mechanický hluk motoru, hluk při spalování pohonných hmot, hluk ventilátoru chlazení, hluk výfuku, hluk sání
- b) **Hluk způsobený rychlostí jízdy** – obtékání karoserie vzduchem, hluk převodové soustavy, hluk generovaný pneumatikami
- c) **Jiné zdroje hluku** – nerovnoměrný chod motoru, nerovností povrchu, hluk části vozidla, vibrace vozidla

3.1.1 HLUK GENEROVANÝ PNEUMATIKAMI

Pneumatiky při interakci s povrchem vozovky vytváří hluk. Tento faktor je nepříjemný jednak pro řidiče a posádku vozidla, ale také pro bezprostřední okolí vozidla. Hluk se nejčastěji projevuje při zvýšení rychlosti celého vozu. Příčin vzniku hluku je více. Zvuk je způsoben jednak vibracemi bloků dezénu při styku pneumatiky s povrchem vozovky, vyšším počtem lamel a drážek v dezénu, případně prouděním vzduchu obtékající pneumatiku. Obecně jsou hlučnější pneumatiky se širší stopou a pneumatiky pro zimní provoz. Rozdíl mezi zimní a letní pneumatikou je však v míře hluku spíše minimální. Omezení hluku pneumatik lze provést konstrukčním řešením a to použitím měkčí gumové směsi, použitím běhounu s otevřeným prostorem, případně využít asymetricky a nepravidelně uložených bloků běhounů. Snížení hodnoty hluku napomáhá i využití moderních povrchů vozovek, avšak tato varianta je poměrně nákladná a je spíše záležitostí provozovatele komunikace. [37]

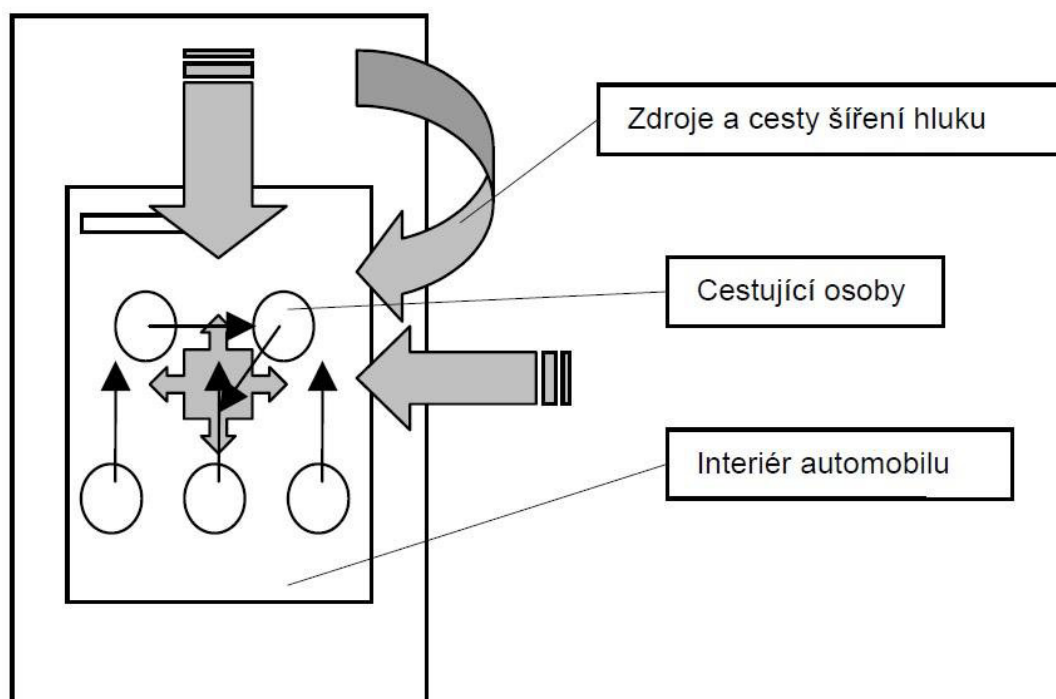


3.1.2 ELIMINACE HLUKU

Eliminace hluku se dá provést mnoha způsoby. Základem je nalezení zdroje hluku a řešení jakým způsobem daný hluk omezit případně eliminovat. Nejjednodušší je přímo eliminace zdroje hluku, pokud je to možné. V případě, že možnost eliminace zdroje hluku není reálná, je vhodným řešením snížení přenosu hluku vhodnou izolací. Touto izolací může být například neprozvukný kryt. Pro eliminaci hluku způsobeného vibracemi je nejvhodnějším způsobem snížení přenosu vibrací ze zdroje hluku, a to přerušením tzv. akustických mostů. Například pokud se vibrace šíří od pohonné jednotky, je vhodné tento agregát uložit pružně, což zamezí šíření vibrací do karoserie a kabiny vozidla. Eliminaci hluku je také možno provést konstrukčním řešením, například zavedením vhodné konstrukce zdrojů hluku. Cílem je, aby vlastní frekvence zdroje hluku nebyla totožná s vlastní frekvencí zdroje. Tohoto se dá dosáhnout například pomocí tlumících nátěrů.[4] [32]

3.1.3 HLUK V KABINĚ AUTOMOBILU

Kabina vozidla představuje uzavřenou oblast, která zabírá poměrně malý prostor a často se v něm zdržuje více pasažérů. Proto je také kladený velký důraz na podmínky, v jakých pasažéři cestují. Prostředí musí umožnit dostatečnou kvalitu komunikace mezi cestujícími a zároveň umožnit řidiči se soustředit a rychle reagovat na situace vzniklé v provozu. Po této stránce je hluk v kabině velmi důležitým faktorem. Zároveň je však nutné najít kompromis mezi izolací kabiny vozidla a vnějším okolím. Případné úplné odhlučnění kabiny by snížilo povědomí řidiče o situaci na vozovce, což by mělo negativní vliv na bezpečnost a také na kvalitu jízdy.[32][33]



