

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

DANIEL ŘEHÁČEK

Mendelova univerzita v Brně
Agromická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy



Funkční vlastnosti náprav silničních vozidel

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

prof. Ing. František Bauer, Csc.

Vypracoval:

Daniel Řeháček

Brno 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Funkční vlastnosti náprav silničních vozidel vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím 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 se na moji práci 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 školního díla 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, 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:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji zejména panu prof. Ing. Františku Bauerovi, CSc. za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytl během zpracovávání této bakalářské práce.

Abstrakt

Obsahem bakalářská práce je souhrn typů náprav silničních vozidel, zejména pak osobních automobilů. Úvod je soustředěn na popis prvků náprav a základní pojmy. Dále jsou detailně popsány nápravy, jejich konstrukce, funkce, výhody a nevýhody. Část práce je zaměřena na rozbor funkčních vlastností daných náprav.

Klíčová slova:

Nápravy, podvozek, automobil, parametry, vlastnosti, srovnání

Abstract

The content of bachelor thesis is a summary of axles types used by road vehicles, especially automobiles. The introduction is focused on describing basic features of axles and basic terms. Axles and their construction, functions, pros and cons are detailly described furthermore. Part of the thesis is also focused on analysis of the functional segments of axles.

Keywords:

Axles, chassis, car, parameters, properties, comparison

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	CÍL PRÁCE.....	6
3	KINEMATIKA NÁPRAV A JÍZDNÍ DYNAMIKA	7
3.1	Klopení karoserie	7
3.2	Klonění karoserie	8
3.3	Geometrie zavěšení kola	8
3.4	Požadavky na nápravy.....	11
4	PRVKY NÁPRAVY	12
4.1	Pneumatiky.....	12
4.1.1	Funkce pneumatiky.....	12
4.2	Kolo.....	13
4.3	Zavěšení	13
4.4	Odpružení.....	14
4.5	Tlumení	15
4.6	Stabilizátory	15
4.6.1	Zkrutné stabilizátory	15
4.6.2	Kapalinové stabilizátory	16
4.6.3	Stabilizátory řízené elektronicky	16
5	NÁPRAVY V OSOBNÍCH AUTOMOBILECH	17
5.1	Lichoběžníková náprava	17
5.1.1	Konstrukce nápravy	18
5.1.2	Použití nápravy	18
5.2	MacPherson náprava	19
5.2.1	Gyroskopický moment.....	20
5.2.2	Konstrukce nápravy	20
5.2.3	Použití nápravy	21
5.3	Víceprvková náprava	22
5.3.1	Konstrukce nápravy	22
5.3.2	Použití nápravy	23
5.4	Kliková náprava	23
5.4.1	Konstrukce nápravy	24
5.4.2	Použití nápravy	25
5.5	Kliková náprava se spřaženými rameny	25
5.5.1	Konstrukce nápravy	26

5.5.2 Použití nápravy	26
5.6 Kyvadlová náprava.....	27
5.6.1 Konstrukce nápravy	27
5.6.2 Použití nápravy	27
5.7 Tuhá náprava.....	28
5.7.1 Konstrukce nápravy	29
5.7.2 Panhardská tyč	29
5.7.3 Wattův přímovod	30
5.7.4 Podélné vedení.....	30
5.7.5 Použití nápravy	31
5.8 De Dion náprava	31
5.8.1 Konstrukce nápravy	32
5.8.2 Použití nápravy	32
6 POROVNÁNÍ NÁPRAV	33
7 ZÁVĚR.....	37
8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	38
9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	40

1 ÚVOD

Již přes sto let nám automobily slouží k přepravě osob či nákladů, jejich podoba se ovšem za tuto dobu velmi změnila. Původní automobily s dnešními, měli velmi málo společného. Když se poohlédneme do historie, většina prvních automobilů měla konstrukci, která vycházela z koňských povozů s loukoťovými koly spojenou hřídelí. Ovšem tato hřídel byla otočně uložena ke konstrukci vozidla bez jakéhokoliv odpružení. Největší dopad na vozidla byl v meziválečném období, kdy získávaly primitivní konstrukce tuhých náprav s listovými pery. V dnešních dnech již máme mnoho konstrukčních řešení náprav, které se využívají v moderních automobilech.

Nápravy osobních automobilů mají důležitý úkol a tím je vozidlu zajistit dokonalé jízdní vlastnosti a jízdní komfort. Nápravy nesou celou tíhu vozu a přenášejí ji na kola. Jelikož konstrukce náprav je jediné, co vůz udržuje s vozovkou, má velmi razantní vliv na aktivní bezpečnost vozidla.

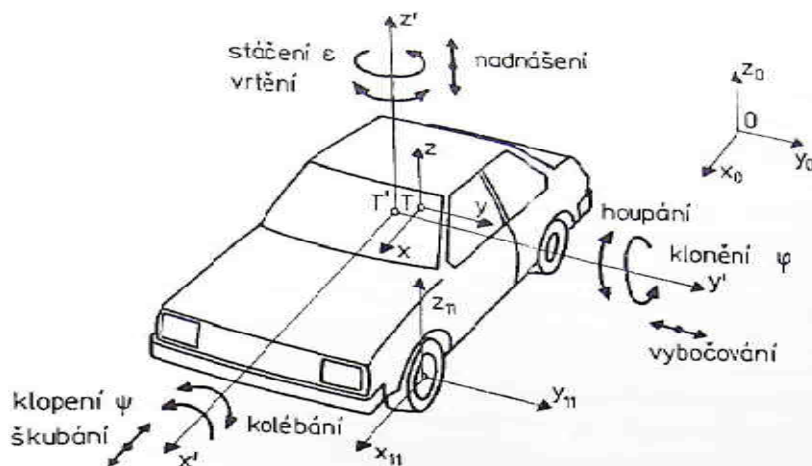
Toto zvolené téma jsem si vybral, jelikož již od dětství jsem k osobním automobilům přilnul a měl o ně velký zájem jak po technické tak i po konstrukční stránce. Výrobci se snaží hledat stále lepší jízdní vlastnosti a nejvyšší jízdní komfort, čímž dosahují použitím různých typu náprav, o kterých budu psát v této bakalářské práci.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je analyzovat současný stav v konstrukci náprav silničních vozidel. Jsou zde také popsány základní prvky náprav, ale tato práce je hlavně zaměřena na rozbor jednotlivých druhů náprav, jejich konstrukci a použití. V závěru jsem provedl srovnání výhod a nevýhod jednotlivých náprav a jejich parametrů.

3 KINEMATIKA NÁPRAV A JÍZDNÍ DYNAMIKA

Detailní a celý popis jízdní dynamiky vozu by přesáhl rozsah této práce. Zaměřím se tedy pouze na popis základních prvků, které lze pozměnit kinematikou náprav. Zvolené základní prvky jsou klopení a klonění karoserie automobilu.

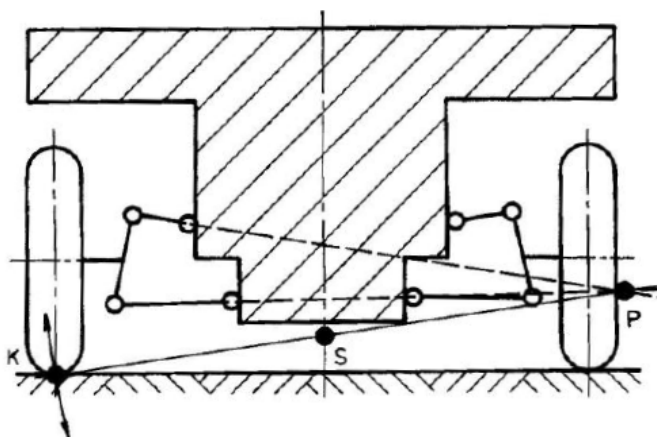


Obr. 1 Souřadnicová soustava automobilu

(Vlk, 2003)

3.1 Klopení karoserie

Při projíždění zatáčky se karoserie automobilu působením dostředivých sil naklápí kolem osy klopení. To má za vliv změnu postavení kol proti vozovce a zhoršení jízdních vlastností vlivem nesouměrného zatížení kol. U některých náprav se také při naklápění karoserie mění úhel odklonu kola a rozchod kol, toho lze však částečně zamezit, pokud je pól klopení kola P co nejdále vzdálen od kola. (Vlk, 2006)



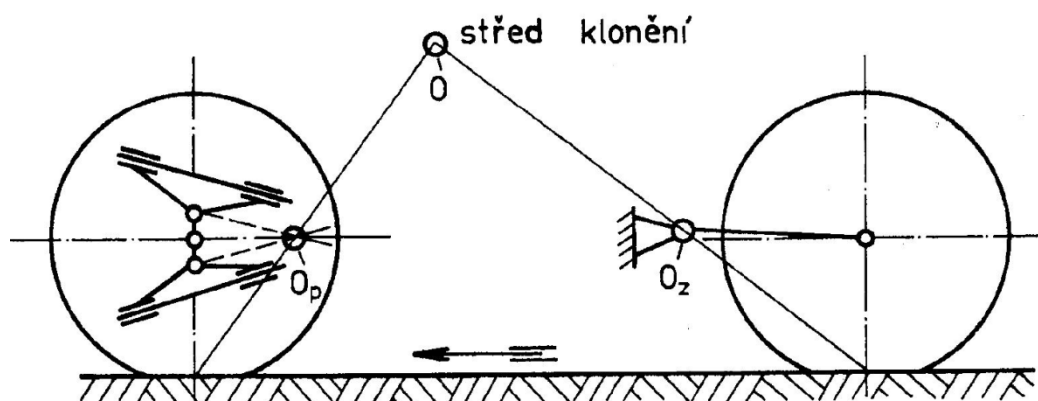
Obr. 2 Střed klopení karoserie S a pól klopení kola P u lichoběžníkové nápravy

(Vlk, 2006)

Osa klonění je spojnicí stálých středů klonění zadní a přední nápravy. K zmírnění klonění karoserie je nezbytné, aby osa klonění karoserie procházela těžištěm vozu, nebo alespoň v jeho blízkosti. Jako další možnost zmírnění klonění karoserie je použití stabilizátorů. (Vlk, 2006)

3.2 Klonění karoserie

Karoserie automobilu se naklání kolem příčné osy při akceleraci, brzdění nebo při nečekané změně valivého odporu kol. To následně způsobuje nepříznivé ovlivňování jízdního komfortu, jízdních vlastností a změnu postavení rejdových os. K minimalizaci tohoto efektu je potřeba, aby se střed klonění karoserie nacházel ve shodné výšce nad vozovkou jako těžiště vozidla. (Vlk, 2006)



Obr. 3 Určení okamžitých středů klonění náprav O_P (přední lichoběžníková) a O_Z (zadní kliková) a středu klonění karoserie

(Vlk, 2006)

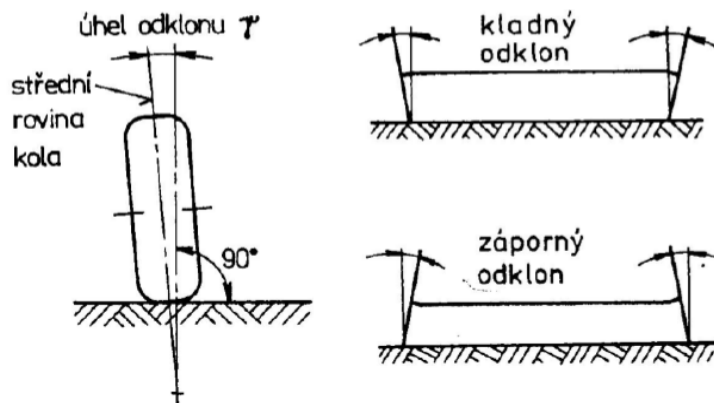
3.3 Geometrie zavěšení kola

Této definici lze rozumět jako souboru úhlů nastavujících kolo a jeho závěs vzhledem k vozovce. Geometrií ustanovujeme přesné vedení kola při přímém směru i při zatáčení, snadného, precizního a stabilního řízení.

