

Mendelova univerzita v Brně
Institut celoživotního vzdělávání
Oddělení expertního inženýrství

Podvozky motorových vozidel a jejich vliv na bezpečnost
Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:
Ing. Adam Polcar, Ph. D.

Vypracoval:
David Plánička

Brno 2016

Na této stránce se vtištěné podobě nachází zadání bakalářské práce

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: Podvozky motorových vozidel a jejich vliv na bezpečnost vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů. A v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že na moji práci se vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školní dílo podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 20. března 2016

Podpis

Poděkování

Tímto chci poděkovat Ing. Adamu Polcarovi, Ph.D., za jeho odborné vedení, cenné rady a trpělivosti při zpracování této bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat všem svým nejbližším za podporu během celého studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce popisuje ve své teoretické části jednotlivé součásti podvozků osobních motorových vozidel. Dále je zaměřena na jejich inovativní konstrukční provedení. Praktická část se věnuje statickému rozboru nehod, jenž způsobily závady na podvozkové části vozidla v rámci České republiky.

Klíčová slova: pneumatiky, nápravy, brzdy, nehodovost.

Abstract

This bachelor thesis in its theoretical part describes individual parts of chassis of passenger motor vehicles and it also describes their innovative structural design. The practical part deals with static analysis of accidents which have been caused by faults on chassis of vehicles in the Czech republic.

Keywords: tyres, axle, brakes, accidents

Obsah

1 ÚVOD.....	8
2 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	9
3 MATERIÁL A METODA ZPRACOVÁNÍ.....	10
3.1 Materiál a metoda zpracování teoretické části práce	10
3.2 Materiál a metodika zpracování praktické části práce	10
4 TEORETICKÁ ČÁST	11
4.1 Podvozek a jeho součásti	11
4.1.1 Kolo a jeho součásti	11
4.1.2 Pneumatika.....	11
4.1.3 Ráfek	13
4.2 Nápravy osobních vozidel.....	14
4.2.1 Tuhé nápravy.....	14
4.2.2 Výkyvné nápravy (nezávislé zavěšení).....	16
4.3 Odpružení.....	20
4.3.1 Ocelové pružiny	20
4.3.2 Pružiny pryžové	21
4.3.3 Pružiny pneumatické.....	22
4.3.4 Pružiny hydropneumatické	22
4.4. Tlumiče	22
4.4.1 Jednoplášťový kapalinový tlumič	23
4.4.2 Dvouplášťový kapalinový tlumič.....	23
4.4.3 Dvouplášťový plynokapalinový tlumič	24
4.4.4 Tlumič s elektricky ovládaným šoupátkem v pístu.....	24
4.4.5 Tlumič s regulovatelným obtokem	24
4.4.6 Systém BOSE.....	24

4.5 Příčné stabilizátory.....	25
4.6 Řízení	25
4.6.1 Hřebenové řízení	26
4.6.2 Převod šroubem a maticí.....	26
4.6.3 Převod šnekem	27
4.7 Brzdy	27
4.7.1 Brzy bubnové	27
4.7.2 Kotoučové brzdy	28
4.7.3 Proti blokovací systém ABS	29
4.8 Inovace podvozkových součástí.....	29
4.8.1 Kola Tweel.....	29
4.8.2 Karbonové ráfky	30
4.8.3 Kompozitní nápravy.....	30
4.8.4 Kompozitní pružiny	30
4.8.5 Naklápění kola (ATTC – Active Tyre Tilt Control).....	31
4.8.6 Elektromagnetické aktivní odpružení SKF	31
4.8.7 Aktivní řízení zadních kol.....	32
4.8.8 Nouzový brzdový asistent.....	32
5 PRAKTICKÁ ČÁST	33
6 DISKUZE	39
7 ZÁVER.....	40
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	41
9 SEZNAM POUŽITÝCH OBRAZKŮ A TABULEK	45

1 ÚVOD

Každé motorové vozidlo se skládá z mnoha větších i menších součástí, které dohromady tvoří motorový prostředek sloužící k přepravě osob či nákladu. Vozidla dělíme na osobní, nákladní a speciální. Vozidlo dělíme na hnací soustavu, podvozek, karoserii, příslušenství, výstroj a výbavu vozidla.

Podvozek vozidla tvoří součásti, jejichž hlavní úlohou je zajišťovat přímý styk s povrchem vozovky pokud možno v každém okamžiku jízdy. Jednou z podstatných částí podvozku je kolo. Jako jediné je v přímém styku s vozovkou a má za úkol nést celou hmotnost vozidla, posádky a nákladu. Aby kolo mohlo plnit svoji správnou funkci je za pomoci technického řešení zavěšeno k rámu či karoserii vozidla. Kolo a zavěšení je odpruženo pružinami, které snižují kmitání vůči karoserii. Proti prudkým pohybům vůči závěsu je podvozek opatřen tlumiči kmitů, které rovněž brání rezonanci odpružení. K říditelnosti celé soustavy slouží řízení. Aby byl podvozek bezpečný a bylo možno jej zastavit, je vybaven brzdami, které slouží ke snížení rychlosti nebo k zajištění proti pohybu.

V dnešní době musí každý výrobce, chce-li se udržet na trhu a obstát v konkurenčním boji, inovovat a zlepšovat své produkty, a proto výrobci automobilů v součinnosti s dodavateli komponentů vozidel vyvíjejí a zlepšují své výrobky v rámci bezpečnosti, účinnosti, ekologie a ekonomie výroby. To má za následek stále novější a inovativnější podvozkové součásti.

2 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je popis funkčních částí podvozku osobních motorových vozidel a jejich moderní konstrukční prvky zvyšující bezpečnost provozu. V praktická část je tvořena statistickým rozbořem nehodovosti v České republice se zaměřením na nehody způsobené vlivem závady podvozkové součásti.

3 MATERIÁL A METODA ZPRACOVÁNÍ

3.1 Materiál a metoda zpracování teoretické části práce

Pro zpracování teoretické části bakalářské práce byly využity zejména odborné publikace s problematikou podvozkových součástí osobních motorových vozidel. Rovněž bylo využito odborných časopisů a publikací dostupných z internetových zdrojů. Metodikou teoretické části bakalářské práce bylo srovnávání teoretických poznatků z odborných zdrojů.

3.2 Materiál a metodika zpracování praktické části práce

Pro zpracování praktické části bakalářské práce byly využity data získání z interní sítě Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky týkající se nehodovosti osobních motorových vozidel v období let 2000 až 2014. Tato data byla roztříděna a za pomoci metody statistického rozboru i vyhodnocena.

4 TEORETICKÁ ČÁST

4.1 Podvozek a jeho součásti

Podvozek se na vozidle nachází ve spodní části automobilu a jeho funkční součásti zabezpečují přímé spojení s povrchem vozovky. Součásti podvozku lze roztrždit na několik skupin, které byly sestrojeny za účelem přenést a rovněž strpět veškeré momentové síly vytvořené vozidlem a rovněž na něj působící během jízdy (Vlk F., 2003); (Kočí V., Bakalářská práce, Podvozky motorových vozidel, 2009).

Jednou z těchto součástí jsou kola s pneumatikami, které jako jediné jsou v přímém spojení s vozovkou a mají za úkol přenos hnací a brzdné síly na povrch vozovky. Také nesou veškerou hmotnost vozidla, posádky i nákladu a jako první plní funkci odpružení nerovností vozovky. Vozidlová kola jsou tvořena dvěma součástmi, a to pneumatikou a ráfkem (Vlk F., 2006).

Další neméně podstatnou součástí podvozku je odpružení kola. To má za úkol tlumit otřesy a rázy vzniklé nerovnoměrným povrchem vozovky a tím zvyšovat bezpečnost a komfort jízdy. Ke změně směru jízdy a ovladatelnosti vozidla slouží řízení. Poslední avšak velmi podstatnou součástí podvozku je brzdový systém. Ten za úkol bezpečně snížit rychlost vozidla, zastavit nebo jej zajištit proti pohybu při parkování (Horejš K., 2008); (Bajer Š., Bakalářská práce, Podvozky osobních automobilů, 2014).

4.1.1 Kolo a jeho součásti

Běžné motorové vozidlo je zpravidla osazeno čtyřmi koly, které se skládají z ráfku, kdy na každém ráfku je nasazena pneumatika (Motejl V, 2004).

4.1.2 Pneumatika

Pneumatika je konstrukční část kola ve tvaru prstence, která pokrývá okraj otáčejícího se ráfku. Jejím úkolem je chránit ráfek, přenášet hnací sílu mezi vozidlem a vozovkou, snášet fyzikální síly působící na vozidlo během jízdy a zároveň tlumí rázy (Vlk F., 2006).

Pneumatiky se dělí na pneumatiky bezdušové a pneumatiky s duší. Další možné rozdělení je podle druhu, pro jaké klimatické podmínky byla pneumatika zkonstruována, a to na celoroční (které jsou v současné době u osobních vozidel

na ústupu), letní a zimní. Pneumatiky pro jednotlivé klimatické podmínky se od sebe liší druhem použité směsi a rozložením drážek v dezénu.

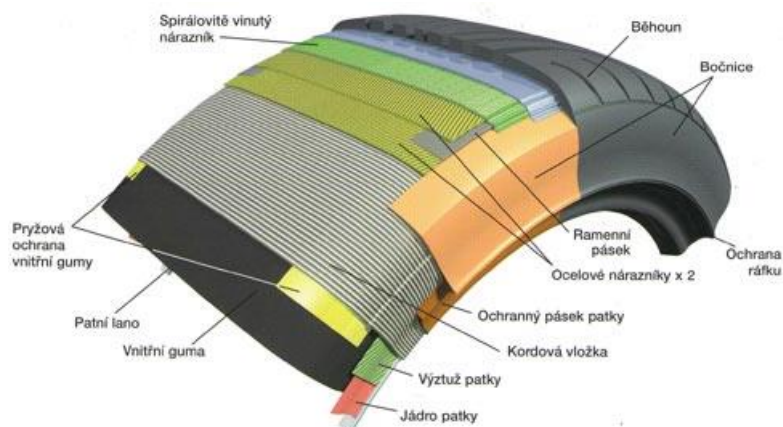
Pneumatiky s duší jsou konstrukčně starší a skládají se z duše (vzdušnice) a pláště. Mezi oběma se nachází inertní prášek sloužící k možnému posunu obou součástí mezi sebou. Bezdušové pneumatiky, jak již název napovídá, neobsahují duši, avšak jejich konstrukce vyžaduje samostatný ventilek, jenž je osazen v ráfku kola (Jan Z.,2009); (Pneu-asistant, 2015).

Přesné složení směsi pneumatiky si každý výrobce pneumatik chrání, zjednodušeně lze však říci, že pneumatiku tvoří z 48 % kaučuk, což je vulkanizovaná guma, 36 % technické saze a chemická aditiva a 16 % výstužný materiál jako jsou železné dráty, textilní látky a syntetická lana. Jak již bylo zmíněno, podíl, druh a rozložení jednotlivých složek v pneumatice (viz obr. č. 1) záleží na tom, pro jaký účel, povrch a klimatické podmínky byla pneumatika vyrobena (Pneu-asistant, 2015).

„Pneumatika se skládá z těchto hlavních strukturních částí: běhoun, vzorek (pozitivní, negativní), rameno pneumatiky, bočnice, kostra, patka pláště, patní lano, nárazník, PA nárazník a praporek.“ (PNEU-ASISTENT., Konstrukce funkce a výroba pneumatiky, 2015).

