

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

Petr Liebich

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh a zhotovení výukového panelu zavěšení kol

Petr Liebich

Bakalářská práce

2010

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Petr LIEBICH
Studijní program: B3709 Dopravní technologie a spoje
Studijní obor: Dopravní prostředky-Silniční vozidla
Název tématu: Návrh a zhotovení výukového panelu zavěšení kol
Zadávací katedra: Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod, význam výukových panelů
2. Charakteristika jednotlivých způsobů zavěšení kol u automobilů
3. Návrh koncepčního řešení výukového panelu
4. Prezentace jednotlivých způsobů zavěšení kol a konstrukčního řešení jednotlivých prvků
5. Popis výroby panelu 6. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. Vlk.F.: Podvozky motorových vozidel. Brno 2000, ISBN 80-238-5274-4

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miroslav Bodlák

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **26. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2010**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupnění své práce v Univerzitní knihovně.

V Těchoníně dne 16.4.2010

Petr Liebich

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Miroslavu Bodlákovi za cenné rady a připomínky při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat svému otci Ladislavu Liebichovi za pomoc při zhotovování výukového modelu. Tímto Vám všem děkuji.

ANOTACE

Práce je zaměřena na návrh a zhotovení výukového panelu zavěšení kol. V první části jsou popsány jednotlivé způsoby zavěšení. V druhé části práce je popsán návrh a zhotovení výukového panelu.

KLÍČOVÁ SLOVA

zavěšení, náprava, ramena, panel

TITLE

Design and manufacture of educational panel suspension wheels

ANNOTATION

Work focuses on the design and manufacture of educational panel suspension. The first part deals with different ways of hanging. The second part describes the design and manufacture of educational panel.

KEYWORDS

suspension, axletree, link, panel

OBSAH

1. Úvod.....	8
1.1. Význam výukových panelů.....	8
2. Charakteristika jednotlivých způsobů zavěšení kol u automobilu.....	10
2.1. Funkce zavěšení kol.....	10
2.2. Konstrukční požadavky.....	11
2.3. Druhy zavěšení.....	11
2.4. Rozdělení náprav.....	12
2.5. Tuhé nápravy.....	13
2.5.1 Druhy tuhých náprav.....	14
2.5.2 Zavěšení a odpružení tuhých náprav.....	15
2.5.3 Výhody a nevýhody tuhých náprav.....	22
2.6. Nezávislé zavěšení kol – výkyvné nápravy.....	23
2.6.1 Druhy nezávislého zavěšení.....	23
2.6.2 Výhody a nevýhody nezávislého zavěšení.....	35
2.7. Vzorové řešení příkladu výpočtu tuhé nápravy hnané řídicí.....	36
3. Návrh koncepčního řešení výukového panelu.....	41
4. Prezentace jednotlivých způsobů zavěšení kol a konstrukčního řešení jednotlivých prvků.....	43
4.1. Lichoběžníkové zavěšení.....	43
4.2. Zavěšení McPherson.....	44
4.3. Víceprvkové zavěšení.....	45
4.4. Klikový závěs.....	46
4.5. Spřažený závěs.....	47
4.6. Kyvadlová úhlová náprava.....	48
4.7. Zkrácené kyvadlové zavěšení.....	49
4.8. Nezkřácené kyvadlové zavěšení.....	50
4.9. Tuhá náprava.....	51
5. Popis výroby panelu.....	52
6. Závěr.....	54
Použitá literatura.....	55

1. Úvod

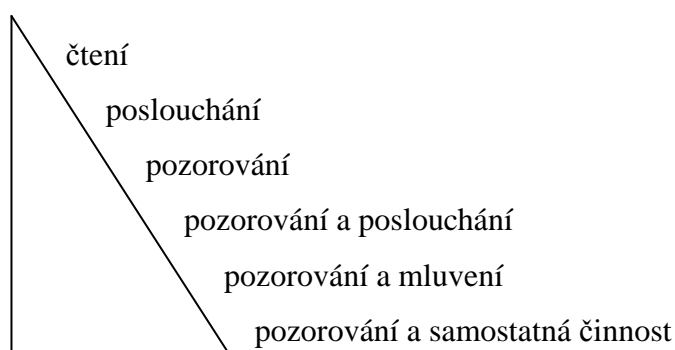
Automobil je značně složitý celek, který se skládá z mnoha částí. Na každou část jsou kladeny značné nároky, proto se automobilní průmysl dělí na odvětví, které mají svoje specializovaná pracoviště, kde se zlepšují a vyvíjejí nové díly pro danou část.

V této práci se budu zabírat zavěšením kol u silničních dopravních prostředků. Zavěšení kol nebo-li nápravy jsou důležitou součástí automobilu, na které jsou kladeny značné požadavky. V první části práce se budu zabírat jednotlivými druhy zavěšení, jejich popis, možné konstrukční řešení, využití na vozidlech. V druhé části práce se budu zabývat návrhem a zhotovením výukového panelu pro danou problematiku.

1.1. Význam výukových panelů

Výukové panely jsou především určeny pro zkvalitnění výuky. Slouží jako názorná pomůcka pro lepší pochopení daného problému. Spojuje konkrétní a abstraktní myšlenkové operace žáků.

A. Riedl uvádí, že pro vnímání a následné zapamatování hrají aktivity učících se následující roli (směrem dolů efektivita roste) viz graf 1. Riedl graf podkládá výzkumnými zjištěními: při pouhém poslouchání je zapamatování pouze 20% informací, při pozorování 30%, při samostatném formulování myšlenek 80% a při samostatné činnosti 90% informací.



Graf 1 [5]

Výukové panely ve výuce podporují názornost při vyučování a umožňují, jak vyplývá z výše uvedeného grafu, vysoce efektivní učení, a vnášet do výuky vedle verbálních aktivit i aktivity, jako jsou pozorování a samostatná činnost. Učivo je tak lépe osvojeno. Názornost aktivuje výchovně vzdělávací práci, rozvíjí pozorovací schopnosti, zájem a zvědavost studentů a zároveň umožňuje spojovat studovanou látku s praxí, se životem.

Učební pomůcky je nutné správně didakticky do výuky zakomponovat, zejména není vhodná jejich přílišná aplikace. Jakmile se předkládá neuvědoměle příliš velké množství informací, přílišná konkrétnost vyučování brání žákům chápat a rozumět teoretickým problémům a brání jim konkrétní poznatky zevšeobecňovat. Může tak být zpomalován rozvoj abstraktního myšlení a přínos učebních pomůcek pro výuku je v tomto případě paradoxně kontraproduktivní. Cílem proč názornost ve výuce využíváme, je snadnější osvojení učiva, názorný materiál se zapamatovává lépe než abstraktní.

Učební pomůcky (výukové panely) jsou pomocníkem studentů pro jejich názornost a možnost vidět danou problematiku ve skutečnosti, ale i pro vyučující, kteří tak mají lepší prostor pro výklad látky a mohou studentům problémy demonstrovat názorně na vhodném panelu. Proto by neměly chybět při výuce.

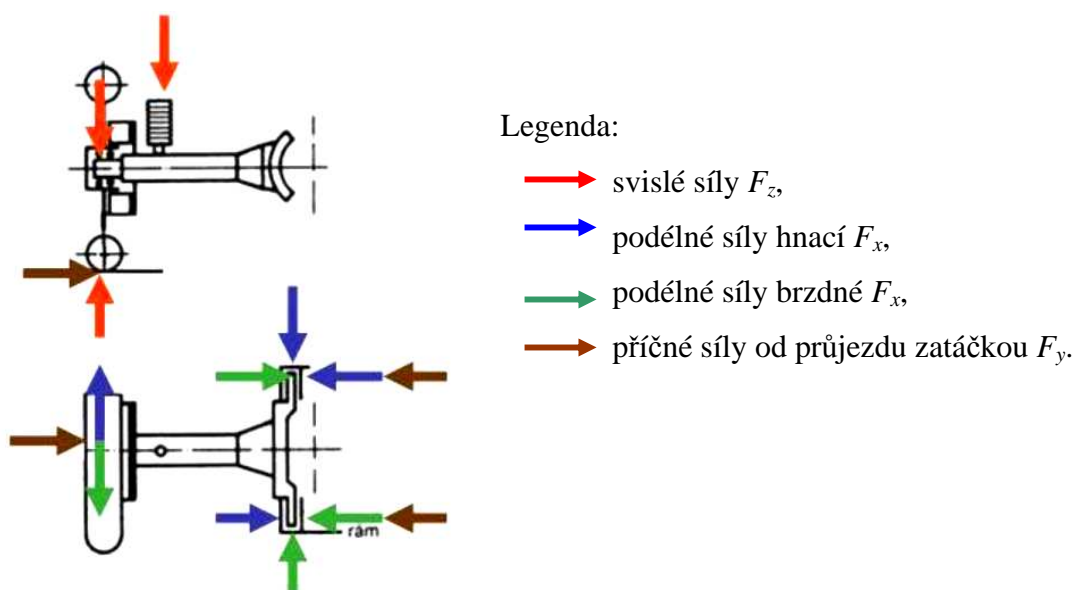
2. Charakteristika jednotlivých způsobů zavěšení kol u automobilu

Zavěšení kol pojednává o připojení kol k rámu či karoserii vozidla.

Pro zavěšení kol se často používá pojem náprava, který v sobě skrývá další části podvozku automobilu, jako je již zmiňované zavěšení kol, odpružení, brzdící zařízení, dále také může být tvořena hnacím a řídicím ústrojím.

2.1. Funkce zavěšení kol

Zavěšení kol umožňuje svislý relativní pohyb kola vzhledem ke karoserii nebo rámu, potřebný z hlediska propružení. Eliminuje nežádoucí pohyby kola (zejména boční posuv a naklápění kola). Jde o takzvané vedení kola. Touto problematikou se zabývá kinematické řešení zavěšení. Další funkcí je umožnění řízení řídicí nápravy a správné postavení kol (geometrie řízení). Dále zavěšení přenáší síly a momenty mezi kolem a rámem (karoserií). Jedná se o svislé síly od zatížení vozidla, podélné síly (tj. hnací a brzdné síly), dále příčné síly, které vznikají při průjezdu zatáčkou (odstředivé síly) a momenty podélných sil (hnací a brzdný moment).



Obr. 1 – Síly působící na závěs

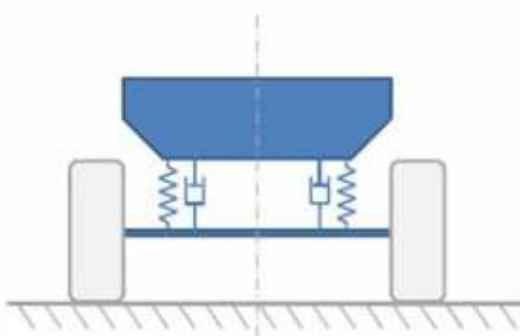
2.2. Konstrukční požadavky

- vysoká pevnost a tuhost,
- malá hmotnost (patří do neodpérováných hmot),
- zabezpečení požadované světlé výšky vozidla a výšky těžiště,
- zajištění správného postavení kol (geometrie řízení),
- snadné ošetřování, seřizování a opravy,
- jednoduchost a levná výroba.

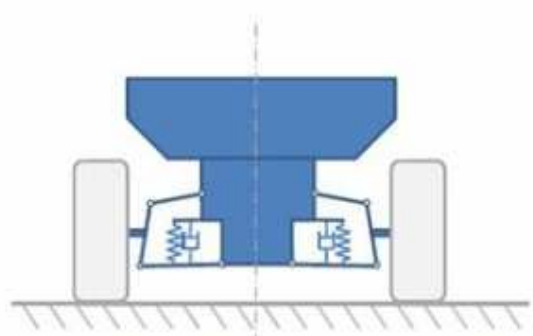
2.3. Druhy zavěšení

Závislé zavěšení (obr. 2) – kola jsou uložena na společném příčném nosníku (mostu). Vzájemná poloha kol vůči sobě se nemění. Tento celek skládající se z nosníku, levého a pravého kola se nazývá tuhá náprava.

Nezávislé zavěšené (obr. 3) – každé kolo je zavěšeno samostatně, kola též nápravy se při propérování navzájem neovlivňují. Toto zavěšení reprezentují výkyvné nápravy.



Obr. 2 – Závislé zavěšení kol [4]



Obr. 3 – Nezávislé zavěšení kol [4]

2.4. Rozdělení náprav

1) Podle umístění

- **přední,**
- **zadní,**
- **prostřední.**

2) Podle funkce

- **hnací** – náprava na níž je přenášen točivý moment motoru,
- **hnaná** (sunutá, vlečná) – nepřenáší točivý moment motoru,
- **řídící** (s rejdovými koly nebo rejdovná) – slouží k řízení směru jízdy vozidla.

3) Podle konstrukčního provedení

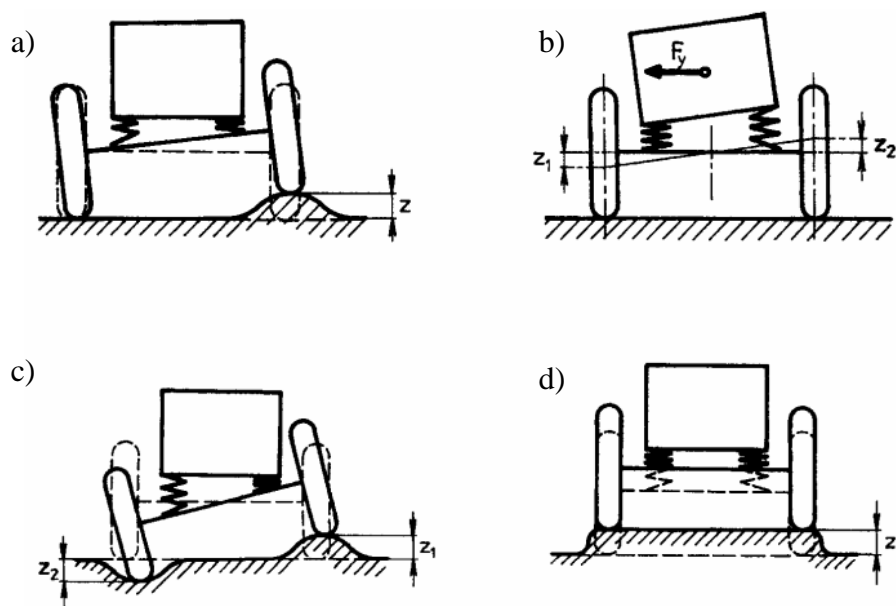
- **tuhé** – celistvé, skládané, ojniové, De-Dion,
- **výkyvné** – kyvadlové (zkrácené, nezkrácené, se sníženou osou kývání, úhlové), čtyřúhelníkové (rovnoběžníkové, lichoběžníkové), teleskopické, klikové, spřažené, McPherson, víceprvkové, elastokinematické.