Obr. 10 Hluk v kabině osobního vozidla [32]



3.1.4 MĚŘENÍ HLUKU

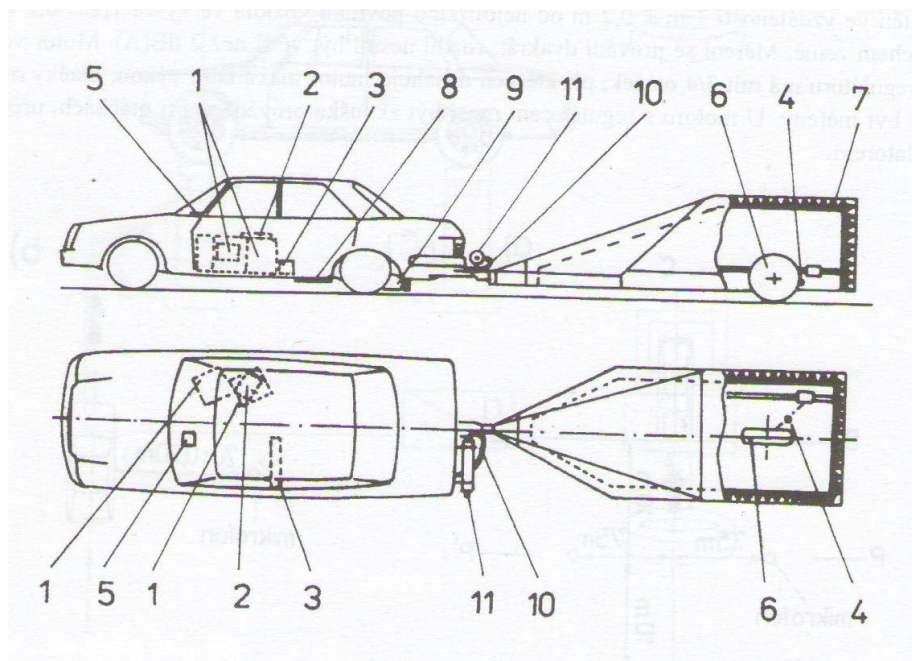
Měření hluku je jeden ze základních úkolů při vývoji vozidla. Za tímto účelem se provádí mnoho měření celého vozidla, až po základní díly automobilu. Měření je prováděno pomocí reprodukovatelných zkoušek, nebo přímo zkoušek jízdních. Jízdní zkoušky vozidla jsou však ovlivněny okolními vlivy. Jízdních zkoušek se proto spíše využívá pro kontrolu limitů, které stanovují normy. Měření hluku silničních vozidel se provádí dle norem. Pro měření vnějšího hluku platí norma ČSN 30 512 a měření vnitřního hluku se provádí dle normy ČSN 30 0513.[5]

3.1.5 MĚŘENÍ HLUKU V LABORATOŘÍCH

Laboratorní měření hluku je prováděno v tichých komorách, což jsou místnosti, které zabraňují odrazu zvukových vln. Stěny a podlaha jsou opatřeny materiálem, jenž pohlcuje zvuk. Tímto je zamezeno jakýchkoliv nežádoucích vlivů a odražených zvukových vln. Opakem této komory je komora dozvuková, která má stěny hladké, aby co možná nejvíce odrážely zvukové vlny. V této komoře se měří akustický výkon, který vyzařují zdroje hluku, jako jsou motory, nápravy a převodovky. K samotnému měření hluku se využívá zvukoměrů, ze kterých je signál zpracováván do PC, hladinového zapisovače, případně hlukového dozimetru[5]

3.1.6 SILNIČNÍ ZKOUŠKY MĚŘENÍ HLUKU

Měření hluku na silnici se provádí na dostatečně tichém a otevřeném prostoru (hluk okolí nesmí přesáhnout hranici 10 dB pod hranicí hluku měřeného). K měření se využívá integrujících zvukoměrů s vestavěným váhovým filtrem a automatickou funkcí vyhodnocení ekvivalentní hladiny zvuku (například Brüel & Kjær). Měření hluku uvnitř automobilu probíhá dle normy tak, že se vozidlo pohybuje stálou rychlostí se zařazeným nejvyšším rychlostním stupněm. Tato rychlost by měla být 80 % maximální rychlosti uváděné výrobcem vozidla. Hluk se zaznamenává na magnetofon a jeho mikrofon je polohován 0.7 m nad povrchem sedadla, které není zatíženo. Měření se provádí na předních i zadních sedadlech a opakuje se pro druhý rychlostní stupeň, při dosažení maximálních otáček motoru. Vyhodnocení se provádí ze záznamu po jednotlivých oktávách pomocí pásmového analyzátoru. Dalším využitím jízdních zkoušek je možnost měření hluku pneumatik při jízdě. Toto měření se provádí pomocí speciálního přívěsu, který má vlastnosti tiché komory.



