

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MOBILNÉ ZARIADENIE NA MERANIE GEOMETRIE KOLIES OSOBNÉHO AUTOMOBILU

MOBILE WHEEL ALIGNMENT SYSTEM FOR PASSENGER CARS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETER TUČNÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ BLAŽÁK

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Peter Tučník

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Automobilní a dopravní inženýrství (2301T038)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Mobilní zařízení pro měření geometrie kol osobního automobilu

v anglickém jazyce:

Mobile Wheel Alignment System for Passenger Cars

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vytvořte návrh mobilního zařízení pro měření geometrie kol osobního automobilu.

Cíle diplomové práce:

Navrhněte zařízení pro nastavení soutěžního automobilu jak z hlediska geometrie tak vyvážení.

1. Navrhněte plošinu, na níž bude umožněno přesné nastavení soutěžního automobilu.
2. Rozeberte možné systémy měření geometrie použitelné u soutěžního vozu.
3. Navrhněte vhodné zařízení pro měření geometrie závodního automobilu (mechanické zařízení).
4. Jednotlivé body zadání upřesní vedoucí diplomové práce.

Seznam odborné literatury:

- [1] VLK,F. Dynamika motorových vozidel. ISBN 80-238-5273-6, Nakladatelství VLK, Brno 2000.
- [2] VLK,F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. ISBN 80-234-6573-0, Nakladatelství VLK, Brno 2000.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ondřej Blaťák

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 13.11.2008

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Anotácia

Táto diplomová práca sa zaoberá návrhom mobilného zariadenia na meranie geometrie kolies.

V úvodnej časti sú vysvetlené základné požiadavky kladené na ovládateľnosť vozidla, ako aj hlavné parametre potrebné pre správne pochopenie problematiky geometrie kolies. Ďalej sa text zameriava na popis konštrukcie a princípu činnosti meracích prístrojov používaných na kontrolu geometrie kolies u sériových aj závodných vozidiel s vysvetlením odlišností.

Praktická časť rozoberá koncepčný návrh mobilnej plošiny, meracieho prístroja a plávajúcich dosiek. Sú v nej uvedené štyri rôzne konštrukčné riešenia mobilnej plošiny podrobené analýze napätosti a deformácie. Každý variant je doplnený o výpočet hmotnosti a ceny použitého materiálu. Ďalej sú uvedené dve možnosti konštrukcie mechanického prístroja, jedna s plávajúcimi doskami a druhá bez nich. Záver práce sa zaoberá návrhom plávajúcich dosiek s popisom jednotlivých dielov.

Abstract

This thesis is a proposal of a mobile wheel alignment system for passenger cars.

Firstly, basic requirements for the manageability of a vehicle, as well as the most important parameters needed for the proper understanding of wheel alignment are explained. Further on, the text is focused on the construction, functioning and main principles of wheel alignment systems used for checking of the wheel alignment of both passenger cars, as well as race cars. Main differences will be explained.

The second part is an analysis of a proposal of a wheel alignment system. Four different solutions are presented, all of them having undergone an analysis of their traction, as well as deformation. Each solution is supplemented with a calculation of price and used materials. Finally, all parts of a system are described in detail.

Kľúčové slová

Geometria kolies, plošina, mobilná plošina, merací prístroj, plávajúce dosky, návrh, rám

Key Words

Alignment wheel, mobile alignment system, proposal, frame

Bibliografická citácia

Bibliografická citácia: TUČNÍK, P. *Mobilné zariadenie na meranie geometrie kolies osobného automobilu*. Brno: FSI VUT v Brne, 2009.

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu na tému Mobilné zariadenie na meranie geometrie kolies osobného automobilu vypracoval samostatne, pod vedením vedúceho diplomovej práce Ing. Ondřeja Blaťáka a s použitím uvedených zdrojov.

V Brne dňa.....

.....

Autor

Pod'akovanie

Na tomto mieste by som chcel vyjadriť svoje pod'akovanie Ing. Blat'ákovi za jeho cenné rady, návrhy, komentáre a pripomienky, a predovšetkým za trpezlivosť a ústretový postoj pri prejednávaní jednotlivých bodov tejto práce. Ďalej chcem pod'akovať svojim rodičom za podporu pri štúdiu na vysokej škole.

Obsah

1. Úvod	10
2. Geometria vozidla	11
2.1. Základné požiadavky	11
2.2. Ovládateľnosť vozidla	12
2.3. Legislatívne požiadavky kladené na riadenie	13
2.4. Hlavné parametre	14
2.4.1. Stredná pozdĺžna rovina vozidla	14
2.4.2. Priama jazda	14
2.4.3. Geometrická jazdná osa	14
2.4.4. Stredná rovina kolesa	14
2.4.5. Stopník – bod dotyku kolesa s vozovkou	14
2.4.6. Zbiehavosť kolies α	15
2.4.7. Odklon kolesa γ	15
2.4.8. Príklon čapu riadenia δ	17
2.4.9. Záklon čapu riadenia τ	17
2.4.10. Diferenčný uhol výkyvu	18
2.4.11. Polomer osi otáčania r_o	19
2.4.12. Diferenčný uhol náprav (rovnobežnosť náprav)	19
2.4.13. Presadenie kolies	20
2.4.14. Diferenčný uhol rázvoru	20
2.4.15. Diferenčný uhol rozchodu	20
2.5. Mechanizmus riadenia	20
2.6. Zásady správneho nastavovania a kontroly geometrie kolies	22
2.6.1. Príznaky nesprávnej geometrie riadenia	23
2.6.2. Postup merania	23
3. Metódy merania	25
3.1. Meracie prístroje u sériových vozidiel	25
3.1.1. KOCH NC - 27	25
3.1.2. MOTECH 7610	26
3.1.3. Visualiner PRISM	27
3.1.4. BEISSBARTH ML 5000	28
3.1.5. BEISSBARTH TOUCHLESS	29
3.1.6. BOSCH LUCHS	30
3.1.7. Štvorstĺpový zdvihák APAC 1522BL	31
3.1.8. Štvorstĺpový zdvihák s pomocným zdvihákom ZIPPO 4149.1 RF-AV	31
3.2. Meranie geometrie závodných automobilov	32
3.2.1. Meranie zbiehavosti	33
3.2.1.1. Povrazová metóda	33
3.2.1.2. Meracia tyč	34
3.2.2. Meranie odklonu kolesa	35
3.2.3. Mechanické otočné dosky Intercomp	35

