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

SYSTÉMY PRO ZLEPŠENÍ BEZPEČNOSTI JÍZDY

DRIVING SAFETY SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE JIŘÍ REKTOŘÍK
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. JAN SUCHÝ
SUPERVISOR

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Rektořík

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

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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:

Systémy pro zlepšení bezpečnosti jízdy

v anglickém jazyce:

Driving safety systems

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce by měla obsahovat popis charakteristických vlastností ovlivňujících jízdní komfort a jejich dopad na bezpečnost dlouhé jízdy. Důraz by měl být kladen na popis ideálních podmínek v kabině řidiče a systémy, kterými jich lze dosáhnout.

Cíle bakalářské práce:

1) Charakteristika jízdního komfortu.
2) Možnosti hodnocení jízdního komfortu.
3) Rozbor působení charakteristických veličin jízdního komfortu v kabině řidiče.
4) Nástin vývojových trendů v oblasti jízdního komfortu.

Seznam odborné literatury:

[1] JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav a ČUPERA Jiří. Automobily (1): Podvozky. Brno: Avid, spol. s r.o., 2009. ISBN 978-80-87143-11-7.
[2] SMETANA, C., a kol. Hluk a vibrace: měření a hodnocení, Praha: Sdělovací technika, 1998. 1. vyd. 188 s. ISBN 80-901936-2-5.
[3] GILLESPIE, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992. ISBN 1-56091-199-9.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Suchý

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 18.11.2014

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc. Ředitel ústavu	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na popis a měření charakteristických veličin, které ovlivňují jízdní komfort, a podílí se tím pádem na bezpečnosti při jízdě. Zabývá se nejen veličinami, ale také komfortem v kabině řidiče a optimálním nastavením jejich prvků.

KLÍČOVÁ SLOVA

jízdní komfort, bezpečnost, vibrace, hluk, tepelné pohodlí, ergonomie

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on the description and the measurement of characteristics that influence the driving comfort and safety. Apart from the characteristics, the thesis also deals with cab comfort and the optimal adjustment of cab constituents.

KEYWORDS

driving comfort, safety, vibrations, noise, thermal comfort, ergonomics

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

REKTOŘÍK, J. *Systémy pro zlepšení bezpečnosti jízdy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 46 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Suchý.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 29. května 2015 ……..……..……..

Jiří Rektořík

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Suchému za ochotu, cenné rady a za odborné vedení při zpracování mé bakalářské práce. Děkuji také své rodině za podporu při studiu.

OBSAH

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY 1
Úvod 10
1 Jízdní komfort 11
1.1 Rozbor konstrukčních prvků důležitých pro jízdní komfort 11
1.1.1 Zavěšení kol 12
1.1.2 Tlumiče 12
1.1.3 Pružiny 14
1.2 Čtvrtinový model automobilu 15
2 Veličiny ovlivňující jízdní komfort 17
2.1 Vibrace 17
2.1.1 Působení vibrací na lidské tělo 17
2.1.2 Měření vibrací 20
2.1.3 Hodnocení vibrací 20
2.2 Hluk 21
2.2.1 Měření hluku 22
2.2.2 Účinky hluku na lidské tělo 22
2.2.3 Zdroje hluku ve vozidle 23
2.3 Teplotní pohodlí 23
2.3.1 Ideální podmínky mikroklimatu 23
2.3.2 Klimatizační zařízení 23
2.3.3 Větrací systém 24
2.3.4 Vytápěcí systém 24
3 Komfort v kabině řidiče 25
3.1 Sezení 25
3.1.1 Rozvržení prostoru 25
3.1.2 Sedadlo a opěrka hlavy 29
3.2 Ovládací prvky 31
3.2.1 Volant 31
3.2.2 Pedály 31
3.2.3 Ergosféra 32
3.3 Ostatní faktory 33
3.3.1 Výhled 33
3.3.2 Oslnění 34
4 Komfortní podmínky a optimální nastavení na voze Škoda Octavia 35
4.1 Nastavení sedadla 35

4.1.1 Posuv a sklon 35
4.1.2 Opěrka hlavy 36
4.1.3 Sportovní vs. komfortní jízda 37
4.2 Volant 38
4.3 Rozmístění ovladačů 39
4.4 Výhled 40
Závěr 41
Seznam použitých zkratek a symbolů 44
Seznam obrázků 45
Seznam tabulek 46

ÚVOD

V současné době mají automobily velké zastoupení ve způsobu dopravy. Automobilový průmysl tvoří jedno z největších průmyslových odvětví. Dochází v něm k neustálému rozvoji a vývoji nových trendů. Se vzrůstajícím počtem automobilů jsou kladeny čím dál větší nároky především na bezpečnost, která je prvořadá. Ve vývoji je ovšem kladen důraz také na jízdní komfort, který s bezpečností jízdy úzce souvisí. Komfortní podmínky v kabině vozidla mají vliv na řidičovo chování a rozhodování. Míru pohodlí ve vozidle začneme nejvíce pociťovat až při cestování na dlouhé trasy, kdy ve vozidle trávíme velké množství času. Faktorů, které na řidiče působí, je mnoho. Mezi nejdůležitější patří míra vibrací a hluku v kabině, teplotní pohodlí, ale také samotná ergonomie kabiny vozu.

Poslední kapitola této práce je zaměřena na zhodnocení komfortních podmínek na konkrétním typu automobilu (Škoda Octavia první generace). Bylo využito poznatků získaných při psaní této práce.

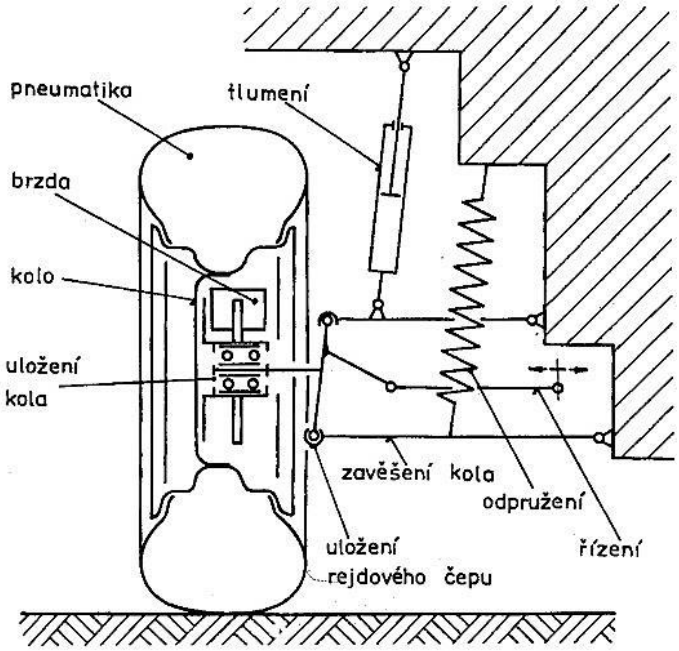
1 JÍZDNÍ KOMFORT

Pod pojmem jízdní komfort si lze představit jízdní pohodlí či jízdní kvalitu. Jízdní komfort ovlivňuje mnoho činitelů. Především součásti podvozku vozidla, které mají velký vliv na míru hluku a vibrací uvnitř ve voze. Důležitá je také ergonomie kabiny řidiče. Nelze zanedbat ani teplotní pohodlí a mnohé další vlivy. Existuje mnoho důvodů, proč bychom se měli zabývat jízdním komfortem a snažit se ho i nadále zdokonalovat. Zajištění správného jízdního komfortu ve vozidle zaručí, že se řidič s posádkou budou ve vozidle cítit příjemně. Přispívá k pozornosti řidiče při řízení, a tím napomáhá bezpečnosti jízdy. Dalším důvodem je to, že čím je jízdní komfort vozidla lepší, tím míň se bude řidič cítit unaven po absolvování dlouhé trasy. V neposlední řadě má jízdní komfort vliv i na prestiž automobilky, která daný typ vozu vyrábí. [4]

1.1 ROZBOR KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ DŮLEŽITÝCH PRO JÍZDNÍ KOMFORT

Automobilem se pohybujeme po různých druzích povrchů, které se odlišují svou kvalitou. Počínaje asfaltem, přes kostkovou dlažbu a šotolinou konče. Vozidlo má na každý druh povrchu jinou odezvu. Ta se projeví velikostí vibrací a hluku. Se zhoršujícím se povrchem velikost vibrací roste a snižuje se cestovní pohodlí. [5]

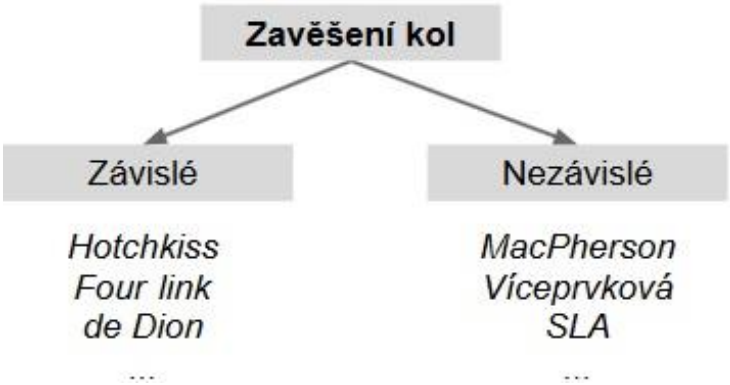
Odezvu automobilu na povrch vozovky zprostředkovávají části jeho podvozku. Podvozek se skládá z pěti hlavních částí. Jsou jimi disky s pneumatikami, zavěšení kol, pružicí soustava, řízení a brzdový systém. Na jízdní komfort má především vliv pružicí soustava automobilu a to, jaký má vozidlo způsob zavěšení kol. Zavěšení kol slouží k přenosu momentů a sil mezi kolem a rámem vozu. Pružicí soustava je složena z pružin a tlumičů. Má za úkol snížit kmitání nápravy vůči karoserii. Eliminuje tím vliv vzniklých otřesů na vozidlo. [6]



Obr. 1 Přehled konstrukčních částí podvozku [6]

1.1.1 ZAVĚŠENÍ KOL

Zavěšení kol slouží ke spojení kol s rámem automobilu. Zavěšení bývá uchyceno na nápravnici, a to především u předních náprav (MacPherson). U zadních náprav bývá tento způsob uchycení použit spíše u víceprvkových náprav (Multilinků). Nápravnice také ovlivňují komfortní chování. Klikové a vlečené nápravy jsou většinou přímo na šasi. Zavěšení umožňuje přenášení sil a momentů z kol k rámu. Jeho hlavním úkolem je, že dovoluje vertikální pohyb kola. Může tedy dojít k propružení. Míru propružení lze regulovat vhodným nastavením pružiny. Tím lze regulovat velikost přenášených vibrací vzniklých v důsledku nerovností vozovky a ovlivnit tím pohodlí uvnitř vozu. Dalším úkolem zavěšení je, že přenáší hnací, brzdné a boční síly. Boční síly začnou působit při propružení, a to kvůli tomu, že dojde ke změně rozchodu nápravy. Vznikají také, pokud vozidlo projíždí zatáčkou. Moment vzniká v důsledku vychýlení rotujícího kola z roviny rotace. Úkoly, které zavěšení plní, jsou velmi důležité pro celkovou jízdní dynamiku. Nejčastěji rozdělujeme zavěšení kol na závislé a nezávislé. Do závislého uložení řadíme tuhé nápravy a do nezávislého všechny ostatní typy. Rozdíl mezi nimi je v tom, že u závislého zavěšení jsou obě kola spojena. Jejich vzájemná poloha se vůči sobě nemění a náprava je odpružena jako celek vůči karoserii. Díky tomu se tedy zvyšuje neodpružená hmota automobilu. [1] [3] [6]