Obr. 11 Měřicí přívěs ke zjišťování hluku pneumatik [5]

3.1.7 VELIČINY MĚŘENÍ HLUKU

Hluk je mechanické kmitání v pružném prostředí a to v pásmu 20 Hz až 20 000 Hz. Měření se provádí za pomoci zvukoměrů. Zvuk vnímá člověk jako změnu akustického tlaku pomocí sluchového orgánu. Vnímání zvuku je smyslový vjem, který je úměrný logaritmu podmětu a uvádí se v decibelech (dB). Zdroj hluku způsobují kmitající tělesa. Hladina L nejlépe reprezentuje určení síly zvuku. Vzroste-li akustický tlak, vzroste i hladina L .

$$L = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (1)$$

L – akustická hladina tlaku

p – naměřený akustický tlak

p_0 - vztahný akustický tlak ($p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa)

Je nepravděpodobné, že by hladina hluku dosáhla takových hodnot, aby hladina zvuku v kabině vozidla přesáhla hranici poškození organismu. Může však dosáhnout hodnoty, která omezuje komunikaci pasažérů a soustředění řidiče ve vozidle. [50]

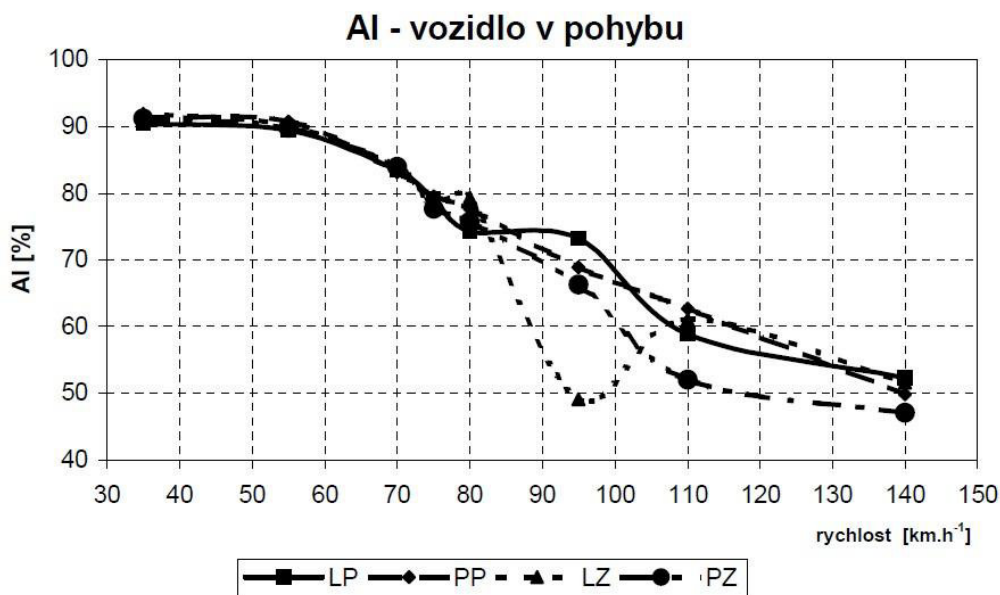


3.1.8 MĚŘENÍ SROZUMITELNOSTI ŘEČI

Hodnocení kvality přenosu zvuku v kabině vozidla je možno dvěma způsoby a to subjektivními testy srozumitelnosti nebo využitím objektivních metod. K objektivnímu měření se využívá několik typů metod a jednou z nich je metoda artikulačního indexu. Tato metoda určuje kritéria srozumitelnosti. Rychle stanoví hodnoty a nemá velké nároky na měřicí techniku.

Artikulační index

Artikulační index je hodnota určená výpočtem z naměřeného hluku vztažená na třetinooktávová pásma řeči, které byly stanoveny na základě experimentálních hodnot mužského hlasu. Artikulační index je udáván v procentech a hodnota 100% značí velmi dobrou srozumitelnost, naopak špatná udává hodnotu blížíící se 0%. Artikulační index je poměr mezi plochou horní hranice řeči a křivkou hlukového spektra vzhledem k ploše standardní oblasti řeči. Obrázek 18 udává závislost artikulačního indexu v závislosti na rychlosti jedoucího vozidla. Křivky jsou označeny indexy LP- levé sedadlo přední, PP- pravé přední sedadlo, LZ – levé zadní sedadlo a PZ – sedadlo pravé přední.[48]



Obr. 12 Artikulační index při pohybu vozidla[49]

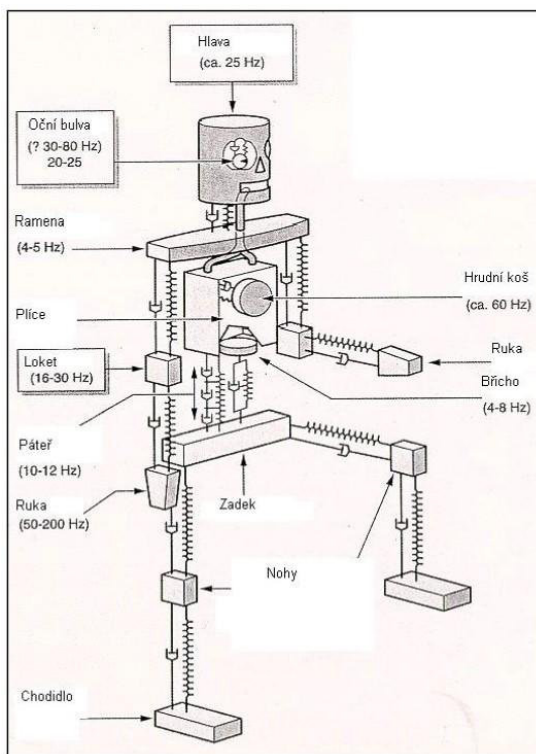


3.2 VIBRACE

Vibrace jsou mechanické kmity v prostředí, které je pružné a to v pásmu od 1 Hz do 20 Hz. Vibrace vznikají při přenášení sil, které se generují při najetí vozidla na nerovnost a přenášejí se až do sedaček pasažérů, volantu řidiče a do podlahy vozidla. Vibrace v automobilu vznikají v důsledku pohybu vozidla, a proto je na jejich způsob hodnocení a měření utvořena norma ČSN ISO 2631. Účinky vibrací se měří a zohledňují právě k zajištění komfortu při jízdě a z toho také vyplývají mezní hodnoty. Pro objektivní hodnocení účinků vibrací jsou utvořeny soustavy souřadnic lidského těla, ve kterých je měření prováděno.[50][51]