Jedna z nejdůležitějších částí pneumatiky je běhoun, který se nachází na vnější části pneumatiky a jako jediný je ve styku s vozovkou. V běhounu se nacházejí drážky zvané dezén, které mohou být symetrické, asymetrické a směrové (šípové). Každý výrobce pneumatik věnuje konstrukci drážek a segmentu běhounu maximální pozornost, neboť především na nich závisí, jak se pneumatika bude chovat na vozovce za atmosférických podmínek. Vrchní vrstva běhounu je vyrobena pro vysokou houževnatost proti opotřebení a spodní vrstva je zhotovena

tak, aby měla co nejmenší hysterézní ztráty při dynamickém namáhání (Pneu-asistent, 2015).



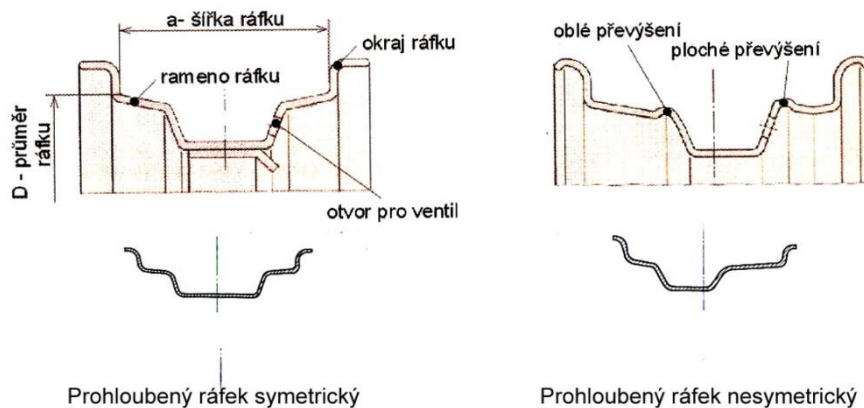
Obr. č. 1 – Průřez pneumatikou

Zdroj: webový portál www.ceskepneu.cz, 2016

4.1.3 Ráfek

Ráfek je součástí kola, kdy jeho obvod slouží ke správnému uložení pneumatiky a jeho střed k přesnému a pevnému spojení s nábojem kola. Jeho konstrukce musí být provedena tak, aby nedovolila relativní pohyb mezi pneumatikou a ráfkem. Ráfky lze rozdělit podle materiálu použitých ke konstrukci na ráfky ocelové a ráfky z lehkých hliníkových slitin. Dalším možným dělením je podle typu konstrukce ráfků na prohloubené (symetrické a asymetrické), nebo ploché, jednodílné či vícedílné (viz obr. č. 2). U osobních vozidel se nejčastěji vyskytují ráfky jednodílné, prohloubené, asymetrické. Ráfky lze vyrobit nerozebíratelným spojením (svařením) ze dvou či více částí, nýtováním, odlitím nebo je možno je vykovat jako celek (Vlk F., 2006).

Všechny ráfky však musí být po okraji opatřeny opěrnou plochou ráfku pro patku pneumatiky. Pod opěrnou patkou se nachází dosedací plocha ráfku, která má zpravidla sklon $5^\circ \pm 1^\circ$ vzhledem ke středu ráfku. Díky tlaku patek pneumatiky na dosedací plochy je možno přenést veškeré obvodové síly působící na kolo. Vzdálenost mezi patkami je označována jako světlá šířka ráfku a udává se v palcích. Průměr ráfku se rovněž udává v palcích. Vybrání ve středu nedělených ráfků slouží k montáži pneumatiky (Vlk F., 2006); (Kočí V., Bakalářská práce, Podvozky motorových vozidel, 2009).



Obr. č. 2 – Prohloubení symetrické a asymetrické
Zdroj: *Automobily I – Podvozky*, 2004

4.2 NÁPRAVY OSOBNÍCH VOZIDEL

Nápravy vozidla byly zkonstruovány k vedení kola při propružení a jsou spojovacím článkem mezi rámem či karoserií a kolem. Nesou celou tíhu vozidla a přenášejí jí na kola. Od náprav se očekává, že budou lehké, pevné a umožní kolu co nepřesnější vertikální pohyb bez změny odklonu a to vše bez posuvu kolem horizontální a podélné osy. To vše za působení hnacích, brzdných a bočních sil působících na vozidlo. Základní dělení náprav je na tuhé nápravy, nápravy De-Dion (které jsou vývojovým mezičlánkem) a výkyvné nápravy (Motejl V., Horejš K., 2004); (Horejš K., Motejl V., a kol., 2008).

4.2.1 Tuhé nápravy

Tuhou nápravu si můžeme představit jako profilovanou součást, jenž pevně spojuje náboje obou kol na nápravě. Díky tomuto spojení během propružení nedochází ke změně rozchodu kol. Tato náprava má však horší jízdní vlastnosti a představuje značně velkou neodpruženou hmotu vůči karoserii. Rovněž potřebuje mnohem větší místo k propružení, což zvyšuje její těžiště. Konstrukce je však mnohem jednodušší, levnější, dovede lépe snášet extrémní zatížení a nevyžaduje téměř žádné nároky na údržbu. Díky těmto výhodám na ni konstruktéři spoléhají i dnes a hojně tuto koncepci využívají u zadních náprav lehkých užitných a terénních vozidel. Tato náprava se v dnešní době již nevyužívá pro přední nápravy, neboť ve srovnání s nezávislou nápravou má mnohem horší jízdní i bezpečnostní vlastnosti (Sajdl J., 2011).

Samotnou tuhou nápravu je možno připevnit ke karoserii pomocí dvou listových pružin, které kromě uchycovací funkce plní úlohu vedení nápravy a její tlumení (Sajdl J., 2011); (Sedlár J., Bakalářská práce, Typy náprav osobních automobilů, 2008).

„U tuhých náprav odpružených vinutými pružinami je zajištěno vedení nápravy v bočním a podélném směru následujícími způsoby:

- *podélnými a příčným ramenem (Panhardská tyč),*
- *Wattovým přímovodem s podélnými rameny,*
- *ojnicovým vedením, které je doplněno Panhardskou tyčí nebo Wattovým přímovodem,*
- *čtyřmi šikmými rameny.“ (SEDLÁŘ J.,2008 str.11).*

4.2.1.1 Panhardská tyč

Panhardská tyč je pevná ocelová tyč opatřena na svých koncích pružnými silentbloky, kdy jeden silentblok je uchycen na mostu nápravy a druhý je uchycen ke karoserii. Aby bylo docíleno co nejlepší ochrany proti kmitům nápravy do karoserie, je zapotřebí, aby byla tyč horizontálně uložena a byla co nejdelší. Toto uchycení zajišťuje příčné vedení tuhé nápravy. Vzhledem k tomu, že Panhardská tyč je pevná, má při propružení neblahý vliv na umístění nápravy.

U takto uložené nápravy dochází k bočnímu posuvu a ten zvyšuje kmitání nápravy vůči karoserii (Jan Z., Ždánský B., 2004).

4.2.1.2 Wattův přímovod

Wattův přímovod (viz obr. č. 3) je opatřen dvěma diagonálními rameny, kdy je jeden konec ramene přichycen k otočnému segmentu na tuhé nápravě a druhý konec je přes silentbloky uchycen ke karoserii. Tato konstrukce zabezpečuje neustálé spojení kola s vozovkou při jednostranném či oboustranném propružení (Vlk F., 2003); (Bajer Š, Bakalářská práce, Podvozky osobních automobilů, 2014).



Obr. č. 3 – Wattův přímovod

Zdroj: webový portál www.autolexicon.net, 2011

4.2.2 Výkyvné nápravy (nezávislé zavěšení)

Nezávislé zavěšení je koncepčně řešeno odlišně proti tuhé nápravě. U tohoto zavěšení je levé i pravé kolo uchyceno samostatně ke karoserii. Díky tomu nedochází ke vzájemnému ovlivnění obou kol při jízdě po nerovnostech. Celé zavěšení je realizováno pomocí několika ramen, které jsou při optimálním nastavení považovány za ideální pro kinematiku kola. Tento způsob zavěšení se vyznačuje v diagonálním směru velkou tuhostí, ale zároveň dostatečnou pružností v podélném směru. Vyznačují se menší hmotností, z čehož vyplývá menší neodpružená hmotnost, která má za následek větší jízdní stabilitu a komfort (Vlk F., 2006).

„Druhy nezávislých zavěšení kol:

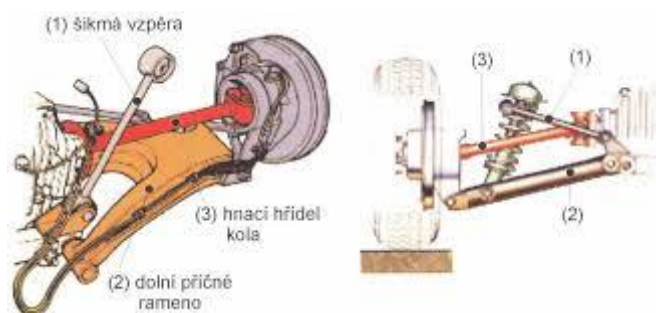
- lichoběžníková náprava (dvojice příčných trojúhelníkových ramen),
- náprava McPherson (teleskopická vzpěra s rozvidleným spodním příčným ramenem),
- kyvadlová úhlová náprava (trojúhelníková ramena se šikmou osou kývání),
- kliková náprava (podélná ramena s příčnou osou kývání nebo podélná ramena jsou propojena torzním prvkem),
- víceprvková náprava.“ (Vlk F., 2006, str. 76).

4.2.2.1 Lichoběžníková náprava

Zavěšení u lichoběžníkové nápravy je provedeno pomocí dvou příčných ramen, přičemž dolní rameno je v porovnání s horním delší. Obě ramena jsou převážně konstruována jako trojúhelníková. Jejich jeden vrchol je za pomoci silentbloků přichycen ke kolu a druhé dva vrcholy ke karoserii či rámu. Konstrukteři

musí volit optimální poměr délek obou ramen, jelikož při maximálním propružení dochází k odklonu kola, sbíhavosti a změně rozchodu. Správným nastavením lze tyto nežádoucí vlivy minimalizovat (Jan Z., Ždánský B., 2004).

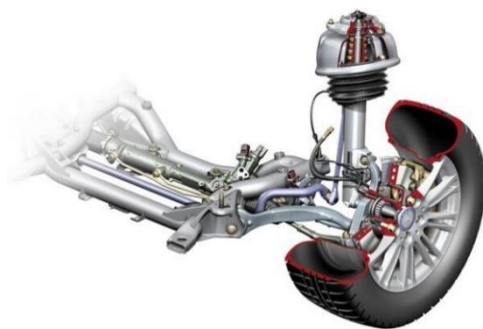
Zvláštní konstrukcí zadní nápravy se vyznačuje vozidlo zn. Jaguár Sovereign 4.0 (viz obr. č. 4), u kterého je jako horní rameno využita kloubová hřídel hnacích kol. Dolní příčné rameno je pomocí silentbloků spojeno s kolem a karoserií. Kvůli uchycení pružícího členu jsou o karoserii uchyceny dvě šikmé vzpěry, které zaručují jeho stabilitu (Jan Z., Ždánský B., 2004).