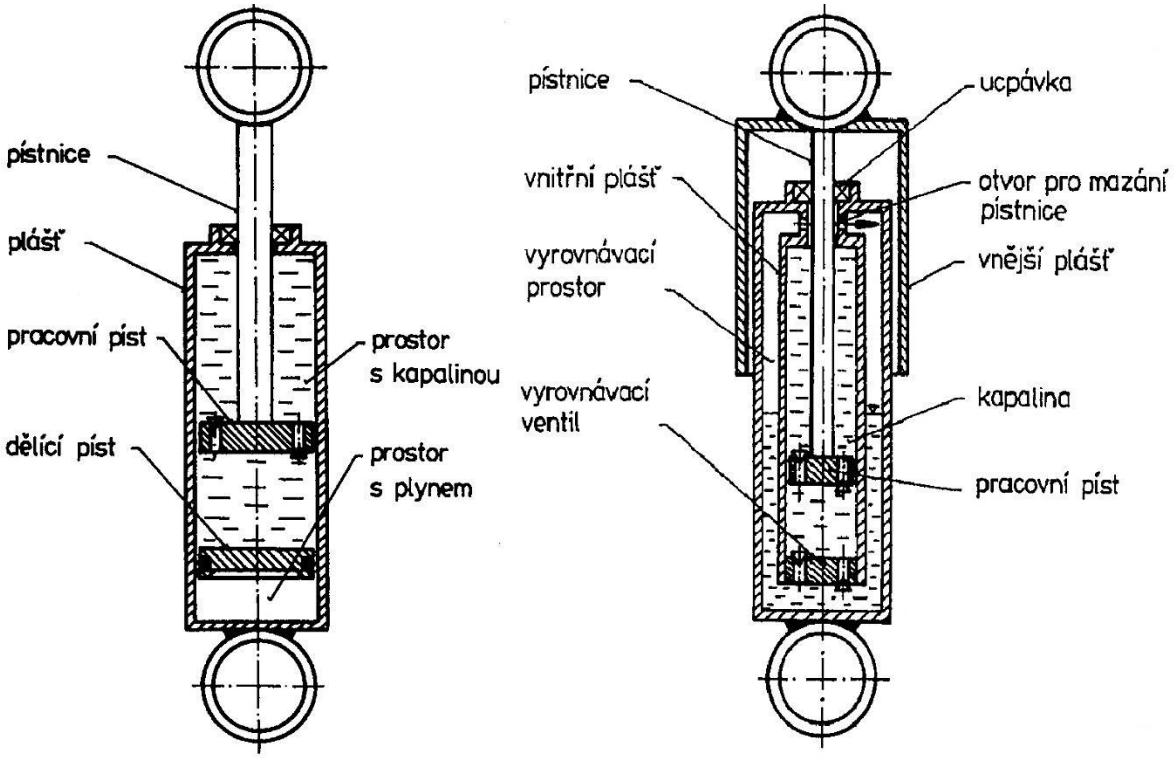
Obr. 2 Rozdělení zavěšení a nejčastěji používané konstrukce [7]

1.1.2 TLUMIČE

Tlumič lze nalézt u každého kola automobilu. Nachází se mezi rámem a nápravou vozidla. Hlavním účelem tlumiče je tlumit kmitání neodpružených částí karoserie vzniklé odpružením, a zajistit tak ve spojení s pružinou stálý styk mezi koly a vozovkou. To má obrovský vliv na ovladatelnost vozu a samozřejmě bezpečnost. Pokud by styk nebyl zaručen, nemohlo by dojít k přenosu sil, ať už hnacích, brzdných, či bočních při zatáčení. Z toho důvodu by se automobil stal neovladatelným. Tím, že tlumič tlumí rázy, které jsou způsobeny nerovnostmi vozovky, tak z toho důvodu také zlepšuje jízdní kvalitu ve voze. Princip tlumiče spočívá v tom, že odebere kinetickou energii a převede ji na jinou formu energie, kterou je teplo. [6]

K přeměně energie dochází při tzv. kataraktu. To je proces, kdy je náplň tlumiče přetlačována z jednoho prostoru do druhého přes otvor o malém průměru. Čím je otvor menší, tím je tlumení účinnější. [1]

Rozdělení tlumičů je složitější. To hlavní je na konvenční (pasivní), semi-aktivní a aktivní. Toto dělení závisí na tom, jestli jsme schopni během provozu tlumiče měnit jeho tlumicí charakteristiku. Dále je dělíme na kapalinové, plynokapalinové a plynové. U kapalinových tvoří náplň olej a prostor nad pracovní látkou je vyplněn vzduchem o atmosférickém tlaku. Plynokapalinové jsou rozdílné v tom, že nad olejem není vzduch, ale dusík, a je zde udržován stálý přetlak. Dalším kritériem, podle kterého můžeme tlumiče rozdělit, je podle konstrukce. Dělíme je na pákové (starší typy automobilů), teleskopické jednoplášťové a dvouplášťové. Lze je rozdělit také podle počtu směrů, ve kterých tlumič pracuje, na jednočinné a dvojčinné. V současné době se nejčastěji využívá tlumič dvouplášťový teleskopický dvojčinný kapalinový. Trendem vývoje jsou tlumiče magnetoreologické. Ty pracují na bázi toho, že vlivem působení elektromagnetického pole se mění viskozita kapaliny. Tím pádem dochází i k rychlé změně tlumicí charakteristiky tlumiče. Tyto se zatím až tak moc nepoužívají, protože jsou poměrně drahé. [1]



Obr. 3 Schéma jednoplášťového a dvouplášťového tlumiče [6]

Tab. 1 Rozdělení tlumičů

Změna tlumících vlastností	Tlumicí médium	Konstrukce	Působení
Konvenční	Kapalinové	Tel. jednoplášťové	Jednočinné
Semi-aktivní	Plynokapalinové	Tel. dvouplášťové	Dvojčinné
Aktivní	Plynové	Pákové	

1.1.3 PRUŽINY

Odpružení nalezneme mezi nápravou a rámem automobilu. Jak již bylo zmíněno, spolu s tlumiči tvoří pružicí soustavu. Tato soustava se na vozidle nachází ze dvou důvodů. Musí zaručit jízdní pohodlí tak, aby posádka trpěla co nejmenší svalovou a nervovou únavou. Dále má za úkol zajistit stálý styk mezi koly a vozovkou. U osobních automobilů se v dnešní době nejčastěji využívají vinuté pružiny. U těžších vozů kategorie SUV a nákladních vozidel také listové. [1]

Představme si, že vozidlo projede nerovností na vozovce. Kolo se začne přibližovat ke karoserii a dojde ke stlačení pružiny. Následně pružina předá energii karoserii, a ta se taky začne pohybovat. U kol a karoserie tedy nastane kmitání. Maximální a minimální výchylka kmitání karoserie se postupně s časem zmenšuje díky tlumení vnějšími vlivy. Dochází tedy k tlumenému kmitání. [1]

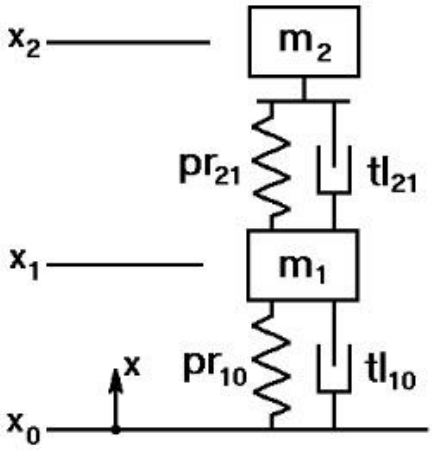
Charakteristickou vlastností pružiny je tuhost. Ta závisí na konstrukci pružiny. Tuhost klesá, čím větší je zatížení pružiny. Z toho plyne, že je na zatížení nepřímo závislá. Každá pružina má svou frekvenci vlastních kmitů. Je to frekvence kmitání pružiny po jejím rozkmitání. Tato vlastní frekvence kmitů je závislá na tuhosti pružiny. S rostoucí tuhostí roste také frekvence vlastních kmitů a naopak. [1]

Hmotnost části automobilu nad pružicí soustavou nazýváme hmotnost odpružených částí. Části nacházející se pod pružicí soustavou považujme za hmotnost neodpružených částí. Čím je poměr hmotností odpružených částí vůči neodpruženým vetší, tím považujeme kvalitu odpružení za lepší. [1]

Obr. 4 Příklad provedení vinuté a listové pružiny [6]

1.2 ČTVRTINOVÝ MODEL AUTOMOBILU

Čtvrtinový model automobilu slouží k popisu chování automobilu. Simuluje tlumení odpružení při svislém pohybu karoserie. Model je složen ze čtvrtiny odpružené hmoty automobilu, pružiny, tlumiče (jednotlivé jeho části lze rozřadit na neodpružené a odpružené) a z neodpružené hmoty automobilu (část zavěšení, brzda, kolo). Chování pneumatiky lze v modelu aproximovat pružinou a tlumičem. [9]



Obr. 5 Schéma čtvrtinového modelu [10]

x_0 – souřadnice budicí desky

m_1 – hmotnost neodpružené části

x_1 – souřadnice neodpružené hmoty

pr_{10} – pružina, pomocí níž jsme aproximovali chování pneumatiky v modelu

tl_{10} – tlumič, pomocí něhož jsme aproximovali chování pneumatiky v modelu

m_2 – hmotnost odpružené části

x_2 – souřadnice odpružené hmoty

pr_{21} – pružina

tl_{21} – tlumič

Matematickou analýzou daného modelu dopějeme k diferenciálním rovnicím. Tyto rovnice nám vyjadřují vzájemné vztahy mezi prvky čtvrtinového modelu. [10]

Diferenciální rovnice pro odpruženou hmotu má tvar [10]:

$$\ddot{x}_2 + \frac{k_{tl21}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)}{m_2} + \frac{k_{pr21}(x_2 - x_1)}{m_2} = 0 \qquad (1)$$

Diferenciální rovnice pro neodpruženou hmotu má tvar [10]:

$$\ddot{x}_1 + \frac{k_{tl21}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2)}{m_1} + \frac{k_{pr21}(x_1 - x_2)}{m_1} + \frac{k_{tl10}(\dot{x}_1 - \dot{x}_0)}{m_1} + \frac{k_{pr10}(x_1 - x_0)}{m_1} = 0 \qquad (2)$$

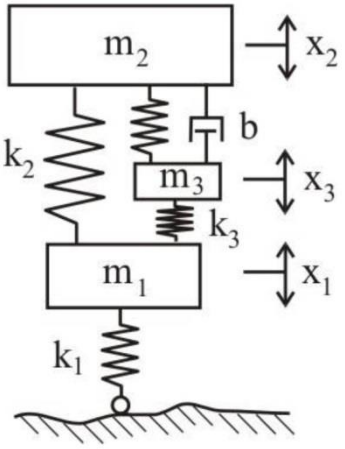
k_{pr21} – konstanta tuhosti pružiny

k_{tl21} – konstanta tlumení tlumiče

k_{pr10} – konstanta tuhosti pružicího vlivu pneumatiky

k_{tl10} – konstanta tlumení tlumicího vlivu pneumatiky

Existují ovšem i složitější verze čtvrtinového modelu automobilu. Ty například zohledňují odpružení sedáku nebo také mohou obsahovat detailní podmodel tlumiče. Tyto složitější verze vedou k sestavení složitějších stavových rovnic. K jejich řešení se využívají různé numerické metody (např. metoda Runge-Kuttova). [13]



Obr. 6 Čtvrtinový model s podmodelem tlumiče [13]

k_3 – tuhost pružných lůžek

m_3 – hmotnost tlumiče

x_3 – souřadnice tlumiče

2 VELIČINY OVLIVŇUJÍCÍ JÍZDNÍ KOMFORT

Tato kapitola je věnována rozboru nejdůležitějších faktorů ovlivňujících jízdní komfort. Patří mezi ně především vibrace, hluk a teplotní pohodlí. Vibrace a hluk vznikají jako důsledek pracovního procesu automobilu. Při běžném provozu nedosahují takových hodnot, aby měly negativní vliv na naše zdraví, ale dokážou cestování ve vozidle znepříjemnit. Obzvláště při dlouhé jízdě. Na jejich velikost má největší vliv rychlost, jakou se vozidlo pohybuje a také terén, po kterém jede. Nelze se jich úplně zbavit, ale snažíme se jejich velikost snížit na co nejnižší přijatelnou hodnotu. K určení míry hluku, vibrací či teploty v kabině využíváme snímačů. Jejich přípustná hodnota je stanovena normami. [8] [2]