3.2.1 ÚČINKY VIBRACÍ NA LIDSKÉ TĚLO

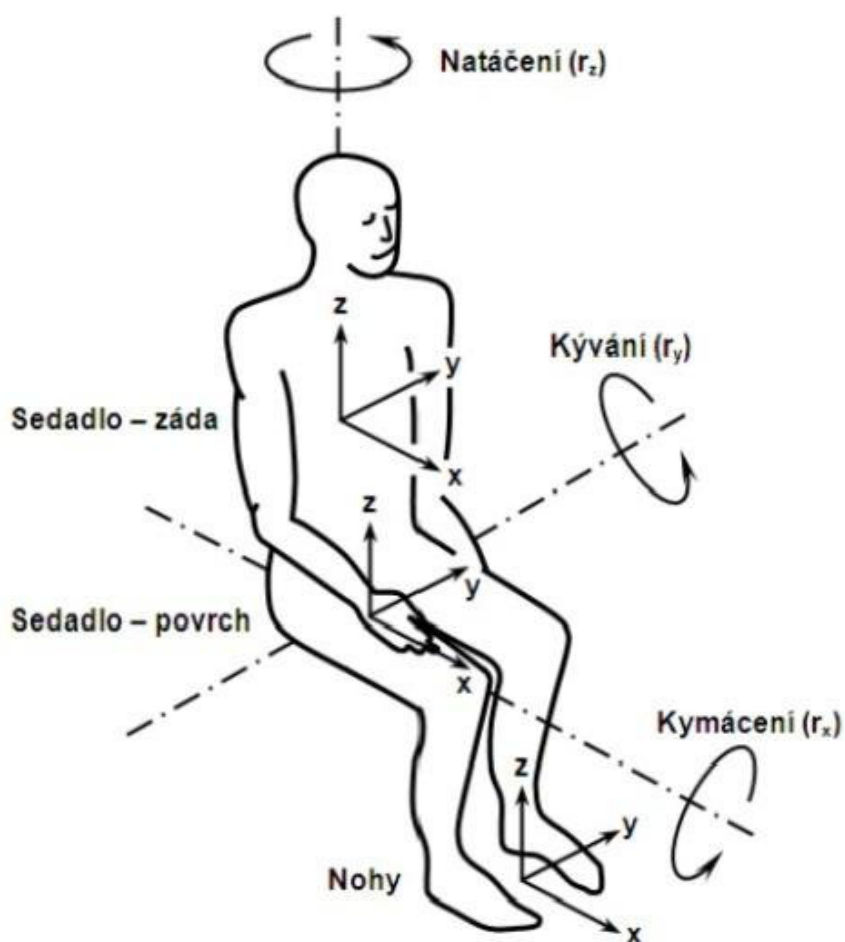
Mechanické vibrace člověk vnímá pomocí psychosomatické citlivosti. Tato senzitivita je ovlivněna velkou řadou činitelů. Člověk vnímá vibrace pomocí aparátu ve vnitřním uchu, ale také dalšími částmi těla jako jsou svaly, kůže, klouby a oči. Celé tělo je z hlediska mechaniky velmi složitá kmitavá soustava, která se skládá z hmot mezi sebou propojenými tlumiči. Nejlépe snáší frekvence pohybující se v rozmezí 1 Hz až 1.5 Hz, což je přirozená hladina při pohybu. Nejhůře naopak snáší frekvence shodné s vlastní frekvencí některého z částí těla. V důsledku toho vzniká rezonance a působení vibrací na člověka dosahuje největšího účinku. Orgány jsou na kostru člověka zavěšeny pružně a každá část lidského těla má svoji vlastní frekvenci (obrázek 13). Například u hrudníku a břicha se vlastní frekvence pohybuje v rozmezí 4-8 Hz, oproti tomu ruce mají vlastní frekvenci poměrně vysokou a to 50 Hz až 200 Hz. Vibrace mají na tělo člověka a jeho centrální nervovou soustavu nepříznivý vliv a vedou ke ztrátě koncentrace, v krajním případě i ke zdravotním komplikacím.[50][51][52]



Obr. 13 Vlastní frekvence kmitání částí lidského těla[50]

3.2.2 MĚŘENÍ VIBRACÍ

Veličinou, která určuje velikost vibrací je zrychlení, což udává i norma ČSN ISO 2631. Vibrace a jejich vliv na člověka se měří pomocí souřadnicové soustavy, která má počátek v bodě, ve kterém vstupují do lidského těla. Snímač je polohován tak, aby rozlišil vibrace na rozhraní mezi sedící osobou a zdrojem, ze kterého se vibrace šíří. Snímač je možné umístit do oblastí rukou, nohou případně hrudníku a zjistit tak měření v daném místě. Používá se tříosý snímač (akcelerometr), který snímá efektivní hodnotu zrychlení. Frekvenční rozsah je dle normy v rozmezí frekvencí od 1 Hz po 10 Hz nebo od 0.5 Hz do 3 Hz. Na podélný směr šíření vibrací (osa X) má největší vliv jízdní dynamika a zásah řidiče. Ve směru bočním (osa Y), určuje velikost vibrací hlavně pérování vozidla a vibrace nejsou závislé na druhu sedadla. Ve svislém směru (osa Z) jsou vibrace na sedadle závislé hlavně na systému tlumení vozidla a přenosových vlastnostech sedadla.[51][52]