Obr. č. 4 – Zadní náprava vozidla Jaguár Severiign 4.0
Zdroj: *Automobily I – Podvozky*, 2004

4.2.2.2 Náprava McPherson

Tento druh nápravy je odvozen z lichoběžníkového zavěšení. Kolo je přichyceno ve spodní části k výkyvnému trojúhelníkovému rameni, který je ukotven přes silentbloky ke karoserii. V horní části kola se nachází tlumičová vzpěra, kdy její horní část je přichycena v elastickém pouzdře s axiálním ložiskem ke karoserii. Ložisko je zde umístěno kvůli natáčení kol. V horní oblasti obalu tlumičové vzpěry se nachází miska, o kterou se opírá vinutá pružina, jenž pokračuje až k vhodnému uložení v karoserii (viz obr. č. 5). Největší předností tohoto provedení je to, že kombinuje tři funkce: odpružení, tlumení a natáčení kol do jednoho konstrukčního celku. Protože při propružení dochází ke sbíhavosti a odklonu kol, navrhuje se spodní ramena uložení co nejdelší, aby snížila tyto nežádoucí pochody. V současné době je to nepoužívanější typ zavěšení u osobních motorových vozidel (Vancl K., 2011).



*Obr. č. 5 - Náprava McPherson, Mercedes-Benz E-Class
Zdroj: webový portál www.autolexicon.net, 2011*

4.2.2.3 Kyvadlová úhlová náprava

Kyvadlová náprava byla odvozena od klikové nápravy. Její osa kývání obou ramen je šikmá směrem vpřed vůči podélné ose vozidla. Samotné kolo je uchyceno za vrchol ramene připomínající písmeno „V“. Zbylé konce ramene jsou pomocí silentbloků upevněny k nápravnici či karoserii. Tuto nápravu lze nalézt pouze jako zadní hnanou či hnací, jako přední řídicí nelze použít. Během propružení dochází u nápravy ke změně rozchodu a odklonu kola, a proto u hnacích náprav je zabezpečeno vyrovnávání délky hřídele (Sajdl J., 2012).

4.2.2.4 Kliková náprava

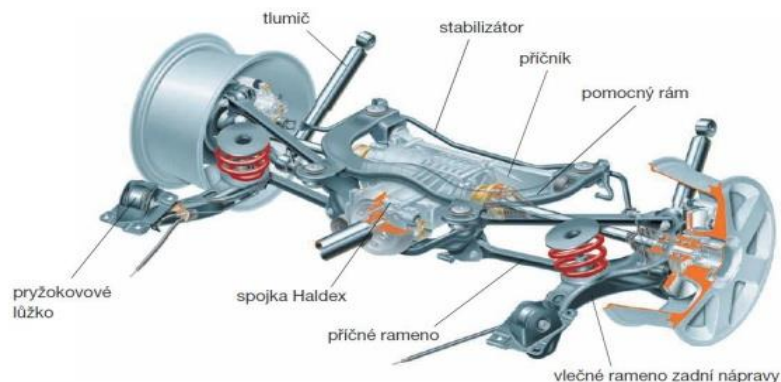
Tento druh nápravy je složen ze dvou podélných ramen rovnoběžných s podélnou osou vozidla, která jsou vzájemně spojena torzním „U“ profilem (viz. obr. č. 6). Tento profil plní úlohu příčného stabilizátoru a je umístěn v horní čtvrtině ramen. Konce podélných ramen jsou na jedné straně pomocí silentbloků spojeny s karoserií a na druhé straně pevně s uložením kola. Odpružení má na starosti dvojice vinutých pružin, jenž jsou umístěny v pevných miskách u stop pneumatiky. Tlumicí prvky jsou uloženy vně pružin za osou kývání. Velkou devizou této nápravy je prostorová nenáročnost a jednoduchost (Jan Z., Ždánský B., 2009); (Sedlář J., Bakalářská práce, Typy náprav osobních automobilů, 2008).



Obr. č. 6 – Zadní kliková náprava
Zdroj: webový portál www.autolexicon.net, 2011

4.2.2.5 Víceprvková náprava

Víceprvková náprava je prostorově složitá, jelikož je složena z několika profilovaných ramen, jenž jsou zakončeny kulovými čepy nebo silentbloky. Tato ramena zajišťují správné kinematické vlastnosti, které se liší tím, zda je se jedná o přední či zadní zavěšení. Víceprvková náprava v současné době sériové výroby nejlépe splňuje potřeby přesného vedení kola. Příkladem může být víceprvková zadní náprava vozidla zn. Škoda Octavia 4x4 (viz obr. č. 7). Tato náprava se skládá z vlečených ramen, jenž jsou uloženy v pryžových lůžkách. Kolmo k podélné ose se mezi vlečenými rameny nacházejí příčná ramena. Nedílnou součástí nápravy je příčník a pomocný rám. Stabilizátor, jenž je uložen v tuhých pryžových pouzdrech, má za úkol snížit naklání vozidla. Na obrázku jsou vykresleny dvouplášťové tlumiče, jenž jsou záměrně umístěny co nejbliže ke kolu, aby nezabíraly místo v úložném prostoru (Vlk F., 2006); (Kočí V., Bakalářská práce, Podvozky motorových vozidel, 2009).



Obr. č. 7 - Zadní víceprvková náprava Škoda Octavia 4×4
Zdroj: webový portál www.autolexicon.net, 2011

4.3 Odpružení

Odpružení vozidla už dnes patří k neodmyslitelné součásti podvozku a jeho konstrukce a provedení se stále zlepšuje. Jeho nejdůležitějším úkolem je zmenšení vibrací a kmitů od náprav na karoserii při průjezdu po nerovnosti a tím zabezpečuje ideální styk s vozovkou. Bez kontaktu s vozovkou by totiž mohlo dojít ke ztrátě ovladatelnosti s možným následkem nehody. Druhým neméně podstatným úkolem je chránit funkční části vozidla, čímž se prodlužuje jejich životnost. Na jejich správné funkci je závislý přenos brzdných a hnacích sil (Jan Z., Ždánský B., 2004); (Štastný J., Bakalářská práce, Zavěšení, odpružení, tlumení závodních vozidel, 2009).

Jejich funkce je založena na principu uložení energie stlačením do plynné látky (vzduch, dusík) nebo do pružné deformovatelné pevné látky. Dalším principem je deformace tlakem (kaučuk), popřípadě ohybem nebo krutem (ocel, dřevo, sklo laminát a karbon)(Autoweb.cz, 2010).

„Určující veličinou pružení je netlumení vlastní frekvence $\omega = \sqrt{c/m}$. Z hlediska pružení je tedy důležitá pružinová konstanta c . Pružinová konstanta závisí na druhu pružícího prvku, kterým dle materiálu mohou být:

- *pružiny ocelové (listové, vinuté, torzní),*
- *pružiny pryžové,*
- *pružiny vzduchové (pneumatické),*
- *pružiny vzduchokapalinové (hydropneumatické),*
- *pružiny pryžokapalinové (hydroelastické).“ (Vlk F., 2006, str. 147).*

4.3.1 Ocelové pružiny

Ocelové pružiny (viz obr. č. 8) jsou vyrobeny ze slitiny železa, uhlíku a dalších legujících prvků. V současné době se v automobilovém průmyslu používají nejčastěji pružiny vinuté, listová péra a ojediněle zkrutné tyče (Jan Z., Ždánský B., 2004); (Makovský M., Bakalářská práce, Podvozky nákladních vozidel, 2009).



Obr. č. 8 – Ocelové pružiny
Zdroj: webový portál www.goldschmitt.sk, 2009

4.3.1.1 Listové pružiny

Samotnou konstrukci listové pružiny tvoří hlavní list či více hlavních listů s oky. Pod hlavním listem či listy se nachází podpěrné listy. Ty jsou vzájemně spojeny ocelovými třmeny a sponami, případně mohou být středem spojeny šroubem. Hlavní list je ke karoserii přichycen za pomoci pohyblivého třmene nebo pomocí kluzné patky, a to z toho důvodu, že při propružení dochází ke změně délky péra. Tuhost listové pružiny závisí na počtu listů, jejich rozměrech a délce hlavního listu (Jan Z., Ždánský B., 2004).

4.3.1.2 Vinuté pružiny

Konstrukce vinuté pružiny je jednoduchá, proto se řadí mezi nejpoužívanější způsoby odpružení osobních vozidel. Jedná se o navinutý drát kruhového průřezu, který je uložen tak, aby snášel tlakové síly působící v jeho ose. Její tuhost je odvozena z průměru drátu, průměru pružiny, počtu pružících závitů a jejich stoupání (Autopera, 2014).

4.3.1.3 Zkrutné torzní tyče

Zkrutnou torzní tyčí lze obecně nazvat kteroukoliv tyčovou součástí namáhanou na krut. V automobilu se nejčastěji setkáme s příčnou zkrutnou tyčí kruhového průřezu, která se nachází poblíž nápravy. Tato tyč je uložena v úložných pouzdrech a její zahnuté konce jsou spojeny s rameny nápravy. Takto uložená tyč slouží ke stabilizaci nápravy (Jan. Z., Ždánský B. a Čupera J., 2009).

4.3.2 Pružiny pryžové

Pryžová pružina (silentblok) je gumová součást vhodně umístěna mezi karoserií a nápravou. Vyznačuje se svou jednoduchostí, nízkou cenou a bezmála

nulovými nároky na údržbu. I přesto se využívá ve větší míře pouze u malých automobilů nebo přívěsů, a to v kombinaci se zkrutnou tyčí, neboť není schopna docílit stejných výsledků jako ocelové pružiny. V současné době jsou nejčastěji využity jako přidavné pružící prvky sloužící k uložení motoru a karoserie nebo jako dorazové bloky (SOSSOUKyjov).

4.3.3 Pružiny pneumatické

Pružiny pneumatické k odpružení využívají vlastností stlačitelných plynů. Správným usměrněním plynu v pružinách docílíme konstantní výšky vozidla nad vozovkou i po zatížení.

Podle konstrukce dělíme pneumatické pružiny na:

- vlnovcové pneumatické pružiny, které jsou tvořeny jedním až čtyřmi prstencovými gumovými vaky. Vaky jsou po vnějším obvodu zpevněny kruhovými obručemi,
- membránová pneumatická pružina, která je tvořena gumovým lemem, jenž je v horní a dolní části zakončen ocelovými miskami. Celá sestava připomíná píst s pryžovými pružnými stěnami.

Veškeré pryžové části musí odolávat vysokým tlakům a musí být odolné proti únavě. Použité materiály pro výrobu vaků jsou obdobné jako u pneumatik (SOSSOUKyjov).

4.3.4 Pružiny hydropneumatické

Hydropneumatická pružina se skládá ze dvou částí: z válce pružiny, v kterém se nachází kapalina přenášející síly od kol a kulové zásobárny stlačeného plynu (většinou dusíku) na konci tlumiče. Celá sestava tvoří kombinaci tlumiče a pružiny. Hydropneumatická pružina se ovládá vypuštěním nebo natlakováním hydraulického oleje do válce, který má za následek více či méně stlačení plynu v zásobníku. Plyn i olej mají stejný tlak a jsou vzájemně od sebe odděleny pružnou membránou (Horváth J., 2012).