2.5. Tuhé nápravy

Tuhé nápravy jsou nejstarším typem zavěšení kol. Nejčastěji jsou použity u nákladních automobilů, autobusů, terénních vozidel a u užitkových (dodávkových) automobilů. Konstrukčně mohou být řešeny jako přední, zadní, hnané nebo hnací nápravy.

Propružení tuhé nápravy vzhledem ke karoserii

Z obr. 4 je patrné, že při svislém propružení jednoho kola vznikne rovněž pohyb druhého kola.



Obr. 4 – Možnosti propružení tuhé nápravy vzhledem ke karoserii:

a) jednostranné, b) protiběžné v zatáčce, c) protiběžné, d) stejnoběžné [1]

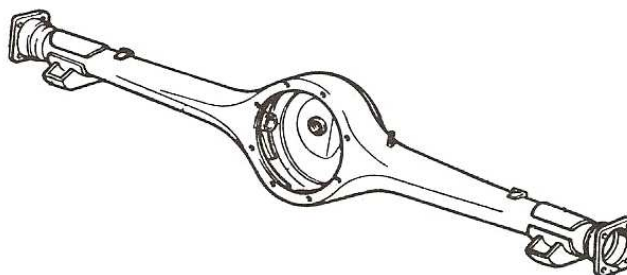
Hlavní části tuhých náprav:

- **mostové trouby** – u hnacích náprav (je v nich vložen hnací hřídel kola),
- **nápravnice** – u hnaných náprav (jen nosník),
- **rozvodovka** – u hnacích náprav,
- **kolové redukce** – u hnacích náprav (pro zvýšení točivého momentu, vhodnou konstrukcí lze zvýšit světlou výšku vozidla),
- **otočný čep kola, rejdový čep** – použito u řídicí nápravy, kde umožňují natáčení kol do rejdu .

2.5.1 Druhy tuhých náprav

Tuhá celistvá náprava

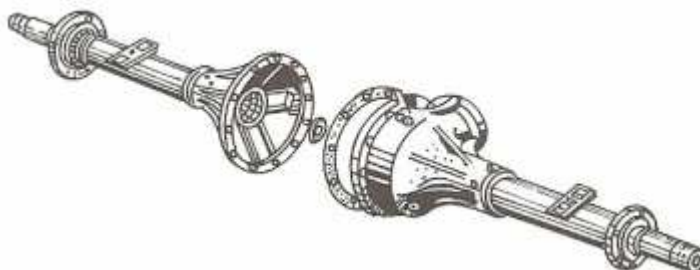
Most nápravy je z jednoho kusu, nebo je složen z několika kusů, které jsou spojeny nerozebíratelným spojem (např. svárem nebo nalisováním). Používá se především jako hnací zadní náprava pro osobní vozidla, lehké a střední nákladní automobily. Jednodílný most je velmi tuhý a pevný, ale nevýhodou je, že při poškození se musí vyměnit celý.



Obr. 5 – Jednodílný most hnací nápravy [2]

Tuhá dělená náprava

Most nápravy je složen z několika kusů, které jsou spojeny rozebíratelným spojem (např. šroubovým). Používá se u těžkých nákladních vozidel. S menšími celky se lépe manipuluje. Při poškození se mění pouze poškozený díl. Částečnou nevýhodou je, že náprava má menší tuhost.

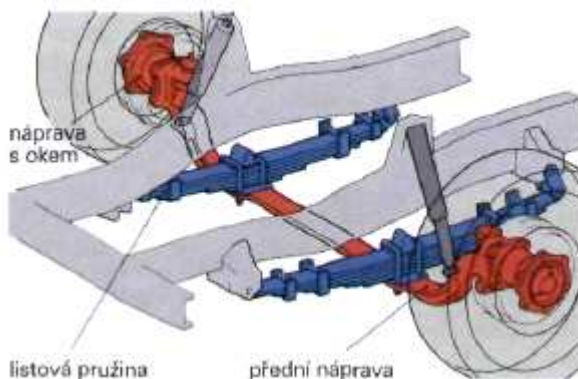


Obr. 6 – Skládáný most hnací nápravy [2]

2.5.2 Zavěšení a odpružení tuhých náprav

Vedení pomocí listových per

Zavěšení tuhé nápravy dvojitou podélnou listovou pružinou znázorněné na **obr. 7** vyniká jednoduchostí řešení. Pružiny přitom zastávají současně následující úlohy: **vedení tuhé nápravy** (pera vedou v příčném i podélném směru), **odpružení a částečné tlumení kmitů** (u více listových pružin).



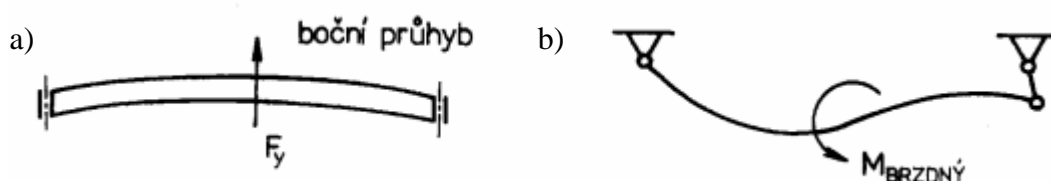
Obr. 7 – Tuhá hnaná řídicí náprava vedená listovými perami u nákladního vozidla [3]



Obr. 8 – Tuhá hnací náprava vedená listovými perami na vozidle Chevrolet [6]

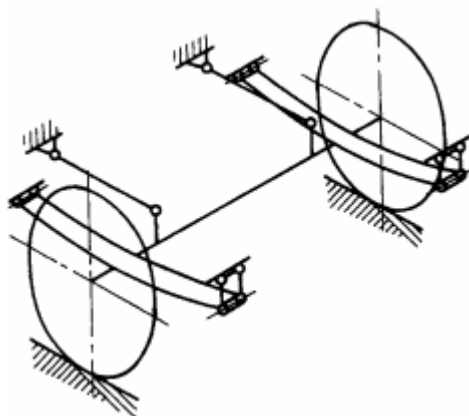
Nevýhodami tohoto vedení je velká hmotnost a značné délky per. Pro měkčí pérování jsou použita dlouhá listová pera, která jsou bočně poddajná **obr. 9a**, tzn. horší držení vozidla v zatáčce. Dále u dlouhých měkkých per dochází k přidavnému

ohybovému namáhání, (tzv. S-ráz) **obr. 9b**, který vzniká při přenosu brzdného nebo hnacího momentu.



Obr. 9 – Deformace listových pružin: a) boční silou, b) brzdným momentem [1]

Pro zmenšení ohybového namáhání mohou být listová pera doplněna o tzv. **suvné tyče**, které přenáší reakce od brzdného nebo hnacího momentu a odlehčují tak pružiny.



Obr. 10 – Schéma tuhé nápravy vedené dvojicí listových per a dvěma suvnými tyčemi [1]

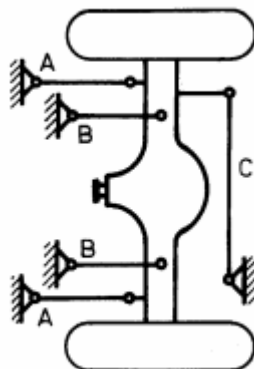
Vedení pomocí podélných a příčných ramen

K odpružení tuhých náprav osobních a lehkých užitkových automobilů se listové pružiny dnes používají výjimečně. Výjimku tvoří vozidla pro volný čas (SUV) a terénní vozidla (Off-Road). Listové pružiny jako pružící prvek jsou nahrazovány většinou vinutými pružinami a k vedení nápravy v podélném a bočním směru se používají podélná a příčná ramena.

Podélná ramena a Panhardská tyč obr. 11

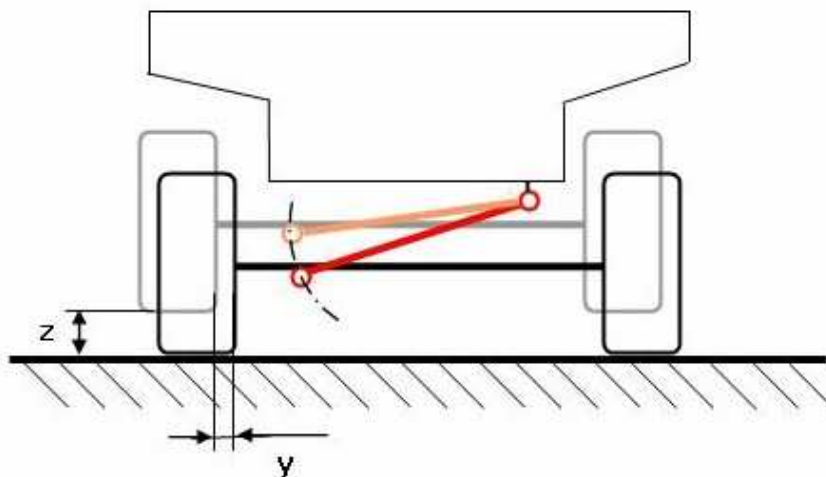
- podélná ramena vedou most nápravy v podélném směru a přenáší podélné síly a jejich momenty,

- příčné rameno (tzv. Panhardská tyč) vede most nápravy v příčném směru a přenáší boční síly.



Obr. 11 – Schéma tuhé nápravy vedené dvěma páry podélných ramen (A, B) a jedním příčným ramenem (Panhardská tyč C) [1]

Uložení ramen je realizováno kulovými klouby, čímž je např. umožněn klopný pohyb nápravy. Panhardská tyč při svislých relativních pohybech mezi nápravou a nástavbou způsobuje boční posunutí **obr. 12**. S tím je spojeno boční kmitání nástavby. Pro snížení tohoto negativního účinku navrhujeme Panhardskou tyč, která musí být co nejdelší a ve vodorovném uspořádání.



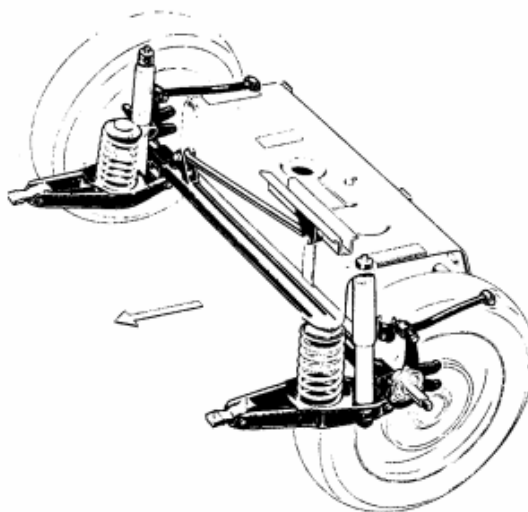
Obr. 12 – Boční posunutí tuhé nápravy v příčném směru Panhardskou tyčí, které vzniká při svislém prohužení [4]



Obr. 13 – Panhardská tyč na vozidle Ford Mustang 2000 [4]

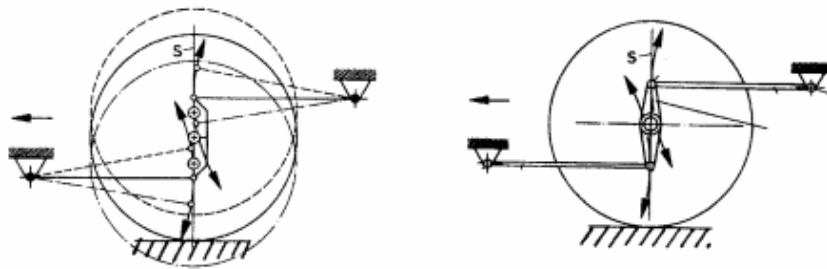
Wattův přímovod a Panhardská tyč

Horní podélná ramena jsou umístěna za nápravou. Tím jsou ramena namáhána pouze na tah a při jednostranném nebo oboustranném propružení se most nápravy pohybuje přesně kolmo k podélné ose vozidla. V příčném směru je náprava zajištěna Panhardskou tyčí.



Obr. 14 – Zadní tuhá náprava Saab s Panhardskou tyčí a Wattovým přímovodem [1]

Wattův přímovod je tříčlenný čtyřkloubový mechanismus. Používá se jak v podélném směru, tak i v příčném směru, jako dokonalejší alternativa Panhardské tyče. V celém zdvihu pérování se střed nápravy nebo střed kola pohybuje vždy ve svislé rovině.



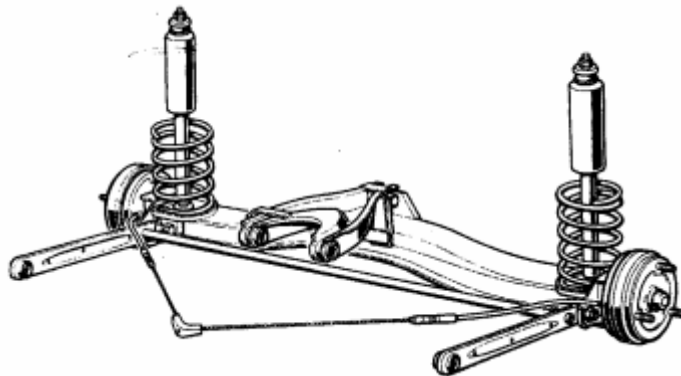
Obr. 15 – Schéma Wattova přímovodu v podélném směru [1]



Obr. 16 – Schéma Wattova přímovodu v příčném směru [1]

Podélná ramena a střední trojúhelníkové rameno

Podélné vedení nápravy zabezpečují dvě podélná ramena a trojúhelníkové rameno. Trojúhelníkové rameno současně vede nápravu i v bočním směru. Pružiny a tlumiče jsou umístěny přímo na mostu nápravy. K podélným ramenům v blízkosti mostu je přivařen příčný stabilizátor.