2.1 VIBRACE

Pod pojmem vibrace si lze představit mechanické kmitání a chvění prostředí. Působení vibrací se projeví, pokud body pružného tělesa nebo prostředí začnou konat oscilační pohyb vzhledem ke své referenční poloze. Vibrace se šíří určitým směrem, mají určitou rychlost, zrychlení, časový průběh, periodu a amplitudu. [11]

Vibrace souvisí s chodem strojů a strojních zařízení. Automobil, jakožto dopravní prostředek, je také zdrojem vibrací, které se přenášejí na posádku vozidla. Na člověka se mohou vibrace přenášet přímo ze zdroje vibrací, nebo nepřímo (např. prostřednictvím sedadla vozidla). Pokud nás zajímají vibrace z pohledu reakce na budicí frekvenci, tak se při provozu vozidla zabýváme vibracemi nanejvýš o frekvencích do 80 Hz. Způsoby, jakým se měří, a jejich přípustné hodnoty jsou detailně stanoveny normou ČSN ISO 2631-1. Při vyhodnocování naměřených dat využíváme poznatky z oblasti statistiky a pravděpodobnosti. U naměřeného spojitého spektra hodnot pracujeme se spektrální hustotou, což je hodnota zrychlení, která odpovídá amplitudě na frekvenčním pásmu, které má šířku 1 Hz. [11] [12] [14]

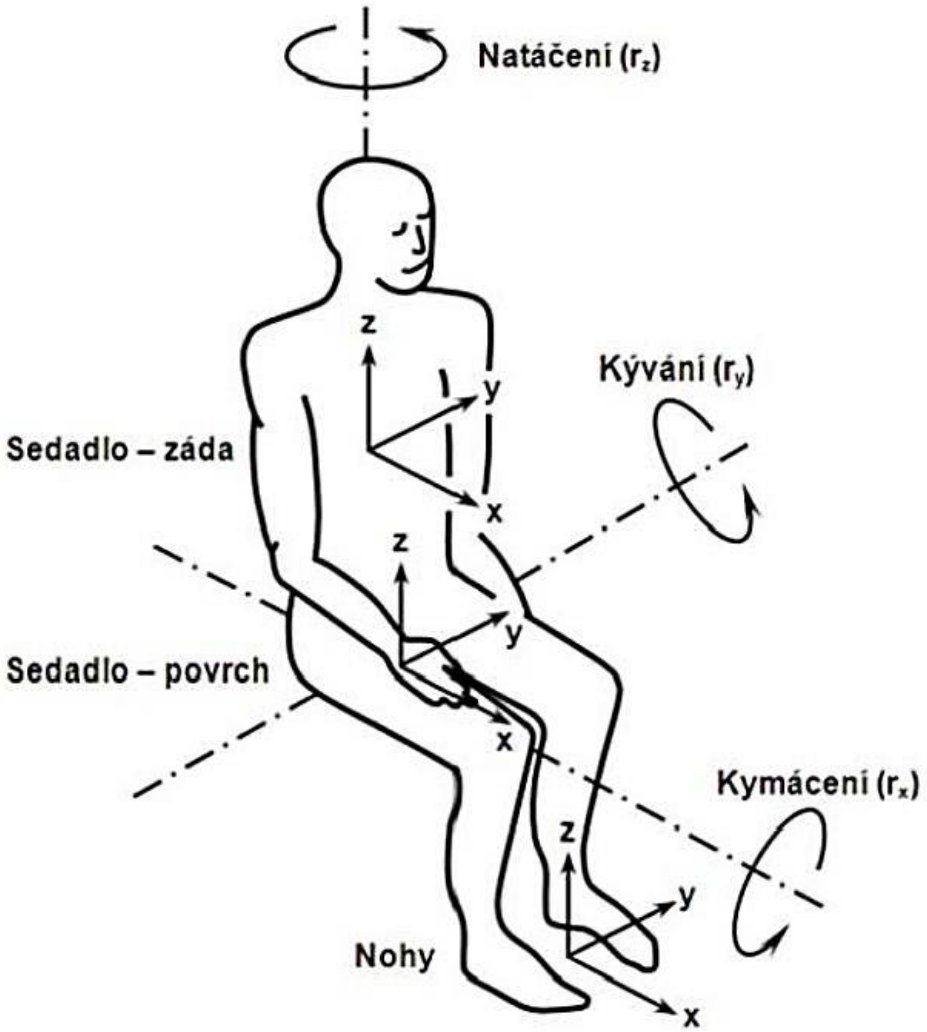
2.1.1 PŮSOBENÍ VIBRACÍ NA LIDSKÉ TĚLO

Člověk vnímá vibrace pomocí receptorů jako psychosomatický vjem. Receptory v těle zareagují na podnět a předají informaci dál do mozku pomocí nervového systému. Míra podnětu je určena charakteristickými vlastnostmi konkrétní působící vibrace, např. její frekvencí. Vibrace o frekvencích do 15 Hz pociťujeme pomocí ústrojí ve vnitřním uchu, které slouží k vnímání polohy hlavy a těla v prostoru, nebo pomocí receptorů, které se nachází např. v kloubech. K vnímání vibrací o vyšších frekvencích než 15 Hz slouží receptory ke snímání tlaku. Ty se nachází v lidské kůži. [11]

Působení vibrací, souvisejících s jízdou, se na lidském těle může projevit pomocí subjektivního pocitu jízdní nepohody nebo kinetózou. Pro jízdní bezpečnost jsou účinky vibrací velmi nebezpečné, protože mohou zpomalit reakční čas, způsobit únavu řidiče, rozostřit vidění nebo zhoršit úroveň soustředění. Tyto faktory jsou obzvláště nebezpečné při jízdě na dlouhou vzdálenost. Příznaky odezvy lidského organismu se mohou vyskytnout už i při krátkodobé expozici vibrací. V případě dlouhodobého a pravidelného působení může dojít také k trvalému poškození lidského zdraví. Účinek vibrací na horní končetiny může vyvolat hned několik problémů. Počínaje poškozením cév horních končetin, poškozením kloubního aparátu (převážně dlaňové a prstní kůstky) nebo poškození svalového aparátu. Všechny

zdravotní komplikace se mohou vyskytovat kombinovaně. Pokud je člověk vystaven dlouhodobému, pravidelnému a intenzivnímu působení vibrací (např. při výkonu pracovní profese), může dojít k tzv. onemocnění z povolání. Jedná se o trvalé poškození nervového systému, projevujícího se zbělením prstů na rukou. [11] [12]

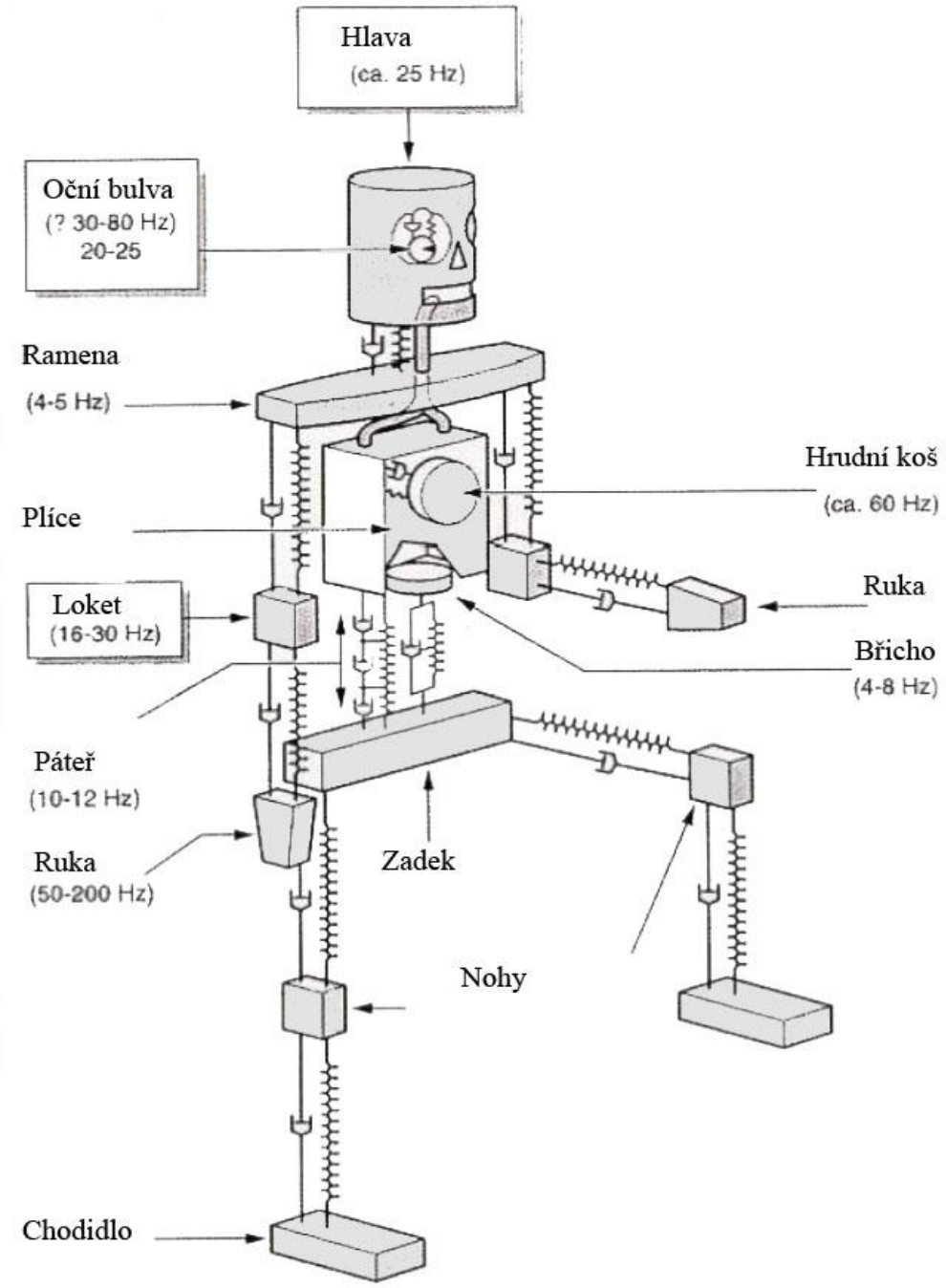
Podle norem rozlišujeme působení vibrací globálně na celé tělo, nebo lokálně na jeho jednotlivé části (ruce, nohy, hlava, trup atd.). Normy stanoví souřadný systém lidského těla pro určité pozice. Ten slouží ke zhodnocení směrových účinků působících vibrací. V našem případě se zajímáme o souřadnicový systém těla pro pozici vsedě. [12]



Obr. 7 Souřadnicový systém sedící postavy [12]

Při zkoumání vlivu vibrací na lidské tělo je třeba vzít v úvahu, že tělo je tvořeno více odlišnými částmi a každá reaguje na působení oscilačních jevů jinak. Proto nemůžeme tělo považovat za jeden celek. Tělo lze nahradit biomechanickým modelem, ve kterém má každá část ekvivalentní hmotnost a k celku je připojena pružicími a tlumicími prvky. Je třeba si uvědomit, že každá část těla má vlastní rezonanční frekvenci a té je zapotřebí se při působení vibrací vyhnout. Nikdy se nejedná o konkrétní hodnotu, ale o určitý rozsah. Důvodem je to, že lidské tělo není dokonale symetrické, a navíc, že žádní dva lidé nereagují na konkrétní zdroj vibrace úplně stejným způsobem. Nejvyšší rozsah vlastní rezonanční frekvence mají

ruce. Naopak nejnižší má břicho a ramena. Vlastní rezonanční frekvence jednotlivých částí jsou patrné z níže uvedeného obrázku. [4]



Obr. 8 Biomechanický model lidského těla [4]

Obzvláště nebezpečné jsou pro lidské zdraví následující rozsahy frekvencí:

Tab. 2 Nebezpečné rozsahy frekvencí [11]