ÚHEL ODKLONU KOLA

Úhel odklonu kola γ je odklon střední roviny kola proti svislé rovině vozidla. Jestliže se kolo naklání vrchem vně automobilu, pak je odklon považován jako kladný a pokud se naklání dovnitř, tak je brán jako odklon záporný. (Sajdl, 2013)

Vlivem odklonu kola vytváří odvalující kolo s vozovkou kužel, kterým tak kola působí vzájemně proti sobě a snižují tendenci kmitání řízení v přímé jízdě.



Obr. 4 Kladný a záporný úhel odklonu kola

(Vlk, 2003)

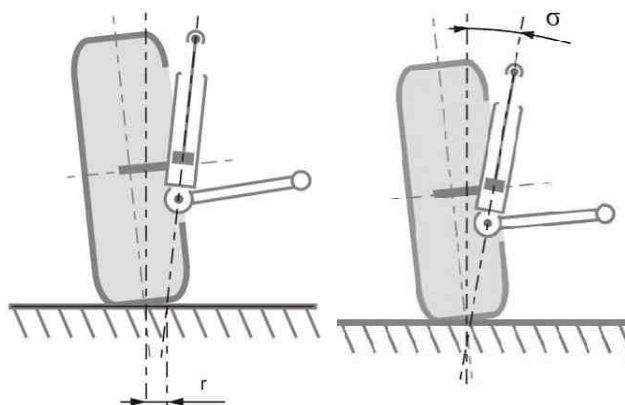
U nezávislého zavěšení se rozměr úhlu odklonu kola může změnit při propružení. Takzvaný gyroskopický moment vzniká z důvodu změny úhlu odklonu otáčejícího kola. Tento moment usiluje o otáčení kola kolem rejdové osy a hovoříme tak o tzv. neklidu řízení. Ten se projevuje pohyby volantu při přejezdu nerovností, které musí následně řidič korigovat svou silou. Vzhledem k tomuto jevu je velmi podstatné, aby se odklon kola změnil při propružení co nejméně. (Vlk, 2006)

PŘÍKLON REJDOVÉ OSY

Příklon rejdové osy σ je průmět úhlu, svíraného rejdovou osou a svislou rovinou kola, do příčné roviny. Vyvolává tak klopný moment, který otáčí kola do přímého směru. Při otočení kola ale přichází k přizvedání vozidla, díky čemuž se zvyšuje síla potřebná k vytočení kola do rejdu. (Sajdl, 2011)

POLOMĚR REJDU

Poloměr rejdu r je vzdálenost průsečíku rejdové osy s rovinou vozovky a středu styku s pneumatikou. Jestliže leží na vnější straně od střední roviny kola, je pak uvažován jako záporný.



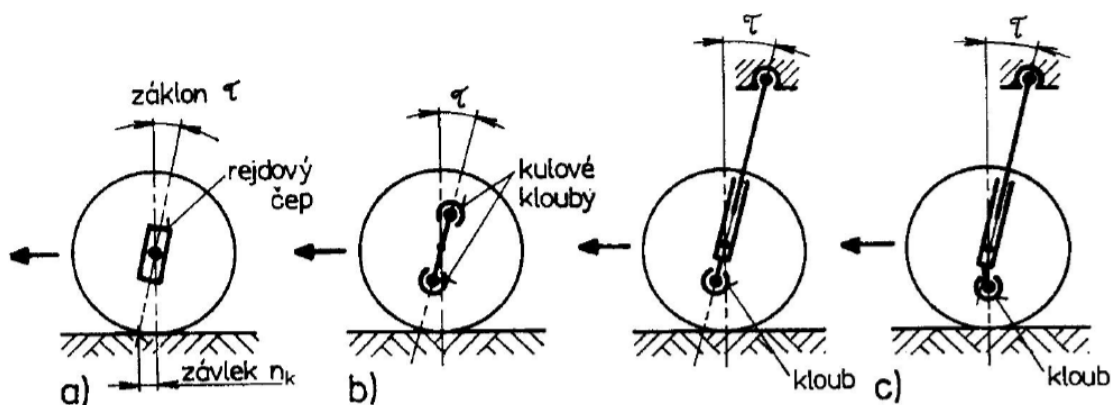
Obr. 5 Poloměr rejdu (vlevo) a příklon rejdové osy

(<http://cs.autolexicon.net/>)

S rostoucím poloměrem rejdu stoupá i citlivost nápravy na podélné síly. Jestliže jsou tyto podélné síly rozdílné na pravém a levém kole nápravy, musí jejich účinky korigovat řidič a to působením silou na volant. Mnohdy se používá i záporný poloměr rejdu, kdy jsou kola vytlačena do sbíhavosti. (Sajdl, 2011)

ZÁKLON REJDOVÉ OSY

Úhel mezi svislou osou a rejdovou osou kola je promítnut do podélné osy vozu. Jestliže je osa nakloněna vzad (záklon), pak je hodnota úhlu kladná. V opačném případě mluvíme o předklonu a hodnota úhlu je záporná. Na řízení má záklon rejdové osy τ stabilizační účinek, ovšem příliš velký záklon způsobuje vyšší potřebné síly na vychýlení kola při řízení. (Vlk, 2006)



Obr. 6 Zobrazení závleku a záklonu rejdové osy

(Vlk, 2006)

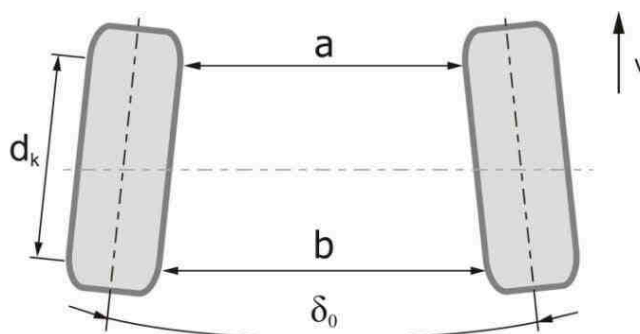
ZÁVLEK

Závlek n_k je určitá vzdálenost průsečíku rejdové osy s rovinou vozovky a středem styku pneumatiky s vozovkou, která je měřena v průmětu do podélné roviny. Kladný závlek je pokud průsečík rejdové osy se nachází před stykem pneumatiky s vozovkou (viz obr. 6). Účelem závleku je stabilizace kola, jelikož při jízdě je kolo vlečeno a je tak více stabilní. Tento efekt se používá u nákupních vozíků, kde se kolečko vozíku natáčí do vlečné pozice vlivem svého valivého odporu. (Vlk, 2006)

SBÍHAVOST KOL

Sbíhavost kol δ_0 je průmět úhlu mezi podélnou osou vozu a střední rovinou kola do roviny vozovky. Jestliže se přední část kola přiklání k automobilu, pak je kolo sbíhavé. V opačném případě je kolo rozbíhavé. Kvůli vlivu valivého odporu, poddajnosti řízení a

zavěšení je kolo během jízdy natočeno do rozbíhavosti. Sbíhavost udržuje kola v přímém směru a tak zajišťuje jejich paralelní odvalování. (Sajdl, 2011)



Obr. 7 Zobrazení sbíhavosti kol

(<http://cs.autolexicon.net/>)

ACKERMANNOVA PODMÍNKA ŘÍZENÍ

Při projíždění zatáčky vnější a vnitřní kolo opisuje kružnici, však s různým poloměrem. Řídící kola musí být natočena pod různým úhlem, aby se kola odvalovala a nedocházelo tak k jejich smýkání. Tohoto ovšem lze dosáhnout vhodnou konstrukcí řízení a to musí splňovat tzv. Ackermannovu podmínku. Tato podmínka nám říká, že páky řízení společně se spojovací tyčí řízení, musí utvořit lichoběžník. (Sajdl, 2011)

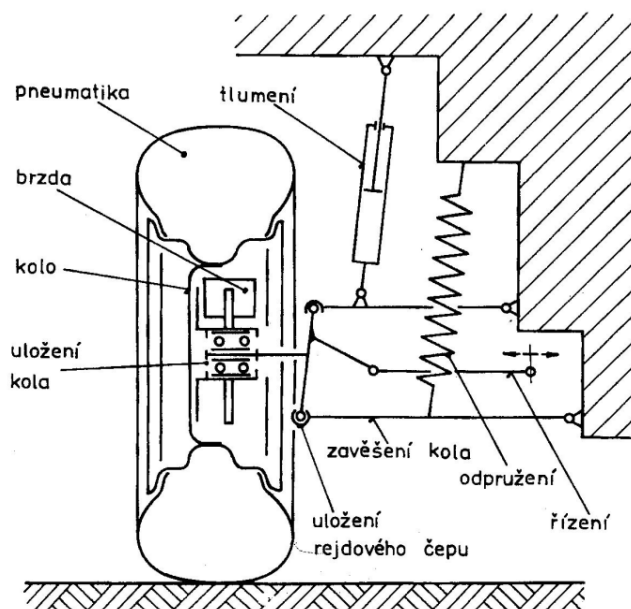
3.4 Požadavky na nápravy

- Jízdní komfort - Náprava je povinna omezovat přenos vibrací do kabiny automobilu a zároveň svou konstrukcí nesmí vydávat další nežádoucí vjemy.
- Přesné vedení kola - Náprava nám zajišťuje nejlepší kontakt kola s vozovkou při každých okolnostech. Důležité také pro jízdní vlastnosti sportovních automobilů, ale také pro bezpečnost všech vozidel.
- Minimální hmotnost a rozměr - Náprava nám nesmí omezovat prostor pro posádku, pro pohonnou jednotku či nákladní prostor vozidla.
- Nízké výrobní a provozní náklady - Náprava by nám neměla zvýšit cenu vozidla a s ním spjaté náklady na údržbu. (Motejl, 2004)

Většinou se tyto všechny požadavky nedají splnit a tak se zde dělá kompromis v typu a konstrukci nápravy v závislosti na stanoveném vozidlu. Levné a snadné konstrukci nápravy se využívá v automobilech nižších tříd (MacPherson), v automobilech vyšších tříd je zde důležité vedení kola a celkový jízdní komfort (víceprvkové zavěšení).

4 PRVKY NÁPRAVY

Náprava je složena z několika hlavních funkčních prvků, zde je na místě si přiblížit tyto prvky stručným popisem a jejich konstrukcemi a funkcemi.