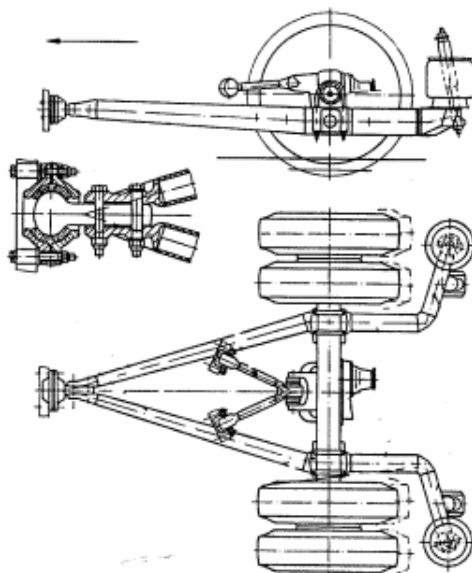
Obr. 17 – Zadní tuhá náprava Renaultu 18 [1]

Ojnicové tuhé nápravy

Odstraňují předklánění a zaklánění karoserie při akceleraci a brzdění vozidla. Pro vedení těchto náprav se používají následující druhy závěsů:

Ojnice a trojúhelníkové rameno

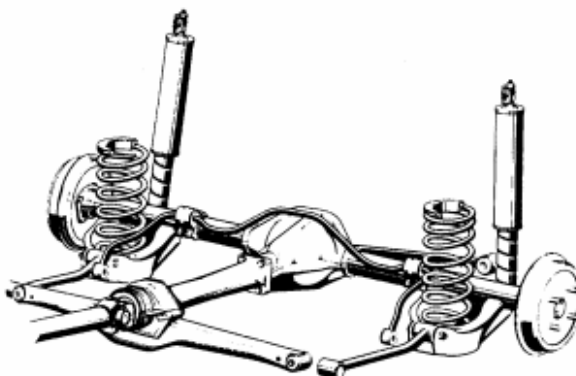
Ojnice je uložena v kulovém čepu na rámu vozidla a tím přenáší veškeré podélné síly. Trojúhelníkové rameno, které je umístěno před nápravou, zachycuje boční síly. Pro boční vedení není tedy nutno používat Panhardskou tyč.



Obr. 18 – Ojnicové vedení zadní tuhé nápravy autobusů M.A.N. se vzduchovým odpružením [1]

Ojnice a Panhardská tyč

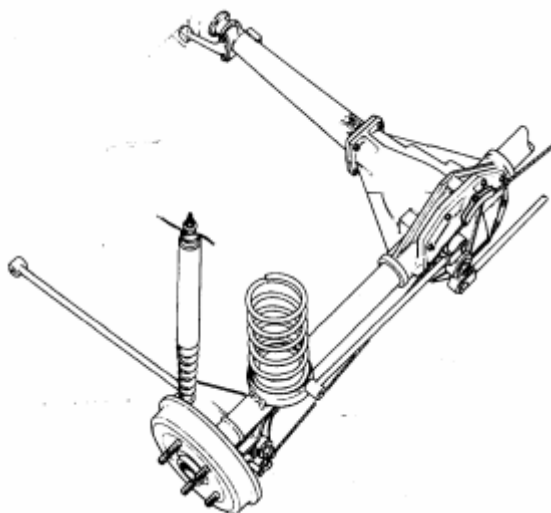
Ojnice je tvořena trubkou, ve které je uložen hnací hřídel stálého převodu. Pomocí příčného nosníku je trubka upevněna ke karoserii. Podélné síly jsou zachyceny táhly uchycenými k příčnému nosníku. Příčné vedení zabezpečuje téměř vodorovně uložená Panhardská tyč.



Obr. 19 – Zadní tuhá náprava Opel Manta s ojnicovým vedením s Panhardskou tyčí [1]

Ojnice a Wattův přímovod

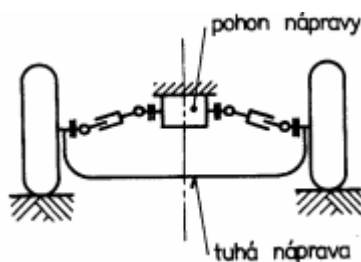
Náprava má ojnicové vedení se dvěma podélnými rameny. Ojnice je ke karoserii připevněna pomocí krátké páky zakončené kulovým kloubem. Pohon nápravy je veden uvnitř trubky ojnice. Příčné vedení nápravy je provedeno Wattovým přímovodem.



Obr. 20 – Zadní náprava s ojnicovým vedením a Wattovým přímovodem Rover 2600S [1]

Odlehčená tuhá náprava De-Dion

Poháněné tuhé nápravy mají velkou hmotnost neodpružených částí. Tuto nevýhodu je možno eliminovat použitím odlehčené nápravy De-Dion. Rozvodovka je upevněna na karoserii a pohon kol je pomocí kloubových hřídelů. Tím je zmenšena hmotnost neodpérovanych částí. Další možností snížení hmotnosti neodpérovanych částí, je použití kotoučových brzd u rozvodovky. Náprava má ojnicové vedení, příčný Wattův přímovod a příčný stabilizátor, který zmenšuje naklonění karoserie v příčném směru.



Obr. 21 – Schéma tuhé nápravy De-Dion [1]



Obr. 22 – Odlehčená náprava De-Dion [7]

2.5.3 Výhody a nevýhody tuhých náprav

Výhody

- dobrý přenos sil a spolehlivé vedení kol,
- jednoduchá konstrukce a levná výroba,
- minimální ošetřování,
- umožňují dokonalé uložení částí převodového ústrojí v nápravě,
- výkyvy náprav nezpůsobují nerovnoměrnost chodu převodového ústrojí.

Nevýhody

- značná neodpérovaná hmotnost nápravy,
- větší potřebný prostor pro výkyv celé nápravy,
- samovolné řízení nápravy na nerovné vozovce,
- změna roviny rotace kol při výklonu nápravy a tím vznik gyroskopického momentu na kole.

2.6. Nezávislé zavěšení kol – výkyvné nápravy

Výkyvné nápravy mají každé kolo zavěšeno nezávisle pomocí závěsů spojených s rámem nebo samonosnou karoserií automobilu. Závěsná ramena mohou být příčná, podélná, nebo šikmá vzhledem k podélné ose automobilu. Umožňují tak nezávislé pérování kol. Nepříznivé nárazy a výkyvy se omezují jen na jedno kolo, které právě překonává nerovnost terénu, a proto je automobil vystaven méně otřesům. Výkyvná náprava má velkou výhodu v tom, že má menší hmotnost, a tím snižuje množství neodpérovovaných hmot. Také mají hnací nápravy nejtěžší část (rozvodovku) pevně spojenou s odpérovanými hmotami.

U nezávislého zavěšení kol se používají různé pružící prvky, jako vinuté pružiny, zkrtné tyče, pryžové, hydroelastické a pneumatické pružiny.

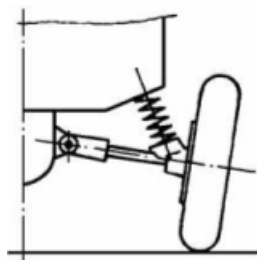
2.6.1 Druhy nezávislého zavěšení

Výkyvné kyvadlové nápravy

- každé kolo je zavěšeno na jednom příčném nebo šikmém rameni,
- podle polohy osy kývání jsou zkrácené, nezkrácené, se sníženou osou kývání a úhlové kyvadlové nápravy.

Zkrácená kyvadlová náprava

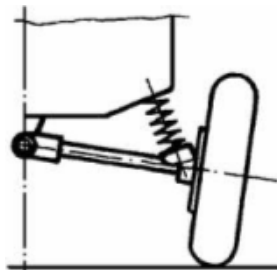
Závěsné rameno je pomocí čepů uchyceno ke skříni rozvodovky tak, že osa kývání je mimo podélnou rovinu souměrnosti automobilu, avšak v podstatě s ní rovnoběžnou.



Obr. 23 – Schéma zkrácené kyvadlové nápravy [2]

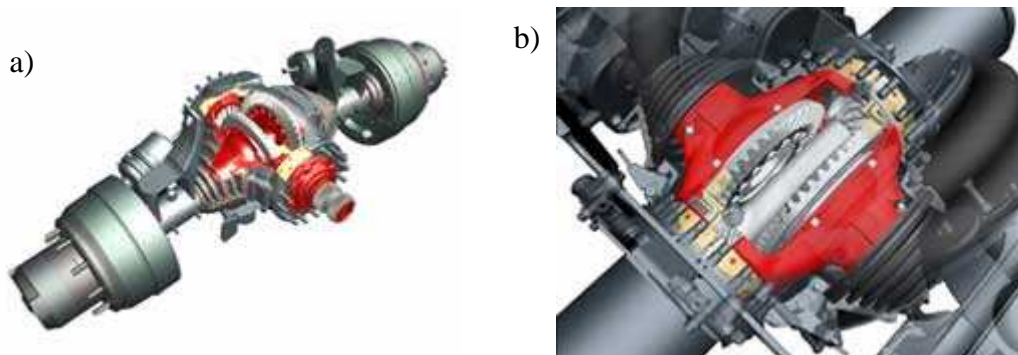
Nezkrácená kyvadlová náprava

Závěsné rameno je uloženo ve skříni rozvodovky tak, že její osa kývání leží v podélné rovině souměrnosti automobilu.



Obr. 24 – Schéma nezkrácené kyvadlové nápravy [2]

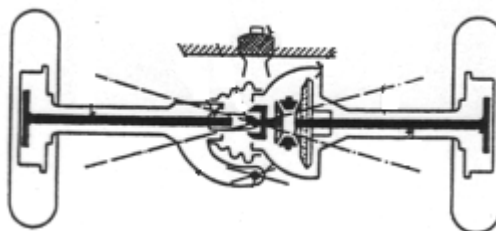
Konstrukční provedení této nápravy je typické pro nákladní automobily TATRA.



Obr. 25 – Výkyvná kyvadlová náprava u vozidla TATRA, a) celá náprava, b) detail rozvodovky [8]

Kyvadlová náprava se sníženou osou kývání

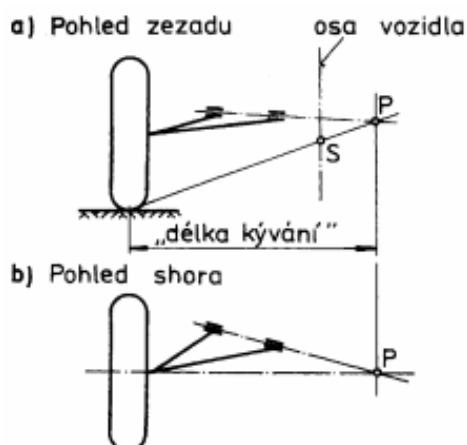
Závěsné rameno je přikloubeno ke skříni rozvodovky tak, že její osa kývání leží v podélné rovině souměrnosti automobilu, ale je pod osou závěsu.



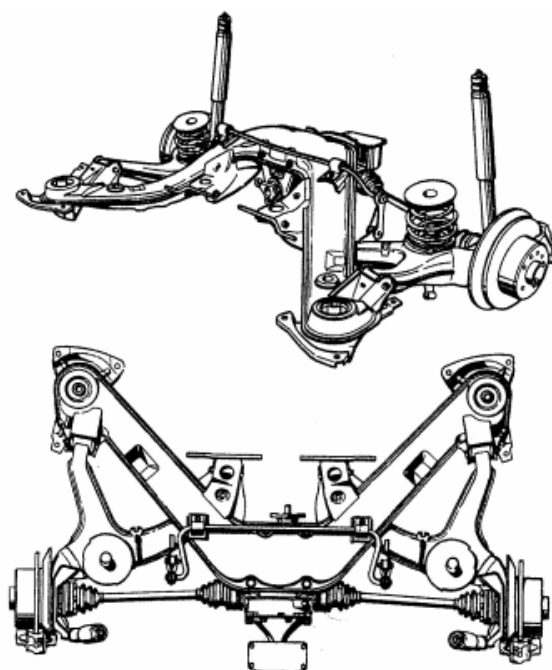
Obr. 26 – Schéma kyvadlové nápravy se sníženou osou kývání [2]

Úhlová kyvadlová náprava

Je používána jako zadní náprava u osobních automobilů. Osa kývání ramene je v půdorysu a často i v nárysu šikmá. Zavěšení má velmi dobré vlastnosti z hlediska směrové stability. Příčný posun i gyroskopický moment při propérování je velmi malý.



Obr. 27 – Schéma kyvadlové nápravy úhlové a poloha středu klopení karoserie S a kola P [1]

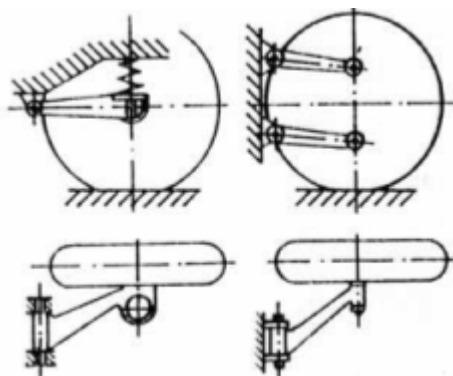


Obr. 28 – Kyvadlová úhlová zadní náprava vozu Opel Omega 1998 [1]

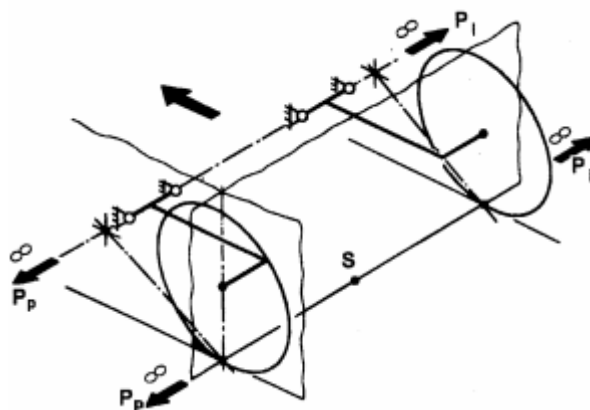
Klikové nápravy

Každé kolo je zavěšeno na jednom nebo dvou podélných závěsných ramenech (klikách). Používá se především pro nepoháněné zadní nápravy. Náprava má příčnou osu kývání a zabírá velmi málo místa. Při použití této nápravy jsou důležitá dvě konstrukční opatření:

- pružiny musí být umístěny co nejbližší středu kola pro zmenšení svislého zatížení v uložení nápravy,
- vzdálenost uložení ložisek klikového ramena by měla být, co největší, aby se zmenšilo jejich zatížení ve vodorovné rovině.