Rozsah frekvence	Zdravotní riziko
2 Hz – 6 Hz	pro člověka, který sedí
4 Hz – 12 Hz	pro člověka, který stojí
12 Hz – 30 Hz	pro hlavu
30 Hz – 80 Hz	pro nervovou soustavu, cévy a oči
400 Hz – 600 Hz	rezonanční frekvence lebky

2.1.2 MĚŘENÍ VIBRACÍ

Primární veličinou, která se měří, je zrychlení. Translační zrychlení se vyjadřuje v metrech za sekundu na druhou, rotační v radiánech za sekundu na druhou. Snímač vibrací se nazývá akcelerometr. Pokud měříme akcelerometry zrychlení současně ve více osách, tak by jednotlivé snímače měly být umístěny co nejblíže u sebe. [12]

Vibrace se měří podle souřadnicového systému, jehož počátek je umístěn do bodu, kterým vibrace vstupují do lidského těla. Umístění a význam souřadnicového systému je patrný z obrázku 6. Snímač se musí umístit tak, aby se nacházel na rozhraní mezi lidským tělem a zdrojem vibrací. Přesné umístění oblasti, kterou vibrace do těla vstupují, nemusí být zcela zřejmé. Proto normy definují tři základní oblasti pro sedící osobu. Jsou jimi nosné plochy sedadla, opěradla a také nohou. Nosná plocha sedadla se nachází pod pánví člověka. Opěradlo má nosnou část v místě, ve kterém nejvíce podpírá záda. U nohou je to oblast, která podpírá chodidlo. [12]

Akcelerometry bývají umístěny ve speciálním držáku. Dynamický rozsah signálu musí být dostatečný pro zachycení nejvyšších i nejnižších signálů. Jednotlivé signály ze snímačů jsou nejprve filtrovány od šumu a následně zaznamenávány pro následnou analýzu. Analýza se provádí pomocí metody průměrování vibrací v průběhu času a v průběhu kmitočtových pásem. Doba měření musí být dostatečná, aby byla zajištěna přiměřená statistická přesnost výsledku. [12]

2.1.3 HODNOCENÍ VIBRACÍ

K hodnocení vibrací se nejčastěji využívá základní metoda, která spočívá ve výpočtu efektivní hodnoty zrychlení (root-mean-square method). Vypočet vážené efektivní hodnoty zrychlení a_w se provádí dle následujícího vztahu [12]:

$$a_w = \left[\frac{1}{T}\int_0^T a_w^2(t)dt\right]^{\frac{1}{2}} \tag{3}$$

$a_w(t)$ – vážená hodnota zrychlení, která je funkcí času

T – doba daného měření

Míru komfortu ve voze lze stanovit na základě velikosti zrychlení, a to následovně:

Tab. 3 Vliv zrychlení na jízdní komfort [12]

Zrychlení	**Komfort**
Menší než 0,315 m/s^2	nezhoršuje komfort
0,315 m/s^2 - 0,63 m/s^2	lehce zhoršuje komfort
0,5 m/s^2 - 1 m/s^2	zhoršuje komfort, ale stále je to přijatelné
0,8 m/s^2 - 1,6 m/s^2	zhoršuje komfort
1,25 m/s^2 - 2,5 m/s^2	velmi zhoršuje komfort
Vyšší než 2,5 m/s^2	nepřijatelně zhoršuje jízdní komfort

Byl zaveden hodnoticí faktor, zvaný činitel výkyvu. Činitel výkyvu je definovaný jako poměr maximální okamžité špičkové hodnoty zrychlení vůči vážené efektivní hodnotě zrychlení. Špičková hodnota se určuje za dobu měření, tedy za časovou periodu *T*. Činitel výkyvu nemusí nutně vyjadřovat mohutnost vibrací. Tento hodnoticí faktor lze využít k posouzení, zda tato základní metoda je vhodná k posouzení účinků vibrací na člověka. Pokud je hodnota činitele výkonu menší než devět, lze tuto základní metodu použít. Pokud ovšem není menší, tak musíme použít některou z jiných hodnoticích metod. [12]

Jednou z dalších metod je provozní základní metoda. Ta má výhodu v tom, že bere v úvahu občasné rázy. Poslední metodou je metoda čtvrté odmocniny dávky vibrace. Tato metoda je naopak velmi citlivá na špičkové výkyvy, ve srovnání s metodou základní. [12]

2.2 HLUK

Hluk je definovaný jako nežádoucí a rušivý zvuk. Zvuk jsou mechanicky generované vlny, jejichž frekvence leží mezi 16 – 20000 Hz, a lidské ucho je schopné je detekovat. Zvuk, který má frekvenci vyšší než 20000 Hz, se nazývá ultrazvuk. Oproti tomu zvuku s frekvencí nižší než 16 Hz říkáme infrazvuk. Ultrazvuk a infrazvuk jsou schopny rozeznávat některé druhy

zvířat. Člověk vnímá zvuk díky kolísání tlaku v lidském uchu. Lze tedy říct, že zvuk je časově závislý kolísavý signál. Příčinou existence hluku bývá často působení vibrací. [4] [11]

2.2.1 MĚŘENÍ HLUKU

Pro měření hluku využíváme přístroje zvané zvukoměry. V měřicích přístrojích je primárním snímacím prvkem vždy mikrofon. Existují různé typy mikrofonů, ale jednu věc mají všechny společnou. Každý obsahuje tenkou membránu, která se působením tlaku vzduchové vlny rozvibruje. Vibrace membrány jsou pomocí převodníku převáděny na elektrický signál, a ten se dále zpracovává. V závislosti na principu převodníku se mikrofony mohou klasifikovat na kondenzátorové, krystalové, elektrodynamické nebo uhlíkové. [4]

Hlavní veličinou, kterou při měření nejčastěji vyhodnocujeme, je hladina akustického tlaku. Vyjadřuje se v decibelech (název jednotky byl přidělen na počest A. Bella). Lze pomocí ní klasifikovat sílu zvuku. Hladina akustického tlaku se rovná logaritmu poměru dvou tlakových veličin. Přesněji logaritmu podílu naměřené hodnoty tlaku vůči referenční hodnotě tlaku. Referenční hodnota tlaku je 2.10^{-5} Pa, což odpovídá hodnotě prahu slyšitelnosti u mladého člověka. [4]

Vztah pro výpočet hladiny akustického tlaku má tvar [4]:

$$L = 20\, log_{10} \frac{p}{p_{ref}} \tag{4}$$

p – naměřená hodnota tlaku

p_{ref} – referenční hodnota tlaku

K vyhodnocení akustického prostředí uvnitř vozu se využívá také artikulační index. Ten hodnotí úroveň obtížnosti udržení konverzace za přítomnosti rušivého hluku. Stejný druh analýzy může být proveden za použití jiného indexu. Tím je index předpokládané úrovně rušení řeči. [4]

2.2.2 ÚČINKY HLUKU NA LIDSKÉ TĚLO

Hluk na nás působí dvěma způsoby. Buď působí přímo a poničí náš sluchový orgán, nebo působí nepřímo a může vyvolat onemocnění psychického charakteru. Při dlouhodobém vystavení hluku se lidské tělo zvuku částečně přizpůsobí a nevnímá ho v plné intenzitě. Pozorujeme, že se posune sluchový práh. Pokud jsme i nadále vystaveni hluku, tak dochází ke sluchové únavě. Ta se projeví třeba tím, že nejsme schopni rozeznávat změny hlasitosti působících faktorů. Ovšem i tohle je ještě proces vratný. Avšak pokud jsme dlouhodobě v prostředí, kde je hladina akustického tlaku vyšší než 85 dB, tak už dochází k odumírání buněk, což vede k degeneraci sluchu. Tento proces zasahuje i nervovou soustavu a je nevratný. Trvalé poškození sluchu nastane také v případě, že jsme vystaveni krátkodobému, ale intenzivnímu působení hluku (výbuch). Kritickou hodnotou akustického tlaku je hodnota okolo 160 dB. Při ní už nastává protržení ušního bubínku. [11]

2.2.3 ZDROJE HLUKU VE VOZIDLE

V jedoucím vozidle existuje mnoho zdrojů hluku. V závislosti na způsobu, jakým je hluk generován, ho lze rozdělit na dva základní typy. Na vzdušný a strukturální. Vzdušný hluk je ovlivněný aerodynamikou vozidla. Je generovaný interakcí pohybující se karosérie s okolním vzduchem. Značná míra hlukových emisí je způsobena zrcátky automobilu, která výrazně vybočují z celkové koncepce aerodynamiky zbytku karoserie. Strukturální hluk je emitován rezonancí jednotlivých součástí automobilu (prvky zavěšení, převodovky, interiéru apod.). Zvuky generované chladicím ventilátorem, výfukem, chodem motoru a pneumatikami lze považovat jako směs vzdušného a strukturálního hluku. [4]

2.3 TEPLOTNÍ POHODLÍ

Prostředí, ve kterém se člověk vyskytuje, se nazývá mikroklima. Mikroklima v interiéru automobilu působí velkou mírou na lidský organismus. Teplotní pohodlí může mít vliv i na únavu a rozrušenost řidiče. Mikroklima lze udržovat a upravovat pomocí klimatizačních, větracích a topných systémů. Do mikroklimatu interiéru lze zahrnout čistotu vzduchu, vlhkost, teplotu a rychlost proudění. [15]

Z hlediska bezpečnosti má největší význam vlhkost vzduchu a teplota. Vlhkost ovlivňuje míru zamlžení skel, a tím pádem zhoršení či úplné znemožnění viditelnosti z vozidla. Teplota má zase dopad na fyziologický stav organismu. Regulační centrum teploty lidského těla se nachází v hypotalamu. Ten řídí řadu různých fyziologických procesů tak, aby se teplota organismu stále udržovala na určité hodnotě (pro sedící osobu je typická teplota 36,8 °C). Čím více se teplota okolního prostředí liší od optimálního rozmezí, tím více lidskému tělu samovolnou regulaci teploty těla znepříjemňujeme. Při teplotě vyšší než optimální začne člověk pociťovat nepříjemné pocity a dlouhodobý pobyt člověka v tomto prostředí může způsobit přehřátí organismu. Prvním příznakem přehřátí organismu je nadměrné pocení. Přehřátí organismu může v krajním případě vyústit až ve ztrátu vědomí, což může mít z hlediska bezpečnosti katastrofální následky. Pokud je teplota prostředí dlouhodobě pod ideální teplotou organismu, nastává stav zvaný podchlazení organismu. Jeho prvotním příznakem je třes těla. [15] [4]

2.3.1 IDEÁLNÍ PODMÍNKY MIKROKLIMATU

Měla by být zajištěna pravidelná výměna vzduchu. Přibližně 0,5 m^3/min na jednu osobu ve vozidle. V létě by měla být výměna vzduchu mnohem intenzivnější než v zimním období. Dále by se měla dodržet maximální koncentrace složek vzduchu (prach do 0,001 g/m^3, oxid uhličitý do 0,17 %, oxid uhelnatý do 0,01 %). Za ideální teplotu vzduchu je považována teplota v rozmezí 18 – 22 ℃. Pokud má vzduch tuto teplotu, tak by měl cirkulovat rychlostí až 0,4 m/s. Optimální rozmezí jeho relativní vlhkosti je 40 – 60 %. [15]

2.3.2 KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Zařízení sloužící ke snižování teploty vzduchu a také k regulování jeho relativní vlhkosti. Schopnost regulovat relativní vlhkost je velice důležitá z pohledu bezpečnosti, protože jsme

schopni předejít nežádoucímu zamlžení oken. Pokud máme ve voze teplotu vzduchu nižší než 18 ℃, tak není problém dosáhnout ideálních podmínek pomocí klasického topného a větracího systému. Klimatizace tedy není ani potřeba. Avšak problém nastává, pokud teplota překročí 22 ℃ nebo pokud hodně vzroste relativní vlhkost. Abychom v tomto případě docílili ochlazení nebo také odvlhčení vzduchu, musíme využít klimatizační zařízení. Klimatizace může být buď manuálně nastavitelná, anebo automatická. Automatická klimatizace nachází uplatnění především v autobusech a prostředcích hromadné dopravy, protože řidič pociťuje mikroklima pouze v přední části, nikoliv v zadní v prostoru pro cestující. Princip funkce klimatizačního zařízení je takřka totožný jako princip ledničky. Hlavní části zařízení jsou kompresor, expanzní ventil, výparník a kondenzátor. [15]