Obr. 8 Schematické zobrazení prvků nápravy
(Vlk, 2006)

4.1 Pneumatiky

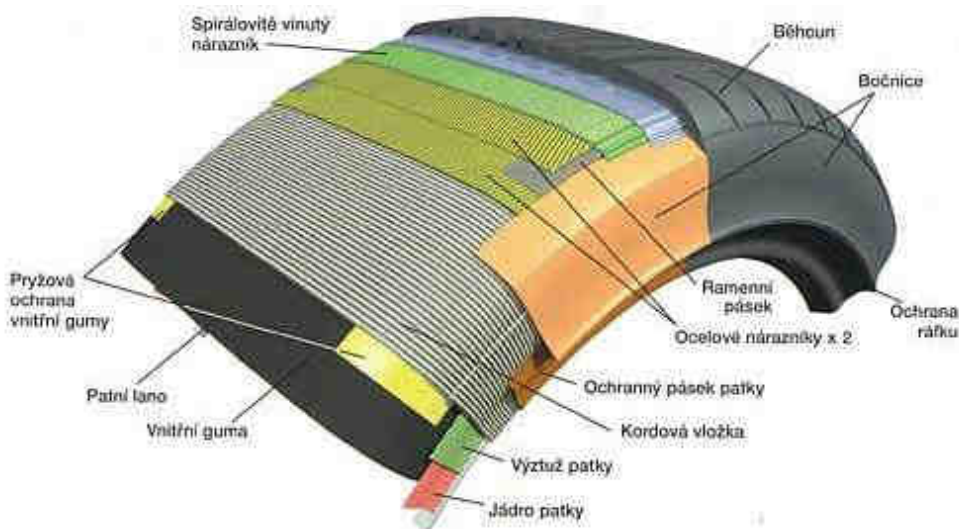
Pneumatikou označujeme komplet, který se skládá z duše, její ochranné vložky a pláště. U osobních automobilů se v dnešní době používají zpravidla bezdušové pneumatiky, kde nenalezneme duši a její ochrannou vložku. U takovýchto bezdušových pneumatik přebírá funkci duše plášť a do ráfku zalisovaný bezdušový ventil. Musí zde být dokonalé dosednutí patky pláště na ráfek, jinak by docházelo k úniku vzduchu.

Na pneumatiku jsou kladeny vysoké požadavky, jelikož je jediný prvek, který spojuje automobil s vozovkou a má tak velký vliv na jízdní vlastnosti a bezpečnost vozidla.

4.1.1 Funkce pneumatiky

- Zajištění nejlepšího a stálého styku s vozovkou
- Snížení účinku bočních sil a eliminovat menší rázy od vozovky
- Minimalizovat valivý odpor, hlučnost a vibrace
- Při vyšších rychlostech odolnost proti opotřebení
- Dlouhá životnost a odolnost proti povětrnostním podmínkám (Motejl, 2004)

Pro splnění těchto několika funkcí je důležité pneumatiku pravidelně kontrolovat, zejména opotřebení dezénu a tlaku v pneumatice. Základními komponenty pro konstrukci pláště jsou: pryž, vlákna různých materiálů (rayon, aramid) a ocelové dráty. (Vlk, 2006)



Obr. 9 Konstrukce radiální pneumatiky
(<http://www.pneumatikar.cz>)

4.2 Kolo

Na většině současných automobilech se používají disková nebo litá kola. To je usazené na hlavách kola (náboji) většinou kónickými nebo kulovými šrouby či maticemi. Středění kola je garantováno přesnou středovou dírou a také středem hlavy kola. Kola slouží k uložení pneumatiky a musí zde nastat pevné spojení, aby bylo možné přenášet příčné, svislé i obvodové síly bez jakéhokoliv pohybu mezi pneumatikou a kolem. U dnešních bezdušových pneumatik musí taktéž dovolit vzduchotěsné uložení pláště. Ráfek a disk jsou dvě hlavní části kol osobních automobilů.

- Ráfek - Jedná se o obvodovou část kola, která zabezpečuje perfektní spojení pláště a kola pneumatiky
- Disk - Je střední část kola, kde uchycujeme kolo na náboj (Vlk, 2006)

4.3 Zavěšení

Určuje kinematiku pohybu kola, dále zabezpečuje spojení kola a karoserie nebo rámu vozidla. Zavěšení dovozuje při propružení kola svislý pohyb, a také eliminuje nežádoucí pohyby (např. naklápění kola či boční posuv), hovoříme o tzv. vedení kola. Zavěšení také přenáší příčné a podélné síly mezi karoserií a kolem. Zvolení správné konstrukce má tak velký dopad na bezpečnost, jízdní vlastnosti a jízdní komfort.

- **Nezávislé zavěšení** - Při tomto zavěšení je každé kolo zvlášť zavěšené a tak se může pohybovat nezávisle na ostatních kolech, mluvíme o tzv. výkyvné nápravě. S tímto nezávislým zavěšením se setkáme u většiny moderních vozů.
- **Závislé zavěšení** - Zde jsou kola pevně sloučena společným nosníkem a nemohou se pohybovat vůči sobě. Jde o tzv. tuhou nápravu a jedná se o nejstarší typ zavěšení.

Spojení karoserie s kolem automobilu je řešeno pomocí tyčí nebo profilů, tzv. ramen. Ramena jsou buď jednoduchá nebo trojúhelníková. Jednoduchá ramena přenáší pouze síly, které působí po přímce propojující středy jejich uložení. Nosná ramena ovšem mohou přenášet i příčné síly do odpružení. Trojúhelníková ramena umí přenést také příčné síly (přesněji momenty vyvolané těmito silami). (Vlk, 2006)

4.4 Odpružení

Odpružení odizoluje převážený náklad či osádku od nežádoucích otřesů a udržuje stabilní styk mezi pneumatikou a vozovkou při přejetí výmolů, díky čemuž jsou ovlivněny jízdní vlastnosti a bezpečnost vozidla. Také kvalita odpružení je velmi důležitá, jelikož má zásadní vliv na pohodlí osádky, zejména frekvence kmitů odpružení. Tuhost pružiny určuje tuto frekvenci, kdy tvrdší pružiny disponují vyšší frekvencí kmitání. Tato frekvence by zpravidla měla mít 60 až 80 kmitů za minutu a odpovídá tak frekvenci chůzi. Frekvence se mění v souladu se zatížením vozidla. Abychom zajistili akceptovatelnou frekvenci kmitání při prázdném i úplně zatíženém automobilu, musíme tuhosti odpružení zajistit progresivní průběh. Kvalita odpružení také záleží na poměru mezi velikostí neodpružené a odpružené hmotností. (Vlk, 2006)

- Odpružená hmotnost - hmotnost vozu která se nachází nad pružinami
- Neodpružená hmotnost - hmotnost všech součástí vozidla, které opisují nerovnosti vozovky (kola, pneumatiky, kotouče, brzdy, třmeny, náprava) (Ždánský, 2009)

Pro odpružení můžeme zvolit některý z následujících komponent:

- Pružiny vinuté
- Hydropneumatické odpružení
- Vzduchové odpružení
- Pryžové bloky
- Torzní tyče
- Listová pera (Vlk, 2006)

4.5 Tlumení

Automobilový tlumič slouží jak tlumič nárazů, tak tlumič kmitání. Hlavní úlohou tlumení v pružící soustavě je převzít energii mechanickou a přeměnit jí v jiný druh energie. Tento jiný druh energie je teplo, tzn. že musí být také zajištěn odvod tepla. Tlumič je válec s pístem a olejovou výplní. Samočinné škrťící ventily, které píst obsahuje, dovolují kontrolované přesouvání olejové náplně mezi pracovními prostory. Je také možné regulovat tlumící účinek pro natahování či stlačování tlumiče pomocí počtu škrťících ventilů nebo jejich rozměrů. (Vlk, 2006)

U moderních vozidlech se používají dva základní typy:

- Kapalinový - Pracovní látka je zde olej a prostor nad olejem je přístupný atmosférickému vzduchu.
- Plynokapalinový - Pracovní látka je také olej avšak prostor nad olejem je vyplněn plynem (dusík). Tím se zamezuje zpěnění oleje a udržuje se také trvalý přetlak v tlumiči. (Ždánský, 2009)

4.6 Stabilizátory

Jejich účelem je zmírnění naklápění karoserie a to hlavně při projíždění vozidlem zatáčkou. Stabilizátor se umísťuje napříč vozidla a je společný pro obě kola dané nápravy.

4.6.1 Zkrutné stabilizátory

Konstrukce

Klasické provedení stabilizátorů je označováno jako písmeno U. Zkrutná tyč, která tvoří stabilizátor, je ve dvou místech upevněna otočně na rám vozidla pomocí kovopryžových pouzder. Konce jsou spojeny s pravým a levým kolem dané nápravy, aby se výchyly přenesly na zkrutnou tyč.

Podle druhu vozidla nebo podle toho, pro jaký provoz je vozidlo určeno, může být stabilizátor použit pouze na přední či zadní nápravě. V některých případech ho lze použít i na obě nápravy. (Jan - Ždánský, 2001)

Činnost

Jestliže najedou obě kola dané nápravy na stejně vysokou nerovnost, tak se zkrutná tyč jen pootočí v pryžových pouzdrech bez nějakého zkroucení. Jestliže na překážku najede pouze jedno kolo, bude se pohybovat směrem vzhůru k vozidlu a nahoru se také bude natáčet

rameno stabilizátoru. I na druhé rameno bude přenesen pohyb zkrutnou tyčí, při kterém se rameno bude pohybovat ve stejném smyslu. Následně bude působit silou na příslušnou pružinu a naklopení karoserie se tak zmenší. Při průjezdu zatáčkou se budou vnitřní pružiny stlačovat méně než vnější. Rameno se bude na vnitřní straně automobilu zkrucovat směrem nahoru a bude svou tuhostí působit vůči pružině.

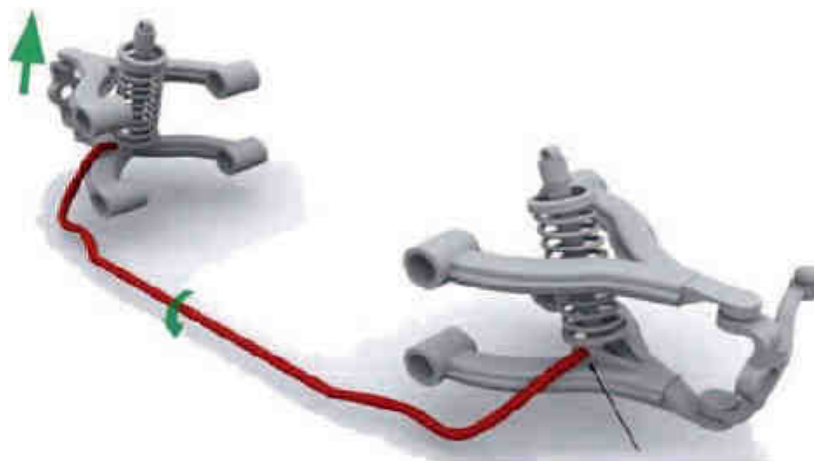
Míru stabilizace ovlivňuje tuhost stabilizátoru. Naklopení karoserie bude menší, pokud bude stabilizátor tužší. Ovšem veliká tuhost by vedla k vysokému odlehčování vnitřního kola a to by vedlo ke zhoršené směrové stabilitě vozidla. (Jan - Ždánský, 2001)

4.6.2 Kapalinové stabilizátory

Tento způsob není tak často používán. Kapalinový stabilizátor je tvořen dvěma hydraulickými členy, každý je na jedné straně vozidla. Tyto členy jsou propojeny potrubím se škrtkicím ventilem. Při zatáčení je olej tlačěn z vnějšího členu do vnitřního a tak se klopení karoserie zmenší. (Jan - Ždánský, 2001)

4.6.3 Stabilizátory řízené elektronicky

Tento systém uplatňuje princip zkrutných a kapalinových stabilizátorů, kde je zkrutná tyč spojena s rameny nebo tlumiči nápravy pomocí hydraulických členů (olejový válec s pístem). Při zatáčení dochází k tlačení oleje přes elektronicky ovládané škrtkicé ventily, jejichž řízením můžeme redukovat sílu, která působí na zkrutný stabilizátor. (Ždánský, 2009)



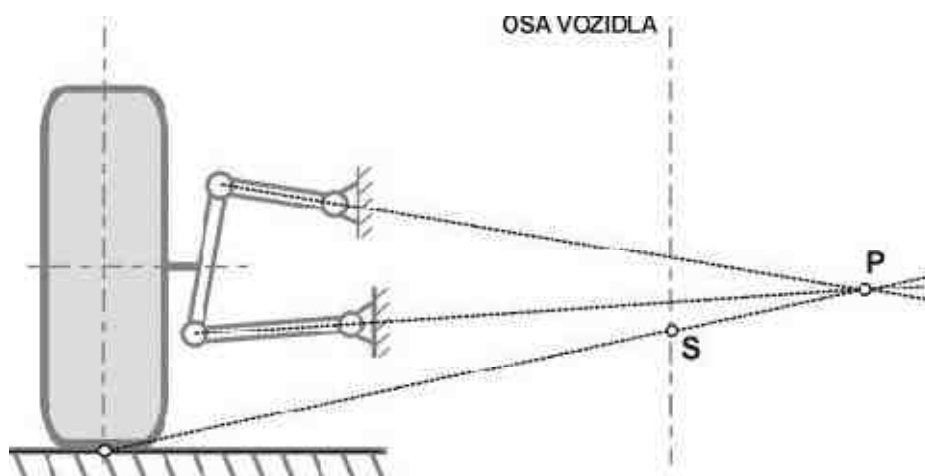
Obr. 10 Funkce zkrutného stabilizátoru
(<https://www.cad.cz/strojirenstvi/>)

5 NÁPRAVY V OSOBNÍCH AUTOMOBILECH

V segmentu osobních automobilů se v současné době používá několik typů náprav a zejména výkyvného typu. Za dobu jejich existence část z nich podstoupila výraznějšími modifikacemi konstrukce. V této větší kapitole se podíváme na problematiku a konstrukci jednotlivých typů náprav.