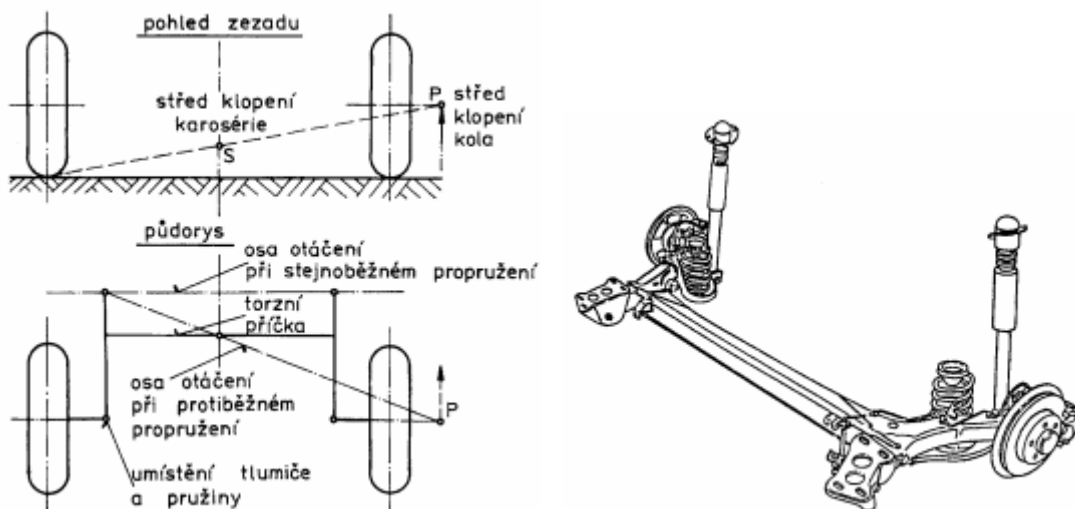
Obr. 29 – Možné realizace klikové nápravy [2]



Obr. 30 – Schéma klikové nápravy, P – střed klopení kol, S – střed klopení karoserie [1]

Spřažená náprava

V posledních letech se z klikové nápravy vyvinula náprava spřažená. Zde jsou obě podélná ramena spojena tuhou příčkou, která slouží jako příčný stabilizátor. Tato příčka je tuhá na ohyb, ale torzně je pružná.



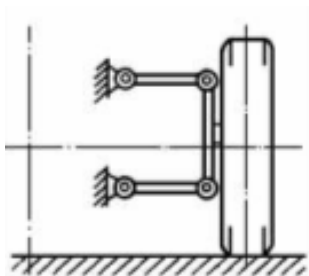
Obr. 31 – Schéma spřažené nápravy [1] **Obr. 32** – Spřažená náprava VW [1]

Čtyřúhelníkové nápravy

Výkyvné nápravy, u kterých je každé kolo zavěšeno na dvou příčných závěsných ramenech umístěných nad sebou. Podle délky závěsných prvků rozeznáváme dva druhy, a to rovnoběžníkovou a lichoběžníkovou nápravu.

Rovnoběžníková náprava

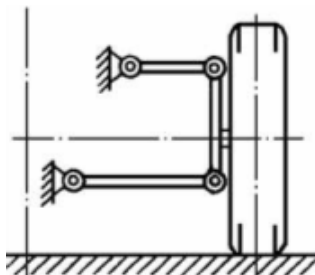
Tato náprava má stejnou délku příčných závěsných ramen. Výhodou této nápravy je, že při jejím výklonu nevzniká gyroskopický moment. Z hlediska zástavby do vozidla, ale vyžaduje více prostoru. Při propérování má velkou změnu rozchodu kol. Používá se spíše ojediněle.



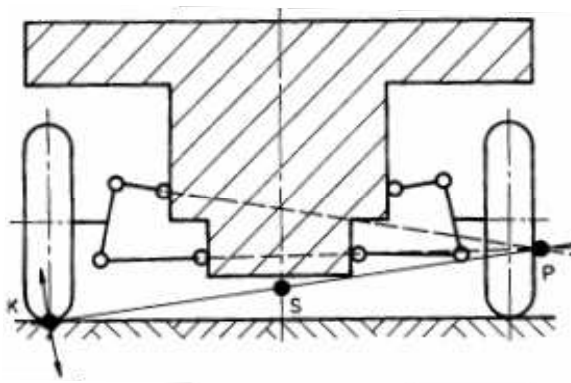
Obr. 33 – Schéma rovnoběžníkové nápravy [2]

Lichoběžníková náprava

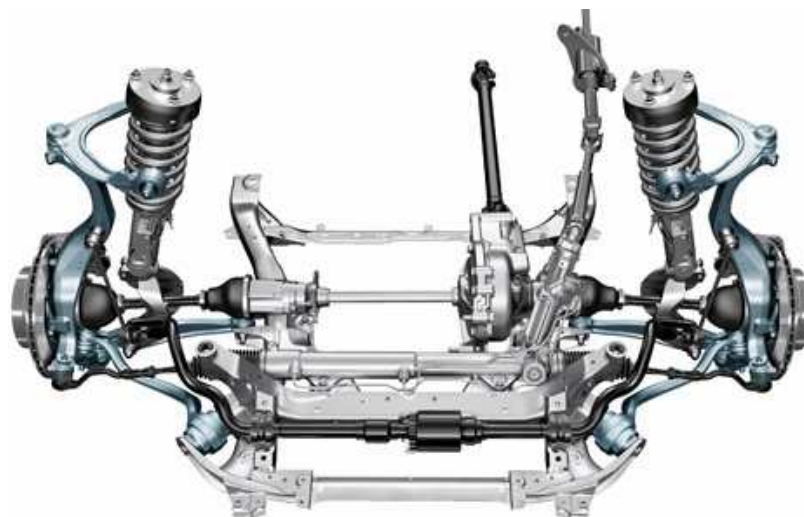
Je tvořena dvojicí nad sebou umístěných příčných ramen obvykle trojúhelníkového tvaru. Ramena při pohledu zepředu vytvářejí spolu s těhlicí lichoběžník. Horní rameno je kratší než spodní. Při propérování se rozchod kol mění minimálně.



Obr. 34 – Schéma lichoběžníkové nápravy [2]



Obr. 35 – Schéma lichoběžníkové nápravy s polohou středu klopení kola P a středu klopení karoserie S [1]

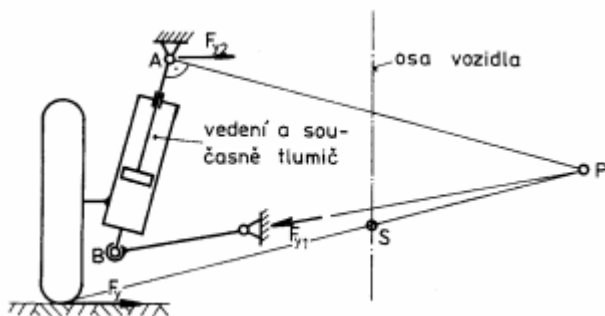


Obr. 36 – Přední lichoběžníková náprava vozu BMW X6 [4]

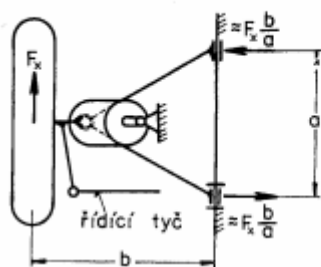
Náprava McPherson

Náprava McPherson je odvozena od lichoběžníkové nápravy, u které je horní rameno nahrazeno teleskopickou vzpěrou. To má oproti lichoběžníkové nápravě výhodu v získání většího prostoru např. pro uložení pohonného agregátu či prostornějšího zavazadlového prostoru. Spodní rameno nápravy bývá trojúhelníkové.

Je-li závěs McPherson použit na přední nápravě, natáčí se kolo při řídicích pohybech kolem obou uložení teleskopické vzpěry (na **obr. 37** označených body A a B). Úsečka AB pak tvoří rejdovou osu.



a) zachycení boční síly, S – střed klopení karoserie, P – střed klopení kola

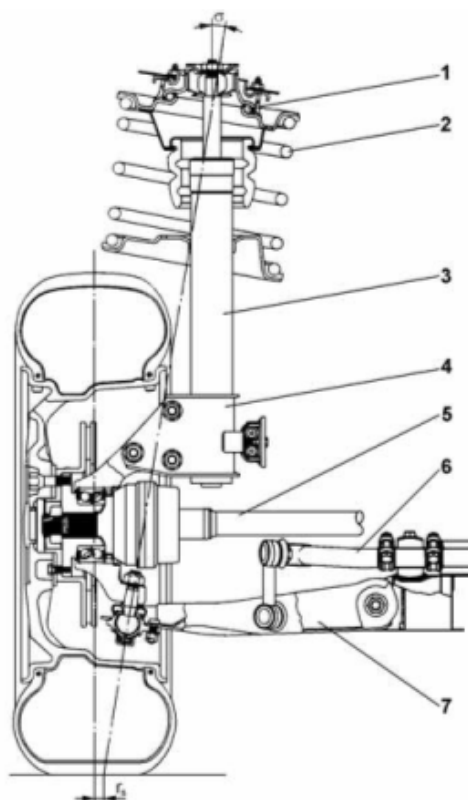


b) zachycení podélné síly

Obr. 37 – Schéma řídicí nápravy McPherson [1]

Podélné a boční síly, příp. z nich plynoucí momenty, jsou zachycovány silovými dvojicemi na karoserii. Z toho plyne pro nápravu McPherson zatížení momentem a zatížení příčnou silou, **obr. 37**. Ložisko B je více zatíženo než A, neboť leží blíže působišti sil. Pro přenos podélné síly F_x je nutné trojúhelníkové rameno.

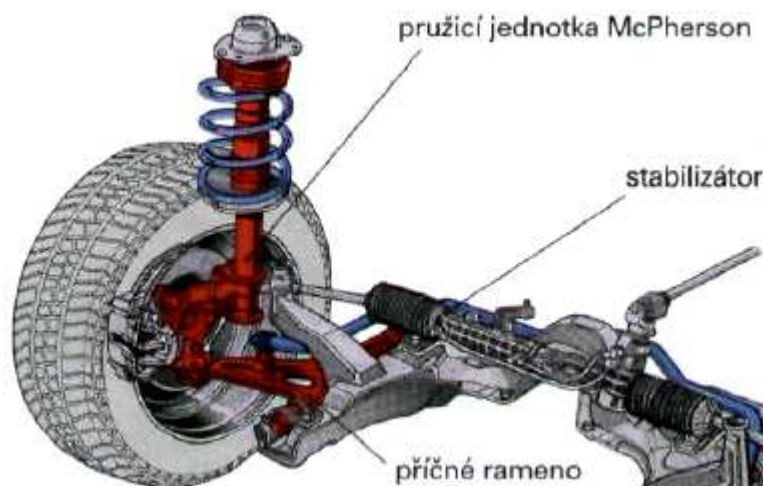
Vedení ve vzpěře je konstruováno jako hydraulický tlumič. Přitom je pístnice kvůli příčnému zatížení značně silnější než u normálního tlumiče.



Legenda:

- 1 – opěrné ložisko
- 2 – vinutá pružina
- 3 – tlumičová vzpěra
- 4 – těhlice
- 5 – hnací hřídel kola
- 6 – příčný stabilizátor
- 7 – spodní závěsné rameno

Obr. 38 – Hnací řídicí náprava McPherson [1]

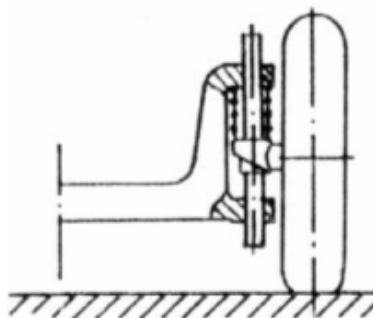


Obr. 39 – Náprava McPherson [3]

Teleskopická náprava

Jde o výkyvnou nápravu, u které je každé kolo zavěšeno na svislém suvném vedení nebo kinematicky podobném ústrojí. Z hlediska směrové stability je tato

náprava velmi výhodná. Má malé rozměry, ale nelze ji využít jako nápravu hnací. Používá se proto spíše omezeně u speciálních vozidel.

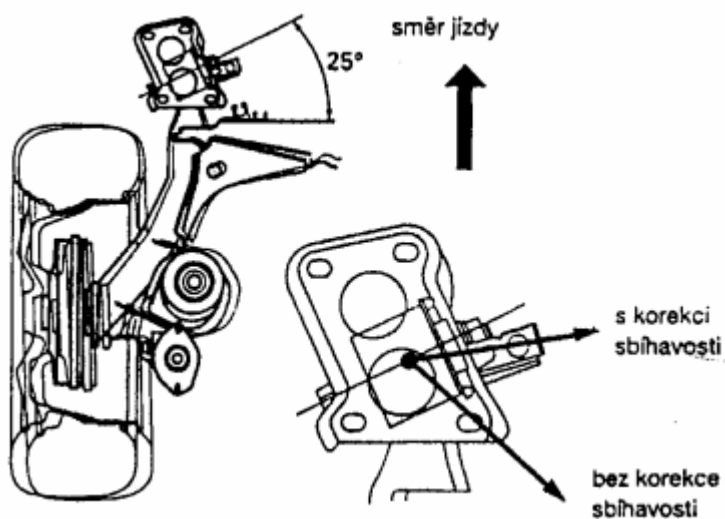


Obr. 40 – Schéma teleskopické nápravy [2]

Elastokinematické zavěšení

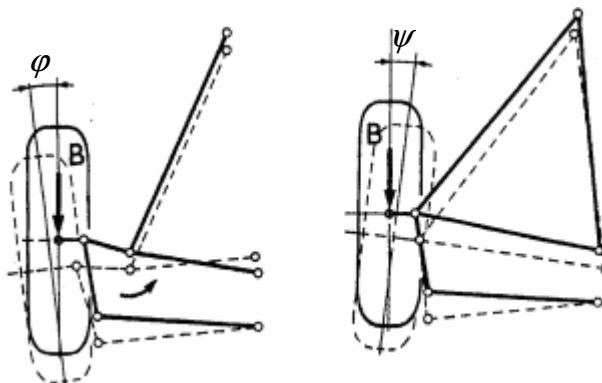
Pro zlepšení jízdních vlastností z hlediska směrové dynamiky – ovlivňování přetáčivosti a nedotáčivosti – slouží elastokinematické zavěšení kol. U nezávisle zavěšené zadní nápravy dochází při brzdění nebo při ubírání plynu v zatáčce vlivem pružnosti v uložení ramen (která je nutná pro izolaci hluku a chvění) k rozbíhavosti zadních kol. To pak při zatáčení způsobuje přetáčivost vozidla, což je z hlediska jízdních vlastností nevýhodné.