Obr. 14 Soustava souřadnic pro sedící osobu[51]



3.2.3 HODNOCENÍ VIBRACÍ

Faktory ovlivňující hodnocení vibrací jsou následující:

- **Intenzita** – vyjadřuje ji vážená efektivní hodnota zrychlení, překročení jejích mezí vede k ohrožení zdraví, ke snížení pohodlí a snižuje celkovou výkonnost.
- **Doba expozice** – je vyjádřena časem za jaký vibrace o dané frekvenci a intenzitě působí. Předpis stanovuje po jakém časovém období je nutný odpočinek.
- **Směr působení zrychlení** – svislý směr působení automobilu je shodný s polohou sedícího člověka ve vozidle.

Hodnocení vibrací podle normy ISO 2631 musí zahrnovat měření vážené efektivní hodnoty zrychlení. Vážená efektivní hodnota zrychlení se vypočte podle následující rovnice za použití základní metody tzv. vážené efektivní hodnoty zrychlení, která zohledňuje náhodné rázy a přenosné vibrace:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)]^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$a_w(t)$ - je vážené zrychlení jako funkce času (m/s^2)

T - je doba trvání měření v sekundách (dostatečně dlouhá pro danou expozici)

Pokud není metoda pro dané měření vibrací dostatečně vhodná, lze použít jednu z dalších metod uvedených v normě. Rozhodujícím činitelem vhodné metody je činitel výkmitu. Tento činitel je definován v normě jako nejvyšší špičková hodnota frekvenčně váženého signálu zrychlení k jeho efektivní hodnotě.

Přijatelné hodnoty pro vibrace z hlediska pohodlí závisí na mnoha dalších faktorech (hluk, teplota) a není dle normy definována přímo nejvyšší přípustná hodnota, avšak hodnocení se dá rozdělit do několika kategorií v závislosti na zrychlení.[51]

Nižší než $0,315 \text{ m/s}^2$	nejsou nepohodlné
$0,315 \text{ m/s}^2$ až $0,63 \text{ m/s}^2$	trochu nepohodlné
$0,5 \text{ m/s}^2$ až 1 m/s^2	přijatelně nepohodlné
$0,8 \text{ m/s}^2$ až $1,6 \text{ m/s}^2$	nepohodlné
$1,25 \text{ m/s}^2$ až $2,5 \text{ m/s}^2$	velmi nepohodlné
Vyšší než 2 m/s^2	extrémně nepohodlné



3.3 TEPLOTNÍ POHODLÍ

Aby bylo dosaženo kvalitního komfortu ve vozidle, je potřeba vytvořit přijatelný teplotní stav prostředí uvnitř. Tepelnou pohodu vozidla je možné charakterizovat jako prostředí, kde se člověk cítí spokojen s klimatem. Člověk by v daném prostředí neměl mít pocit chladu nebo přílišného tepla a zároveň by v tomto prostředí měla být zajištěna dostatečná cirkulace vzduchu. Důležitým aspektem je také hladina vlhkosti vzduchu ve vozidle.[53][54]

3.3.1 VELIČINY VHODNÉ K MĚŘENÍ TEPELNÉHO STAVU PROSTŘEDÍ

Hodnocení tepelného komfortu je často měřeno pouze pomocí teploty vzduchu. To je však pro kvalitní prostředí nedostačující a je proto nutné měřit více veličin. Pro zajištění vyhovujícího prostředí se využívá měření následujících veličin:

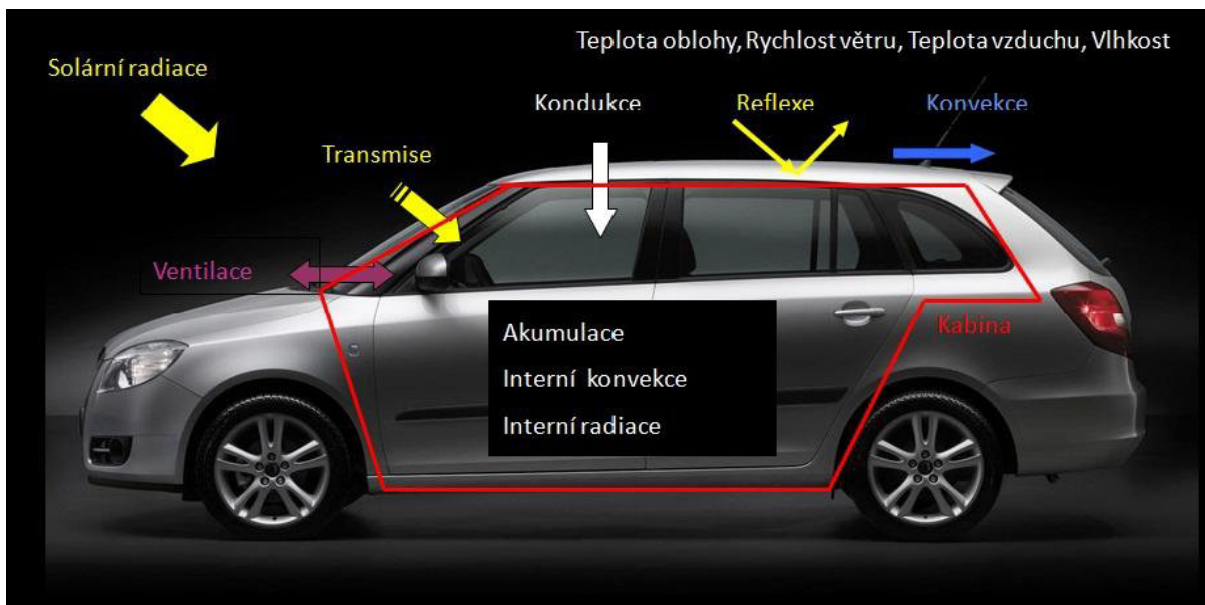
- **Teplota vzduchu t [$^{\circ}\text{C}$]** - měří se pomocí teploměrů, které jsou chráněny vůči tepelnému záření. Pro měření v kabině vozidla se využívá především termoelektrických a odporových čidel. Měření se provádí v laboratoři a čidla jsou umístěna na více místech uvnitř vozidla a informace z čidel jsou přenášeny do počítače.
- **Střední radiální teplota t_r [$^{\circ}\text{C}$]** – jedná se o účinnou rovnoměrnou teplotu všech okolních ploch v prostoru kabiny vozidla. Měření se provádí pomocí kulového teploměru nebo čidel konstantní teploty.
- **Rychlost proudění vzduchu w [m/s]** - veličina, která je určena svojí velikostí a směrem, měřena pomocí termoanemometrů
- **Relativní vlhkost vzduchu j [-]** - udává množství vody v plynném stavu je obsaženo v daném množství vzduchu. Měří se pomocí psychometrických vlhkoměrů, které určují vlhkost pomocí suchého a mokrého teploměru.[53][54]