2.3.3 VĚTRACÍ SYSTÉM

Úkolem větrání je zajistit čistotu vzduchu a odvod tepla. Minimální hodnota přívodu čerstvého vzduchu do kabiny je 45 m^3/h na osobu, a to jak pro pohybující se automobil, tak také pro stojící. Větrání přisává pouze vzduch z okolí automobilu. Přisávaný vzduch je filtrován od prachových částic. Neměl by obsahovat žádné pachy, výfukové plyny a ani škodlivé látky. Přívody vzduchu jsou v interiéru situovány vpředu v oblasti palubní desky. Musí zajistit přísun čerstvého vzduchu rovnoměrně na celého člověka, ale také přísun vzduchu k čelnímu oknu kvůli odmlžení. Otvory odvodu vzduchu se nachází v zadní části interiéru. Systém větrání je přetlakový. Přetlak v kabině oproti okolnímu prostředí je přibližně 30 Pa. Větrací systémy jsou dvojího typu – náporové a s nucenou cirkulací. U náporových větracích systémů bývá nasávání vzduchu umístěno pod čelním sklem, protože je to místo, ve kterém je největší přetlak. Pokud jde o systém s nuceným prouděním, tak u něj bývá vzduch přisáván ventilátorem. Na většině vozidel se oba druhy kombinují. Od větrání pomocí otevření okének se v poslední době upouští, protože vyvolá ve vozidle podtlak. Také proto, že díky otevřeným okénkům dochází k vnikání hlukových emisí do kabiny. [15]

2.3.4 VYTÁPĚCÍ SYSTÉM

Slouží k zajištění optimální teploty prostředí pro lidský organismus. Rozvod topného systému bývá stejný jako rozvod pro větrání. Přívod teplého vzduchu musí být zajištěn prioritně na chodidla a dolní končetiny, na horní část a hlavu už nemusí být přívod tak intenzivní. Dále musí být systém regulovatelný minimálně do dvou směrů. Na chodidla a na okenní výfuky. Dle normy ČSN 30 0535 nesmí teplota vzduchu, vycházejícího ze vstupních otvorů, překročit 40 ℃. Taky musí být splněno, že při venkovní teplotě -15 ℃ je vytápěcí systém schopen vytopit vnitřní prostředí vozu na teplotu +18 ℃. [15]

Vytápěcí systémy lze rozdělit na dva základní typy. Na systém závislý a nezávislý. Závislý systém ohřívá vzduch pomocí přebytečného tepla od motoru. Tento systém je velmi jednoduchý z hlediska konstrukce, ale má jednu velkou nevýhodu. K jeho chodu je zapotřebí chod motoru. Tento systém nezačne topit hned po nastartování motoru, nýbrž až po jeho zahřátí na optimální teplotu. Nezávislý systém má svůj vlastní zdroj tepla, takže není nutností, aby pro jeho funkci musel být v chodu motor. Teplo vzniká spalováním paliva a pomocí ventilátoru je vháněno do vozu. Nezávislý topný systém se u osobních automobilů zpravidla moc nevyužívá. [15]

3 KOMFORT V KABINĚ ŘIDIČE

Jízdní ergonomika popisuje prostředí, ve kterém se člověk ve vozidle nachází, a to jakým způsobem na něho fyzicky či duševně působí. V interiéru lze posuzovat mnoho ergonomických záležitostí. Mezi hlavní patří zajištění správného sezení a podpěry těla, možnost co možná nejlepšího výhledu z vozidla, správné vytvoření vhodných ovládacích prvků a jejich dostupnost, optimalizace ovládacích sil. [15]

3.1 SEZENÍ

Nejen pouze vlastní sedák, který podpírá řidičovo tělo, ale i celkové rozvržení prostoru a samotné umístění sedadla má vliv na komfort v kabině vozu. Při navrhování je třeba dodržet minimální a maximální vzdálenosti pro zajištění pohodlného a správného sezení.

3.1.1 ROZVRŽENÍ PROSTORU

Samotné rozvržení interiéru zajištuje pohodlné sezení cestujících. Při navrhování interiéru vozidla je nejpodstatnější správně navrhnout polohu umístění řidiče a zaručit z této pozice dobrou dostupnost ovládacích prvků automobilu, mezi které patří prioritně pedály, řadicí páka a volant. Při návrhu se nejprve vychází z dvourozměrné kreslicí šablony a pro měření se následně využívá trojrozměrná figurína. [15]

VELIKOSTNÍ SKUPINY

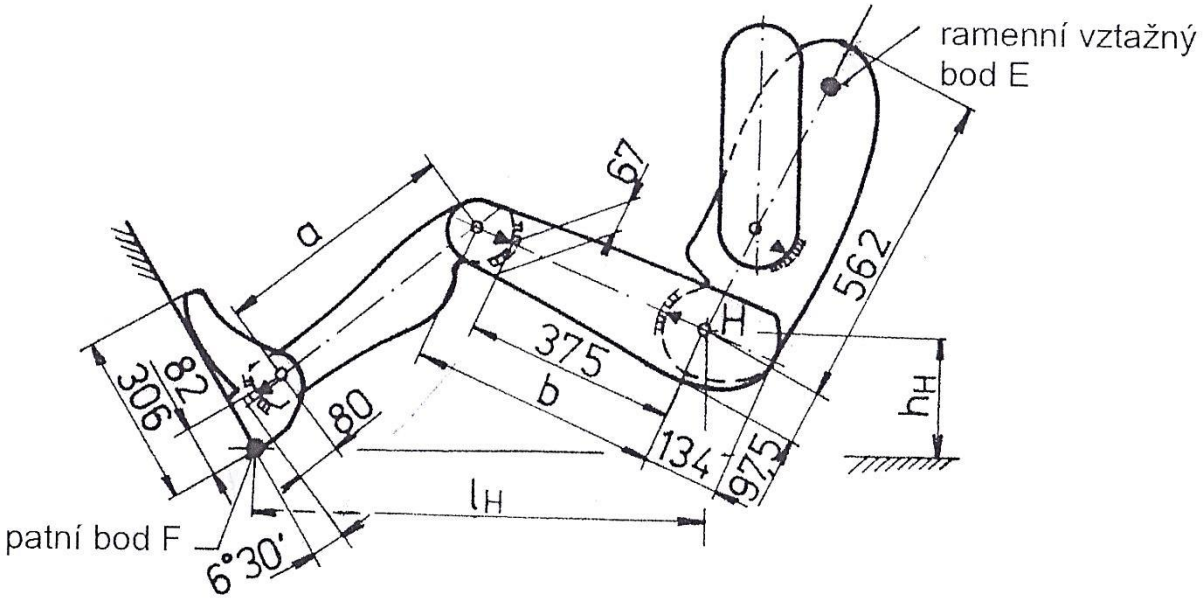
Jelikož rozměry jednotlivých částí lidského těla se v populaci mezi sebou výrazně liší, tak byly na základě statisticky zpracovaných dat a antropometrických poznatků (antropometrie je věda zabývající se lidskými rozměry) sestaveny tzv. velikostní skupiny. V kreslicí šabloně vycházející z normy ČSN 30 0725 jsou stanoveny velikostní rozměry pro tří velikostní skupiny. Pro skupinu populace 10 %, 50 % a 90 %. Procentuální hodnota před velikostní skupinou udává, kolik procent z celkové populace má rozměry menší. Takže skupina populace 90 % říká, že 90 % populace má rozměry menší a naopak 10 % je má větší. [15]

KRESLICÍ ŠABLONA

Patřičné rozměry v dvourozměrné kreslicí šabloně udává příslušná norma. Některé rozměry jsou stanoveny pevně a jiné jsou naopak proměnné v závislosti na volbě velikostní skupiny. Existuje více norem popisujících kreslicí šablonu. My budeme vycházet z normy ČSN 30 0725. V této šabloně nalezneme dva charakteristické body H a F. Bod H znázorňuje polohu kyčelního kloubu a je považován za vztažný bod sedění. Tento bod se nachází na těle osoby. Bod F se nachází v místě dotyku paty nohy s podlahou vozu. Tento bod je spojen s automobilem. Pokud změříme na vodorovné a na svislé ose vzájemnou polohu těchto bodů, tak můžeme pomocí těchto dvou naměřených hodnot stanovit polohu sedící osoby. [15]

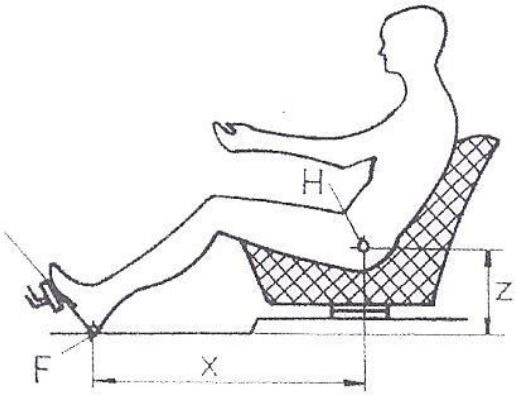
Tab. 4 Rozměry dle velikostní skupiny pro kreslicí šablonu [15]

Rozměr [mm]	**Velikostní skupina**		
	10 %	50 %	90 %
a	390	417	444
b	408	432	456



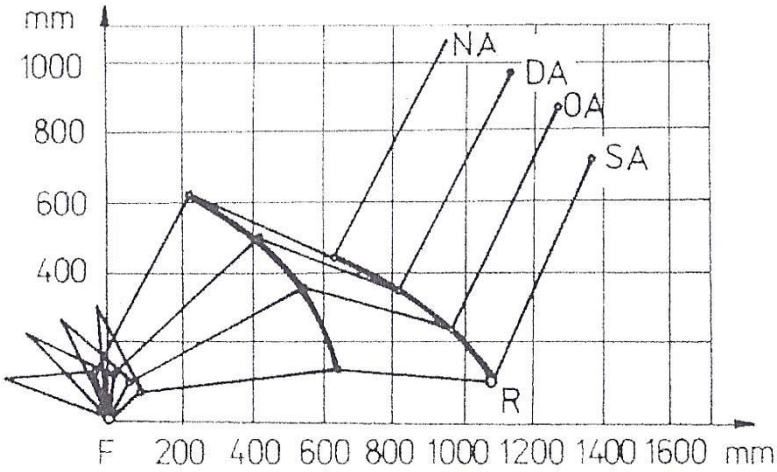
Obr. 9 Kreslicí šablona podle normy ČSN 30 0725 [15]

Popis polohy sedící osoby pomocí dvou souřadnic je patrný z tohoto obrázku:



Obr. 10 Poloha sedící osoby určená dvěma souřadnicemi [15]

Kromě bodů H a F můžeme zavést další charakteristický bod R. Tento bod se nazývá vztažný bod sezení. Pokud sedadlo nastavíme do co nejvzdálenější polohy a co nejníže, tak v této poloze sedadla v místě bodu H se bod R nachází. Bod R ale není spojen s člověkem, nýbrž je spojen s vozidlem. Pomocí polohy bodů R a F můžeme popsat polohu sedadla. Poloha sedadla se ovšem výrazně liší podle toho, o jakou kategorii automobilu se jedná. [15]