U vozů Škoda Octavia je vlivem šikmo uloženého a speciálně konstruovaného pružného lůžka tento efekt zmírněn (**obr. 41**). V okamžiku, kdy se náprava snaží působením bočních sil posunout, opře se o pryžový nákrůžek na šikmo uchyceném držáku uložení.



Obr. 41 – Vliv boční síly na sbíhavost zadní nápravy [1]

Elastokinematickým zavěšením přední nápravy lze docílit při brzdění postavení předních kol zvyšující směrovou stabilitu (**obr. 42**). Zatímco u obvyklých konstrukcí se zvětšuje rozbíhavost (φ), takže vůz má tendenci stáčet se na stranu intenzivněji brzděného kola, u upravené přední nápravy (kresba vpravo) se toto kolo stáčí na opačnou stranu, jeho sbíhavost (ψ) se zvětšuje a kompenzuje účinek brzdné síly B .



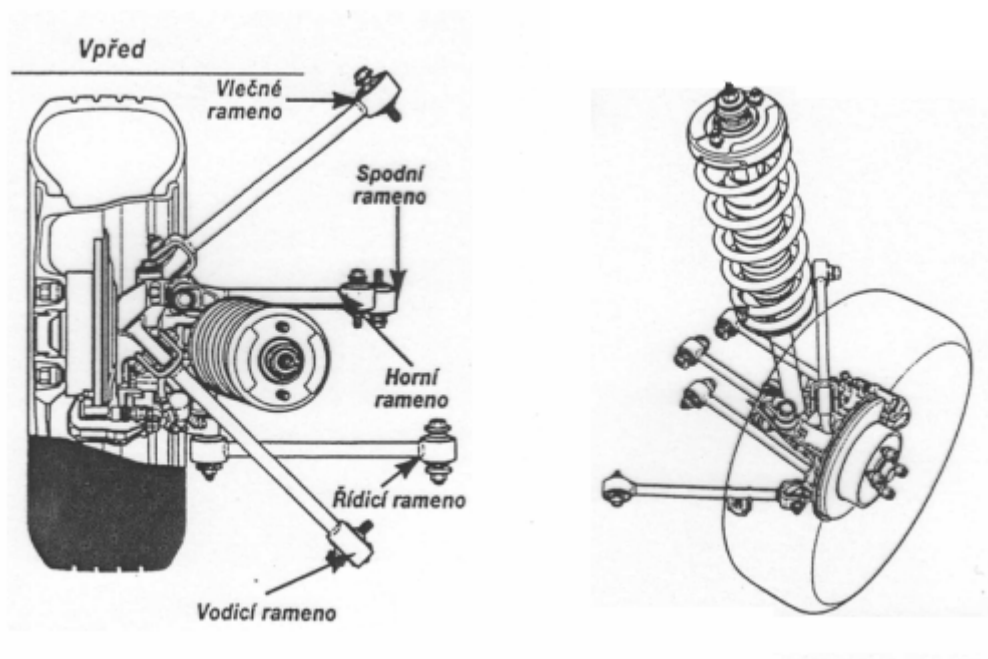
Obr. 42 – Elastokinematika přední nápravy [1]

Víceprvková náprava

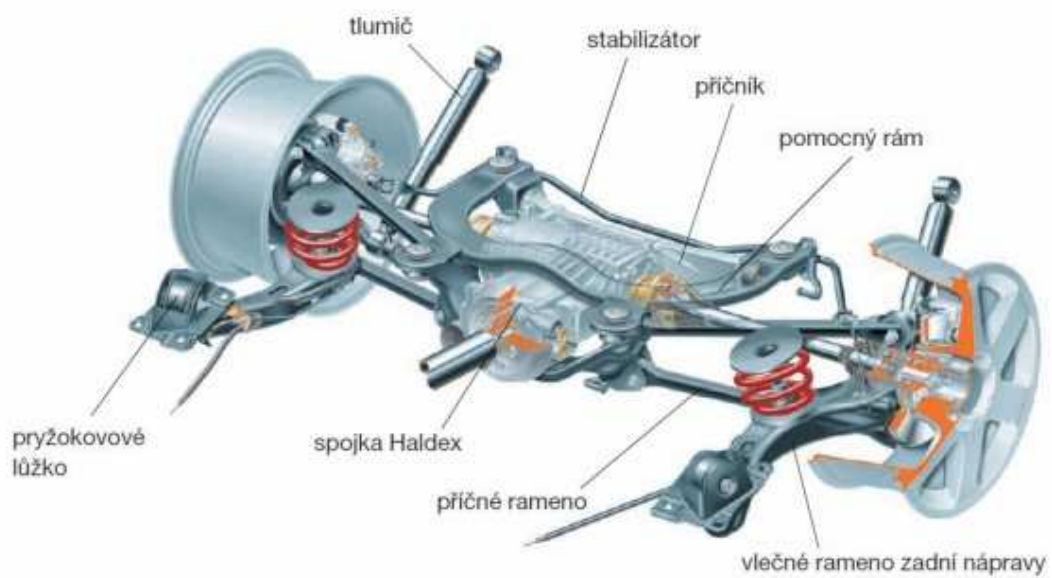
U víceprvkové nápravy je každé kolo zavěšeno na více (až pěti) ramenech. Jedná se o prostorově poměrně složitý mechanismus, který zajišťuje optimální kinematiku nápravy. Víceprvková náprava může být použita jako přední či jako zadní náprava, v obou případech může být hnaná nebo hnací. Tato náprava je považována za nejlepší konstrukční kompromis vedení kola. Její konstrukce i výroba je bohužel náročnější, což se odráží v ceně a následně v rentabilitě použití.

Víceprvková náprava představuje nezávislé zavěšení, které je realizováno pomocí několika ramen (tyčí nebo trojúhelníkových ramen). Přední víceprvková náprava vznikla modifikací lichoběžníkové nápravy.

Jako příklad pro popis tohoto druhu nápravy vezmeme hnanou zadní pětiprvkovou nápravu, viz **obr. 43**. Zavěšení kola je realizováno pomocí pěti tyčových ramen. Tlumič s vinutou pružinou přenáší přes nosné rameno síly od vozovky do karoserie. Díky vzájemné nezávislosti všech ramen zavěšení, může být dosaženo optimálního kinematického pohybu kola. Počtem ramen a jejich polohou se dá docílit vysoké přesnosti vedení kola.



Obr. 43 – Konstrukční provedení pětiprvkové hnané nápravy [4]



Obr. 44 – Zadní čtyřprvková náprava vozu Škoda Octavia 4x4 [4]



Obr. 45 – Víceprvková zadní hnací náprava vozu BMW 3 [9]

2.6.2 Výhody a nevýhody nezávislého zavěšení

Výhody

- minimální neodpérované hmoty,
- pohyb levého a pravého kola není vázán,
- dobrý přenos sil a spolehlivé vedení kol,
- menší zástavný prostor.

Nevýhody

- složitější konstrukce a dražší výroba,
- velká změna rozchodu kol při propérování u výkyvných kyvadlových náprav.

2.7. Vzorové řešení příkladu výpočtu tuhé nápravy hnané řídicí

Tento příklad studentům na cvičení umožňuje rychlé zopakování problematiky výpočtu.

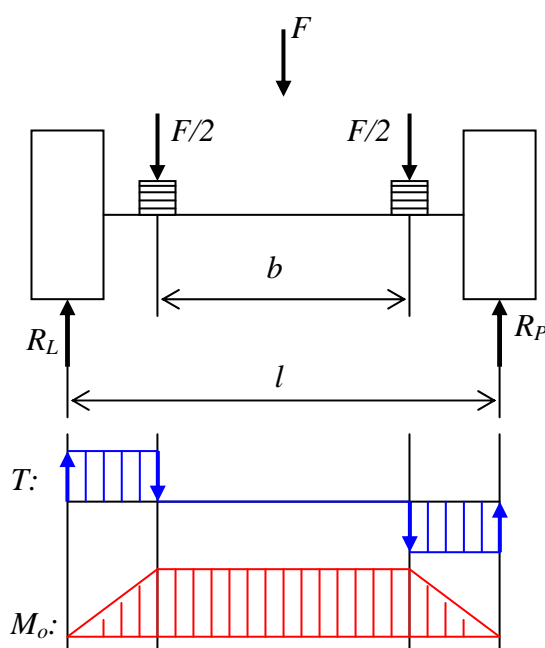
Zadání: Navrhněte tuhou hnanou řídicí nápravu nákladního vozidla. Na nápravu je požadováno maximální zatížení 5000 kg . Dynamický poloměr kola $r_d = 0,4\text{ m}$, součinitel adheze $\varphi = 0,9$. Požadovaný rozchod kol $l = 2,3\text{ m}$. Vzdálenost působení zatížení je $b = 1,5\text{ m}$. Koeficient bezpečnosti $k = 1,5$.

Výpočet nápravnice

Nápravnice je namáhána na:

- ohyb ve svislé rovině od hmotnosti vozidla a nákladu,
- ohyb ve vodorovné rovině od brzděné síly na kolech,
- krut od brzděného momentu na kolech.

Namáhání na ohyb ve svislé rovině



Obr. 46 – Zatížení nápravnice ve svislé rovině

$$F = m \cdot g = 5000 \cdot 9,81 = 49050 N$$

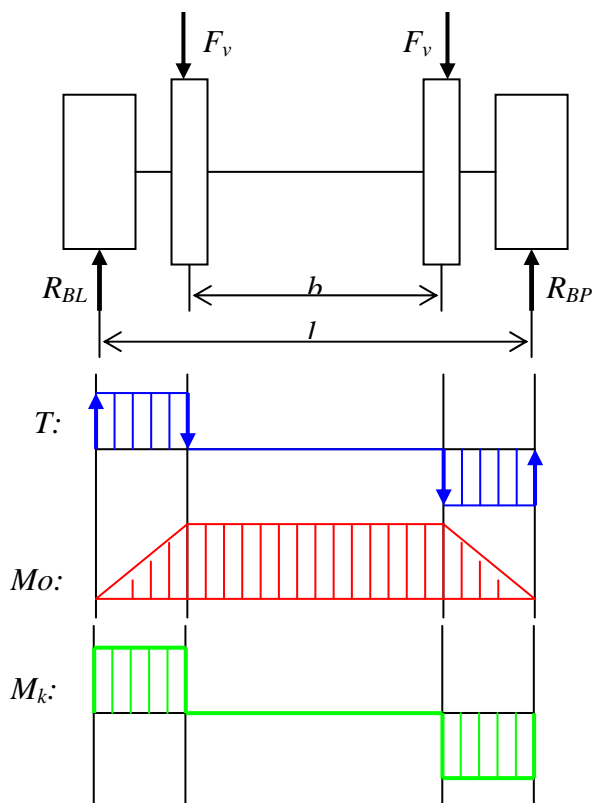
Z rovnováhy momentů vypočítáme reakce R_L a R_P :

$$R_L - \frac{F}{2} - \frac{F}{2} + R_P = 0 \Rightarrow R_L = R_P = \frac{F}{2} = \frac{49050}{2} = 24525 N$$

Výpočet maximální ohybového momentu:

$$M_{oz,max} = R_L \cdot \frac{l-b}{2} = 24525 \cdot \frac{2,3-1,5}{2} = 9810 Nm$$

Namáhání na ohyb ve vodorovné rovině a na krut při brzdění



Obr. 47 – Zatížení nápravnice ve vodorovné rovině

Výpočet brzdné síly R_{BL} a R_{BP} : $R_{BL} = R_{BP} = R_L \cdot \varphi = 24525 \cdot 0,9 = 22072,5 N$

$$R_{BL} = F_v$$

Výpočet maximálního ohybového momentu:

$$M_{ox,max} = R_{BL} \cdot \frac{l-b}{2} = 22072,5 \cdot \frac{2,3-1,5}{2} = 8829 Nm$$

Výpočet kroutícího momentu při brzdění:

$$M_{kB} = R_{BL} \cdot r_D = 22072,5 \cdot 0,4 = 8829 Nm$$

Z vypočtených zatěžujících momentů vypočteme moment redukovaný:

$$M_{ored} = \sqrt{M_{oz}^2 + M_{ox}^2 + 0,75 \cdot M_k^2} = \sqrt{9810^2 + 8829^2 + 0,75 \cdot 8829^2} = 15253 Nm$$

Nyní zvolím materiál pro nápravnici:

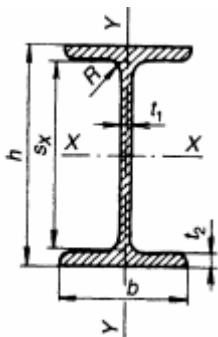
- mat. 11 523 s $Re = 333 MPa$

Dovolené ohybové napětí: $\sigma_{oD} = \frac{Re}{k} = \frac{333}{1,5} = 222 MPa$

$$\sigma_{oD} = \frac{M_{ored}}{W_o} \Rightarrow W_o = \frac{M_{ored}}{\sigma_{oD}} = \frac{15253}{222 \cdot 10^6} = 6,8707 \cdot 10^{-5} m^3 = 68,707 cm^3$$

Pro vypočítaný modul průřezu W_o volím ze strojnických tabulek í-profil: **IPE 140**

ČSN 42 5553 s $W_o = 77,3 cm^3$.