3.3.2 HODNOCENÍ TEPELNÉHO STAVU PROSTŘEDÍ

Hodnocení bývá provedeno pomocí základních, ale i odvozených veličin. Tyto veličiny se pomocí výpočtových vztahů sestaví do tabulek a grafů, které lze najít v příslušné normě pro hodnocení měření tepelného stavu ve vozidlech například norma ČSN EN ISO 14505-2, která udává hodnocení tepelného prostředí ve vozidlech. Dále se k hodnocení využívá předpovědi středního tepelného pocitu (PMV) a předpovědi procentuálního podílu nespokojených PPD.

Index PMV – (Predicted mean vote) jedná se o index udávající tepelné pocity velké skupiny osob. Jeho stanovení závisí na energetickém výdeji osoby, tepelném odporu oblečení v kombinaci s naměřenými veličinami prostředí. Pomocí rovnice se určí střední hodnota, která je klasifikována stupnicí se sedmi úrovněmi (+3 horko, 0 tepelné pohodlí, -3 zima).

Index PPD – (Predicted Percentage Dissatisfied) tento index je vyhodnocen na základě indexu PMV a zohledňuje odchylku, kterou způsobuje vliv nespokojených jednotlivců s tepelným pohodlím.[53][54]



Obr. 15 Působení tepelných vlivů na kabinu vozidla [55]



ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci charakterizuji jízdní komfort u osobních vozidel. Základem každého typu vozidla je jeho konstrukce. Tato bakalářská práce utváří určitou kategorizaci vozidel z hlediska jejich typu a popisuje konstrukci jejich podvozku, který má na jízdní pohodlí přímý vliv. Dobrá konstrukce podvozku v kombinaci s asistenčními systémy dokáže řidiči ulehčit ovládání vozidla a poskytnou posádce kvalitní jízdní komfort.

Jízdní komfort je v podstatě proces vnímání pohodlí člověka sedícího ve vozidle. Na pasažéry během jízdy působí velké množství okolních vlivů. Hlavními činiteli ovlivňujícími komfort jsou vibrace, hluk a tepelné pohodlí. Tyto vlivy jsou měřitelné, a proto tvoří základ pro objektivní hodnocení jízdního komfortu. Tato práce popisuje způsoby hodnocení jízdního komfortu a to z více hledisek. Za primární považuji hodnocení z hlediska velikosti vibrací a hluku. Na komfort mají vliv i další faktory jako je tepelné pohodlí nebo dříve zmiňovaná konstrukce vozidla. Hodnocení lze provést subjektivně, avšak tato metoda je nepřesná a liší se právě subjektivním pohledem každého jednoho člověka. Pro objektivní hodnocení je potřeba stanovení veličin a jejich následné měření. Měření může probíhat na základě norem nebo jednou z obecných metod. Výsledky měření se vyhodnocují a na jejich základě je možno provést změny, které vedou ke zlepšení jízdního komfortu.