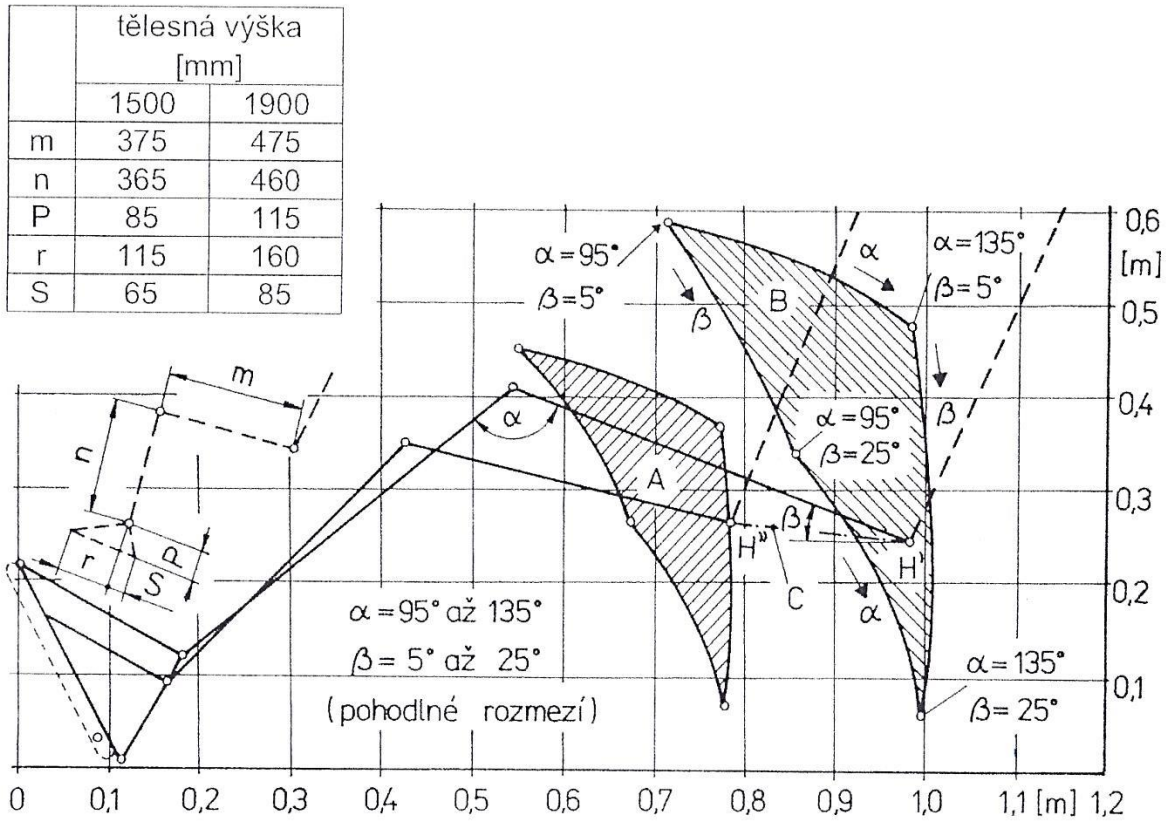


Obr. 11 Poloha sedadla podle typu automobilu (NA - nákladní; DA - dodávka; OA - osobní; SA - sportovní [15]

Tab. 5 Rozsah posuvu sedadel a jeho výška podle kategorie vozu [15]

Kategorie automobilu	Výška bodu R nad bodem F [mm]	Možný posuv sedadla [mm]
Sportovní	100 – 200	180 – 250
Osobní	180 – 300	160 – 200
Dodávka	300 – 400	120 – 160
Nákladní	350 - 500	100 – 130

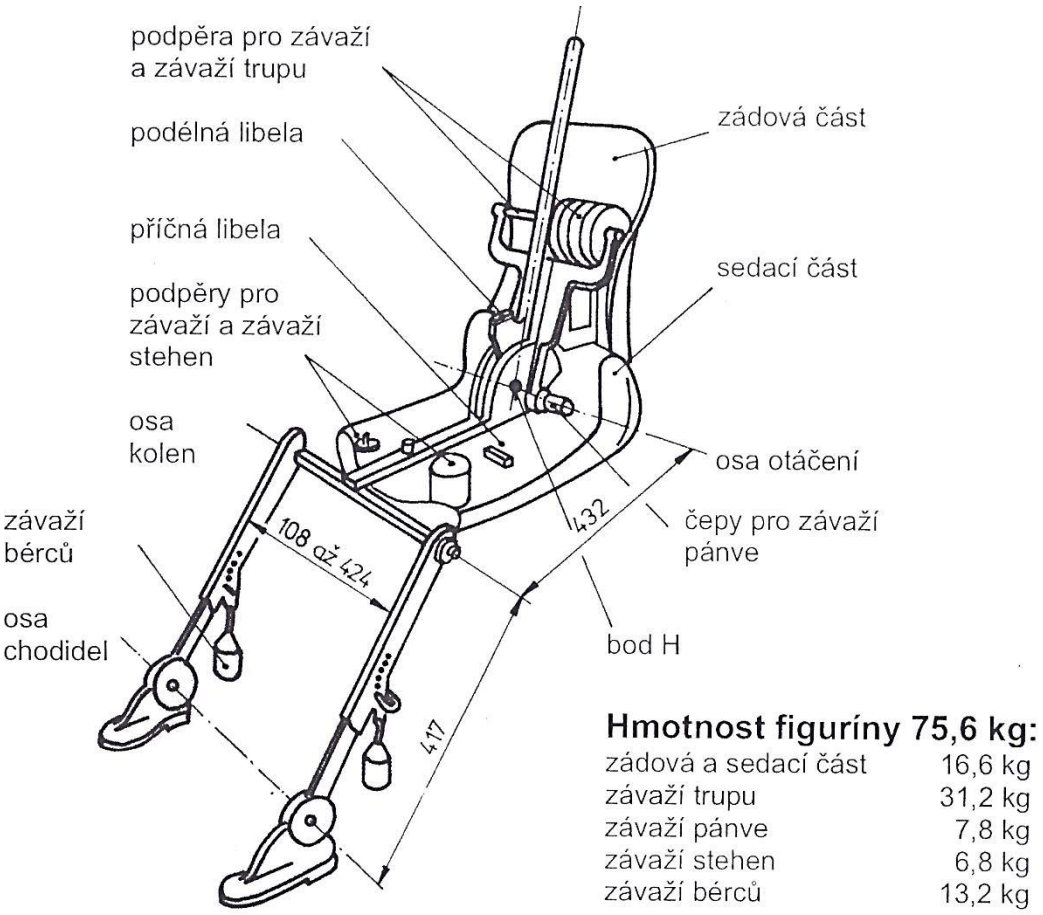
Polohu sedadla si obvykle můžeme přizpůsobit na parametry své postavy pomocí horizontálního a vertikálního posuvu, pomocí sklonu opěradla a nastavením hlavové opěrky. S použitím kinematického modelu lidského těla byl sestrojen diagram, který znázorňuje možné oblasti pro nastavení sedadla. [15]



Obr. 12 Možné nastavení polohy bodu H pro výšku člověka 1,5 m a 1,9 m [15]

FIGURÍNA

Figurínu používáme až k samotnému měření ke kontrole navržených parametrů. Slouží především k určení skutečné pozice bodu H. Podle normy ISO 6549 jsou dány rozměry figuríny pro velikostní skupiny 10 %, 50 % a 90 %. Kostra figuríny je tvořena částmi, jejichž rozměry jsou nastavitelné pro dané velikostní skupiny. Na jednotlivé části se dále připevňují závaží o specifické hmotnosti. [15]



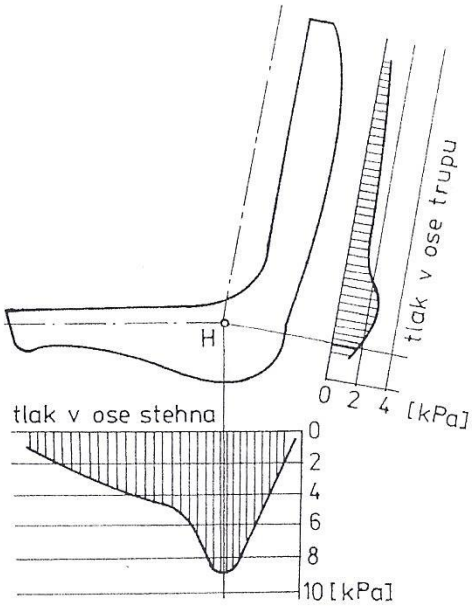
Obr. 13 Třírozměrná figurína pro velikostní skupinu 50 % [15]

3.1.2 SEDADLO A OPĚRKA HLAVY

SEDADLO

Slouží jako podpěra těla a přenáší velkou část jeho tíhy. Tělo sedadla je tvořeno ocelovým svařencem s drátěným výpletem. Na něj jsou přidělány vložky z polyuretanové pěny. Tělo s vložkami je obaleno textilní vrstvou připevněnou k tělu. Následně je celý sedák očalouněn látkou. Tato látka by měla být lehce omyvatelná a zároveň prodyšná. Sedadlo může take obsahovat topné vložky, pomocí kterých může být sedák vyhříván. Vyhřívání zlepšuje míru komfortu. [15]

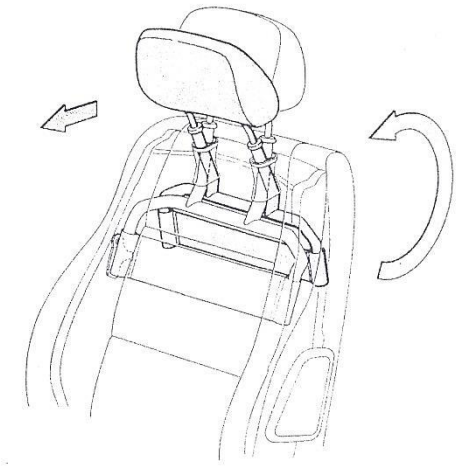
Sedadlo by mělo být správně tvarované, mělo by co nejlépe tlumit vibrace a být prodyšné. Také by mělo mít boční opěrky, které drží tělo v ideální poloze při jízdě zatáčkou nebo boční bouračce. Součástí sedadla bývají i hlavové opěrky. Sedadlo by mělo největším tlakem podpírat malou oblast pod pánevní kostí (okolí bodu H) a ostatní oblasti už méně. Samotné opěradlo by také mělo být tvarováno dle zakřivení páteře. [15]



Obr. 14 Ideální rozložení tlaku na sedadle [15]

OPĚRKY HLAVY

Opěrkami hlavy už jsou běžně vybavena sedadla převážné většiny automobilů. Nutností je, aby se u opěrek mohla nastavovat jejich výška, popř. naklopení. Opěrky mají za úkol zabránit zlomení vazu při setrvačném pohybu těla a hlavy směrem zpět k sedadlu po nárazu. Ovšem i přes existenci opěrek je při čelním nebo zadním střetu hlava a krční páteř namáhána obrovskou silou. Dochází tak k cévním a nervovým poškozením. Byl proto vynalezen systém aktivních opěrek, který přispěl k eliminaci výskytu poranění tohoto typu při nárazu zezadu. Tento systém, který vynalezla automobilka Opel, pracuje na mechanickém principu. V okamžiku, kdy dojde k nárazu, je opěrka díky vzniklému tlaku těla do sedadla vysunuta směrem dopředu a zároveň nahoru. [15]



Obr. 15 Aktivní opěrka hlavy [15]

OPTIMÁLNÍ NASTAVENÍ

Opěradlo sedadla by mělo v ideálním případě svírat se sedákem úhel 95° - 100°, a to z toho důvodu, že v takové poloze řidič vnímá chování automobilu na základě citu v oblasti pánve, která je nejcitlivější. Řidič tedy nejvíce pociťuje, co se s jeho autem aktuálně děje. Pokud se opěradlo sklopí více, tak je větší riziko, že dojde k mikrospánku řidiče nebo k únavě jeho organismu. Toto riziko je obzvláště velké při cestování na dlouhé vzdálenosti. Při velkém sklonu opěradla může v případě nehody dojít také k uškrcení řidiče o horní popruh bezpečnostního pásu. Výškové nastavení sedadla je nejvíce důležité při dlouhých jízdách. Po delší době strávené za volantem se při nesprávném nastavení mohou přestat prokrvovat dolní končetiny. Optimální výškové nastavení je takové, že pod stehnem na úrovni hrany sedáku bez problému prostrčíme dlaň. Mezi hlavou a střechou by měla být zachována cca 7cm mezera, protože tělo se v případě nehody mírně pohybuje také směrem vzhůru. Ideální nastavení opěrky hlavy je takové, když nejvyšší bod hlavy je 5 cm pod úrovní horního konce opěrky. [16]