5.1 Lichoběžníková náprava

Lichoběžníková náprava je realizována dvěma různě dlouhými trojúhelníkovými rameny, která tvoří lichoběžník v průmětu do svislé roviny.



Obr.11 Kinematické schéma (příčný pohled vlevo)

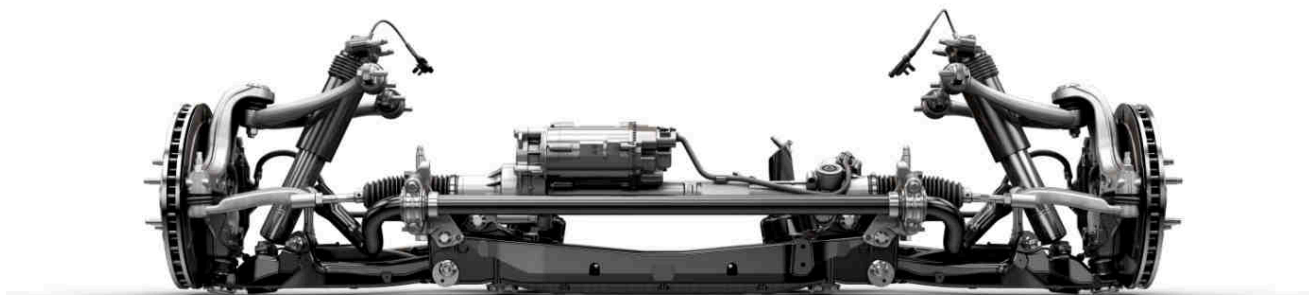
(<http://cs.autolexicon.net/>)

Při propružení tohoto typu nápravy dochází ke změně sbíhavosti kol, odklonu kola i k změně rozchodu kol. Tyto změny mají špatný vliv na jízdní vlastnosti vozidla, avšak správným zvolením geometrie ramen, můžeme dané nepříznivé vlivy omezit. Jestliže leží okamžitý střed klopení kola P daleko od kola, pak vzniknou pouze malé změny odklonu a rozchodu kola při propružení, což je vhodné pro jízdní vlastnosti vozidla. Pro menší výchylky se pohyb kola určuje opsáním kružnice z bodu P do stopy kola. Bod S je střed klopení karoserie.

Zvláštní případ je u rovnoběžných ramen, kde střed klopení kola P je v nekonečnu a střed klopení karoserie S leží na vozovce. Nastane-li malé propružení kola, tak se odklon nezmění vůbec a rozchod kol pouze nenápadně. Tento případ však platí u stejně dlouhých ramen. (Sajdl, 2011)

5.1.1 Konstrukce nápravy

Zavěšení je tvořeno horním a spodním příčným trojúhelníkovým ramenem a nejčastěji bývá horní rameno kratší než spodní. Tato ramena jsou zavěšena k nápravnici či rámu a v ojedinělých případech k rozvodovce. Trojúhelníková ramena jsou uložena v pryžových pouzdrech a bývají použita kvůli nutnosti přenesení podélných sil od vozovky. Na spodním ramenu většinou bývají uloženy pružiny. Právě díky tomu, že je rameno delší, koná při pohybu kola menší úhlové pohyby a tak pružina může být pevně vetknuta, bez toho aby docházelo k jejímu vyboulení. Spodní rameno také bývá robustnější konstrukce, a to z důvodu přenášení svislých, větší části příčných a podélných sil. Zdali je uložen nad nápravou agregát, tak z důvodu úspory prostoru bývá horní rameno výrazně kratší.



*Obr. 12 Přední lichoběžníková náprava u Corvette Stingray 2014
(<http://cs.autolexicon.net/>)*

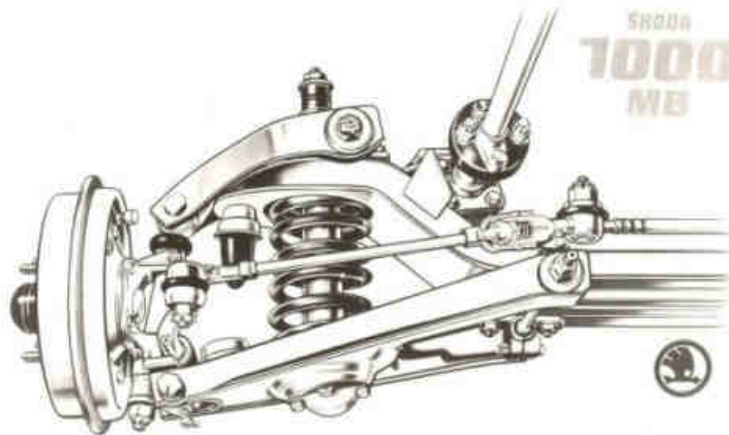
5.1.2 Použití nápravy

Můžeme použít lichoběžníkovou nápravu jako:

- Přední hnací i hnanou nápravu
- Zadní hnací i hnanou nápravu

Tato náprava má také mnoho výhod, při vhodné konstrukci a správné geometrii zajišťuje dobré vedení kola a velmi dobré jízdní vlastnosti. Dalším pozitivem je také možnost nízké stavby ve srovnání s MacPherson nápravou. Proti nápravě MacPherson je ale nákladnější a tak se používá zejména jako přední náprava automobilů vyšší třídy nebo také u sportovních vozů.

V minulých letech se lichoběžníková náprava používala jako přední náprava vozidel značky Škoda, zejména u modelu MB 1000 a dále v několika modelech až do představení modelu Favorit, který již měl nápravu MacPherson. (Sajdl, 2011)

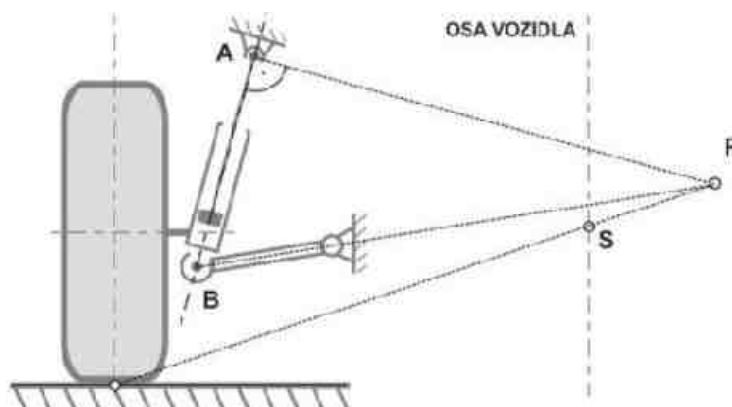


Obr. 13 Přední lichoběžníková náprava automobilu Škoda 1000 MB
(<http://cs.autolexicon.net/>)

5.2 MacPherson náprava

Náprava MacPherson vychází z lichoběžníkové nápravy, u které je však horní rameno nahrazeno posuvným vedením. Právě kvůli tomuto řešení je v konstrukci nápravy horní část více kompaktní a tak poskytuje více místa pro uložení agregátu či více místa pro zavazadlový prostor. (Vlk, 2006)

Konstruktér Earle Steele MacPherson navrhl tuto nápravu ve čtyřicátých letech minulého století, která původně měla být použita poprvé ve voze Chevrolet Cadet. Tento vůz se ovšem do výroby nikdy nedostal a tak první vozidlo s touto nápravou byl Ford Vedette z roku 1948.



Obr. 14 Kinematické schéma nápravy MacPherson (příčný pohled)
(<http://cs.autolexicon.net/>)

Okamžitý pól P klopení kola a pól S klopení karoserie leží tedy vždy nad rovinou vozovky. Odklon kola se tak změní při propružení kola či při náklonu karoserie vozu. Toto chování následně způsobuje kmitání řízení způsobené gyroskopickým momentem. Jestliže má být docílena vhodná poloha středu klonění nápravy, musí být osa kývání spodního ramene šikmá. (Sajdl, 2011)

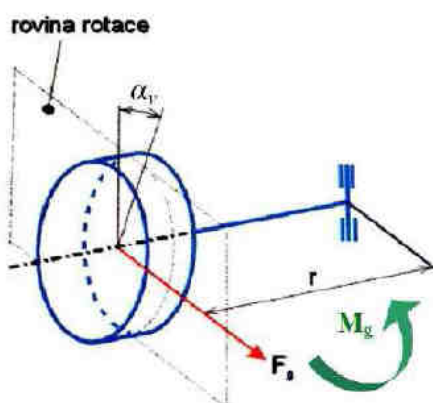
5.2.1 Gyroskopický moment

Pokud dojde k vychýlení rotujícího kola z jeho roviny rotace, vytvoří se síla F_g kolmá na danou výchylku α_v . U rejdového kola síla vytvoří nevhodný gyroskopický moment, který se s kolem snaží otáčet okolo jeho rejdové osy (Jan Ždánský, 2009).

$$M_g = F_g \cdot r \text{ [Nm]}$$

Kde: F_g - gyroskopická síla [N]

r - rameno síly [N]



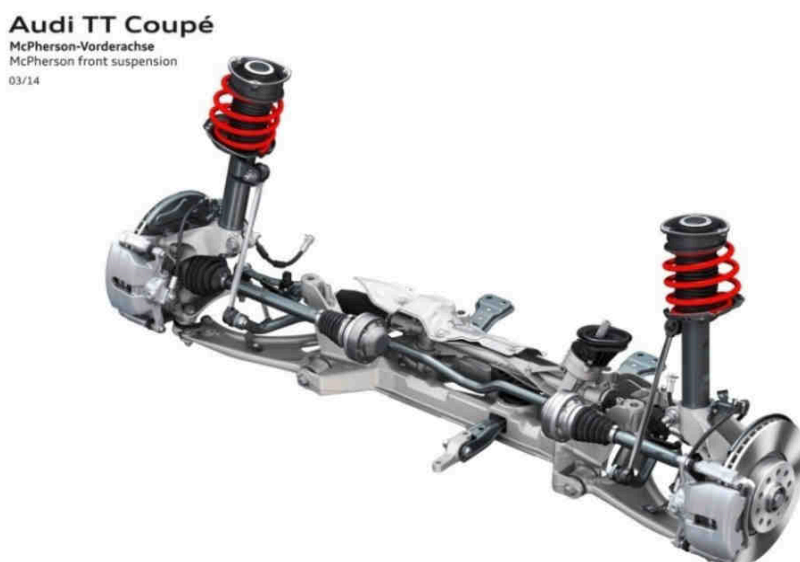
Obr. 15 Vznik gyroskopického momentu
(Jan, 2009)

5.2.2 Konstrukce nápravy

Spodní rameno bývá nejčastěji trojúhelníkové a jelikož je blíže vozovky, tak přenáší větší část příčných a podélných sil. V některých případech, např. u zadní nápravy, je trojúhelníkové rameno vyměněno jednoduchým příčným ramenem, které přenáší příčné síly. Ramenem zkruťného stabilizátoru nebo dodatečným vlečným ramenem jsou přenášeny pak podélné síly. Posuvné vedení je uskutečněno pomocí tlumiče, jelikož je zatěžováno momentem od příčných sil, tak je vyžadována masivní konstrukce tlumiče a to zejména jeho pístnice. Jestliže se jedná o nápravu řídicí, tak horní uložení pístnice musí umožnit její natočení, avšak je důležité, aby pružina nebyla kroucena při řídicím pohybu

kola. Tomu lze zamezit otočným uložením jednoho konce pružiny a nejčastěji jsou použita axiální valivá ložiska.