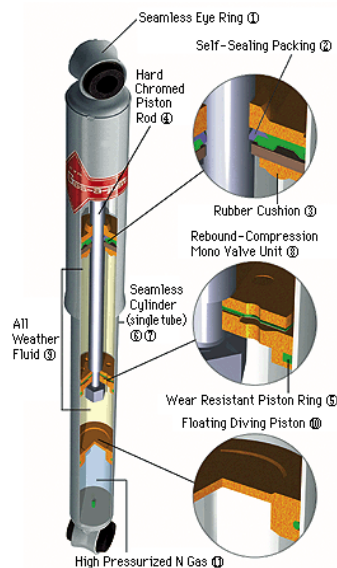
4.4. Tlumiče

Tlumič byl vyvinut za účelem snížit vlastní kmitání pružin, které se mohou dostat do rezonance při průjezdu vozidla přes nerovnosti vozovky. Tím brání

nadměrnému svislému kmitání karoserie (Jan. Z., Ždánský B. a Čupera J., 2009); (Kočí V., Bakalářská práce, Podvozky motorových vozidel, 2009).

4.4.1 Jednoplášťový kapalinový tlumič

Tento tlumič (viz. obr. č. 9) funguje na bázi kapalinového tření, ke kterému dochází v oblasti průchodu ventily v pracovním pístu. Tyto průchody brzdí pohyb pracovního pístu. Kapalina však průchodem přes tyto ventily pění a mění tím účinnost tlumiče. Proto byl na dno tlumiče implementován plynový polštář, který zachytává olej a nedovoluje tak jeho pění. Tomuto tlumiči se říká plynokapalinový. Ten disponuje několika výhodami proti dvouplášťovému tlumiči. První výhodou je to, že pracuje s nízkými tlaky, protože má větší průměr pracovního pístu při zachování identického rozměru venkovního pláště. Druhou výhodou je lepší odvod tepla z pracovního prostoru při chladnutí tlumiče. Výrobci vyvinuli na základě jednoplášťového tlumiče několik obdobných variant a to PSD tlumič a DCD (Displacement Conscious Damping). Oba pracují na principu odklonu oleje v jedné ze svých pracovních pozic (Jan. Z., Ždánský B. a Čupera J., 2009); (Růžička J., Bakalářská práce, Semiaktivní a aktivní tlumení vozidel, 2014).



Obr. č. 9 - Jednoplášťový kapalinový tlumič zn. Kayaba
Zdroj: webový portál www.mjauto.cz, 2016

4.4.2 Dvouplášťový kapalinový tlumič

Jak již název napovídá je dvouplášťový kapalinový tlumič složen dvěma válci neboli válců. První, vnitřní pracovní válec je celý naplněn kapalinou a v něm

se pohybuje píst s ventily na jedné straně a na druhé straně je píst přes silentbloky spojen s karoserií. Při průchodu přes ventily dochází ke tření a tím i brždění pohybu pístu. Při pohybu pístu dochází ke změnám objemu oleje, které je zapotřebí potlačit. Proto byl první válec vložen do druhého válce, který je zhruba do jedné poloviny vyplněn kapalinou a slouží jako vyrovnávací. Oba válce jsou propojeny ventily na dně prvního válce (Vlk F., 2006); (Bajer Š., Bakalářská práce, Podvozky motorových vozidel, 2006).

4.4.3 Dvouplášťový plynokapalinový tlumič

Princip a provedení je bezmála totožný s dvouplášťovým kapalinovým tlumičem. Jediné co je odlišuje, je prostor nad druhým válcem, který je u plynokapalinového vyplněn dusíkem. Toto provedení lze označit jako nízkotlaké, neboť na hladinu oleje vyvíjí tlak dusík o velikosti 2 až 8 bar (Vlk F., 2006); (Kočí V., Bakalářská práce, Podvozky motorových vozidel, 2009).

4.4.4 Tlumič s elektricky ovládaným šoupátkem v pístu

Tento tlumič je závislý na datových instrukcích řídicí jednotky, která vyhodnocuje díky snímačům příčné a podélné zrychlení karoserie a jednotlivých kol, které porovnává s polohou řízení. Na základě dat vyšle do každého tlumiče informaci, jak se mají otevřít, případně přiškrtit jednotlivé ventily v tlumiči, které tímto ovlivňují množství procházející kapaliny. Takto lze upravit tlumicí účinek všech tlumičů společně či jednotlivě (Horejš K., Motejl V., 2008); (Šulák J., Diplomová práce, Tester pružin a tlumičů, 2011).

4.4.5 Tlumič s regulovatelným obtokem

Kontrakční provedení v sobě skloubí jednoplášťový tlumič a tlumič s elektricky ovládaným šoupátkem, s tím rozdílem, že kapalina mezi horní a dolní částí pístu neproudí ventily v pístu, ale přes elektricky ovládaný ventil, jenž je umístěn z vnější strany tlumiče. Vnější ventil je s tlumičem spojen horním a dolním kanálkem v tlumiči. Pootočením ventilu s kanálkem se mění průtok oleje a tím i tlumicí efekt tlumiče (Horejš K., Motejl V., 2008); (Šulák J., Diplomová práce, Tester pružin a tlumičů, 2011).

4.4.6 Systém BOSE

Podvozkový systém BOSE (viz obr. č. 10) nevyužívá ke své činnosti hydraulických vlastností, ale lineární elektromotory a elektromagnetismus. Tím

řešením odboural omezení průtokové rychlosti přes ventily u hydraulických tlumičů, kterým změna nastavení trvá cca 10 ms. Tím, že ke změně nastavení bylo využito elektromotorů, byla reakční doba tlumičů snížena na 1 ms, čímž byla zajištěna reakce tlumiče na nerovnosti prakticky v reálném čase. Systém v podstatě zabraňuje naklánění, předklánění a zaklánění vozidla během jízdy, což je zárukou vysokého jízdního komfortu a bezpečnosti (Vlk F., 2006); (Bajer Š., Bakalářská práce, Podvozky motorových vozidel, 2006).

Elektromotory v tlumiči dovedou získat z pohybové energie při propružení kola energii elektrickou, kterou následně uloží do vysokonapěťových kondenzátorů, aby mohla být později využita k tlumícím účinkům (Vlk F., 2006); (Bajer Š., Bakalářská práce, Podvozky motorových vozidel, 2006).



*Obr. č. 10 – Systém odpružení BOSE
Zdroj: webový portál www.autorevue.cz, 2005*

4.5 Příčné stabilizátory

Příčný stabilizátor je tvořen kruhovou zkrutnou tyčí obvykle o průměru 20 mm, jenž je tvarově ohnutá a leží poblíž nápravy. Tyč je umístěna v pouzdrech a její konce se opírají ramena nápravy. Při přejetí nerovnosti jedno rameno nápravy propruží a dojde tak se zkroucení středové části příčného stabilizátoru. Toto zkroucení je využito k zmírnění propružení nápravy, a tím i k naklonění karoserie (Vlk F., 2006).

4.6 Řízení

Řízení ve vozidle slouží obsluze k udržování přímého směru či změny směru jízdy. Podle konstrukce lze řízení rozdělit na řízení jednotlivými koly či celou nápravou. V převážné míře jsou v dnešní době říditelná pouze přední kola, avšak

existují konstrukční řešení řízení pouze zadních kol anebo všech kol dohromady. V současné době se upřednostňuje tzv. aktivní řízení předních kol (Vlk F.,2003).

Mezi hlavní části řízení řadíme hřídel volantu, volant, převodovku řízení, řídicí tyč, spojovací tyč a řídicí páky (Jan Z., Ždánský B., 2004).

Řízení lze dělit podle způsobu ovládání na přímé řízení, které je ovládané pouze silou řidiče a na řízení posílené, u kterého je ovládací síla posílena pomocí elektrické energie či hydraulických principů.

Mechanismus řízení se skládá z volantu, který je nasazený na hřídeli volantu. Tato hřídel je zakončena převodovou skříní, která má za úkol převést točivý moment na posuvný. Tento posuvný pohyb následně přenáší řídicí tyče na řízení kola. Velký důraz se klade na převodový poměr převodové skříně, neboť na tom záleží, jak velká bude potřebná síla k natočení volantu. Převodový poměr řízení je u osobních aut mezi 14:1 až 24:1, tzn. otočíme-li volantem o 14° , dojde k natočení kol do rejdu o 1° . Převodový poměr musí být zvolen výrobcem tak, aby ovládací síla na volantu nepřesáhla 250 N (Jan Z., Ždánský B., 2004);(Autoprofiteam, 2009).

Rozeznáváme celkem tři základní skupiny mechanismů převodových skříní:

- hřebenové,
- maticové,
- šnekové.

4.6.1 Hřebenové řízení

V dnešní době patří hřebenové řízení s posíleným řízením mezi nejčastější typy řízení v osobních vozidlech. Vyznačují se jednoduchou konstrukcí, přesným vedením a lehce se vrací do základní polohy. Princip řízení spočívá v tom, že řídicí tyč je pevně spojena s pastorkem v převodové skříní, jenž je šikmo uložen v hřebenové tyči. Samotná hřebenová tyč je na svých koncích opatřena řídicími tyčemi, jenž natáčí kola do rejdu (Hwasserbauer P.).

4.6.2 Převod šroubem a maticí

U tohoto provedení řízení je typické, že v převodové skříní se nachází hřídel, jenž je ve tvaru šroubovice. Na této šroubovici se nachází bronzová posuvná matice zajištěná proti otočení, která při otočení hřídele koná posuvný pohyb. K matici

je přichycena páka řízení, jenž je středem začepována ke skříni řízení. Čili posun matice, díky pákovému efektu vyvolá pohyb hlavní páky řízení (Vlk F.2006).

4.6.3 Převod šnekem

Převod šnekem s kolíkem je konstruován tak, že kuželový kolík je vložen do lichoběžníkového šnekového závitu na hřídelové tyči. Kolík je uložen otočně v začepovaném rameni, jenž je propojeno s hlavní řídicí pákou. Vůle bývá vymezována axiálním posuvem kolíku do lichoběžníkového závitu šroubu. Další možná provedení převodu šnekem jsou převod s dvěma kolíky, se segmentem a s kladkou (Jan Z., Ždánský B., 2004).

4.7 Brzdy

Podstatnou součástí podvozku je brzdový systém vozidla a často jen na něm závisí, zda řidič dokáže zabránit dopravní nehodě. Brzdovou soustavu řadíme do prvků aktivní bezpečnosti. Principiálně brzdy vykonávají pomocí brzdových segmentů tření na ocelový kotouč či buben. Toto tření vyvolává brzdný účinek, a tím snižuje pohybovou energii vozidla. Všechna vozidla musí být opatřena minimálně dvěma na sobě nezávislými brzdovými systémy a to provozní brzdou a parkovací brzdou. Z konstrukčního pohledu se brzdy dělí na pásové, kotoučové a bubnové (Auta 5p, 2016).

4.7.1 Brzdy bubnové

Bubnová brzda je složena z brzdového bubnu se dvěma brzdovými čelistmi s obložením, rozpínacím mechanismem (brzdovým kolovým válečkem nebo kolovým klíčem). Tuto soustavu je možno doplnit automatickým stavěčem vzdálenosti brzdových čelistí a mechanickým rozpínacím systémem parkovací brzdy (Auta 5p, 2016).