Rozměry profilu IPE 140:

$$h = 140 mm$$

$$b = 73 mm$$

$$t_1 = 4,7 mm$$

$$t_2 = 6,9 mm$$

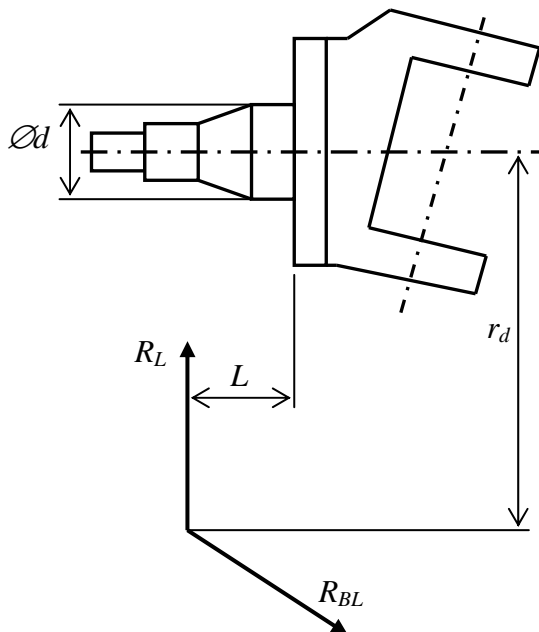
$$R = 7 mm$$

Obr. 48 – Průřez profilu IPE

Kontrola na mez kluzu:

$$\sigma_o = \frac{M_{ored}}{W_{ol}} = \frac{15253}{7,73 \cdot 10^{-5}} = 197 MPa < \sigma_{oD}$$

Výpočet průměru otočného čepu kola



L...vzdálenost působení sil
od čepu kola, $L=50mm$

Obr. 49 – Otočný čep kola

Čep kola je namáhán:

- ohybovým momentem od zatížení vozidla

$$M_{oZ} = R_L \cdot L = 24525 \cdot 0,05 = 1226,3Nm$$

- ohybovým momentem od brzdné síly

$$M_{oB} = R_{BL} \cdot r_d = 22072,5 \cdot 40 = 8829Nm$$

Redukované namáhání:

$$M_{ored} = \sqrt{M_{oZ}^2 + M_{oB}^2} = \sqrt{1226,3^2 + 8829^2} = 1650Nm$$

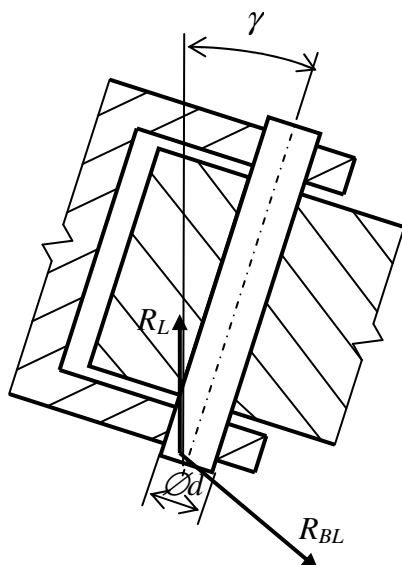
Pro čep kola volím materiál 12050 s $Re = 305 MPa$.

Ohybové napětí:
$$\sigma_{oD} = \frac{Re}{k} = \frac{305}{1,5} = 203MPa$$

$$\sigma_{oD} = \frac{M_{ored}}{W_o} = \frac{M_{ored}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{ored}}{\pi \cdot \sigma_{oD}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1650000}{\pi \cdot 203}} = 44mm$$

Volím průměr čepu kola $d = 45 mm$.

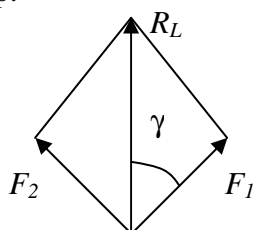
Výpočet rejdového čepu



γ ...odklon rejdového čepu, $\gamma=8^\circ$

Obr. 50 – Rejdový čep

Sílu R_L musíme rozložit ve směru rejdového čepu a ve směru kolmém na rejdový čep.



$$F_1 = R_L \cdot \cos \gamma$$

$$F_2 = R_L \cdot \sin \gamma = 24525 \cdot \sin 8^\circ = 3413,2N$$

Výsledná zatěžující síla:

$$F = \sqrt{F_2^2 + R_{BL}^2} = \sqrt{3413,2^2 + 22072,5^2} = 22335N$$

Pro rejdový čep volím materiál 12050 s $\tau = 50MPa$

$$\tau_D = \frac{\tau}{k} = \frac{50}{1,5} = 33MPa$$

Namáhání čepu na stříh:

$$\tau_D = \frac{F}{S} = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{2 \cdot F}{\pi \cdot \tau_D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 22335}{\pi \cdot 33 \cdot 10^6}} = 0,021m = 21mm$$

Volím průměr rejdového čepu $d = 25mm$.

3. Návrh koncepčního řešení výukového panelu

Výukový panel navrhují jako otevřenou skříň s výsuvnou deskou. Zde budou umístěny modely vybraných konstrukčních řešení zavěšení. Pro tento výukový panel jsem vybral následující druhy zavěšení:

- lichoběžníkové,
- víceprvkové,
- úhlové,
- McPherson,
- kyvadlové zkrácené a nezkrácené,
- klikové,
- spřažené,
- zavěšení tuhé nápravy.

Většina těchto závěsů je nejvíce používána v konstrukci silničních vozidel a proto budou vymodelovány na tomto výukovém panelu. Výkyvné kyvadlové zkrácené zavěšení se dnes už nepoužívá, ale zařadil jsem ho, aby byl patrný rozdíl s nezkráceným kyvadlovým zavěšením.

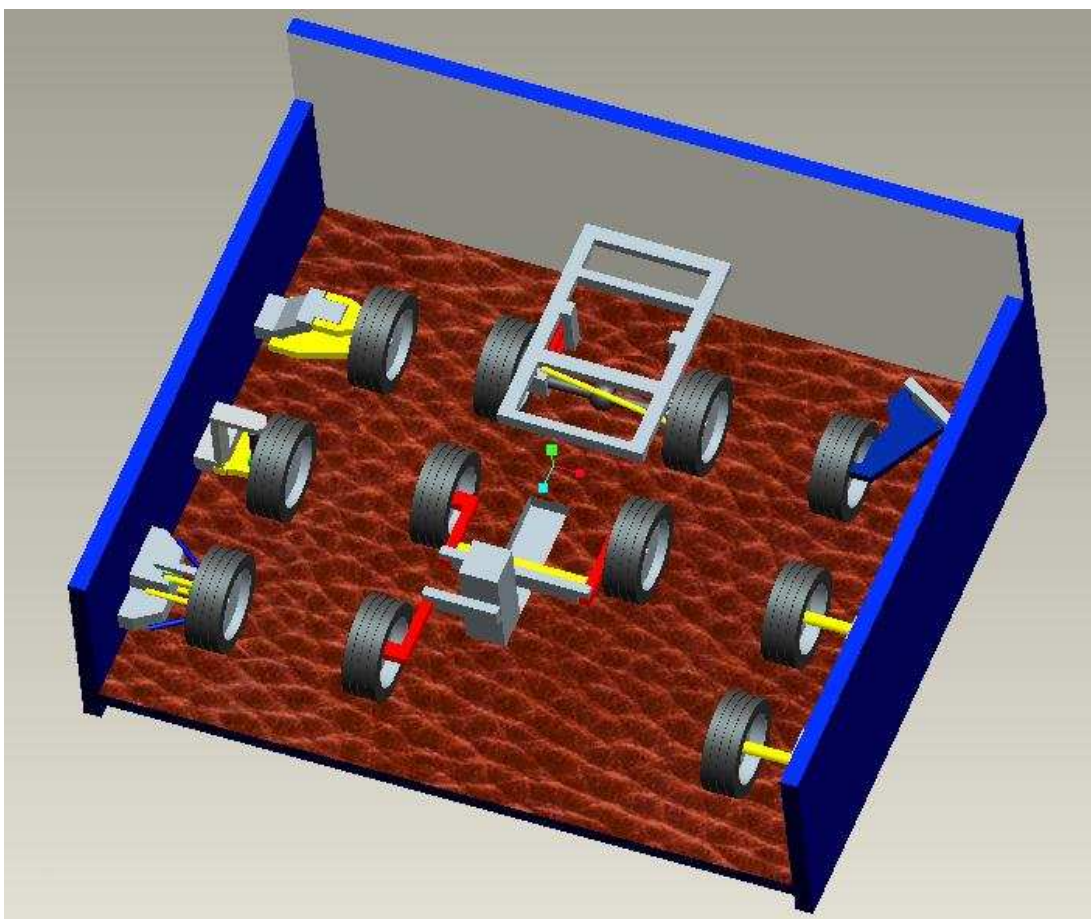
Obvodové stěny, ke kterým budou přišroubovány jednotlivé modely, budou zhotovena z dřevotřískové desky s bílým a modrým laminátováním o tloušťce 18 mm. Rozměry tohoto korpusu budou 750 x 650 x 350 mm. Součástí panelu bude model vozovky, který bude simulovat nerovnosti. Vozovka bude zhotovena z dřevotřískové desky o tloušťce 10 mm. Na povrchu desky budou přišroubovány nerovnosti z jasanového dřeva. Vozovka bude do korpusu upevněna pomocí kolejnicových výsuvů, aby byl zajištěn pohyb ve vodorovné rovině.

Pro výrobu modelů zavěšení jsem zvolil měřítko 1:10, tj. 100 mm ve skutečnosti je 10 mm na modelu. V tomto měřítku jsou dobře vidět jednotlivé způsoby zavěšení a na modelu se dá dobře demonstrovat pohyb kola, který vzniká při propružení vyvolaném přejezdem přes nerovnost.

Modely jednotlivých závěsů budou zhotoveny z tvrdého dřeva – jasan. Toto dřevo je dostatečně pevné a dobře obrobitelné. Jako další materiál potřebný pro výrobu modelů bude použita ocel, ze které budou vytvořeny čepy pro pohyb ramen, pístnice tlumičů a vinuté pružiny. Modely závěsů budou ošetřeny povrchovou

úpravou – akrylátovou a syntetickou barvou. Jednotlivé části závěsů budou rozlišeny podle funkce a účelu různými barvami (**obr. 51**).

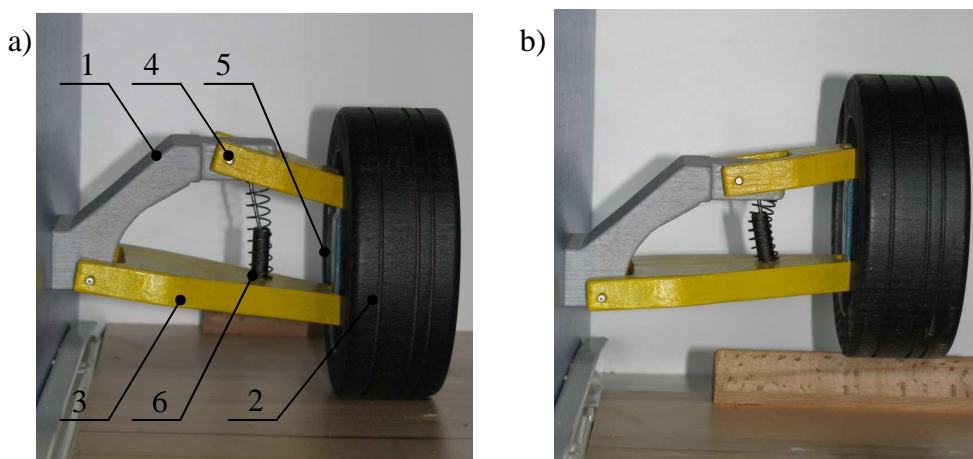
Zhotovené a zkompletované modely budou k základnímu korpusu přišroubovány pomocí vrtů.



Obr. 51 – Návrh výukového panelu

4. Presentace jednotlivých způsobů zavěšení kol a konstrukčního řešení jednotlivých prvků

4.1. Lichoběžníkové zavěšení



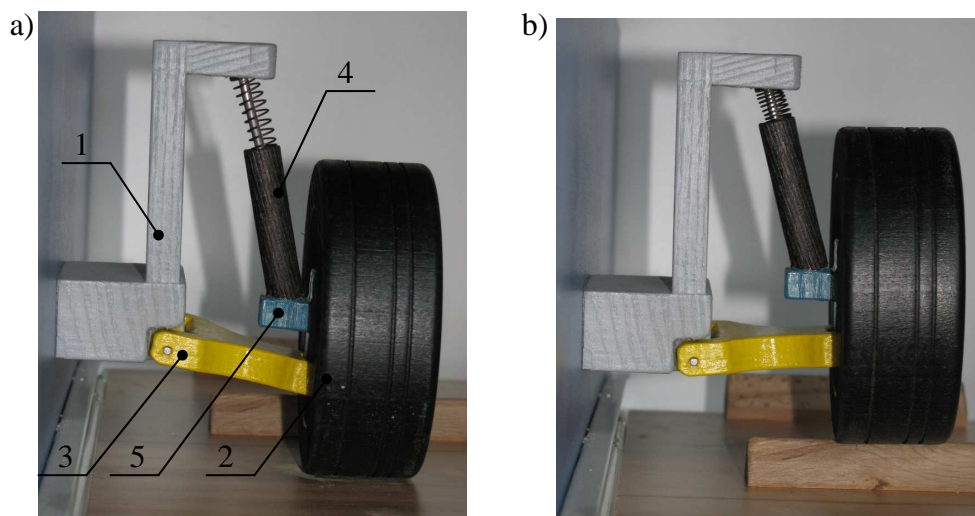
Obr. 52 – Model lichoběžníkového závěsu, a) základní poloha, b) přejezd nerovnosti; 1 – nápravnice, 2 – kolo, 3 – spodní trojúhelníkové rameno, 4 – horní trojúhelníkové rameno, 5 – těhlice, 6 – tlumič s vinutou pružinou

Zavěšení je realizováno dvěma příčnými trojúhelníkovými rameny (3), (4), kde spodní rameno je delší než horní. Ramena jsou na jedné straně pomocí čepu připevněna k nápravnici (1) a na druhé straně jsou spojena těhlicí (5), na které je uloženo kolo (2). Mezi spodním ramenem (3) a nápravnicí (1) je umístěn tlumič s vinutou pružinou (6).

Při přejezdu přes nerovnosti se nepatrně mění odklon kola a rozchod. Takže posuv a naklápění kola je minimální.

S tímto konstrukčním provedením se můžeme setkat například u vozidel Opel, BMW, VW a u starších vozidel Škoda.