K odpružení je často používaná vinutá pružina, která je uložena na plášti tlumiče. Toto řešení má za následek, že vlastní posuvné vedení nebude zatěžováno silami svislými a následně při svislém zatížení bude omezeno ložiskové tření. Avšak toto tření se ještě projevuje a je způsobeno momentem od podélných a příčných sil při brzdění, akceleraci nebo zatáčení. Ložiskové tření v tlumiči je však nežádoucí jev, který nám může při přejezdu menších nerovností zablockovat pohyb posuvného vedení a tak vyřadit z činnosti celý systém tlumení a odpružení. Vozidlo by začalo kmitat jen na pneumatikách. Tento jev se zamezí pomocí šikmého uložení pružiny a pryžovým uložením horního ložiska, který umožňuje relativní pohyb teleskopické vzpěry vzhledem ke karoserii. (Vlk, 2006)



*Obr. 16 Náprava MacPherson v automobilu Audi TT
(<http://mixmotor.eu>)*

5.2.3 Použití nápravy

Nápravu MacPherson můžeme použít jako:

- Přední hnací i hnanou nápravu
- Zadní hnací i hnanou nápravu

S tímto typem nápravy se nejčastěji setkáme u automobilů nižší střední a nižší třídy, kde se používá jako přední hnací náprava. Ovšem s mírnou změnou konstrukce, jí lze použít jako zadní hnací i hnanou nápravu. Těto modifikace se nejčastěji využívá v motorsportu, zejména pak v rallye. Náprava MacPherson má velikou výhodu ve své nenákladné a jednoduché konstrukci, kde se používá co nejméně počtu dílů. Tato náprava

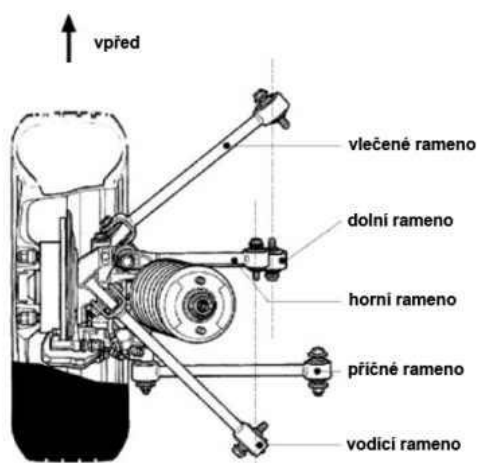
má i své nevýhody, jako horší jízdní komfort a jízdní vlastnosti, právě kvůli velké změně odklonu kola při podpružení a má také velké ložiskové tření v tlumiči. Z těchto důvodů se téměř nepoužívá v automobilech vyšších tříd.

5.3 Víceprvková náprava

Víceprvková náprava je nejvíce propracovaný typ zavěšení u moderních osobních automobilů. Tato náprava se skládá z několika ramen (až z pěti ramen), které zajišťují optimální kinematiku celé nápravy a dokonalé vedení kola. Ramena mohou být trojúhelníková nebo tyčová a jejich vzájemná nezávislost umožňuje tak skvělé nastavení podvozku. Variabilita uspořádání ramen nám rozšiřuje možnosti naladění geometrie nápravy a lze tak dosáhnout minimálních změn odklonu, sbíhavosti a rozchodu kol při propužení.

5.3.1 Konstrukce nápravy

Vlastní konstrukce náprav se velmi liší skrz celý automobilový průmysl. Téměř každá automobilka nebo její koncern, používá odlišnou a to svou vlastní konstrukci. Ovšem můžeme rozlišit funkci každého ramena. Na obrázku č. 17 je zobrazeno víceprvkové zavěšení s pěti rameny, kde každé rameno přenáší pouze síly osově. Podélné síly z vozovky jsou zachyceny vodícím a vlečným ramenem. Příčná ramena o rozdílných délkách zachycují podélné síly od vozovky. Tato konstrukce také zabezpečuje pohyb kola po trajektorii blízké se přímce, díky čemuž je omezeno klopení karoserie při brzdění a akceleraci (anti-dive, anti-squat efekt). (Sajdl, 2011)



Obr. 17 Zadní víceprvková (pětiprvková) náprava vozidla Honda Accord

(<http://www.autolexicon.net/cs/>)

Odpružení a také nejčastěji i tlumení bývá uloženo na nosném, většinou příčném rameni. Toto rameno je zatěžováno tak vyšší silou než další ramena, proto bývá často vyrobeno z oceli a má mnohem mohutnější konstrukci. Ostatní ramena pak bývají vyrobena z hliníkových slitin.

Často se pro uložení ramen nápravy používá pomocného rámu, tzv. nápravnice. Tento rám usnadňuje tak instalaci nápravy do vozidla a také díky své konstrukci zvyšuje tuhost celého zavěšení. Ke karoserii automobilu bývá umístěn pomocí kovopryžových pouzder. (Vlk, 2006)

5.3.2 Použití nápravy

Můžeme použít víceprvkovou nápravu jako:

- Přední hnací i hnanou nápravu
- Zadní hnací i hnanou nápravu

Víceprvková náprava má mnoho výhod. Krom výborného vedení kola, vyniká také tlumením vibrací od vozovky a proto má výborný jízdní komfort. Mezi další její výhody patří vyšší prostorová účinnost a nižší hmotnost. Oproti nápravě MacPherson má také nízké ložiskové tření v tlumící jednotce. Dobrá vlastnost zejména pro konstruktéry, je změnění konstrukce jednoho ramena a to bez zásahu do dalších ramen.

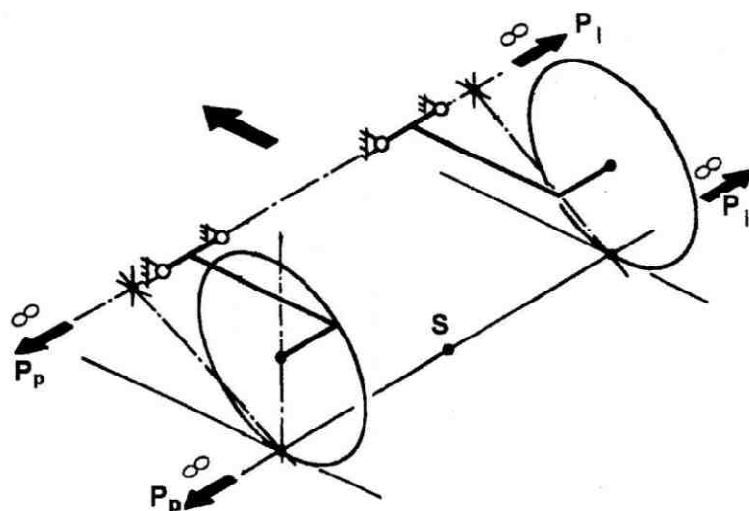
Vzhledem k náročnosti konstrukci má také několik nevýhod. Jsou to zejména vyšší náklady na výrobu a náročnější údržba. Na našich silnicích a podmínkách se také často setkáváme se sníženou životností ramen, hlavně u jejich pryžových lůžek. Následující vyměnění ramen je celkem finančně náročná, než je tomu například u nápravy MacPherson. Právě proto se víceprvková náprava nejvíce používá v automobilech vyšších tříd nebo u sportovních vozů. Často se také montuje u vozů s pohonem všech čtyř kol.

5.4 Kliková náprava

Tato náprava patří mezi nejjednodušší konstrukční způsoby zavěšení kol osobních automobilů. V současnosti se velmi často používá u vozů nižších tříd a to zejména jako hnaná zadní náprava.

Při propružení se vzhledem ke konstrukci nápravy, změní pouze rozvor vozu a odklon kola zůstává nezměněn. V nekonečnu se nachází okamžité středy klopení kol a střed klopení nápravy se nachází v rovině vozovky. Toto je důvod proč se karoserie více naklání

během průjezdu zatáčkou. Střed klonění nápravy je na ose kývání ramen nápravy. (Vlk, 2006)

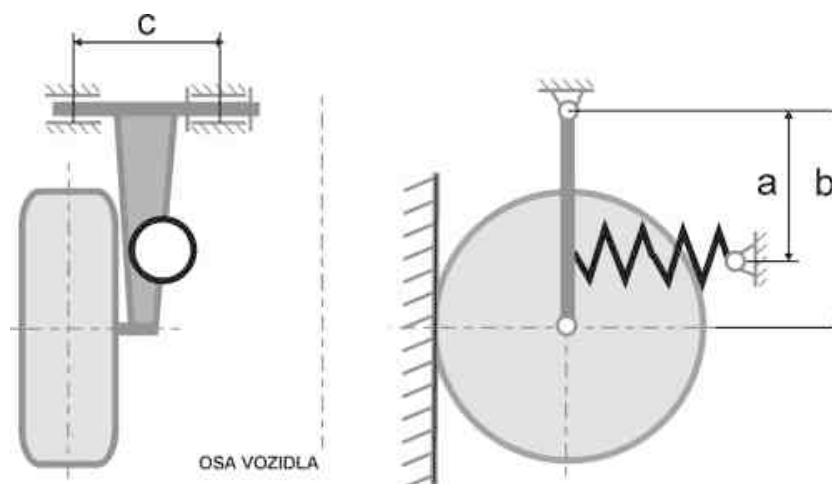


Obr. 18 Schéma klikové nápravy

(Vlk, 2006)

5.4.1 Konstrukce nápravy

Kliková náprava je vytvořena podélnými rameny s příčnou osou kývání a jsou uložena v pryžových ložiskách. Pro minimalizaci sil působících na toto uložení, přenos vibrací a hluku do karoserie, je vhodné zvolit konstrukční řešení s pružinou blízko nad stopou pneumatiky (vzdálenost $a = b$). Pokud rameno nápravy je uloženo ve dvou ložiskách, je příhodné, aby vzdálenost mezi nimi byla co největší kvůli minimalizaci zatížení vznikajících v uložení při účinku příčných sil od vozovky. (Sajdl, 2011)



Obr. 19 Kliková náprava

(<http://www.autolexicon.net/cs>)

V nějakých případech jsou ramena spojena příčnou torzní pružinou, která má významnou část na tuhost nápravy. Tato pružina se však s postupem času začala zaměňovat torzní příčkou spojující obě ramena. Takové konstrukční řešení je označováno za tzv. spřaženou klikovou nápravu. (Sajdl, 2011)