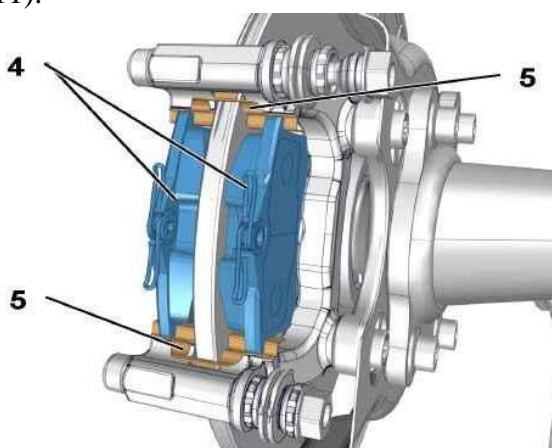
Principiálně při sešlápnutí brzdového pedálu je za pomoci brzdové kapaliny vytlačen ocelový váleček z kolového brzdového válečku, jenž vyvine tlak na brzdové čelisti s obložením. V tomto okamžiku dochází ke tření mezi brzdovými čelistmi s obložením na vnitřní stěnu bubnu. V soustavě jednoho kola se může nacházet jeden nebo dva brzdové kolové válečky. Podle polohy umístění brzdových kolových válečků a počtu můžeme určit, která čelist je náběžná a která je úběžná. Např. soustava s jedním brzdovým kolovým válečkem nahoře má jednu čelit náběžnou a druhou úběžnou. Pokud do soustavy přidáme druhý brzdový váleček dolů,

pak má každý váleček na starosti jednu čelist a obě čelisti jsou náběžné i úběžné (Auta 5p, 2016).

V současnosti se bubnové brzdy u osobních vozidel vyskytují pouze na zadních nápravách a i zde jsou nahrazovány kotoučovými brzdami. Jejich brzdný účinek je menší než u kotoučových brzd vlivem přehřátí od intenzivního brždění (Auta 5p, 2016).

4.7.2 Kotoučové brzdy

Kotoučová brzda (viz obr. č. 11) je založena stejně jako bubnová brzda na principu tření. Brzdícím segmentem jsou zde dvě brzdové destičky, které jsou jedním nebo několika brzdovými písty přitlačeny za pomoci brzdové kapaliny k brzdovému kotouči. Kotoučová brzda se skládá z ocelového kotouče, dvou brzdových destiček, brzdového či brzdových pístů a třmene brzd. Mnohé soustavy mohou být ještě dovybaveny senzorem opotřebení brzdových destiček (Autoznanosti.cz, 2011).



Obr. č. 11 - Kotoučová brzda

Zdroj: webový portál www.citroen-club.cz, 2016

Při brždění dochází k ohřevu brzdového ocelového kotouče. Tento ohřev je intenzivnější na přední nápravě, jelikož při brždění se těžiště vychýlí právě k přední nápravě. Proto výrobci na přední nápravy začali využívat dvoukotoučové vzduchem chlazené kotouče. Ty se skládají ze dvou disků, které jsou vnitřně spojené žebrováním, přes které proudí vzduch. Toto proudění může být podpořeno otvory nebo kanálky v discích, které rovněž rychleji odvádí vodu a tím zlepšují brzdný účinek. Mezi další použitelné materiály, z nichž lze vyrobit brzdové kotouče, patří uhlíko-keramická vlákna (Autoznanosti.cz, 2011).

4.7.3 Proti blokovací systém ABS

System ABS je založen na principu automatické regulace brzdových sil, která brání zablokování kol. Zablokování kol by totiž vedlo ke ztrátě přilnavosti pneumatiky k vozovce a tím by se stalo vozidlo neřiditelné (Sajdl. J., 2011).

System ABS je elektronický systém, jež pracuje s informacemi od snímačů každého kola, které zjišťují aktuální rychlost otáčení kol. Když řídicí jednotka vyhodnotí, že po sešlápnutí brzdového pedálu došlo k zablokování kola, uvolní krátkodobě tlak v brzdovém systému, čímž dovolí kolu opětovný pohyb. Tento děj se opakuje 12-16krát za sekundu. Tím je zaručena relativní řiditelnost vozu. Prudké brzdění se systémem ABS udržuje kolo na hranici adheze až do úplného zastavení kol (Sajdl. J., 2011).

4.8 Inovace podvozkových součástí

4.8.1 Kola Tweel

Jeden ze světových výrobců pneumatik společnost Michelin prezentoval unikátní vývojovou koncepci pneumatik, která by mohla v budoucnu zcela nahradit stávající pneumatiky. Tato novinka byla představena jako výrobek „tweel“ (viz obr. č. 12) (spojení anglických slov „tire“ = pneumatika a „wheel“ = kolo). Je založen na principu pružných paprskových lamel, které slouží k pro pružení, na kterých je nalisován prstencový pryžový běhoun s dezénem. Celá sestava ke své funkčnosti nepotřebuje huštění vzduchem, a i přesto je srovnatelná s konvekční pneumatikou jak do nosnosti tak do jízdniho komfortu. Proti konvenční pneumatice však vyniká nižším valivým odporem o 5 % a až pětinasobnou příčnou tuhostí. Po opotřebení není nutné měnit celou pneumatiku, výměně podléhá pouze běhoun, jenž má dvakrát vyšší životnost oproti běžným pneumatikám. Jednou z nevýhod pneumatik „tweel“ je jejich dosavadní využití - pouze u vozidel s nižší konstrukční rychlostí, neboť při rychlostech kolem 80 km/h dochází k vibracím a zvýšenému hluku (Janda P., 2005); (Halton M., 2005).



Obr. č. 12 - Ukázka kola Tweel
Zdroj: webový portál www.hybrid.cz, 2013

4.8.2 Karbonové ráfky

Kooperací společností Volkswagen, ThyssenKrupp a Maxion Wheels byla vyvinuta hybridní kola z uhlíkových vláken a hliníku, která by měla být ozdobou luxusních a sportovních aut. Kola jsou vyrobena z karbonových vláken obalených epoxidovou pryskyřicí, jenž se zatepla lisují na předem připravenou formu, přičemž se tento postup několikrát opakuje. Takto vyrobená kola vynikají svojí nízkou vahou (v porovnání s ráfky z hliníkových slitin až o 50 %), nižší úrovní hluku během jízdy a nižšími vibracemi. Jejich velkou nevýhodou je poměrně velká pořizovací cena, která se pohybuje v řádech několika stovek tisíců korun českých (Sleper A.D., 2015).

4.8.3 Kompozitní nápravy

Koncern ZF Engineering ve spolupráci se společností Henkel zkonstruoval koncept elastokinematické klikové nápravy MCT (multicompliance twist beam), která by měla mít srovnatelné vlastnosti jako výceprvková náprava a to za cenu klasické nápravy svlečenými rameny spojenými torzně poddajnou příčkou. U tohoto konceptu jsou vinuté pružiny nahrazeny příčným listovým perem z kompozitního materiálu, jenž je vyztužen skleněnými vlákny. Podle výzkumu by nové řešení mělo snížit váhu o 12 až 15 %, při optimalizaci jízdních vlastností a poklesu hluku a vibrací. Mezi první automobilové výrobce, kteří se rozhodli koncept aplikovat do praxe patří společnost Volvo, která jej sériově začala montovat do modelu Volvo XC90 (Olivík P., 2011);(Henkel, 2015).

4.8.4 Kompozitní pružiny

Italská společnost Sogafi ve spolupráci se společností Audi pracují na vývoji vinutých pružin z kompozitního materiálu GFRP. Takto vyrobená pružina se skládá z několika vrstev skleněných vláken namáčených v epoxidové pryskyřici, střídavě

navinutých pod záporným úhlem 45° na jádro pružiny. Výsledná pružina vyniká velkou houževnatostí proti torzním kmitům, nižší hmotností přibližně o 40 % proti ocelové pružině. Rovněž nepodléhá korozi a její energetická náročnost při výrobě je nižší než u standartních pružin (Vlk F., 2006); (Okaník F., Bakalářská práce, Nápravy moderních osobních automobilů, 2012).

4.8.5 Naklápění kola (ATTC – Active Tyre Tilt Control)

Společnost Mercedes-Benz zkonstruovala inovativní systém aktivního naklápění pneumatik, který označila ATTC. Tento systém je založen na principu naklopení vnější kola v rozsahu $0 - 20^\circ$ za pomoci hydraulického válce, v němž může být docíleno tlaku až 200 barů. Zkoušky prototypu prokázaly zlepšení jízdních vlastností o 30 % a boční zrychlení vzrostlo na hodnotu 1,28 g. Této hodnoty nejsou schopny dosáhnou ani sportovní vozy dnešní doby (boční zrychlení sportovních vozů je 1 g). Naklápění je využito pro rychlejší průjezd zatáčkou či během aquaplaningu, což razantně zvyšuje aktivní bezpečnost. Tato konstrukce dokáže i chytřeji využít měkčí směsi pneumatiky a to tak, že naklopí kola na místo s největší adhezí, a tím zkrátí brzdnu dráhu ze 100 km/h o 5 metrů. Samotná pneumatika připomíná více motocyklovou než automobilovou pneumatiku, neboť její vnější okraje jsou mnohonásobně menší než její střed (Špánek J., bakalářská práce, Podvozky motorových vozidel, 2011).

4.8.6 Elektromagnetické aktivní odpružení SKF

Společnost SKF ve spolupráci s Eindhovenskou technickou univerzitou vyvinuly a v současnosti vyrábějí tlumící systém náprav závislý pouze na lineárních elektromotorech. Ve srovnání se standartním hydraulickým či pneumatickým typem odpružení vynikají svou velmi rychlou reakční dobou na změnu polohy kola. Elektromotory jsou ve vozidle ovládané palubním počítačem, který získává informace o změně směru jízdy či nerovnostech z několika velmi citlivých senzorů. Díky této inovaci lze docílit zlepšení jízdního komfortu až o 60 % oproti standartnímu provedení. Rovněž bylo tímto provedením docíleno zlepšení jízdních vlastností během změny směru jízdy, kdy se vozidlo chová klidněji a stabilněji. Celá konstrukce si zachovává rozměry modelu odpružení McPhearson (Jan Z., Ždánský B., 2009); (Okaník F., Bakalářská práce, Nápravy moderních osobních automobilů, 2012).

4.8.7 Aktivní řízení zadních kol

Konstruktéři vozidel Porsche uvedli do sériové výroby koncepci elektricky ovládaných zadních kol (viz obr. č. 13). Tato myšlenka nepatří mezi nejnovější, avšak mechanicko-elektricky byla dotažena do zdárného konce až nyní. Konstrukce dovoluje natočení zadních kol o $1,5^\circ$ až 3° na obě strany. I toto malé vychýlení má za následek razantní změny v chování vozidla. Jsou-li zadní kola obrácena v opačném směru jízdy nežli přední, je docíleno efektu zmenšení poloměru zatáčení, což připomíná jízdu vozidla se zkráceným rozvozem náprav o 250 mm. Druhou možností je, že zadní kola jsou natočena stejným směrem (ne však pod stejným úhlem) jako kola přední. Touto možností docílí vozidlo větší stability při rychlé jízdě. Tento efekt by se dal přirovnat k jízdě vozidla, jehož rozvor náprav je delší bezmála až o 500 mm (Rybecký V., 2014).