4.2. Zavěšení McPherson



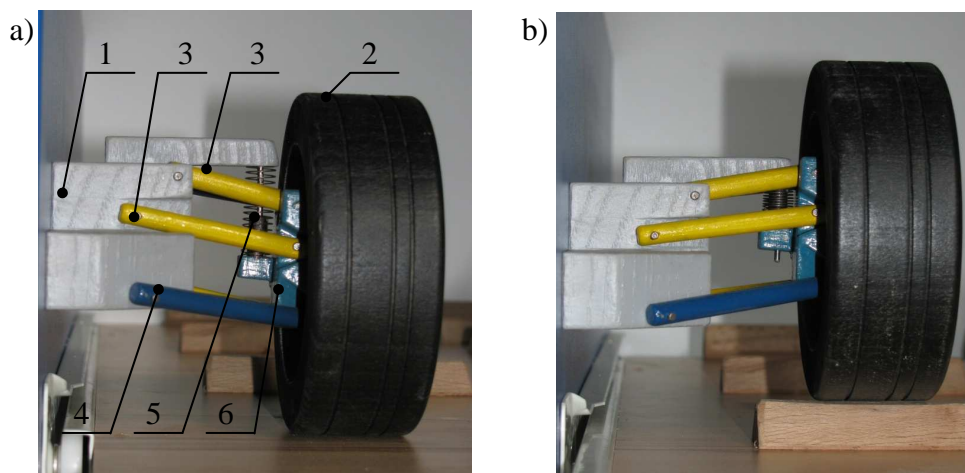
Obr. 53 – Model zavěšení McPherson, a) základní poloha, b) přejezd nerovnosti;
1 – samonosná karoserie, 2 – kolo, 3 – trojúhelníkové rameno, 4 – tlumičová vzpěra s vinutou pružinou, 5 – těhlice

Závěs McPherson se skládá ze spodního příčného trojúhelníkového ramene (3), které je pomocí čepů spojeno se samonosnou karoserií (1) na jedné straně a na druhé s těhlicí (5), ke které je připevněno kolo. Mezi těhlicí (5) a samonosnou karoserií (1) je umístěna tlumičová vzpěra McPherson s vinutou pružinou (4).

Toto zavěšení vyniká jednoduchostí a malým zástavným prostorem. Vedení kola je přesné, odklon a posuv kola jsou při propružení minimální.

Tento typ se používá nejčastěji jako přední hnací náprava. Vyobrazený model je vyroben podle nápravy vozidla Škoda Felicia.

4.3. Víceprvkové zavěšení



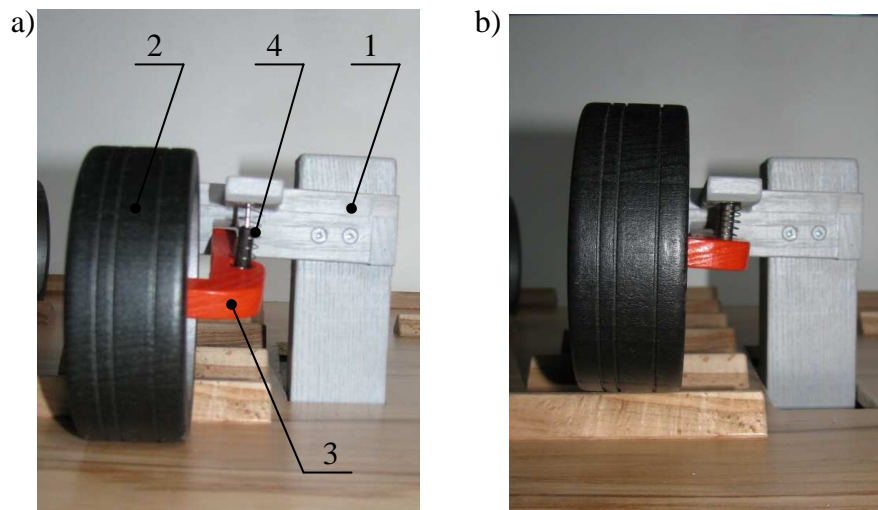
Obr. 54 – Model pětivrzkového zavěšení, a) základní poloha, b) přejezd nerovnosti;
1 – samonosná karoserie, 2 – kolo, 3 – příčné rameno, 4 – šikmé rameno, 5 – tlumič s vinutou pružinou, 6 - těhlice

Víceprvkové zavěšení je realizováno třemi příčnými rameny (spodní, horní a řídicí) (3) a dvěma šikmými rameny (vlečné a vodící) (4). Ramena jsou na jedné straně upevněna pomocí čepu k samonosné karoserii (1) a na druhé straně je připevněna těhlice (6), ke které je upevněno kolo (2). Mezi samonosnou karoserií (1) a těhlicí (6) je umístěn tlumič s vinutou pružinou (5).

Víceprvkový závěs nejlépe splňuje požadavky na přesné vedení kol. Nevýhodou tohoto typu je větší prostorová náročnost a složitá konstrukce.

Předlohou pro výrobu modelu byla hnaná zadní náprava vozidla Honda Accord.

4.4. Klikový závěs



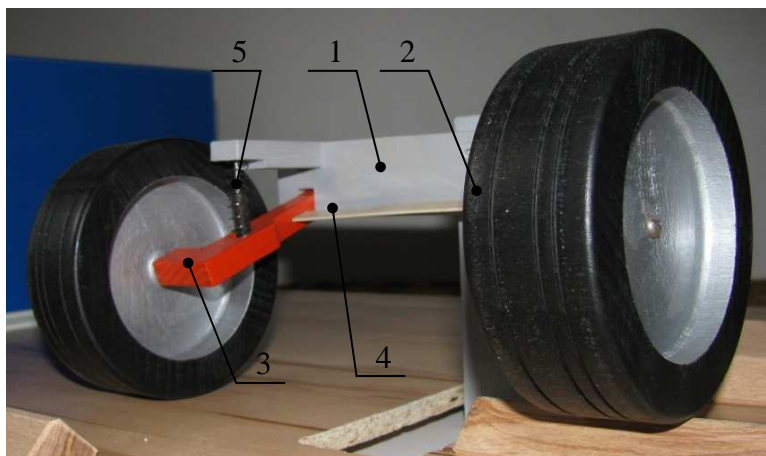
Obr. 55 – Model klikového závěsu, a) základní poloha, b) přejezd nerovnosti;
1 – samonosná karoserie, 2 – kolo, 3 – podélné klikové rameno, 4 – tlumič s vinutou pružinou

Klikový závěs se skládá z jednoho podélného ramena (3), které je čepy upevněno k samonosné karoserii (1). Mezi podélné rameno (3) a samonosnou karoserii (1) je umístěn tlumič s vinutou pružinou (4).

Při pohybu kola vůči rámu se nemění rozchod ani odklon kola. Tento závěs vyniká jednoduchostí a malým zástavným prostorem. Používá se jako zadní hnaná náprava.

Vzorem pro vytvoření modelu byla kliková náprava vozidel Citroën.

4.5. Spřažený závěs

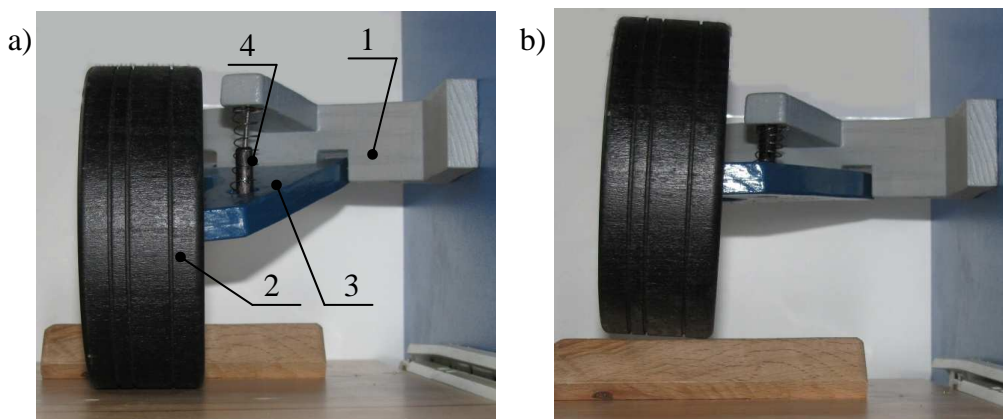


Obr. 56 – Model spráženého zavěšení, kdy levé kolo je v základní poloze a pravé přejíždí nerovnost; 1 – samonosná karoserie, 2 kolo, 3 – podélné rameno, 4 – zkrutná příčka, 5 – tlumič s vinutou pružinou

Spřažený závěs je upevněn k samonosné karoserii (1), ke které jsou pomocí čepů připevněna dvě podélná kliková ramena, levé a pravé (3). Ramena (3) jsou spojena torzní příčkou (4), která má profil U. Kolo (2) je uloženo na čepu podélného ramena (3). Při propružení jednoho kola dochází částečně k ovlivnění druhého kola vlivem spojení zkrutnou příčkou (4).

S tímto typem závěsu se setkáme u většiny současných vozidel Škoda.

4.6. Kyvadlová úhlová náprava



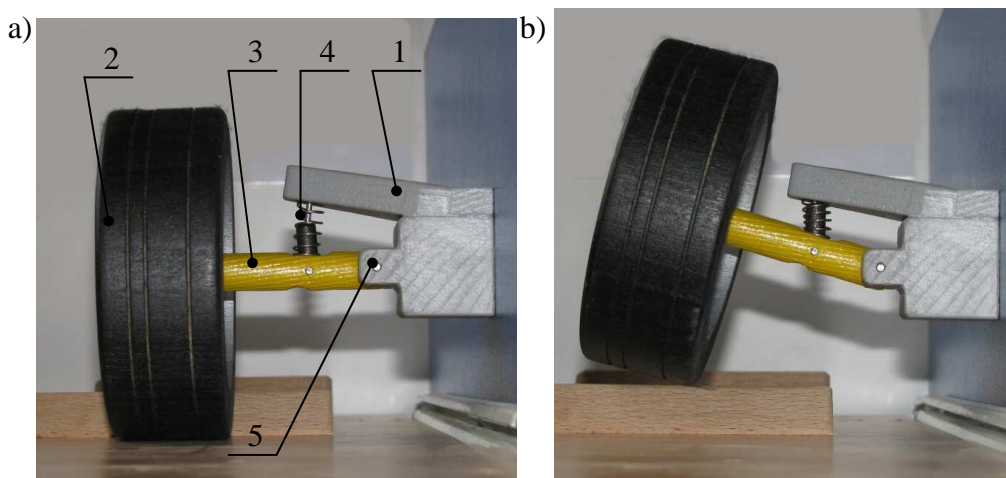
Obr. 57 – Model kyvadlového úhlového zavěšení, a) základní poloha, b) přejezd nerovnosti; 1 – nápravnice, 2 – kolo, 3 – šikmé rameno, 4 – tlumič s vinutou pružinou

Vymodelovaný závěs se skládá z jednoho šikmého ramena (3), které je pomocí čepu připevněno k nápravnici (1). K čepu ramena je upevněno kolo (2). Mezi šikmým ramenem (3) a nápravnicí (1) je umístěn tlumič s vinutou pružinou (4).

Při přejezdu nerovností dochází ke změnám rozchodu a odklonu kola. Tyto změny jsou oproti nezkrácené a zkrácené kyvadlové nápravě malé. Tento závěs se používá jako zadní hnaný nebo hnací.

Vzorem pro výrobu byla zadní hnaná náprava vozidla Mercedes Vito.

4.7. Zkrácené kyvadlové zavěšení



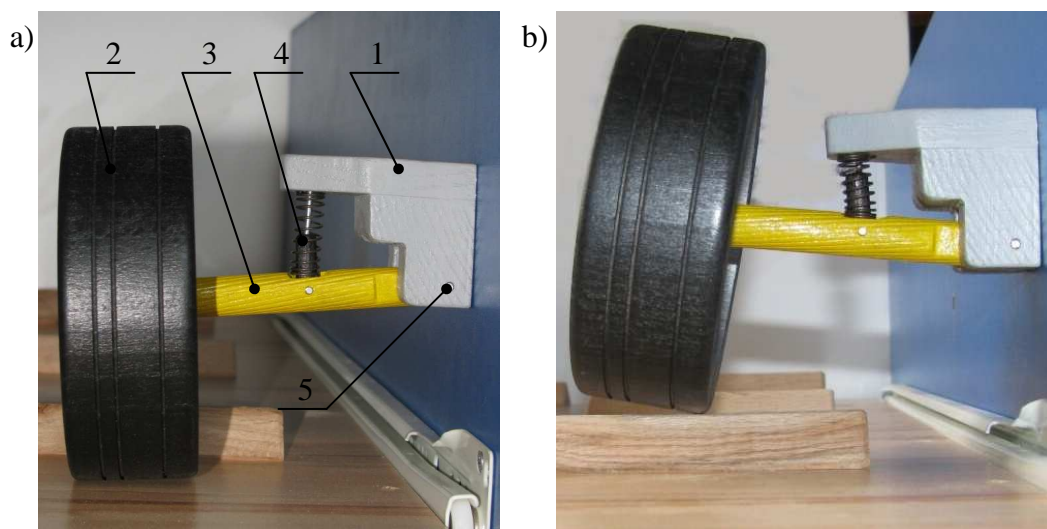
Obr. 58 – Model zkráceného kyvadlového zavěšení, a) základní poloha, b) přejezd nerovnosti; 1 – skříň rozvodovky, 2 – kolo, 3 – příčné kyvadlové rameno, 4 – tlumič s vinutou pružinou, 5 – upevňovací čep ležící mimo podélnou rovinu souměrnosti

Zavěšení se skládá ze skříně rozvodovky (1), ke které je pomocí čepu (5) připevněno příčné rameno (3). K ramenu (3) je otočně upevněno kolo (2). Tlumení kmitů je zajištěno tlumičem s vinutou pružinou (4) umístěným mezi příčným ramenem (3) a skříní převodovky (1).

Při přejezdu nerovnosti se velmi mění rozchod a odklon kola. Tyto nežádoucí jevy se dají zmenšit použitím delšího příčného ramena, což řeší nezkrácené kyvadlové zavěšení.

Tento druh závěsu se v dnešní konstrukci vozidel pro uvedené nevýhody už nepoužívá.