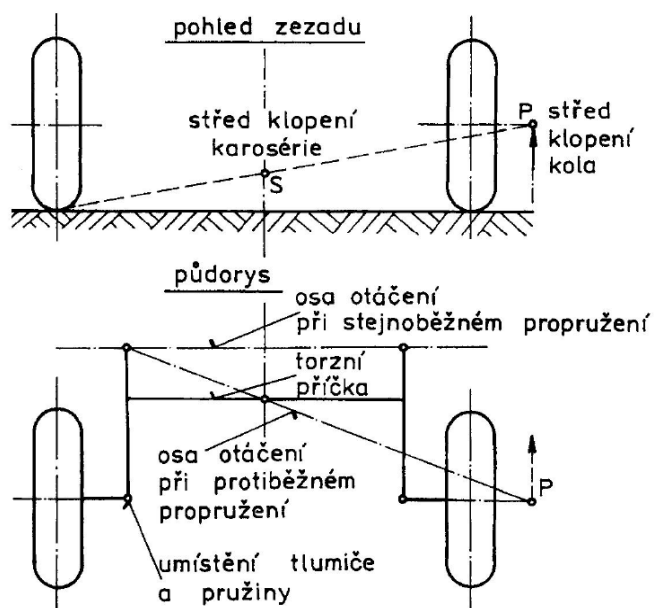
5.4.2 Použití nápravy

Tato náprava se používá zejména jako hnaná zadní náprava, avšak jí lze použít i jako nápravu hnací. Mezi její výhody patří jednoduchá konstrukce a nízký nárok na prostor. Při použití klikové nápravy je možné uchovat nízkou podlahu úložného prostoru vozidla a to z ní dělá dokonalou nápravu pro použití v automobilech typu kombi nebo hatchback. Právě kvůli nižším nákladům jak na výrobu, tak i na údržbu, má kliková náprava uplatnění i ve vozidlech nižší třídy a to hlavně v modifikované podobě se spřaženými rameny.

5.5 Kliková náprava se spřaženými rameny

Jak můžeme poznat z názvu, tato náprava vychází z klikové nápravy. Konstrukce se odlišuje v použití torzní příčky mezi rameny místo zkrutného stabilizátoru.

Z hlediska kinematického se nachází na rozmezí mezi klikovou a tuhou nápravou, neboli mezi nezávislým a závislým zavěšením. Proti klasické klikové nápravě, leží střed klonění nápravy nad rovinou vozovky. I jako v předchozím případě je střed klonění nápravy stejný.



Obr. 20 Schéma klikové nápravy se spřaženými rameny

(Vlk, 2006)

S ohledem na odlišnost konstrukce proti klasické klikové nápravě, se tato náprava chová rozdílně při propružení kola. Během souhlasného propružení obou kol nápravy, se změní jen rozvor vozu, ovšem v průběhu protiběžného propružení a nebo propružení pouze jednoho kola nápravy, se zřetelně změní odklon kola. (Sajdl, 2011)

5.5.1 Konstrukce nápravy

Náprava je tvořena ze dvou vlečných ramen, která jsou spojena torzní příčkou. Tato příčka vystupuje jako torzní stabilizátor a také současně zachycuje příčné síly přenášené od vozovky. Vlastní náprava je upevněna ke karoserii automobilu pomocí kovopryžových lůžek. Velkou nevýhodou této konstrukce je poměrně velké smykové zatížení svarů spojující ramena a torzní příčku při protiběžném propružení, kvůli tomu je maximální zatížení nápravy omezeno. (Vlk, 2006) (Sajdl, 2011)

5.5.2 Použití nápravy

Kliková náprava se spřaženými rameny exceluje nízkými výrobními náklady, jednoduchou konstrukcí a také její montáží. Tato náprava má minimální prostorové nároky a neomezuje zavazadlový prostor, to z ní dělá optimální nápravu pro automobily typu kombi a hatchback. Dále má také poměrně dobré jízdní vlastnosti a často se uplatňuje jako zadní náprava pro automobily nižší střední a nižší třídy. Velkou nevýhodou je to, že jí nejde použít jako hnací nápravu.



Obr. 21 Zadní kliková náprava Audi A2

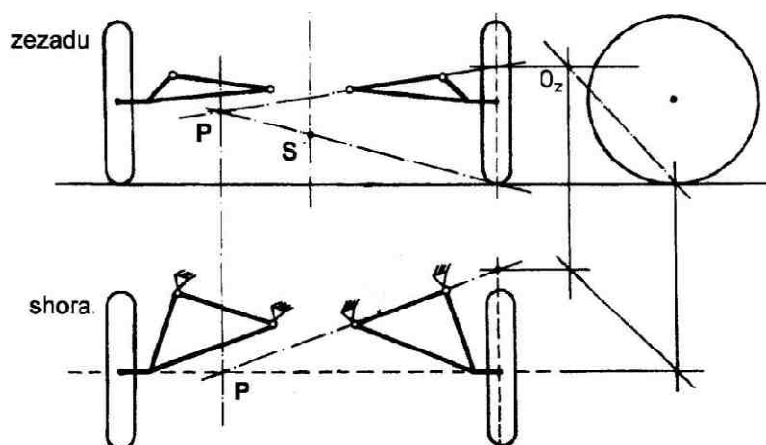
(<https://www.audi-club.cz/>)

5.6 Kyvadlová náprava

Také se označuje jako šikmo vlečená náprava, úhlová náprava nebo šikmý závěs. Tato označení dostala kvůli své konstrukci. V půdorysu je osa kývání ramene šikmá, proto pojmenování šikmý závěs.

Automobil s touto nápravou má ovšem nedotáčivé vlastnosti, jelikož při propružení se objevuje samořízení. Nastává zde změna rozchodu a odklonu, proto musí u hnacích náprav být opatřena změna délky hnacích hřídelů. (Vlk, 2006)

Okamžitý pól klopení kola P je definován průsečíkem osy otáčení kola a osy kývání ramene. Délka pólu klopení P od kola je relativně veliká, takže shodná jako rozchod kol, právě kvůli tomu se při propružení změní rozchod a odklon kol. (Vlk, 2006)



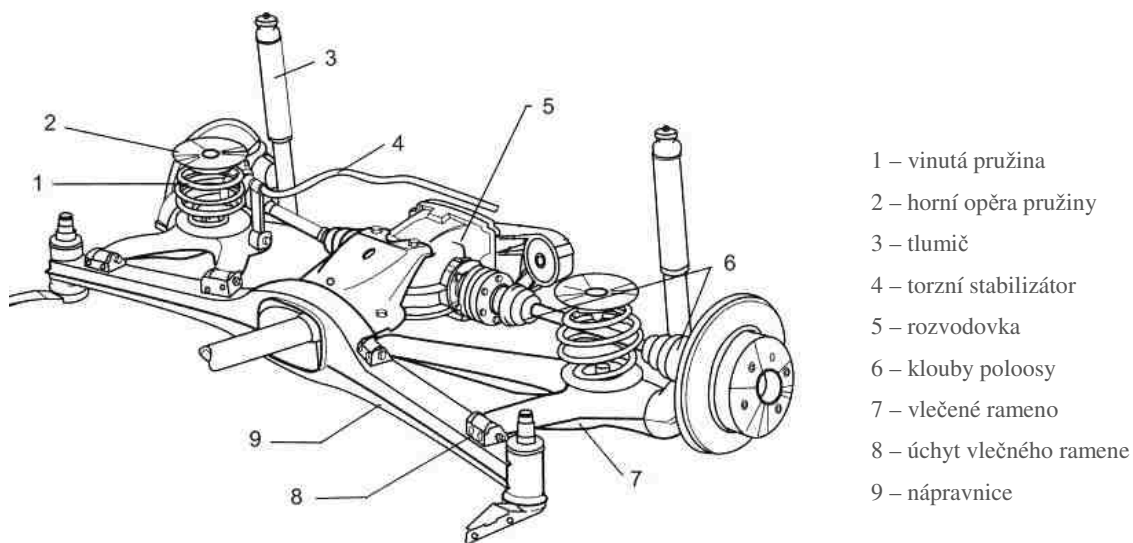
Obr. 22 Schéma kyvadlové nápravy
(Vlk, 2006)

5.6.1 Konstrukce nápravy

Kyvadlová náprava má téměř shodný základ jako kliková náprava, ovšem oproti ní, má šikmou osu kývání. Kolo je uchyceno pomocí rozvidleného ramene, které je uloženo na nápravnici v pryžových pouzdrech.

5.6.2 Použití nápravy

Tato náprava se nejčastěji používá jako zadní hnací náprava, jelikož neumožňuje natáčení kol. Právě kvůli těmto nevýhodám se v dnešních automobilech takřka nevyskytuje a je nahrazena víceprvkovou nápravou. Dříve kyvadlovou nápravu používaly automobilky BMW, Opel či Škoda.

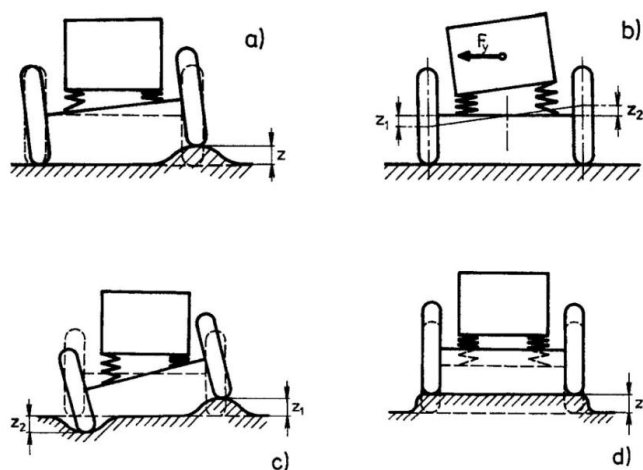


Obr. 23 Kyvadlová zadní náprava BMW řady 3 (1994)

(<http://www.autolexicon.net/cs>)

5.7 Tuhá náprava

Tato náprava je levná a konstrukčně velice jednoduchá. V minulém století byla velmi často používaná i jako přední řízená náprava, zejména pak v USA, kde byla velmi oblíbená. Tuhá náprava je hlavním příkladem závislého zavěšení, kde jsou obě kola současně pevně spojena a nemění se jejich rozchod či vzájemné postavení při jakémkoliv propružení.



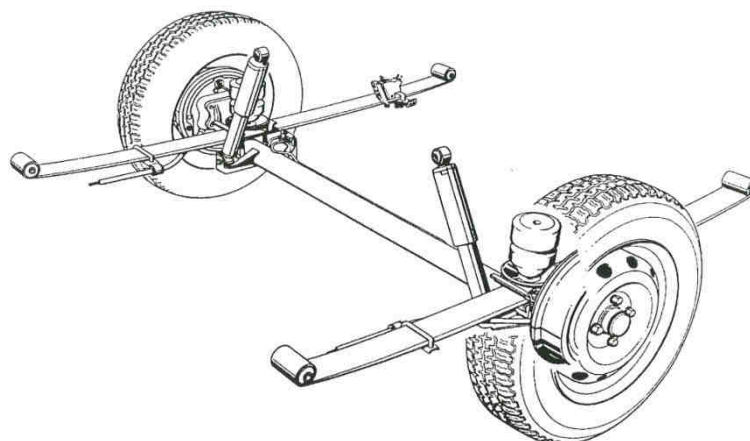
Obr. 24 Schéma tuhé nápravy při propružení jednoho kola (a), náklonu karoserie při projíždění zatáčky (b), protiběžném propružení obou kol (c) a stejnoběžném propružení (d)

(Vlk, 2006)

U konstrukce této nápravy je fixně daná vzájemná pozice kol nápravy, ovšem kvůli vlivu jednostranného odpružení se změní odklon kol vzhledem k vozovce. Na použitém typu vedení mostu nápravy pak závisí vlastní kinematika dané nápravy.