Obr. č. 13 – Konstrukce aktivního řízení zadních kol
Zdroj: webový portál www.autoweek.cz, 2014

4.8.8 Nouzový brzdový asistent

Nouzový brzdový asistent, zkráceně EBA nebo BAS (angl. Emergency Brake Assist nebo Braking Assistance System), se řadí do prvků aktivní bezpečnosti. Je konstruován tak, aby uplatnil během nouzového brždění co nejvyšší možný brzdný účinek nezávisle na velikosti síly působící na brzdový pedál řidičem. Elektronický systém vyhodnocuje jakou rychlostí a intenzitou byl na brzdový pedál vyvinut tlak řidičem, kdy následně získaná data srovnává s běžnými brzdnými účinky. V případě nestandardních dat systém zareaguje tak, že zvýší hydraulický tlak v brzdové soustavě, neboť se domnívá, že se jedná o kritickou situaci. Tento efekt má za následek zkrácení brzdné dráhy nezávisle na nesprávné reakci řidiče (Besip, 2016).

5 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část je zaměřena na hodnocení nehodovosti osobních vozidel způsobené technickou závadou podvozku. Pro hodnocení byly vybrány nehody, které byly evidovány Policií České republiky v letech 2000 až 2014.

Policie České republiky při dopravní nehodě na místě určuje 15 technických závad, jež zapříčinily vznik nehody, z nich 9 se týká podvozku motorových vozidel:

- závada řízení,
- závada provozní brzdy,
- neúčinná nebo nefunkční parkovací brzda,
- opotřebení běhounu pláště pod stanovenou mez,
- defekt pneumatiky – průrazem, náhlým únikem,
- upadnutí, ztráta kola vozidla (i rezervního),
- zablokování kol v důsledku mechanické závady vozu,
- lom závěsu kola či pružiny,
- jiná technická závada.

Je zapotřebí do přímo definovaných závad zahrnout i skupinu jiná technická závada“, neboť i do této skupiny mohou policisté řadit závady podvozku, protože konkrétní uplatněná technická závada podvozku nemá příslušné zařazení.

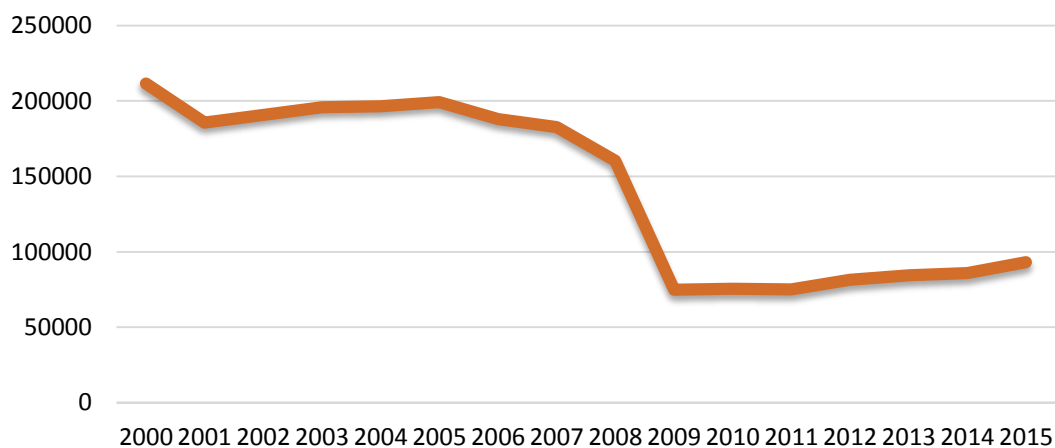
V tabulce č. 1 je uveden celkový počet nehod v České republice za období let 2000 až 2014 a celkový počet nehod, u kterých jako hlavní příčinou nehody byla stanovena technická závada na vozidle. Ze skupiny, kde byla hlavní příčinou technická závada, byly vyčleněny ty nehody, u nichž byla jako hlavní příčina stanovena závada na podvozkové součásti vozidla. Podílem celkového počtu nehod způsobenou technickou závadou a celkového počtu nehod byla získána procentuální míra zavinění, jež způsobily technické závady. Rovněž tak bylo postupováno při stanovení míry zavinění nehod způsobených závadou podvozkové části.

Tab. č. 1: Porovnání nehodovosti v ČR letech 2000 až 2014 a podíl technické závady na nehodách

Roky	Celkový počet nehod v ČR	Celkový počet nehod způsob. technickou závadou	Celkový počet nehod způsob. závadou podvozků	Podíl techn. nehod v %	Podíl nehod způsob. závadou na podvozku v %
2000	211516	2660	1362	1,25	0,64
2001	185666	1821	1069	0,98	0,57
2002	190718	1706	1077	0,89	0,56
2003	195851	1397	951	0,71	0,48
2004	196470	1282	825	0,65	0,42
2005	199262	1370	811	0,68	0,40
2006	187965	1259	772	0,67	0,41
2007	182736	1080	684	0,59	0,37
2008	160376	875	525	0,54	0,32
2009	74815	450	322	0,60	0,43
2010	75522	470	337	0,62	0,44
2011	75137	450	315	0,59	0,41
2012	81404	453	307	0,55	0,37
2013	84398	459	305	0,54	0,36
2014	85859	461	322	0,53	0,37

Zdroj: Vlastní vyhodnocení dat z interní databáze PČR

Na obr. č. 14 je vyobrazen graf nehodovosti vozidel v ČR, který nám ukazuje vývoj nehodovosti za období od roku 2000 do roku 2015.

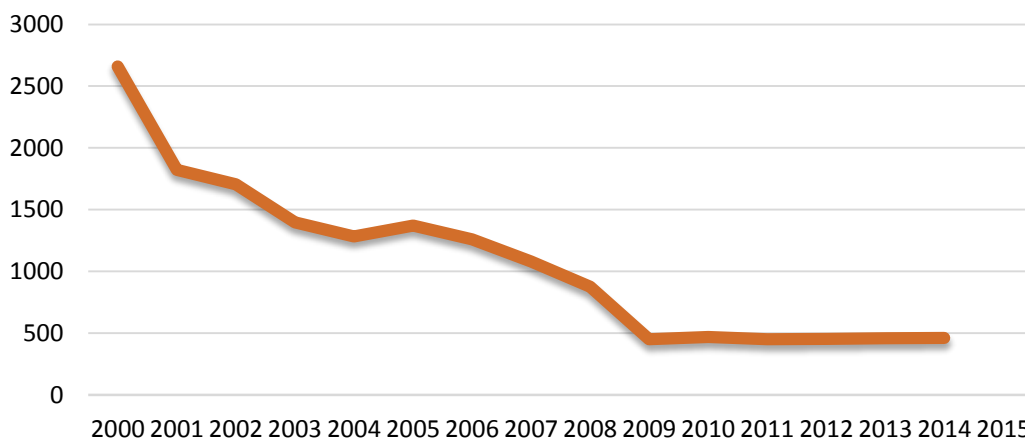


Obr. č. 14 – Nehodovost vozidel v ČR

Zdroj: Vlastní vyhodnocení dat z interní databáze PČR

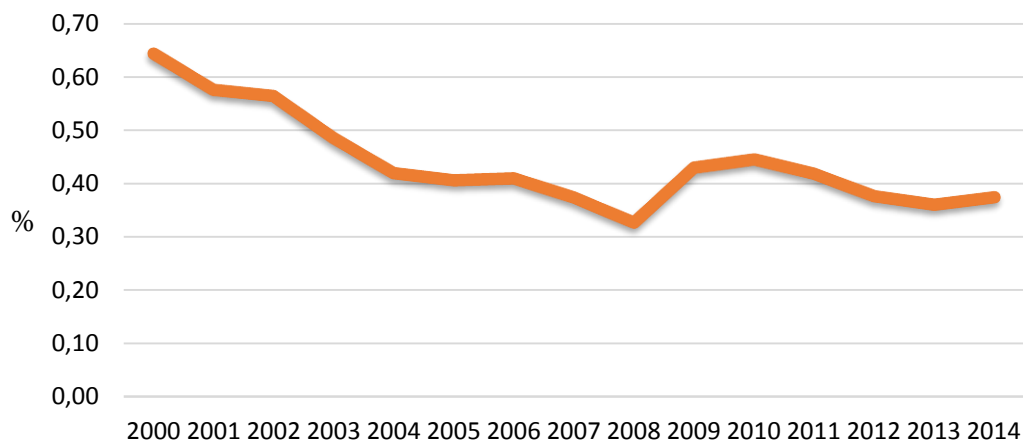
Z něj je patrný pokles nehodovosti od roku 2000 do roku 2008. V tomto roce pak dochází k poklesu počtu nehod z 160376 nehod na 74815 nehod, což odpovídá propadu o 54 %. Po tomto roce dochází každoročně k mírnému nárůstu počtu dopravních nehod.

Graf vývoje technické nehodovosti v ČR (obr. č. 15) znázorňuje pokles uplatněných technických závad šetřených Policií České republiky až do roku 2009. Od tohoto roku má technická nehodovost téměř konstantní průběh okolo 460 nehod za rok.



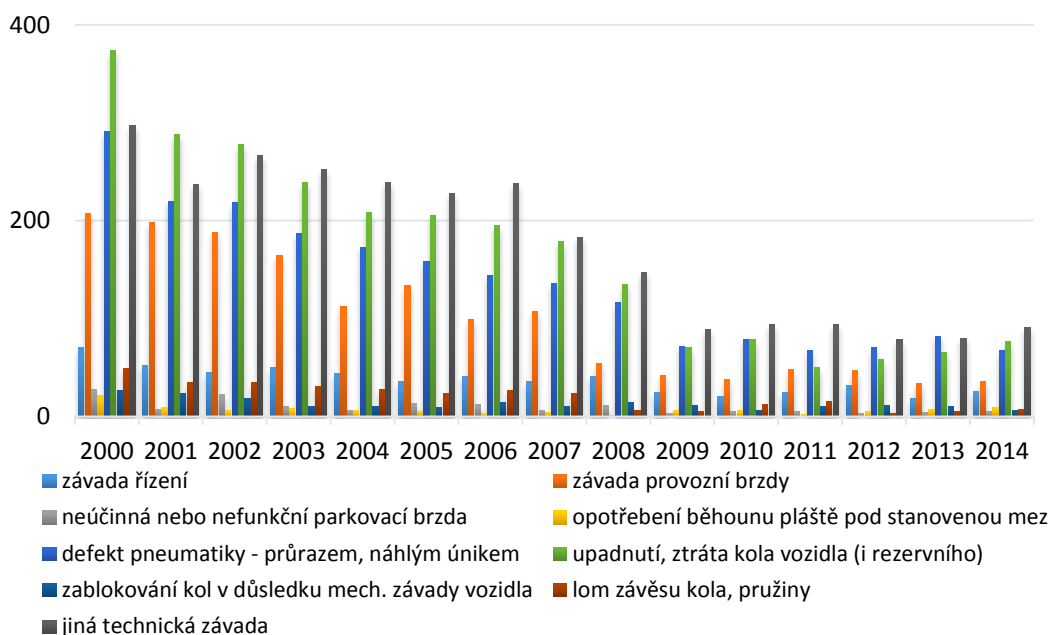
Obr. č. 15 – Vývoj technická nehodovosti v ČR
Zdroj: Vlastní vyhodnocení dat z interní databáze PČR

Z obr. č. 16 je možné zjistit celkový podíl nehod zaviněných závadou na podvozkové části vozu vůči celkovému počtu evidovaných dopravních nehod v rámci ČR. Jak je z grafu patrné, že dochází k pozvolnému poklesu z hodnoty 0,64 % v roce 2000 na hodnotu 0,37 % v roce 2014.