3.2 OVLÁDACÍ PRVKY

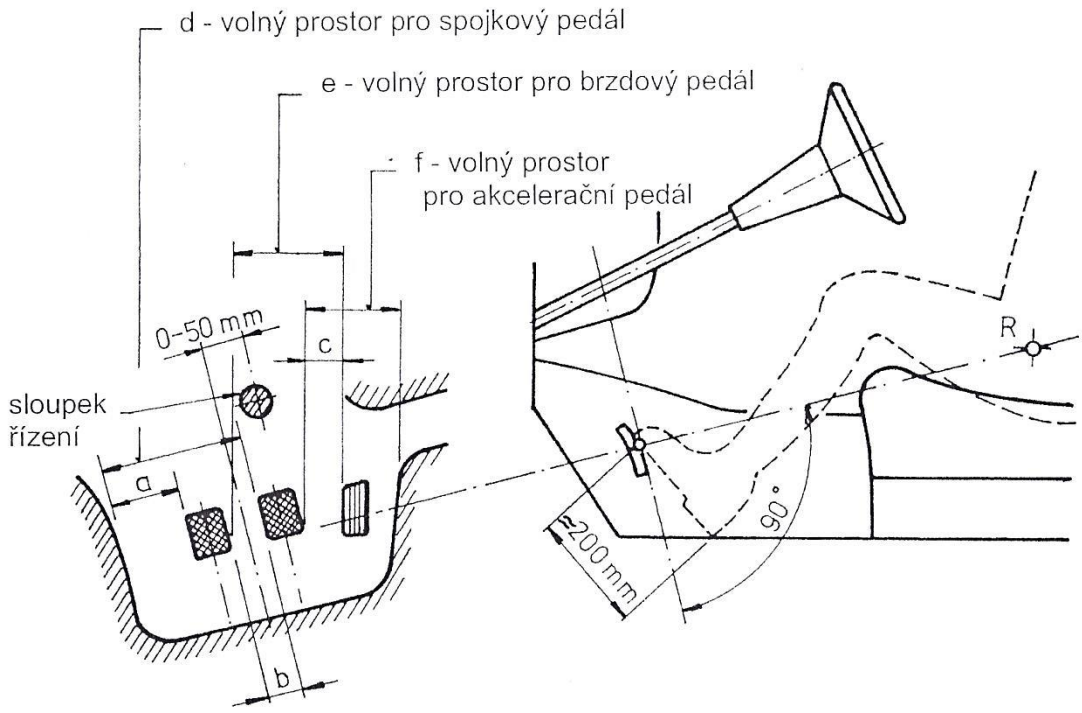
Je potřeba zajistit umístění ovládacích prvků tak, abychom mohli vozidlo bezproblémově ovládat. U volantu, pedálů a řadicí páky je kladen důraz především na jejich polohu a tvar. U dalších ovladačů je kromě polohy a tvaru důležitá také jejich snadná rozpoznatelnost. K té napomáhá barevná odlišnost, symbolické označení, jas a kontrast. Abychom zaručili bezpečné a pohodlné ovládání vozidla, je třeba mít nejprve optimálně nastavený sedák pro svou postavu. [15] [16]

3.2.1 VOLANT

Z hlediska správné funkce airbagů je důležité, aby byla zachována správná vzdálenost mezi hrudníkem řidiče a volantem. Minimální vzdálenost je 25 cm. Pokud není vzdálenost dodržena, tak se řidič může těžce zranit v případě nehody. Vzdálenost určíme snadno způsobem, že sedíme tak, abychom byli stále zapření zády do sedadla, a položíme natáhlou ruku na volant. Pokud leží naše zápěstí na volantu, tak je vzdálenost dodržena. Kromě této vzdálenosti je taky důležité, jak volant držíme. V případě nehody může při špatném držení dojít ke zlomení horních končetin. Přestože se dříve doporučovalo držení v poloze „za deset dvě“, tak v dnešní době už je přípustná pouze pozice držení „třičtvrtě na tři“. Je to z toho důvodu, že při nehodě se ruce nezlomí, dále máme možnost většího otočení volantem bez přehmatu a taky na něj působíme maximálním momentem. [16]

3.2.2 PEDÁLY

Pedály jsou namontovány na ocelovém svařenci. Plynový a spojkový pedál bývá v dnešní době již výlisek z plastu. Brzdový je ovšem stále vyráběn jako svařenec z ocelových výlisků. Již při samotném návrhu pedálového prostoru je potřeba dodržení patřičných vzdáleností, udávaných normou DIN 73 001. [15]



Obr. 16 Rozvržení pedálového prostoru [15]

Tab. 6 Rozměry pro návrh pedálového prostoru [15]

Rozměr	**a**	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**
Velikost [mm]	120	min. 100	min. 60	160	min. 150	min. 140

Sedadlo by mělo být nastaveno tak, že pokud zároveň sešlápneme brzdu a spojku, nohy by ještě měly být částečně pokrčeny. Je to z důvodu, abychom dokázali v případě nouze tlačit na brzdu maximální možnou silou. Pokud jsou nohy částečně pokrčeny, tak v případě nehody zmírníme zranění v oblasti pánevní. [16]

3.2.3 ERGOSFÉRA

Egrosféra popisuje prostor, ve kterém řidič v obvyklé pozici může manipulovat s ovládacími prvky. Velikost egrosféry do jisté míry závisí na rozměrech člověka. Ovládacích prvků je ve voze opravdu hodně, a tak byly podle důležitosti a toho, jak často je využíváme, rozděleny do určitých skupin: [15]

I. Důležité prvky, které lze ovládat, aniž bychom museli pustit volant.
II. Také důležité prvky, avšak nejsou tak často využívány. Nachází se v blízkosti volantu.
III. Relativně dobře dosažitelné prvky, avšak méně důležité.
IV. Pro jejich obsluhu musí řidič změnit svou polohu. Prvky využívané minimálně.

FUNKCE	OVLÁDÁNÍ	
	ČASTO	MÉNĚ ČASTO
podélný pohyb	- řazení	
výstraha a signalizace	- ukazatel směru	- výstražné zařízení - zvuková, světelná signalizace
vidění	- světlomety (za snížené viditelnosti - tlumení) - stěrače I	- světla - zapnutí, vypnutí - sluneční clona - ostřikovač skel - odmrazování oken - odmlžování skel - vytápění zadního skla - světla do mlhy II
pohodlí	IV	III - vytápění - větrání - klimatizace - popelník - zapalovač cigaret - rádio - otvírání oken
sedění	- zadržovací systém	- zpětné zrcátko (vnitřní, vnější) - poloha sedadla
spouštění a zastavování motoru	- otvírání a zavírání dveří - zámek zapalování - parkovací brzda	

během jízdy

při stání

Obr. 17 Rozdělení ovladačů do skupin dle priority [15]

3.3 OSTATNÍ FAKTORY

Je řada dalších faktorů ovlivňujících komfort a bezpečí ve vozidle. Patří mezi ně především výhled z vozidla a oslnění řidiče.

3.3.1 VÝHLED

Z pohledu řidiče rozlišujeme přímý výhled vpřed a nepřímý výhled vzad pomocí zpětných zrcátek. Tyto dva druhy výhledu ovšem nepokryjí celkové zorné pole, jak bychom potřebovali. Existuje tzv. mrtvý úhel. Pokud se v tomto úhlu nachází nějaký objekt, tak ho nezpozorujme. Vhodnou konstrukcí vozidla se tento úhel snažíme minimalizovat. V dnešní době už ovšem existují a dále se vyvíjí bezpečnostní systémy, které automaticky detekují, že se v mrtvém úhlu vyskytuje objekt, a informují nás o tom např. rozsvícením varovné kontrolky na zpětném zrcátku. Dále nám zorné pole zmenšují dveřní a okenní sloupky, rám

předního okna a kapota. K zajištění stálého výhledu z vozidla využíváme stíracích, ostřikovacích, odmlžovacích a odmrazovacích systémů. [15]

3.3.2 OSLNĚNÍ

Faktorů, které nás při noční jízdě mohou oslnit, je značné množství. Krátkodobé, avšak velmi intenzivní, je oslnění dálkovými světly od protijedoucího automobilu. Abychom situaci, kdy řidič protijedoucího automobilu omylem zapomene přepnout dálková na potkávací světla, předešli, tak se vyvíjí bezpečnostní systém, který rozpozná blížící se automobil nebo to, že vjíždíme do osvětlené oblasti (obec), a dálková světla automaticky přepne na potkávací. Při dlouhé jízdě je ovšem mnohem nebezpečnější dlouhodobé oslnění, ačkoliv není tak moc intenzivní. Vyžaduje totiž zvýšenou soustředěnost řidiče, což vede k jeho únavě a vyčerpání. Zdrojů tohoto oslnění může být mnoho. Samotné osvětlení indikátorů na palubní desce nás může oslňovat, proto je u novějších automobilů možnost jeho intenzitu regulovat. Pokud má řidič před námi zapnutá mlhová světla, i když to venkovní podmínky nevyžadují, tak nás oslňují mnohem více než s potkávacími, a z toho důvodu se musíme mnohem více soustředit. Nepříjemný je také odraz světel automobilu za námi ve zpětném zrcátku. Z tohoto důvodu se vyvíjí systém automatického zatmívání zpětného zrcátka. Systém automaticky zatmaví zrcátko v případě, že detekuje nadměrné oslnění. [17] [18]

4 KOMFORTNÍ PODMÍNKY A OPTIMÁLNÍ NASTAVENÍ NA VOZE ŠKODA OCTAVIA

Tato kapitola je zaměřena na zhodnocení komfortních podmínek konkrétního typu automobilu. Jsou zde příklady optimálního nastavení sedadla pro bezpečnou jízdu a také pro různé jízdní režimy. Hodnotil se již poměrně starší model automobilu. Byla jím Škoda Octavia první generace, r. v. 1997. Automobil jsem hodnotil já jakožto muž vyššího vzrůstu (196 cm), tudíž z pohledu velikostní skupiny 90 %.

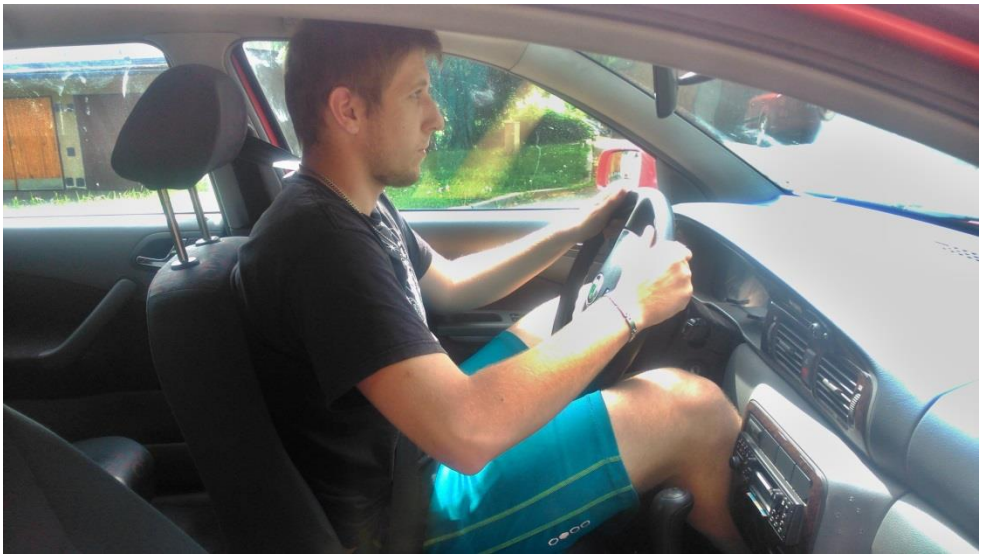
4.1 NASTAVENÍ SEDADLA

Správně nastavená poloha sedadla je základem pro bezpečnou a komfortní jízdu. Pokud sedíme ve správné poloze, tak docílíme také maximální ovladatelnosti vozu. Nastavení sedadla závisí také na jízdním režimu. Je jasné, že nastavení pro sportovní jízdu se bude od nastavení pro komfortní dlouhodobou jízdu výrazně lišit.