Závěrem lze konstatovat, že jízdní komfort je přímo úměrný technickému vývoji v daných oblastech a to ať už se jedná o konstrukci vozidla nebo eliminaci hluku a vibrací. Tento vývoj souvisí s použitím nových materiálů, ale také přístupem k řešení problémů. Zaváděním nových prvků a způsobů řešení vede k tomu, že je dnes kvalitní jízdní komfort standardem většiny osobních vozů.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *Bezpečnost vozidel silničního provozu: Podvozky* [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/usi/dokumenty/dokumenty-ke-stazeni-f23776/bezpecnost-vozidel-silnicniho-provozu-materialy-k-predmetu-d75943/01-podvozky-pdf-p67167>
- [2] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 1. vydání. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5274-4.
- [3] Aktivní podvozky automobilů. *Aktivní podvozky automobilů* [online]. 2008, roč. 2008, č. 3 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.ifleet.cz/archiv-2005-12/aktivni-podvozky-automobilu.html>
- [4] MIŠUN, Vojtěch. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. VIBRACE A HLUK. 2. vydání. Brno: CERM s.r.o Brno, prosinec 2005. ISBN 80-214-3060-5.
- [5] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel: Vnitřní a vnější hluk*. 2. vydání. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2005. ISBN 80-239-3717-0.
- [6] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily 1: Podvozky*. 2. vyd. Brno: Avid s.r.o Brno, 2001. ISBN Schvalovací doložka MŠMT 16 914/2001.
- [7] Opel Astra: Kliková náprava s Wattovým přívodem. [www.opel.cz: vozidla](http://www.opel.cz/vozidla) [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.opel.cz/vozidla/prezentacni-mistnost/vozidla/astrang/hlavni-prvky/jizdni-dynamika.html>
- [8] VLK, František. *Lexicon moderní a automobilové techniky: Komfortní systémy*. 1. vydání. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno. ISBN 80-239-5416-4.
- [9] SAJDL, Jan. AUTOLEXICON: Náprava McPherson. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/naprava-macpherson-mcpherson/>
- [10] SAJDL, Jan. AUTOLEXICON: Víceprvková náprava. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/naprava-viceprvkova/>
- [11] www.auto.cz. Audi A4 [online]. 2007 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/audi-a4-vse-vpredu-nove-1684>
- [12] *Bezpečnost vozidel silničního provozu: Pneumatiky* [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/usi/dokumenty/dokumenty-ke-stazeni-f23776/bezpecnost-vozidel-silnicniho-provozu-materialy-k-predmetu-d75943/01-podvozky-pdf-p67167>
- [13] SAJDL, Jan. AUTOLEXICON: Konstrukce pneumatiky. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/konstrukce-pneumatiky/>
- [14] SAJDL, Jan. AUTOLEXICON: Cross Wheel Drive. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/xwd-cross-wheel-drive/>
- [15] SAJDL, Jan. AUTOLEXICON: Konstrukce pneumatiky. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/konstrukce-pneumatiky/>



- [16] Toyota Motor Corporation: Vehicle Stability Control (VSC). [online]. [cit. 2014-05-17]. http://www.toyota.global.com/innovation/safety_technology/safety_technology/technology_file/active/vsc.html
- [17] GASNIER, Matt. Best Selling Cars Blog: Europe best selling cars. [online]. 2014, 14.5.2014 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://bestsellingcarsblog.com/category/europe/>
- [18] NDTV AUTO: Audi A4 2.0 TDI. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://auto.ndtv.com/audi-cars/a4-sedan/20-tdi-14>
- [19] NDTV AUTO: Skoda Superb Ambition 2.0 TDI CR AT. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://auto.ndtv.com/skoda-cars/superb-sedan/ambition-20-tdi-cr-at-1914>
- [20] Minivan: MPV Vehicle. In: [online]. 15.5.2014 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-purpose_vehicle
- [21] VEVERKA, Lukáš. Auto.cz: Přehled cen nových aut na českém trhu. [online]. 2010 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/prehled-cen-novych-aut-ceskem-trhu-nizsi-stredni-trida-unor-2010-2533>
- [22] TYDEN: Nižší střední třída. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/prehled-cen-novych-aut-ceskem-trhu-nizsi-stredni-trida-unor-2010-2533>
- [23] PLAŠTIAK, Martin. AUTOWEB: Audi A6 3.0 TDI quattro vs BMW 530d xDrive. [online]. 30.5.2011 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.autoweb.cz/audi-a6-3-0-tdi-quattro-vs-bmw-530d-xdrive/>
- [24] TYDEN: Vyšší střední třída. [online]. 2008 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: http://www.tyden.cz/rubriky/auta/slovnicek/od-gt-po-suv-a-ostatni-kategorie/vyssi-stredni-trida_74532.html#.U3fPSnZWvIW
- [25] Skoda-auto: ŠKODA Octavia RS. In: [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/models/nova-octavia-rs/Pages/nova-octavia-rs.aspx>
- [26] Renault: Clio R.S 200 DC. In: [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.renault.cz/nove-vozy/sportovni-vozy/cliu/nove-clio-rs/verze-a-vybava/>
- [27] KIA MOTORS: cee'd GT. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.kia.com/cz/modely/nova-kia-ceed-gt/ceny-a-specifikace/>
- [28] Porche: Carrera 911. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://auto.porsche.cz/modely/911/911-carrera/v-detailu/2326>
- [29] Wikipedie: Sportovní automobily. In: [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Sportovni%C3%AD_automobily
- [30] Wikipedia: Sport utility vehicle. In: [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Sportovni%C3%AD_automobily
- [31] AUTO BILD: Mercedes E400, Audi A6, BMW 535i. [online]. [cit. 2014-05-17].