Obr. č. 16 – Podíl technických závad podvozku na nehodách vyjádřený v %
Zdroj: Vlastní vyhodnocení dat z interní databáze PČR

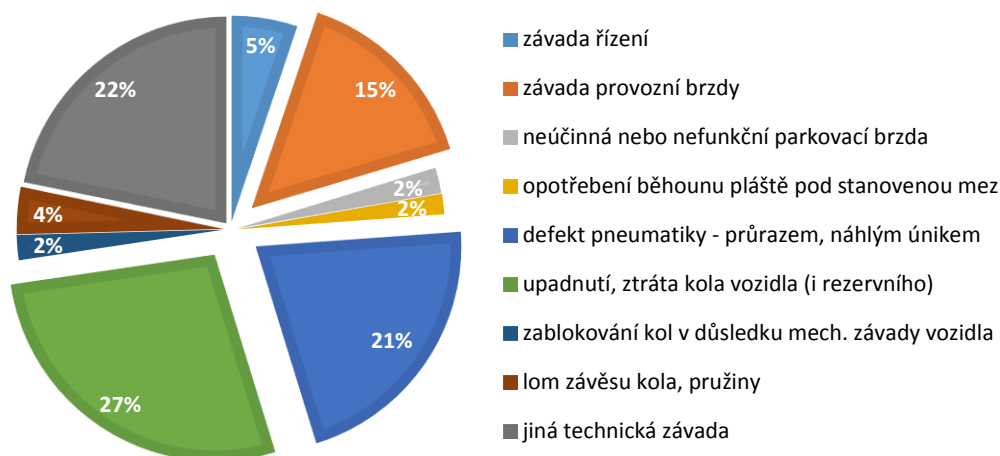
Ve sloupcovém grafu (obr. č. 17) máme znázorněnou míru zavinění jednotlivých závad na podvozkové části vozidla v roce, ve kterém byly uplatňovány.



Obr. č. 17 – Uplatněné technické závady podvozků v daném roce
Zdroj: Vlastní vyhodnocení dat z interní databáze PČR

Po lepší přehlednost jednotlivých podílů uplatněných technických závad na podvozkové součásti byly z obr. č. 17 vyčleněny data z let 2000, 2005, 2010 a 2014, jež jsou znázorněny ve výšečových grafech.

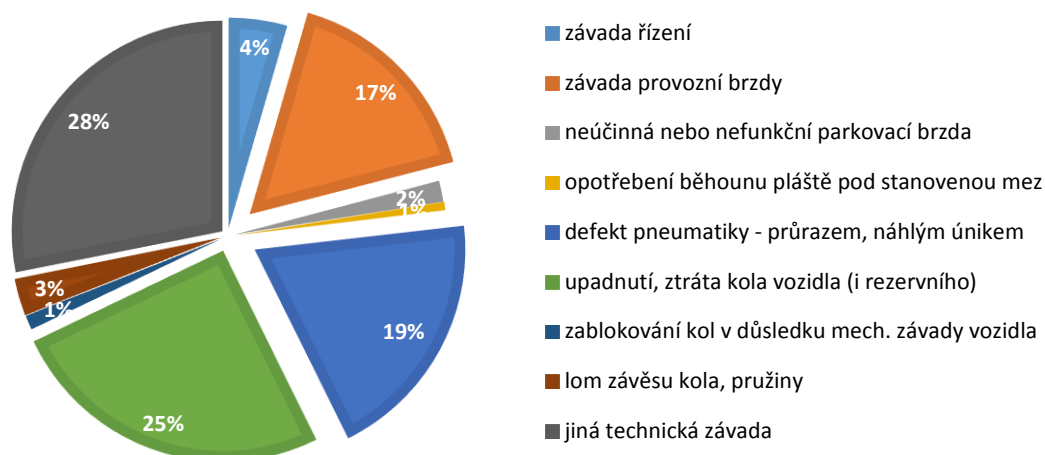
Výšečový graf (obr. č. 18) pak znázorňuje, jak velký podíl měla určitá závada na podvozkové součásti, na nehodách v roce 2000.



Obr. č. 18 – Podíl uplatněných technických závad podvozku za rok 2000
Zdroj: Vlastní vyhodnocení dat z interní databáze PČR

V roce 2000 měli na nehodách podvozků největší podíl: upadnutí, ztráta kola (i rezervního), defekt pneumatiky – průrazem, náhlým únikem a závada provozní brzdy.

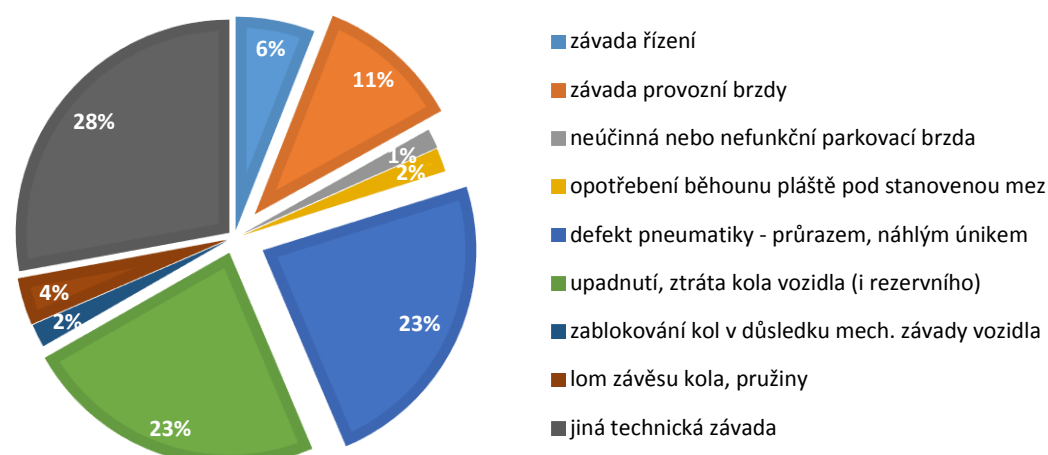
Obrázek č. 19 znázorňuje, jaký měla jednotlivá závada podíl na nehod podvozkových součástí za rok 2005



Obr. č. 19 – Podíl uplatněných technických závad podvozku za rok 2005
Zdroj: Vlastní vyhodnocení dat z interní databáze PČR

Z rozložení výšečového grafu obr. č. 19 je patrné, že se na nich v největší míře podílí: upadnutí, ztráta kola vozidla (i rezervního), defekt pneumatiky – průrazem, náhlým únikem a závada provozní brzdy.

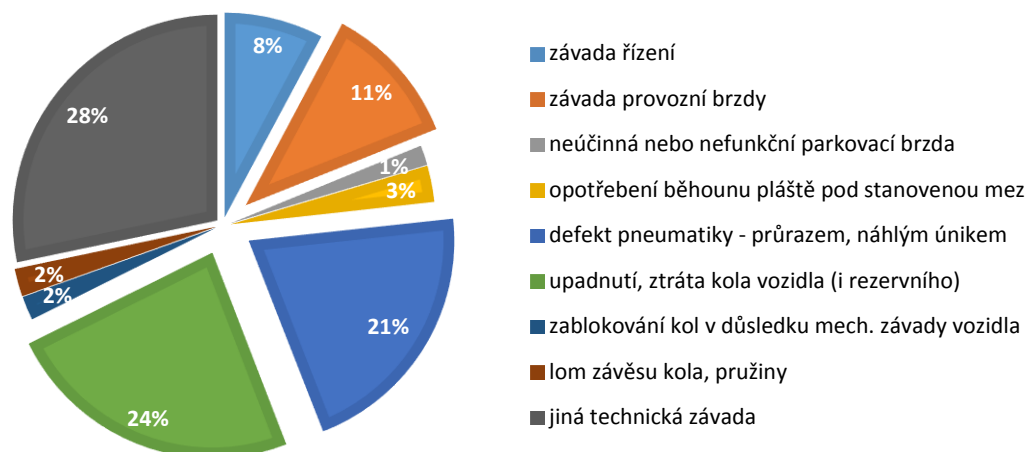
Výšečový graf obr. č. 20 znázorňuje nejčastější závadu na podvozkové součásti v roce 2010.



Obr. č. 20 – Podíl uplatněných technických závad podvozku za rok 2010
Zdroj: Vlastní vyhodnocení dat z interní databáze PČR

Mezi nejčastější závady podvozkové části v roce 2010, lze zařadit opět upadnutí, ztráta kola vozidla (i rezervního), defekt pneumatiky – průrazem, náhlým unikem a závada provozní brzdy.

Obrázek č. 21 znázorňuje, jak se jednotlivá závada na podvozkové součásti podílela na nehodách v roce 2014.



Obr. č. 21 – Podíl uplatněných technických závad podvozku za rok 2014
Zdroj: Vlastní vyhodnocení dat z interní databáze PČR

Z výšečového grafu závad na podvozkové součásti roku 2014 lze vyvodit nejčastější příčinu nehody: upadnutí, ztráta kola vozidla (i rezervního), defekt pneumatiky – průrazem, náhlým unikem a závada provozní brzdy.

6 DISKUZE

Na základě zjištění lze konstatovat, že do roku 2008 měla nehodovost i uplatnění technických závad klesající tendenci. Od roku 2008 se křivky začaly rozcházet, přičemž celková nehodovost měla narůstající tendenci, avšak nahlášené technické nehody se pohybovaly kolem hodnoty 318 uplatnění za rok.

Propad v nehodovosti mezi roky 2008 až 2009 je pravděpodobně zapříčiněn platností zákona č. 274/2008 Sb., v souvislosti s přijetím novely zákona o Policii České republiky, jenž vstoupil v platnost 1. ledna 2009. S novelou zákona se změnila povinnost hlášení dopravních nehod Policii České republiky v rámci způsobených škod z 50.000,- Kč na 100.000,-Kč (jakožto ohlašovací povinnost). Zbývající podmínky ohlášení zůstaly beze změny. Platnost tohoto zákona však neovlivnila podíl uplatněných závad na podvozkových součástech, jež zapříčinily vznik dopravní nehody.

Shrnutím výsledků z výšečových grafů lze konstatovat, že ve sledovaném období se nejčastěji na nehodách vlivem závady na podvozkové součásti vozidla podílely: upadnutí, ztráta kola vozidla (i rezervního), defekt pneumatiky – průrazem, náhlým unikem a závada provozní brzdy. U závady upadnutí, ztráta kola vozidla (i rezervního) a závada provozní brzdy lze sledovat v letech 2000 až 2014 mírný pokles uplatnění této příčiny. Technickou závadu defekt pneumatiky – průrazem, náhlým unikem, můžeme vyhodnotit jako konstantní podíl z celkového počtu nahlášených technických závad. Z výšečových grafů je rovněž patrný každoroční nárůst podílu závady řízení vozidla na celkové nehodovosti, který se za sledované období bezmála zdvojnásobil, avšak ve sloupcovém grafu má tato závada stále klesající tendenci. Rovněž je zapotřebí vnímat i závadu označenou jako „jiná technická závada“, která má vysoký podíl v celkových technických závadách, avšak z dostupných dat nelze přesně určit o jakou závadu se jedná.

Z výsledků je patrné, že počet uplatňovaných nehod vlivem závady podvozků poklesl o 0,26 % během období 2000 až 2014. To by mohlo být zapříčiněno inovacemi v konstrukci podvozkových částí motorových vozidel za předpokladu, že každý rok dochází k částečnému omlazení vozového parku v České republice. Podíl závady podvozkové části vozidla na celkové nehodovosti v České republice se dlouhodobě pohybuje pod hranicí 0,5%.