4.1.1 POSUV A SKLON

Na níže uvedených obrázcích jsou znázorněny dva případy nesprávného sezení. V prvním případě je chybně nastavený sklon opěradla. Úhel sklonu je mnohem větší než 100°. Řidič za volantem téměř leží. Aby dosáhl na volant, tak se musí přikrčit, a není ani opřený celou plochou zad. Kromě toho, že hrozí v případě nehody uškrcení o pás, tak tato poloha způsobuje bolesti zad. V druhém případě je řidič posunut moc vpředu, není tak docílena minimální vzdálenost mezi hrudníkem a volantem. Třetí obrázek znázorňuje ideální nastavení.

Obr. 18 Sedadlo je posunuto moc vzadu a opěradlo je příliš sklopeno



Obr. 19 Sedadlo je posunuto příliš vpředu

Obr. 20 Optimální nastavení sedadla

4.1.2 OPĚRKA HLAVY

Opěrka by měla správně přesahovat nad vrchním koncem hlavy, avšak v mém případě, pokud je člověk vyššího vzrůstu, je optimální nastavení takové, že opěrka je vysunuta do maximální možné polohy.

Obr. 21 Optimální nastavení opěrky hlavy

4.1.3 SPORTOVNÍ VS. KOMFORTNÍ JÍZDA

Pro sportovní jízdu se mi jeví jako vhodné nastavení, pokud je opěradlo hodně vzpřímené a sedák je v co nejnižší poloze u podlahy. Vyhovuje mi také, pokud mám sedák posunut blíže k volantu. Pro komfortní nastavení při cestování na dlouhé trasy si sedák posouvám více dozadu a opěradlo si sklápím pod větším úhlem.

Obr. 22 Nastavení sedadla pro sportovní jízdu

Obr. 23 Nastavení sedadla pro komfortní jízdu

4.2 VOLANT

Na obrázku je znázorněn postup, jakým jsem určil, že se poloha mého sedadla nachází ve správné vzdálenosti od volantu (že je dodržena minimální vzdálenost 25 cm mezi hrudníkem a volantem). Další obrázek znázorňuje správné držení volantu v poloze „třičtvrtě na tři“.

Obr. 24 Správná vzdálenost od volantu

Obr. 25 Správné držení volantu

4.3 ROZMÍSTĚNÍ OVLADAČŮ

Rozmístění většiny ovladačů se mi jeví jako vhodné. Jediné, co bych vytknul, je to, že ovladače větrání a topení jsou umístěny moc nízko na palubní desce. Člověk musí při jejich obsluze relativně hodně měnit svou polohu, což není z pohledu komfortu a bezpečnosti jízdy zrovna ideální. Připadalo by mi vhodnější, kdyby byly ovladače umístěny výše zhruba na úrovni autorádia.

Obr. 26 Rozmístění ovladačů

4.4 VÝHLED

Výhled z Octavie má jednu velkou slabinu. Touto slabinou je nadměrná šířka předního okenního sloupku. Jeho velká šířka zužuje šířku zorného pole řidiče. Osobně tuto slabinu pociťuji nejvíce na křižovatkách, kdy se musím častokrát naklonit, abych získal přehled o okolní situaci.

Obr. 27 Příliš široký přední okenní sloupek

ZÁVĚR

Bakalářská práce je věnována charakteristice jízdního komfortu. Jsou zde rozebrány jednotlivé konstrukční prvky automobilu, které komfort nejvíce ovlivňují. Jízdní pohodlí má vliv na řidičovo chování, a tím pádem ovlivňuje také bezpečnost.

Míru jízdního komfortu lze popsat na základě vyhodnocení charakteristických veličin působících v kabině vozidla. Těmito veličinami jsou vibrace, hluk a v neposlední řadě také teplotní pohodlí. Jsou zde popsány metody, jakými se charakteristické veličiny měří, a také jejich přípustné hodnoty.

Samotné rozmístění ovládacích prvků a rozvržení prostoru při návrhu interiéru vozidla má velký vliv na jízdní pohodlí. Mezi nejvíce důležité oblasti patří správné nastavení polohy sedadla, zajištění dosažitelnosti ovladačů, ale například také zajištění co nejlepšího výhledu z vozidla. V současné době se vyvíjí také velké množství bezpečnostních systémů, které nám jízdu usnadňují a tvoří ji bezpečnější.

Poznatků, které jsem získal v průběhu psaní této práce, bylo využito k charakteristice komfortních podmínek a docílení optimálního nastavení na konkrétním typu automobilu. Bylo zde provedeno ideální nastavení sedadla na moji osobu. Přičemž jsou zde také ukázány příklady nesprávného nastavení. Dále jsem se zde zabýval vhodným nastavením opěrky hlavy, správným držením volantu, výhledem z vozidla a také jsem posuzoval, zda je rozmístění ovladačů v kabině vhodné či nikoliv.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

[1] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily (1): Podvozky*. Brno: Avid, spol. s r.o., 2009. ISBN 978-80-87143-11-7.

[2] SMETANA, Ctirad et al. *Hluk a vibrace: meření a hodnocení*. Praha: Sdělovací technika, 1998. ISBN 80-901936-2-5.

[3] GILLESPIE, T. D. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992. ISBN 1-56091-199-9.

[4] GAMEIRO DA SILVA, M. C. Measurements of comfort in vehicles. *Measurement Science and Technology*. 2002, (6).

[5] LAKUSIC, Stjepan, Marijan BOGUT a Miroslav SIMUN. Influence of city road surface on vehicle vibration. *Proceedings of International Congress on Sound and Vibration*. 2008, (15).

[6] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80- 238-5274-4.

[7] SUCHÝ, J. *Měření poddajností zavěšení kol.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 111 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Porteš, Dr..

[8] MIŠUN, Vojtěch. *Vibrace a hluk*. 2. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2005. ISBN 80-214-3060-5.

[9] KRUCZEK, Aleš. *Řízení aktivního tlumení pérování automobilu*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra řídicí techniky, 2003. Diplomová práce.

[10] VOTRUBEC, Radek. *Globální charakteristika tlumiče*. Liberec: Technická Univerzita Liberec, Fakulta mechatroniky a mezioborových studií, 2005. Teze disertační práce.

[11] Vibrace a hluk: Úvod do vibroakustiky, vliv vibrací a hluku na člověka. *Biomechanika 2* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://biomechanika.fme.vutbr.cz/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=91%3Azakladni-veliciny&id=4%3Afrvs_stodola&Itemid=96&lang=cs

[12] ČSN ISO 2631 - 1. *Vibrace a rázy - Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím - Část 1: Všeobecné požadavky*. 1994. Praha: Český normalizační institut.

[13] PRAŽÁK, František. *Diagnostika závěsu kola*. Brno, 2006. Dostupné také z: http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=62. Disertační práce.

[14] Snižování hluku a vibrací. NOVÝ, Richard a Miroslav KUČERA. *České vysoké učení technické v Praze* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SHV/Novy_Kucera_Snizovani_hluku_a_vibraci.pdf

[15] FRANTIŠEK, Vlk. *Stavba motorových vozidel*. Brno: VLK, 2003. ISBN 80- 238-8757-2.

[16] Správná pozice za volantem a jeho držení. *Besip* [online]. 2012 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://www.ibesip.cz/cz/ridic/zasady-bezpecne-jizdy/spravna-pozice-za-volantem-a-jeho-drzeni

[17] Automatické rozsvěcení a přepínání dálkových světel. *Besip* [online]. 2012 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/automaticky-prepinac-svetel

[18] Vnitřní zpětné zrcátko s automatickým zatmíváním. *Besip* [online]. 2012 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/vnitrni-zpetne-zrcatko-s-automatickym-zatmivanim

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$a_w(t)$	[ms^{-2}]	vážená hodnota zrychlení, která je funkcí času
k_3	[Nm^{-1}]	tuhost pružných lůžek
k_{pr10}	[Nm^{-1}]	konstanta tuhosti pružícího vlivu pneumatiky
k_{pr21}	[Nm^{-1}]	konstanta tuhosti pružiny
k_{tl10}	[$Nmsrad^{-1}$]	konstanta tlumení tlumícího vlivu pneumatiky
k_{tl21}	[$Nmsrad^{-1}$]	konstanta tlumení tlumiče
L	[dB]	akustická hladina tlaku
m_1	[kg]	hmotnost neodpružené části
m_2	[kg]	hmotnost odpružené části
m_3	[kg]	hmotnost tlumiče
p	[Pa]	naměřená hodnota tlaku
pr_{10}		pružina, pomocí níž jsme aproximovali chování pneumatiky v modelu
pr_{21}		pružina
p_{ref}	[Pa]	referenční hodnota tlaku
T	[s]	doba daného měření
t	[°C]	teplota
tl_{10}		tlumič, pomocí něhož jsme aproximovali chování pneumatiky v modelu
tl_{21}		tlumič
x_0	[m]	souřadnice budící desky
x_1	[m]	souřadnice neodpružené hmoty
x_2	[m]	souřadnice odpružené hmoty
x_3	[m]	souřadnice tlumiče
$\dot{x}_0$	[ms^{-1}]	rychlost pohybu budící desky
$\dot{x}_1$	[ms^{-1}]	rychlost pohybu neodpružené hmoty
$\ddot{x}_1$	[ms^{-2}]	zrychlení neodpružené hmoty
$\dot{x}_2$	[ms^{-1}]	rychlost pohybu odpružené hmoty
$\ddot{x}_2$	[ms^{-2}]	zrychlení odpružené hmoty

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Přehled konstrukčních částí podvozku [6] 11
Obr. 2 Rozdělení zavěšení a nejčastěji používané konstrukce [7] 12
Obr. 3 Schéma jednoplášťového a dvouplášťového tlumiče [6] 13
Obr. 4 Příklad provedení vinuté a listové pružiny [6] 14
Obr. 5 Schéma čtvrtinového modelu [10] 15
Obr. 6 Čtvrtinový model s podmodelem tlumiče [13] 16
Obr. 7 Souřadnicový systém sedící postavy [12] 18
Obr. 8 Biomechanický model lidského těla [4] 19
Obr. 9 Kreslicí šablona podle normy ČSN 30 0725 [15] 26
Obr. 10 Poloha sedící osoby určená dvěma souřadnicemi [15] 26
Obr. 11 Poloha sedadla podle typu automobilu
(NA - nákladní; DA - dodávka; OA - osobní; SA - sportovní [15] 27
Obr. 12 Možné nastavení polohy bodu H pro výšku člověka 1,5 m a 1,9 m [15] 28
Obr. 13 Třírozměrná figurína pro velikostní skupinu 50 % [15] 29
Obr. 14 Ideální rozložení tlaku na sedadle [15] 30
Obr. 15 Aktivní opěrka hlavy [15] 30
Obr. 16 Rozvržení pedálového prostoru [15] 32
Obr. 17 Rozdělení ovladačů do skupin dle priority [15] 33
Obr. 18 Sedadlo je posunuto moc vzadu a opěradlo je příliš sklopeno 35
Obr. 19 Sedadlo je posunuto příliš vpředu 36
Obr. 20 Optimální nastavení sedadla 36
Obr. 21 Optimální nastavení opěrky hlavy 37
Obr. 22 Nastavení sedadla pro sportovní jízdu 37
Obr. 23 Nastavení sedadla pro komfortní jízdu 38
Obr. 24 Správná vzdálenost od volantu 38
Obr. 25 Správné držení volantu 39
Obr. 26 Rozmístění ovladačů 39
Obr. 27 Příliš široký přední okenní sloupek 40

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Rozdělení tlumičů....13
Tab. 2 Nebezpečné rozsahy frekvencí [11]....20
Tab. 3 Vliv zrychlení na jízdní komfort [12]....21
Tab. 4 Rozměry dle velikostní skupiny pro kreslicí šablonu [15]....26
Tab. 5 Rozsah posuvu sedadel a jeho výška podle kategorie vozu [15]....27
Tab. 6 Rozměry pro návrh pedálového prostoru [15]....32