- [32] NĚMEČEK, P. *Acta mechanica slovacica: Hluk v interiéru osobního automobilu*. Košice: Stojnická fakulta TU, 2002. ISBN 1335-2393. Dostupné z: <http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2002/Kosice.pdf>
- [33] TOYOTA: Hluk, vibrace a rázy. TOYOTA. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.toyota.cz/cars/new_cars/toyota_tech/nvh.tmex
- [34] Wikipedie: otevřená encyklopedie: Ride quality. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. [cit. 2014-05-17].
- [35] EAUTO1: Letní dezén / zimní dezén. [online]. [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://www.eauto1.cz/povinne-nepovinne-zimni-pneu-v-cz/>
- [36] PLYNOVÉ TLUMIČE NA POSTUPU. *Pneu revue: PLYNOVÉ TLUMIČE NA POSTUPU* [online]. roč. 2006, č. 4 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.pneurevue.cz/aktualni-cislo-1/pneu-revue-4-06/plynove-tlumice-na-postupu.html>
- [37] WINTER, Adam. OPONEO: Hluk pneumatik. [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.oponeo.cz/clanek/hluk-pneumatik>
- [38] TEIN INC. TWIN TUBE CONSTRUCTION [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: https://www.tein.co.jp/e/special/ni_toryu/
- [39] SAJDL, Jan. AUTOLEXICON: Lichoběžníková náprava. [online]. [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/naprava-lichobeznikova/>
- [40] ZÁKRUTA.CZ: ACC. [online]. [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.zakruta.cz/slovník-pojmu/pojem/acc/>
- [41] TOYOTA MOTOR. *Adaptivní tempomat (ACC): Slovník technických pojmů* [online]. [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.toyota.cz/cars/new_cars/toyota_tech/acc.tmex
- [42] ŽÁK, Dalibor. Autoweb: Speciál 4x4. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.autoweb.cz/jak-funguje-pohon-vsech-kol-4x4-a-jake-jsou-jeho-typy/>
- [43] VYSOKÝ, Petr. AUTOMA: Asistenční systémy v automobilech. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30855
- [44] Autickar: Tuhá náprava. KUBIŠ, Vojtěch. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.autickar.cz/clanek/oda-na-tuhou-napravu/>
- [45] Auto.Pravda.sk: BMW 520d GT. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://auto.pravda.sk/testy/clanok/76448-test-bmw-520d-gt-e2-80-93-moletka/>
- [46] SAIDL, Jan. Autolexicon: Kyvadlová (úhlová) náprava. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/kyvadlova-uhlova-naprava/>



- [47] Car and a driver: Porche 911 GT3. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.caranddriver.com/photos-13q2/512299/2014-porsche-911-gt3-interior-photo-513244>
- [48] PAVELKA, Michal a Pavel NĚMEČEK. POROVNÁNÍ METODIK MĚŘENÍ SROZUMITELNOSTI ŘEČI POMOCÍ ARTIKULAČNÍHO INDEXU. Praha, 2004. projektu MŠMT LN 00B073. Akademická práce. ČVUT. Vedoucí práce doc. Ing. Josef Laurin, CSc
- [49] NĚMEČEK, Pavel. Metody měření srozumitelnosti. In: [online]. Praha, 2003. Dostupné z: <http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2003/KOKA03-Srozumitelnost.pdf>
- [50] SCHOLTZ. TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. *Základy teorie vozidel a vozidlových motorů: Komfort* [online]. Liberec, 2009 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.kvm.tul.cz/studenti/texty/ZVM/ZVM-14pr.pdf>
- [51] ČSN ISO 2631 - 1. *Vibrace a rázy: Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím - Část 1: Všeobecné požadavky*. 1.2.1994.
- [52] KUPKA, Libor. *Perners Contacts: Hodnocení vibrací působících na řidiče* [online]. 2012, Ročník 7, III [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/27_2012/Kupka.pdf
- [53] JANEČKA, Jan. AUTOMA: Hodnocení tepelného stavu prostředí. [online]. [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38112
- [54] ŠTĚTINA, Josef. VUT V BRNĚ ODBOR TERMOMECHANIKY A TECHNIKY PROSTŘEDÍ. *Zkoušení vozidel: Tepelný stav prostředí* [online]. Brno, 2003 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/skripta/vlab/vozidla/Ka05-01.htm>
- [55] FIŠER, Jan. Energetické forum: Workshop - Vnitřní prostředí v kabině automobilu. [online]. [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: www.energetickeforum.cz/file/451_1_1



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Aktivní podvozek automobilu [3]	13
Obr. 2 Jednoplášťový a dvouplášťový tlumič [38].....	15
Obr. 3 Konstrukce bezdušové pneumatiky [12]	19
Obr. 4 Detail dezénu letní a zimní pneumatiky [35]	20
Obr. 5 Připojení pohonu všech kol [2]	22
Obr. 6 Saab XWD systém Cross Wheel Drive [14]	23
Obr. 7 Aktivní tempomat ACC vozu Toyota Avensis[47].....	25
Obr. 8 Vozy vyšší střední třídy [31]	27
Obr. 9 Interiér sportovního vozu Porsche 911 GT3 [47].....	28
Obr. 10 Hluk v kabině osobního vozidla [32]	31
Obr. 11 Měřicí přívěs ke zjišťování hluku pneumatik [5]	33
Obr. 12 Artikulační index při pohybu vozidla[49].....	34
Obr. 13 Vlastní frekvence částí lidského těla[50]	35
Obr. 14 Soustava souřadnic pro sedící osobu[51]	36
Obr. 15 Působení tepelných vlivů na kabinu vozidla [55]	39



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

4WD		Four Wheel Drive
ABS		Anti-lock Breaking System
ACC		Adaptive Cruise Control
AI		Artikulační index
AWD		All Wheel Drive
BMW		Bayerische Motoren Werke
DSC		Dynamic Stability Control
ESP		Electronic Stability Program
MPV		Multi Purpose Vehicle
PC		Personal Computer
PMV		Predicted Mean Vote
PPD		Predicted Percentage Dissatisfied
SUV		Sport Utility Vehicle
XWD		Cross Wheel Drive
a	[m.s ⁻²]	vážená efektivní hodnota zrychlení
j	[-]	relativní vlhkost vzduchu
L	[dB]	akustická hladina tlaku
p	[Pa]	akustická hladina tlaku
p _a	[Pa]	vztažný akustický tlak
T	[s]	doba trvání měření
t	[C°]	teplota vzduchu
t _r	[C°]	střední radiační teplota
w	[m.s ⁻¹]	rychlost proudění vzduchu



SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tab. 1

Třídy vozidel