4.8. Nezkrácené kyvadlové zavěšení



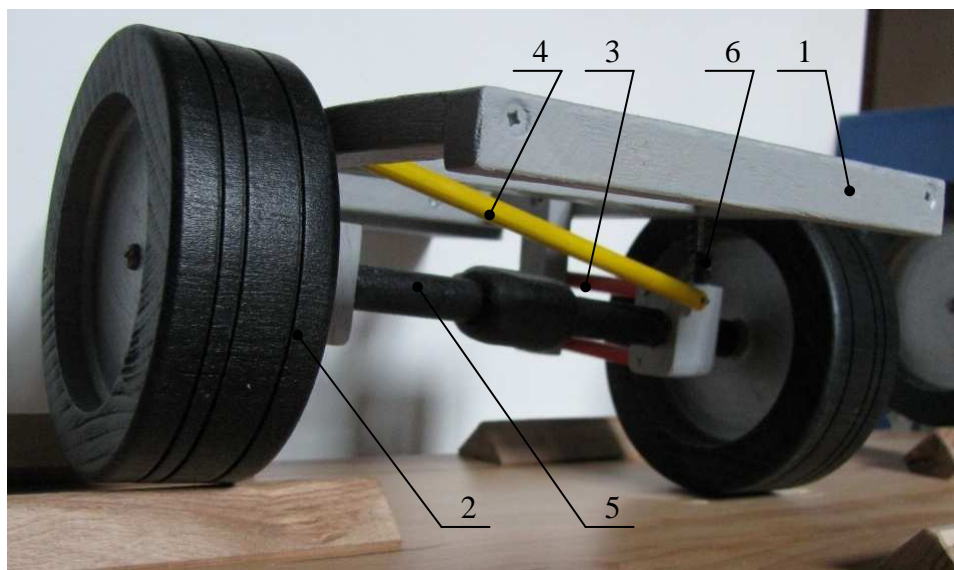
Obr. 59 – Model nezkráceného kyvadlového zavěšení, a) základní poloha, b) přejezd nerovnosti; 1 – skříň rozvodovky, 2 – kolo, 3 – příčné kyvadlové rameno, 4 – tlumič s vinutou pružinou, 5 – upevňovací čep, ležící v podélné rovině souměrnosti vozidla

Model závěsu je vytvořen ze skříň rozvodovky (1), ke kterému je připevněno příčné rameno (3). Rameno je připevněno čepem (5), který leží v podélné rovině souměrnosti vozidla. Na příčném ramenu (3) je otočně uloženo kolo (2). Mezi rameno (3) a skříň převodovky (1) je umístěn tlumič s vinutou pružinou (4).

Nezkrácený kyvadlový závěs mění při přejezdu nerovnosti odklon a rozchod kola. Vlivem velkých nároků na vedení kola se u osobních vozidel nepoužívá. Jeho nezastupitelné místo je v konstrukci těžkých terénních nákladních vozidel, kde změny rozchodu a odklonu kola při pomalé jízdě terénem jsou nepodstatné.

Vzorem vyhotoveného modelu je náprava vozidla Tatra.

4.9. Tuhá náprava



Obr. 60 – Model zavěšení tuhé nápravy vedené dvěma páry podélných ramen a jedním příčným ramenem (Panhardskou tyčí); 1 – rám, 2 – kolo, 3 – podélné rameno, 4 – příčné rameno, 5 – most tuhé nápravy s rozvodovkou, 6 – tlumič s vinutou pružinou

Závěs tuhé nápravy je složen z rámu (1), mostu tuhé nápravy (5). Spojení mostu (5) s rámem (1) je zajištěno dvěma páry podélných ramen (3) a jedním příčným ramen (4). Odpružení je zajištěno tlumičem s vinutou pružinou (6).

Na **obr. 60** je vyobrazen model při přejezdu levého kola přes nerovnost. Vlivem pevného spojení levého a pravého kola dochází při přejezdu nerovnosti ke změně polohy i kola, které se odvaluje po rovném povrchu. Při stejnoběžném propružení celé nápravy dochází k posunu celé nápravy doprava. To je způsobeno příčným ramenem (Panhardskou tyčí).

5. Popis výroby panelu

Z navrhnutého dřeva jsem zhotovil pomocí formátovací pily a hoblovky potřebné polotovary, jako prkénka a hranoly. Dále bylo potřeba z vybraných hranolů vytvořit válec pro výrobu kol. To jsem provedl na soustruhu, kde jsem hranol vysoustružil na požadovaný průměr 100 mm.

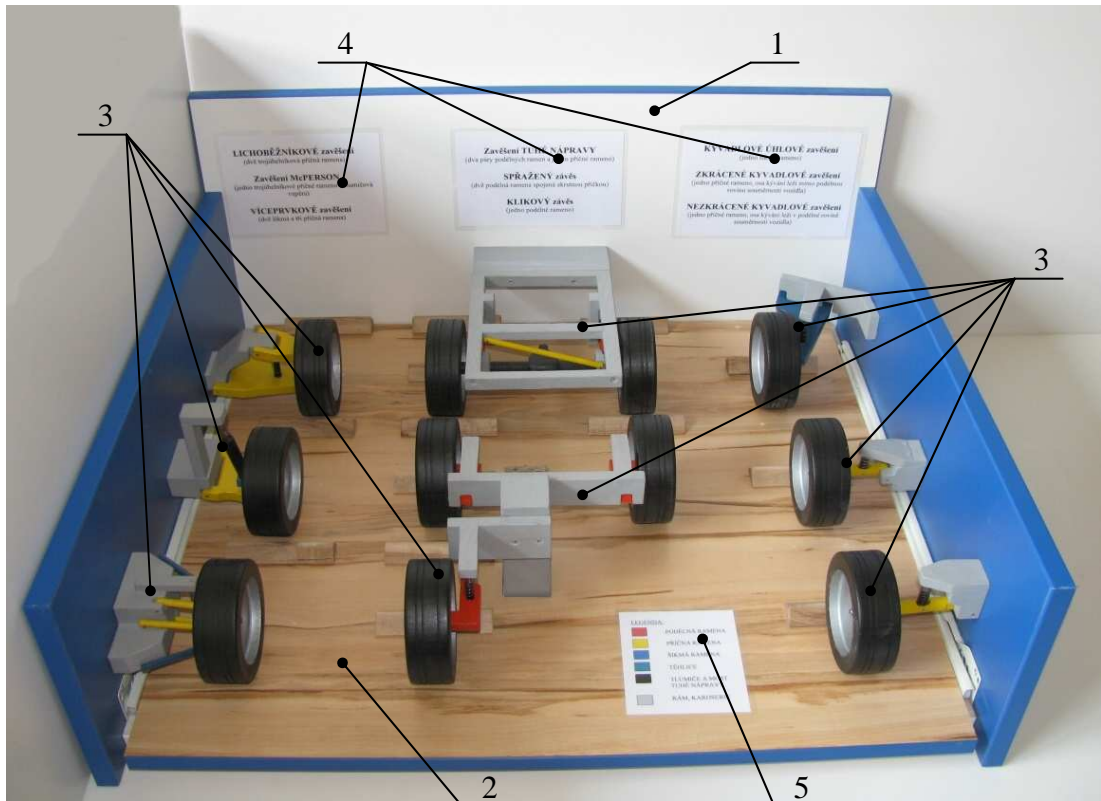
Po výrobě polotovarů, jsem na ně jednotlivé díly závěsů narýsoval a následovalo opracování. Opracování jsem prováděl elektrickým a ručním nářadím. Pro vyřezání jsem použil přímočarou pilu a pilku na dřevo a železo. K vytvoření otvorů pro uložení závěsu byla použita sloupová a ruční elektrická vrtačka. Jako dokončovací nástroje pro zaoblení hran jsem použil různé druhy pilníků a smirkový papír.

V tomto okamžiku byly vyrobeny veškeré součásti modelů a následovala vhodná povrchová úprava. Jednotlivé díly jsem rozdělil podle účelu a funkce v zavěšení a podle tohoto rozdělení jsem nanesl požadovanou barvu. To jsem provedl vzduchotlakou stříkací pistolí a vhodným štětcem.

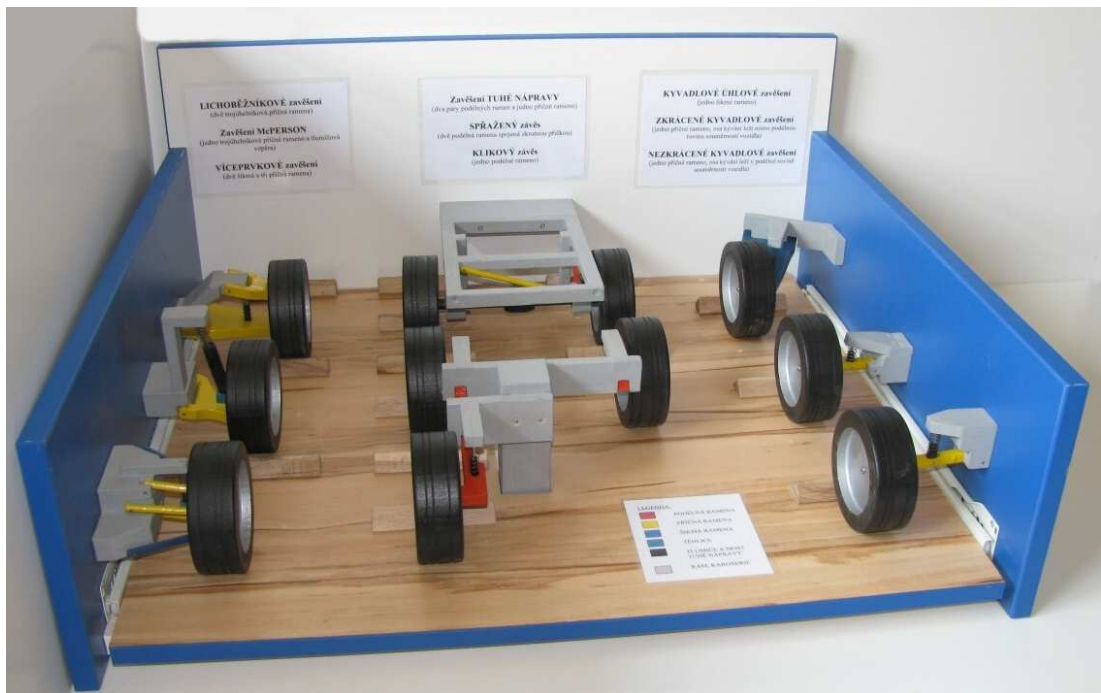
Nyní jsem přistoupil k zhotovení základního korpusu, ke kterému budou jednotlivé modely závěsů připevněny. Na výrobu jsem použil dřevotřískové desky s bílým a modrým laminováním, které jsem na formátovací pile upravil na požadovaný rozměr. Takto oříznuté desky jsem olepit hranou, aby se zvýšila životnost hran. K tomu jsem využil olepavačku hran, bílou a modrou ABS hranu. K takto zhotovené základně jsem upevnil zjednodušený model vozovky, který simuluje průjezd kola po nerovnostech. Tento model jsem rovněž zhotovil z dřevotřískové desky. Model vozovky jsem k základní desce upevnil pomocí kolejnicových výsuvů, který umožňují vodorovný pohyb. Na vozovku jsem připevnil vymodelované nerovnosti, vytvořené z jasanového dřeva.

Nakonec jsem na zhotovený panel přilepil popisky, označující jednotlivé druhy závěsů a legendu, vysvětlující barevné provedení jednotlivých částí.

Zkompletovaný model



Obr. 61 – Hotový výukový panel; 1- základna, 2 – vozovka s nerovnostmi, 3 – modely závěsů, 4 – popisky, 5 – legenda



Obr. 62 – Výukový panel

6. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vypracování přehledu jednotlivých způsobů zavěšení kol a pomocí výukového panelu je co nejnázorněji představit studentům. V první části práce jsem se zabýval rozdělením jednotlivých závěsů, jejich vlastnostmi a použitím. V druhé části návrhem, výrobou a samotným popisem výroby panelu.

Vyhotovený panel bude sloužit k výuce studentů Dopravní fakulty Jana Pernera Univerzity Pardubice. Panel bude umístěný v laboratořích katedry dopravních prostředků a diagnostiky, kde umožní seznámení studentů s problematikou zavěšení kol. Studenti si mohou jednotlivé modely závěsů prohlédnout a zjistit, jak je dané kolo vedeno a jak se při přejezdu nerovností pohybuje. Hlavní přínos této učební pomůcky spočívá v prezentaci kinematiky jednotlivých druhů zavěšení kol, kde lze konkrétně předvést, jak se mění postavení kola při propérování.

Z vlastní zkušenosti vím, že o tento druh učebních pomůcek je mezi studenty velký zájem, protože vidí daný problém ve skutečnosti. Takto získávané informace jsou jednou z nejužitečnějších forem studia.

Panel je přínosem nejen pro studenty, ale i pro pedagogy, protože i oni mají usnadněnou práci s vysvětlováním této látky.

Věřím, že panel bude dobře sloužit a pomůže studentům ve studiu.

Použitá literatura

- [1] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. Brno : František Vlk, 2006. 464 s. ISBN 80-239-6464-X.
- [2] PILÁRIK, Milan; PABST, Jiří. *Automobily I*. Praha : INFORMATORIUM, 2000. 160 s. ISBN 80-86073-63-7.
- [3] GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechaniky*. Praha : Sobotáles, 2001. 628 s. ISBN 80-85920-76-X.
- [4] *Autolexicon.net* [online]. 2010 [cit. 2010-04-05]. Zavěšení kol. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/zaveseni-kol>>.
- [5] DOSTÁL, Jiří . *Názorová výuka elektrických obvodů* [online]. Olomouc : Jiří Dostál, 2010. 4 s. Referát. Univerzita Palackého Olomouc. Dostupné z WWW: <http://conf.unob.cz/STO9/sbornik/clanky/Jiri_Dostal.pdf>.
- [6] *US GM & OPEL Old School Cars Page* [online]. 2010 [cit. 2010-04-26]. Dostupné z WWW: <<http://commodore-a.blog.cz/1001/opel-old-school-vi>>.
- [7] *AUTO 5P* [online]. 2010 [cit. 2010-04-26]. Podvozek. Dostupné z WWW: <<http://www.auta5p.eu/informace/podvozek/podvozek1.htm>>.
- [8] *TATRA* [online]. 2006 [cit. 2010-04-26]. Výkyvné nápravy. Dostupné z WWW: <http://www.tatra.cz/cz/napra_cz.asp>.
- [9] *Automix.cz : Automobilový magazín* [online]. 2005 [cit. 2010-04-26]. Co se skrývá uvnitř nového BMW řady 3?. Dostupné z WWW: <<http://magazin.automix.centrum.cz/clanek.phtml?id=6155>>.