5.7.1 Konstrukce nápravy

V originální konstrukci byl most nápravy i s rozvodovkou, uložený na podélných listových perech, která byla spojena s rámem či karoserií automobilu. Tato pera zajišťovala kromě odpružení také i vedení nápravy. V dnešních automobilech narazíme na variantu u které jsou listová pera zaměněna za vinuté pružiny. Ovšem tímhle konstrukčním řešením vznikl problém, jelikož vinuté pružiny jsou schopné přenést velmi malé až takřka žádné příčné síly oproti listovým pérům. Kvůli tomuto problému je zde nutné užít dodatečné vedení. (Vlk, 2006)

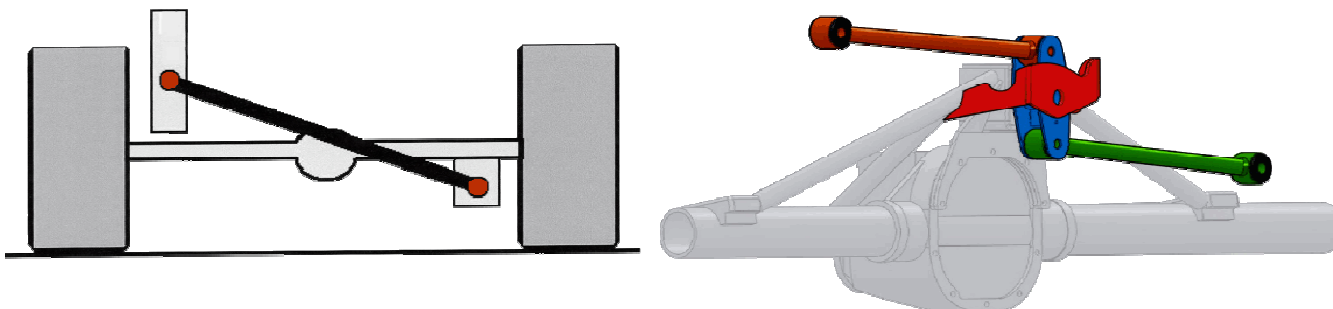


Obr 25. Zadní tuhá náprava Opel Cobmo

(<http://www.autolexicon.net/cs>)

5.7.2 Panhardská tyč

V tomto vedení se jedná o příčně ložené rameno, které spojuje most nápravy s karoserií nebo rámem vozidla. Funkcí Panhardské tyče je vedení nápravy v příčném směru. Nevýhodou toho řešení je však boční posuv nápravy vzhledem k vozu při propružení, a to vede k následnému zhoršení jízdního komfortu. Tento nežádoucí efekt můžeme ovlivnit konstrukcí Panhardské tyče, ta by měla být uložena vodorovně a být co nejdelší. (Sajdl, 2011)



Obr. 26 Panhardská tyč a Wattův přímovod

(<http://auta5p.eu>)

5.7.3 Wattův přímovod

Tento přímovod nese jméno po svém vynálezci Jamesovi Wattovi. Vlastní konstrukce Wattova přímovodu není nějak zvláštní, můžeme se s ní setkat nejen v automobilovém průmyslu, ale i v dalších oborech. Jeho primárním úkolem je generování trajektorie, která se co nejvíce blíží přímce. Trajektorií je následně myšlena dráha a tuto dráhu pak opisuje střed otočného členu přímovodu.

Střed otočného členu přímovodu je při vedení tuhé nápravy uložen na mostu této nápravy a je spojen rameny s rámem či karoserií automobilu. Spojení tak zajišťuje tuhé příčné vedení, ale rovnou minimalizuje boční pohyb nápravy, díky použití panhardské tyče. (Sajdl, 2011)

5.7.4 Podélné vedení

Panhardská tyč a Wattův přímovod slouží jen k vedení sil v příčném směru a pro přenos podélných sil musíme mít další vedení. K tomuto vedení se užívají jednoduchá podélná ramena. Máme několik systémů podélného vedení, s kterým se můžeme setkat:

Dvěma podélnými rameny - jedná se o základní typ

- vedení je tvořeno dvěma podélnými jednoduchými rameny
- výhoda: jednoduchá konstrukce, nízká hmotnost

Dvěma podélnými a dvěma šikmými rameny

- zde zachytávají podélné síly dvě podélná ramena
- příčné síly zachycují dvě šikmo ložená ramena
- s tímto řešením nemusí být dodatečné příčné vedení (Wattův přímovod nebo Panhardská tyč)

Čtyřmi podélnými rameny - tento systém zachovává při propružení rovnoběžnost nápravy
- nevýhoda: složitá konstrukce, vyšší hmotnost (Motejl, 2004)

5.7.5 Použití nápravy

Můžeme použít tuhou nápravu jako:

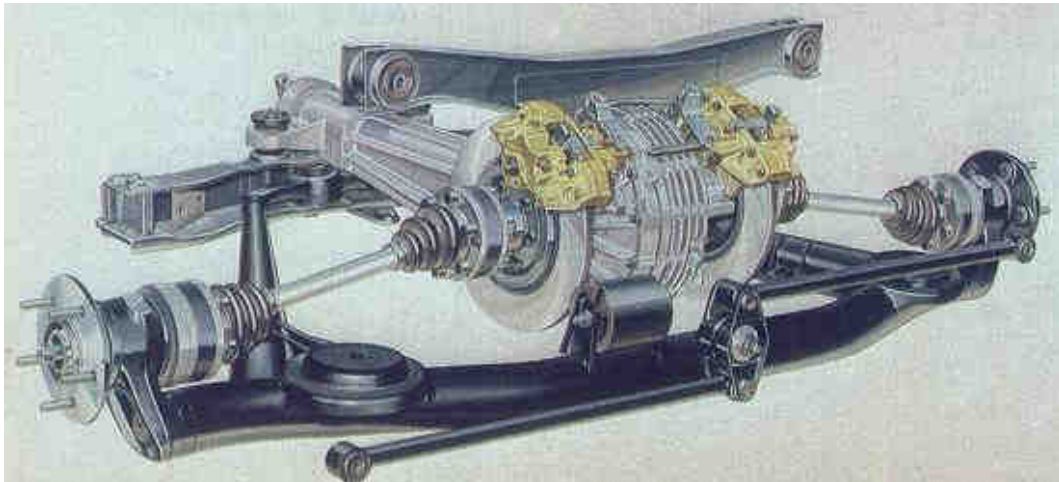
- Přední hnací nebo hnanou nápravu
- Zadní hnací nebo hnanou náprav

Tuhá náprava má velmi nízkou cenu a snadnou údržbu, právě kvůli její tuhé a jednoduché konstrukci, která je bez kloubů a čepů. Tato tuhost nápravy stále zajišťuje, že je montovaná do klasických offroadových vozů. Dále se tuhá náprava montuje do vozů, které jsou určeny pro vysoké zatížení, jako jsou pickupy nebo užitkové (dodávkové) vozy. Mezi další výhody patří neproměnný rozchod kol a styk pneumatiky celou šíří běhounu s vozovkou.

Největší nevýhodou této nápravy je však její značná neodpružená hmotnost. Do neodpružené hmotnosti počítáme hmotnost kol, brzd, rozvodovky (pokud je poháněná náprava), mostu nápravy a z části také hmotnost tlumících a pružících prvků, vodících ramen a spojovacího hřídele. Mezi další nevýhodu patří větší nárok na prostor, kde se nachází pružení nápravy, to má pak dopad na vyšší těžiště a vyšší stavbu vozidla. Oproti nezávislému zavěšení má tuhá náprava i méně přesné vedení kola.

5.8 De Dion náprava

Hrabě De Dion použil poprvé tuto nápravu v roce 1896 a od té doby byla několikrát použita jako zadní náprava osobních či dokonce sportovních automobilů. De Dion náprava má dost stejných vlastností jako tuhá nápravy, zejména pak pevné spojení kol a tuhost nápravy.



Obr. 27 Zadní náprava De Dion Alfa Romeo 6
(<http://www.carsfromitaly.net/alfaromeo/>)

5.8.1 Konstrukce nápravy

U této nápravy jsou kola spojena tuhým mostem, aby byly zachyceny příčné síly od vozovky, je veden Wattovým přímovodem či Panhardskou tyčí. Pár šikmých ramen následně zajišťuje podélné vedení. Avšak rozvodovka je zde uložena na rámu či karoserii vozidla a kroučící moment je přenášen kloubovými hřídeli s proměnlivou délkou rovnou na kola. Toto řešení mělo za následek, že se u této nápravy tak snížila neodpružená hmotnost. Pokud umístíme kotoučové brzdy na rozvodovku místo náboje kola, tato neodpružená hmotnost se ještě sníží.

5.8.2 Použití nápravy

Nápravu De Dion můžeme najít na starších automobilech italské značky Alfa Romeo. V Alfě Romeo má tato náprava ojniové vedení a Wattovým přímovodem je přesně veden most nápravy. Nápravu De Dion jsme dále mohli najít ve sportovních vozech, ale také i např. ve vozech Formule 1. Její výhodou oproti tuhé nápravě je její nižší neodpružená hmotnost při stejném tuhém spojení kol. (Sajdl, 2011)

6 POROVNÁNÍ NÁPRAV

Každý typ nápravy je odlišný, některý více, některý méně a má tak každý typ své výhody i nevýhody. Proto nelze říci, že je nějaká náprava jednoznačně nejlepší. Výběr typu nápravy nám ovlivňuje velké množství faktorů, avšak tím podstatným je cena. Cenová kategorie je podstatná, odráží se v ní použité nápravy a celý podvozek. Klasický osobní automobil je většinou vybaven MacPherson přední nápravou a zadní klikovou nápravou. Toto uspořádání postačuje nárokům, kterým levné automobily mají vyhovět. Komfortnější a cenově vyšší automobily již mívají víceprvkové zavěšení náprav. Do klasických offroadových či do dodávkových vozů se až na výjimky montují tuhé nápravy.

Podle informací, které jsem získal při řešení této práce, jsem srovnal typy náprav podle jednotlivých parametrů.

Tabulka 1: Automobily značky ŠKODA

	Škoda 105	Škoda Favorit	Škoda Octavia I
Zadní náprava	S kyvadlovými polonápravami a nezávisle odpéroványými koly	Kliková s vlečnými rameny spojenými torzně poddajnou příčkou	Kliková s vlečnými rameny a příčným zkrutným stabilizátorem
Sbíhavost kol	0 ± 2 mm	$1,2 \pm 1,4$ mm	$20' \pm 10'$
Odklon kola	-	$- 1^\circ 24' \pm 30'$	$- 1^\circ 27' \pm 30'$
Přední náprava	Lichoběžníková s nezávisle odpéroványými koly	McPherson, se spodními trojúhelníkovými příčnými rameny a s teleskopickými změnami	McPherson, se spodními trojúhelníkovými rameny a příčným zkrutným stabilizátorem
Sbíhavost kol	1 - 3 mm	1 ± 1 mm	$0^\circ \pm 10'$
Odklon kola	$1^\circ 30' \pm 15'$	$0^\circ 20' \pm 30'$	$30' \pm 30'$
Záklon rejdového čepu	$6^\circ 30'$	$1^\circ 30' \pm 45'$	$7^\circ 40' \pm 30'$
Příklon rejdového čepu	$7^\circ 30' ^{1)}$	$12^\circ 20' \pm 45'$	-

¹⁾ Hodnota teoretická, informativní - mění se změnou hodnoty odklonu kola

U této tabulky můžeme vidět generační vývoj použitých náprav u vozidel a jejich parametry.