7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo seznámit čtenáře s jednotlivými prvky podvozku osobních motorových vozidel a jejich inovacemi a poukázat na to, jak má jejich funkčnost vliv na nehodovost.

Většinu technických závad jako upadnutí - ztráta kola, defekt pneumatiky, závada provozní brzdy, by se dalo předcházet častějšími preventivními kontrolami provozovatelem vozidla nebo častějšími prohlídkami v autorizovaných servisech.

Díky novým technologiím a patentům v oblasti materiálového inženýrství, strojírenství a elektrotechniky je možno nově získané znalosti implementovat do oblasti automobilového průmyslu, což má za následek lépe a efektivněji posouvat hranice fyzikálních zákonů působící na podvozek vozidla a jeho součásti. Výrobci neustále zlepšují konstrukční prvky podvozků a tím snižují vliv technických závad způsobujících dopravní nehody. Mezi velmi slibnou inovací bezpečnosti proti defektu pneumatiky patří kola Tweel. Dalšími nepřehlédnutelnými inovacemi podporující snížení brzdné dráhy jsou brzdové systémy EBA nebo BAS (nouzoví brzdoví asistenti). V blízké době s rozvojem techniky a technologiím je možné očekávat podvozkové součásti vyrobené z nanomateriálu a z 3D tiskáren, které by bezesporu posunuly bezpečnost, jízdní vlastnosti a komfort o velký krok kupředu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literární zdroje:

- [1] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily I - Podvozky*. 3. vyd. Brno: Avid, 2004, vi, 211 s.
- [2] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily I - Podvozky*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2009, 245 s. ISBN 978-80-87143-11-7.
- [3] MOTEJL, Vladimír a Karel HOREJŠ. *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. Vyd. 3. Brno: Littera, 2004, 610 s. ISBN 80-85763-24-9
- [4] HOREJŠ, Karel a Vladimír MOTEJL. *Příručka pro řidiče a opraváře automobilů*. Vyd. 4. Brno: Littera, 2008, 358 s. ISBN 978-80-85763-42-3
- [5] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 392 s. ISBN 80-239-0026-9
- [6] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 3., přeprac., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: František Vlk, 2006, vii, 464 s. ISBN 80-239-6464-x

Akademické práce:

- [1] BAJER Š.: *Podvozky osobních automobilů*. Brno, 2014. Bakalářská práce. MZLU v Brně, Fakulta agronomická. Vedoucí práce Ing. Adam Polcar, Ph.D.
- [2] KOČÍ V.: *Podvozky motorových vozidel*. Brno, 2009. Bakalářská práce. MZLU v Brně, Fakulta agronomická. Vedoucí práce doc. Ing. Miroslav Havlíček, CSc.
- [3] MAKOVSKÝ M.: *Podvozky nákladních vozidel*. Brno, 2009. Bakalářská práce. MZLU v Brně, Fakulta agronomická. Vedoucí práce Ing. Jiří Čupera, Ph. D.
- [4] OKANÍK F.: *Nápravy moderních osobních automobilů*. Brno, 2012. Bakalářská práce. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce prof. Ing. VÁCLAV PÍŠTEK, DrSc.
- [5] RŮŽIČKA J.: *Semiaktivní a aktivní tlumení vozidel*. Plzeň, 2014. Bakalářská práce. ZČU v Plzni, Fakulta strojní. Vedoucí práce Ing. Roman Čermák, Ph.D.
- [6] SEDLÁŘ J.: *Typy náprav osobních automobilů*. Brno, 2008. Bakalářská práce. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. PETR PORTEŠ, Dr.
- [7] ŠTASTNÝ J.: *Zavěšení, odpružení, tlumení závodních vozidel*. Brno, 2009. Bakalářská práce. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ing. ONDŘEJ BLAŽÁK

[8] ŠPÁNEK J.: *Podvozky motorových vozidel*. Brno, 2011. Bakalářská práce. MZLU v Brně, Fakulta agronomická. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Sedlák, CSc.

[9] ŠULÁK J.: *Tester pružin a tlumičů*. Brno, 2011. Diplomová práce. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Ondřej Blatňák, Ph.D.

Internetové zdroje:

[1] AUTA5P.: *Brzdy*, [online] 2016, [cit. 2016-02-11] Dostupné z: <http://auta5p.eu/informace/podvozek/podvozek3.php>

[2] AUTOLEXICON.NET.: *Nápravy*, [online] 2016, [cit. 2016-02-20] Dostupné z: <http://www.autolexicon.net>

[3] AUTOPERA, *Vinuté pružiny*, [online] 2014, [cit. 2016-02-8] Dostupné z: <http://autopera.cz/vinute-pruziny/>

[4] AUTOPROFITEAM, *Řízení*, [online] 2009, [cit. 2016-02-10] Dostupné z: <http://www.autoprofiteam.cz/article.php?artid=470>

[5] AUTOWEEK.CZ.: *Aktivní řízení zadních kol*, [online] 2013, [cit. 2016-02-20] Dostupné z: <http://www.autorevue.cz>

[6] AUTOWEB.CZ., *Konstrukce podvozků*, [online] 2010, [cit. 2016-02-8] Dostupné z: <http://www.autoweb.cz/konstrukce-podvozku-dil-3-odpor-k-deformaci/>

[7] AUTOREVUE.CZ.: *Odpružení*, [online] 2016, [cit. 2016-02-20] Dostupné z: <http://www.autoweek.cz>

[8] AUTOZNALOSTI.CZ.: *Brzdy I*, [online] 2011, [cit. 2016-02-11] Dostupné z: <http://www.autoznanosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/33-brzdyi.html>

[9] CESKEPNEZ.CZ.: *Technické informace*, [online] 2016, [cit. 2016-02-20] Dostupné z: <http://www.ceskepneu.cz>

[10] CITROEN-CLUB.CZ.: *Kotoučová brzda*, [online] 2016, [cit. 2016-02-20] Dostupné z: <http://www.citroen-club.cz>

[11] GOLDSCHMITT.SK.: *Ocelové pružiny*, [online] 2016, [cit. 2016-02-20] Dostupné z: <http://www.goldschmitt.sk>

[12] HALTON M.: *Radical airless tyre has half the rolling resistance and is cheaper to make*, [online] 2005, [cit. 2016-01-30], Dostupné z: <http://www.gizmag.com/go/3995/>

[13] HYBRID.CZ.: *Kola Tweel*, [online] 2016, [cit. 2016-02-20] Dostupné z: <http://www.hybrid.cz>

- [14] HENKEL, *Lehké jako pířko*, [online] 2015, [cit. 2016-02-8] Dostupné z: http://www.henkel.cz/automotive/novinky-11253_lehke-jako-pirko-12125_CZC_HTML.htm
- [15] HWASSERBAUER P.: *Řízení*, [online], [cit. 2016-02-10] Dostupné z: <http://www.ssamp-krnov.cz/upload/soubory/00208.pdf>
- [16] JANDA P.: *Michelin Tweel.*, [online] 2005, [cit. 2016-01-30], Dostupné z: http://www.autorevue.cz/michelin-tweel-pneumatiky-ktere-nepotrebuji-vzduch_1
- [17] MJAUTO.CZ.: *Tlumiče Kayaba.*, [online] 2016, [cit. 2016-02-20], Dostupné z: <http://www.mjauto.cz>
- [18] OLIVÍK P., *Inovace pro podvozky*, [online] 2011, [cit. 2016-02-8] Dostupné z: http://www.autorevue.cz/inovace-pro-podvozky-jednoduchost-vitezi_1
- [19] PNEU-ASISTENT., *Konstrukce funkce a výroba pneumatiky*, [online] 2015, [cit. 2016-01-30] Dostupné z: http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce_funkce_a_vyroba_pneumatiky.html
- [20] RYBECKÝ V.: J., *Aktivní řízení zadních kol*, [online] 2014, [cit. 2016-01-11], Dostupné z: http://www.autoweek.cz/cs--aktuality-aktivni_rizeni_zadnich_kol_porsche_4ws-3467
- [21] SAJDL J.: *Tuhá náprava*, [online] 2011, [cit. 2016-01-30], Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/tuha-naprava/>
- [22] SAJDL J.: *ABS (Anti-lock Braking System)*, [online] 2011, [cit. 2016-01-11], Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>
- [23] SAJDL J.: *kyvadlová náprava*, [online] 2012, [cit. 2016-02-05], Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/kyvadlova-uhlova-naprava/>
- [24] SLEEPER A. D.: *Karbonová kola*, [online] 2015, [cit. 2016-01-30], Dostupné z: <http://www.auto.cz/volkswagen-zkousi-spolu-thyssenkrupp-maxion-wheels-karbonova-kola-87859>
- [25] SOSSOUKYJOV, *Odpružení vozidel*, [cit. 2016-02-8] Dostupné z: http://www.sossoukyjov.cz/data/file/Odpruzeni_s_obrazky.pdf
- [26] VANCL K. *Automobily*, [online] 2011, [cit. 2016-02-05], Dostupné z: http://projekt.iss-slany.cz/wp-content/uploads/2011/10/AUTOMOBILY_KV-bar_tisk1.pdf, str. 27

Ostatní zdroje:

[1] HORVÁTH J.: *Pryžové pneumatické a hydropneumatické pružiny*, Digitalizace výuky na ISŠTE v Sokolově, 2012. Registrační číslo: CZ.1.07/1.5.00/34.0496, str. 5.

[2] Data získána z Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky, interní databáze, v souladu s pokynem policejního prezidenta č. 235/2014, o využití datové sítě Ministerstva vnitra Hermes.

9 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky:

<i>Obr. č. 1 – Průřez pneumatikou.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. č. 2 – Prohloubení symetrické a asymetrické</i>	<i>14</i>
<i>Obr. č. 3 – Wattův přímovod.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. č. 4 – Zadní náprava vozidla zn. Jaguár severiigen 4.0.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. č. 5 – Náprav McPherso, Mercedes-Benz E-Class.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. č. 6 – Zadní kliková náprava</i>	<i>19</i>
<i>Obr. č. 7 – Zadní víceprvková náprava Škoda Octávia 4x4.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. č. 8 – Ocelové pružiny.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. č. 9 – Jednoplášťový kapalinový tlumič zn. Kayaba</i>	<i>23</i>
<i>Obr. č. 10 – Systém odpružení BOSE.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. č. 11 – Kotoučová brzda.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. č. 12 – Ukázka kola Tweel.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. č. 13 – Konstrukce aktivního řízení zadních kol.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. č. 14 – Nehodovost vozidel v ČR.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. č. 15 – Vývoj technická nehodovosti v ČR.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. č. 16 – Podíl technických závad podvozku na nehodách vyjádřený v %.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. č. 17 – Uplatněné technické závady podvozků v daném roce.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. č. 18 – Podíl uplatněných technických závad podvozku za rok 2000.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. č. 19 – Podíl uplatněných technických závad podvozku za rok 2005.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. č. 20 – Podíl uplatněných technických závad podvozku za rok 2010.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. č. 21 – Podíl uplatněných technických závad podvozku za rok 2014.....</i>	<i>38</i>

Tabulky:

<i>Tab. č. 1 – Porovnání nehodovosti v ČR letech 2000 až 2014 a podíl technické závady na nehodách</i>	<i>34</i>
--	-----------