Konstrukční náročnost

MacPherson náprava - spodní příčné rameno, nosný třmen kola, vzpěra MacPherson

Víceprvková náprava - až 5 nezávislých na sobě jdoucích ramen, stabilizátor

Lichoběžníková náprava - dvě nestejně dlouhá příčná ramena (horní rameno kratší)

Kliková náprava - jedno nebo dvě podélné ramena, spojena U profilem

Kyvadlová náprava - rozvidlené rameno uchyceno pryžovými bloky do nápravnice

Tuhá náprava - most nápravy uložený na podélných listových perech, spojených s rámem či karoserií automobilu, dodatečné vedení (Panhardská tyč, Wattův přímovod, podélné vedení)

Jízdni vlastnosti

MacPherson náprava - Dobré jízdni vlastnosti. Nedochází k dokonalému kontaktu vnitřního kola s vozovkou při průjezdu zatáčkou. Pouze daný odklon kola, který při větším náklonu nemusí stačit. Vhodnou konstrukcí lze ovlivnit kvalitu jízdni vlastností. Malá neodpružená hmota.

Víceprvková náprava - Výborné jízdni vlastnosti. Vysoká přesnost vedení kola. Každým ramenem lze ovlivnit jízdni vlastnosti. Vyniká tlumením vibrací, které přecházejí od vozovky a proto má výborný jízdni komfort. Má také nízkou hmotnost.

Lichoběžníková náprava - Dobré jízdni vlastnosti. Při propužení vzniká změna odklonu kola, sbíhavost a změna rozchodu kol > vhodnou geometrií lze tyto vlivy minimalizovat

Kliková náprava - Horší jízdni vlastnosti. Při propužení se mění pouze rozvor kol, sbíhavost a odklon kol se nemění. Při průjezdu zatáčkou se zmenšuje styková plocha pneumatiky s vozovkou, a to následně špatně ovlivňuje průjezd zatáčkou.

Kyvadlová náprava - Horší jízdni vlastnosti. Při propužení se mění odklon a rozchod kola a vzniká zde také samořízení, které má nedotáčivý účinek. Pomocí vhodně zvolených úhlů kývání lze vylepšit jízdni vlastnosti.

Tuhá náprava - Špatné jízdni vlastnosti. Velká neodpružená hmotnost = zhoršení jízdni vlastností, při propužení kol nedochází ke změně rozchodu, při jednostranném propužení se ztrácí optimální kontakt pneumatiky s vozovkou, klopení v zatáčce vyvolává samořízení, zhoršení stability kvůli vyššímu těžišti

Prostorová náročnost

MacPherson náprava - Malá prostorová náročnost. Jelikož je zde posuvné vedení namísto horního ramena (lichoběžníková náprava) je tu více prostoru na zavazadlový prostor nebo uložení motoru.

Víceprvková náprava - Vyšší prostorová náročnost. Kvůli více ramenům a prvkům vyžaduje o něco více prostoru. Pružina a tlumič jsou uloženy blíže kolu, aby neomezovaly velikost zavazadlového prostoru.

Lichoběžníková náprava - Malá prostorová náročnost. Horní rameno bývá kratší u automobilů s motorem uloženým vpředu, kde potřebuje více prostoru.

Kliková náprava - Malá prostorová náročnost. Díly nápravy nijak nebrání podlaze a ani zadní části automobilů. Podlaha kufru může být tak nízko.

Kyvadlová náprava - Malá prostorová náročnost. Jednoduchá náprava.

Tuhá náprava - Vyšší prostorová náročnost. Automobil s touto nápravou má vyšší stavbu, kvůli většímu prostoru k propružení.

Cena: Víceprvková náprava je dražší o 250 eur jak zadní úhlová kyvadlová náprava.

7 ZÁVĚR

Vývoj automobilů jde stále kupředu a automobilový průmysl ustavičně roste. V dnešní době u osobních automobilů je brán velký důraz na bezpečnost, ovladatelnost vozu a komfort cestujících. Hlavní roli na tyto aspekty mají právě nápravy, které spojují vůz s vozovkou skrze pneumatiku. I nápravy za dlouhé roky prošly svým vývojem, byly zkonstruovány nové a po konstrukční stránce se liší.

V mé práci jsem poukázal na konstrukční řešení náprav, výhody a nevýhody a porovnal jsem funkční vlastnosti každé nápravy, aby šlo rozeznat v čem jaká náprava obostává a v čem naopak zaostává za jinými typy náprav. Z toho srovnání vychází nejlépe víceprvková náprava, která má oproti konkurentům vynikající jízdní vlastnosti, neomazuje místo pro zavazadlový prostor avšak mezi její nevýhody spadá složitější konstrukční náročnost a tím pádem vyšší cena.

Cílem konstruktéra v dnešní době je zkonstruovat nápravu s dobrými jízdními vlastnostmi. Taková náprava musí být vyrobená z kvalitních materiálů, které splňují určité normy a to za co nejnížší cenu. Právě cena je hlavním faktorem při použití nápravy a na celém podvozku. Proto je dnes nejpoužívanější náprava MacPherson, která je levná a má dobré jízdní vlastnosti. Nejčastěji se užívá v koncepci vozů nižších a středních tříd jako přední náprava, zadní pak často bývá používána kliková náprava. Luxusní či sportovní vozy mívají výše zmíněné víceprvkové zavěšení a to z důvodu výborných jízdních vlastností nebo komfortu pro cestující.

8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

VLK František, *Podvozky motorových vozidel*. 3 vydání, Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006, 464s. ISBN 80-239-6464-X

VLK František, *Dynamika motorových vozidel*. 2 vydání, Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2003, 432s. ISBN 80-239-0024-2

MOTEJL, Vladimír, *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. 3 vydání, Brno: Littera, 2004, 622s. ISBN 80-857-6324-9

JAN Zdeněk, ŽDÁNSKÝ Bronislav, ČUPERA Jiří, *Automobily*. 2 vydání, Brno: Avid, 2009, 245s. ISBN 978-80-87143-11-7

JAN Zdeněk, ŽDÁNSKÝ Bronislav, *Automobily - Podvozky*. 2 vydání, Brno: Avid, 2001, 211s.

GSCHEIDE Rolf, *Příručka pro automechanika*, Praha: Sobotáles, 2001, 629s. ISBN 80-859-2076-X

KOUCKÝ Petr, *Technické a seřizovací hodnoty automobilů Škoda*. 2 vydání, Praha: Grada Publishing, 1999, 150s. ISBN 80-7169-810-5

SAJDL Jan, Příklon rejdového čepu [online]. 2011 [cit. 14.3.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/priklon-rejdoveho-cepu-s/>

SAJDL Jan, Poloměr rejdu [online]. 2011 [cit. 14.3.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/polomer-rejdu-r/>

SAJDL Jan, Sbíhavost kol [online]. 2011 [cit. 14.3.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/sbihavost-kol-d/>

SAJDL Jan, Ackermannova podmínka [online]. 2011 [cit. 17.3.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/ackermannova-podminka/>

SAJDL Jan, Lichoběžníková náprava [online]. 2011 [cit. 20.3.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/lichobeznikova-naprava/>

SAJDL Jan, Náprava MacPherson [online]. 2011 [cit. 20.3.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/naprava-macpherson-mcpherson/>

SAJDL Jan, Víceprvková náprava [online]. 2011 [cit. 22.3.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/viceprvkova-naprava/>

SAJDL Jan, Kliková náprava [online]. 2011 [cit. 22.3.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/klikova-naprava/>

SAJDL Jan, Panhardská tyč [online]. 2011 [cit. 3.4.2017]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/panhardska-tyc/>

SAJDL Jan, Wattův přímovod [online]. 2011 [cit. 3.4.2017]. Dostupné z:
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/wattuv-primovod/>

SAJDL Jan, Náprava De Dion [online]. 2011 [cit. 10.4.2017]. Dostupné z:
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/naprava-de-dion/>

9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

OBR. 1: SOUŘADNICOVÁ SOUSTAVA AUTOMOBILU.....	7
OBR. 2: STŘED KLOPENÍ KAROSERIE S A PÓL KLOPENÍ KOLA P U LICHOBĚŽNÍKOVÉ NÁPRAVY	7
OBR. 3: URČENÍ OKAMŽITÝCH STŘEDŮ KLONĚNÍ NÁPRAV O_p (PŘEDNÍ LICHOBĚŽNÍKOVÁ) A O_z (ZADNÍ KLIKOVÁ) A STŘEDU KLONĚNÍ KAROSERIE	8
OBR. 4: Kladný a záporný úhel odklonu kola.....	9
OBR. 5: POLOMĚR REJDU A PŘÍKLON REJDOVÉ OSY	9
OBR. 6: ZOBRAZENÍ ZÁVLEKU A ZÁKLONU REJDOVÉ OSY	10
OBR. 7: ZOBRAZENÍ SBÍHAVOSTI KOL	11
OBR. 8: SCHEMATICKÉ ZOBRAZENÍ PRVKŮ NÁPRAVY	12
OBR. 9: KONSTRUKCE RADIÁLNÍ PNEUMATIKY	13
OBR. 10: FUNKCE ZKRUTNÉHO STABILIZÁTORU.....	16
OBR. 11: KINEMATICKÉ SCHÉMA (PŘÍČNÝ POHLED VLEVO).....	17
OBR. 12: PŘEDNÍ LICHOBĚŽNÍKOVÁ NÁPRAVA U CORVETTE STINGRAY 2014....	18
OBR. 13: PŘEDNÍ LICHOBĚŽNÍKOVÁ NÁPRAVA AUTOMOBILU ŠKODA 1000 MB	19
OBR. 14: KINEMATICKÉ SCHÉMA NÁPRAVY MACPHERSON (PŘÍČNÝ POHLED)...	19
OBR. 15: VZNIK GYROSKOPICKÉHO MOMENTU	20
OBR. 16: NÁPRAVA MACPHERSON V AUTOMOBILU AUDI TT	21
OBR. 17: ZADNÍ VÍCEPRVKOVÁ (PĚTIPRVKOVÁ) NÁPRAVA VOZIDLA HONDA ACCORD	22
OBR. 18: SCHÉMA KLIKOVÉ NÁPRAVY	24
OBR. 19: KLIKOVÁ NÁPRAVA	24
OBR. 20: SCHÉMA KLIKOVÉ NÁPRAVY SE SPŘAŽENÝMI RAMENY.....	25
OBR. 21: ZADNÍ KLIKOVÁ NÁPRAVA AUDI A2.....	26
OBR. 22: SCHÉMA KYVADLOVÉ NÁPRAVY.....	27
OBR. 23: KYVADLOVÁ ZADNÍ NÁPRAVA BMW ŘADY 3 (1994).....	28
OBR. 24: SCHÉMA TUHÉ NÁPRAVY PŘI PROPRUŽENÍ JEDNOHO KOLA (A), NÁKLONU KAROSERIE PŘI PROJÍZDĚNÍ ZATÁČKY (B), PROTIBĚŽNÉM PROPRUŽENÍ OBOU KOL (C) A STEJNOBĚŽNÉM PROPRUŽENÍ (D)	28
OBR. 25: ZADNÍ TUHÁ NÁPRAVA OPEL COBMO	29
OBR. 26: PANHARDSKÁ TYČ A WATTŮV PŘÍMOVOD	30
OBR. 27: ZADNÍ NÁPRAVA DE DION ALFA ROMEO 6.....	32

Seznam tabulek

TABULKA 1: AUTOMOBILY ZNAČKY ŠKODA..... 34