3.3. Meracie systémy u závodných vozidiel	36
3.3.1. RS 400 PRO	36
3.3.2. Plošina MKT 4000	37
4. Návrh mobilnej plošiny	38
4.1. Pozdĺžny rám	40
4.1.1. Analýza napätosti a deformácie	41
4.1.2. Výpočet hmotnosti a ceny materiálu	43
4.2. Priečny rám	44
4.2.1. Analýza napätosti a deformácie	46
4.2.2. Výpočet hmotnosti a ceny materiálu	47
4.3. Štvoruholníkový rám	50
4.3.1. Analýza napätosti a deformácie	51
4.3.2. Výpočet hmotnosti a ceny materiálu	52
4.4. Trojuholníkový rám	54
4.4.1. Analýza napätosti a deformácie	55
4.4.2. Výpočet hmotnosti a ceny materiálu	56
5. Návrh meracieho zariadenia na meranie geometrie kolies	58
5.1. Mechanický prístroj na meranie geometrie kolies	58
5.2. Mechanický prístroj na meranie geometrie kolies s plávajúcimi doskami	59
5.3. Plávajúce otočné dosky	61
6. Záver	63
7. Zoznam použitých zdrojov.....	65
8. Zoznam použitých skratiek a symbolov	67

1. Úvod

Geometria kolies vozidla má významný vplyv nielen na komfort jazdy u sériových vozidiel, ale aj na dosiahnutie čo najkratšieho času na závodnom okruhu. Jej správne nastavenie výrazne ovplyvní jazdné vlastnosti vozidla, ako aj jeho ovládateľnosť. Je jedným z najdôležitejších parametrov ovplyvňujúcich riadenie vozidla, opotrebovanie pneumatík, komfort jazdy a má dosah aj na spotrebu paliva. Základnou požiadavkou je, aby sa kolesá pri jazde v zákrute aj v priamom smere odvalovali ale nešmýkali. To je možné dosiahnuť nastavením geometrie na všetkých kolesách automobilu a nie iba na riadiacej náprave.

Pre správnu kontrolu a nastavovanie jednotlivých parametrov geometrie kolies vozidla je potrebné použiť meracie zariadenie, ktoré umožní nastaviť jednotlivé parametre rýchlo, jednoducho a s čo najmenšou chybou merania. Pri závodoch je použitie prístrojov bežne používaných v autoservisoch z viacerých dôvodov nevhodné. Preto sa používajú mobilné, menšie a konštrukčne jednoduchšie prístroje, ktoré sú tiež dostatočne presné.

Cieľom tejto práce je oboznámiť čitateľa s pojmom geometria vozidla a prezentovať možnosti, ako správne merať požadované parametre geometrie kolies s využitím dostupných prístrojov. Úlohou praktickej časti je spracovať koncepčný návrh mobilnej plošiny a jednoduchého mechanického prístroja na kontrolu geometrie kolies závodného automobilu.

V úvodnej časti budú vysvetlené základné požiadavky kladené na ovládateľnosť vozidla, a taktiež uvedené legislatívne požiadavky obmedzujúce konštrukčné možnosti výrobcov. Ďalej sa text zameria na popis hlavných parametrov potrebných pre správne pochopenie problematiky geometrie vozidla a zároveň budú uvedené možnosti merania a odporúčané postupy pri kontrole geometrie kolies vozidla.

Ďalší úsek tejto práce sa zaoberá popisom konštrukcie a princípu činnosti meracích prístrojov používaných ku kontrole geometrie kolies vozidla, a to od mechanických až po najmodernejšie bezdotykové meracie systémy. Druhá polovica kapitoly je venovaná meraniu geometrie závodných vozidiel. Sú vysvetlené rozdielne prístupy a popísané konštrukčné rozdiely a postupy merania odlišujúce sa od kontroly sériových vozidiel.

V praktickej časti bude v prvom rade predstavený konštrukčný návrh mobilnej plošiny. Rozoberie sa niekoľko možných riešení, u ktorých sa bude analyzovať napätosť a deformácia. Základ plošiny bude tvorený z bežne dostupných sériovo vyrábaných profilov z hliníkovej zliatiny. K vyrovnaniu nerovností podlahy slúžia nastavovacie nožičky zaskrutkované v ráme mobilnej plošiny. Všetky varianty sa doplnia výpočtom hmotnosti a ceny použitého materiálu. Uvedie sa stručná charakteristika a postup nastavovania horizontálnej roviny.

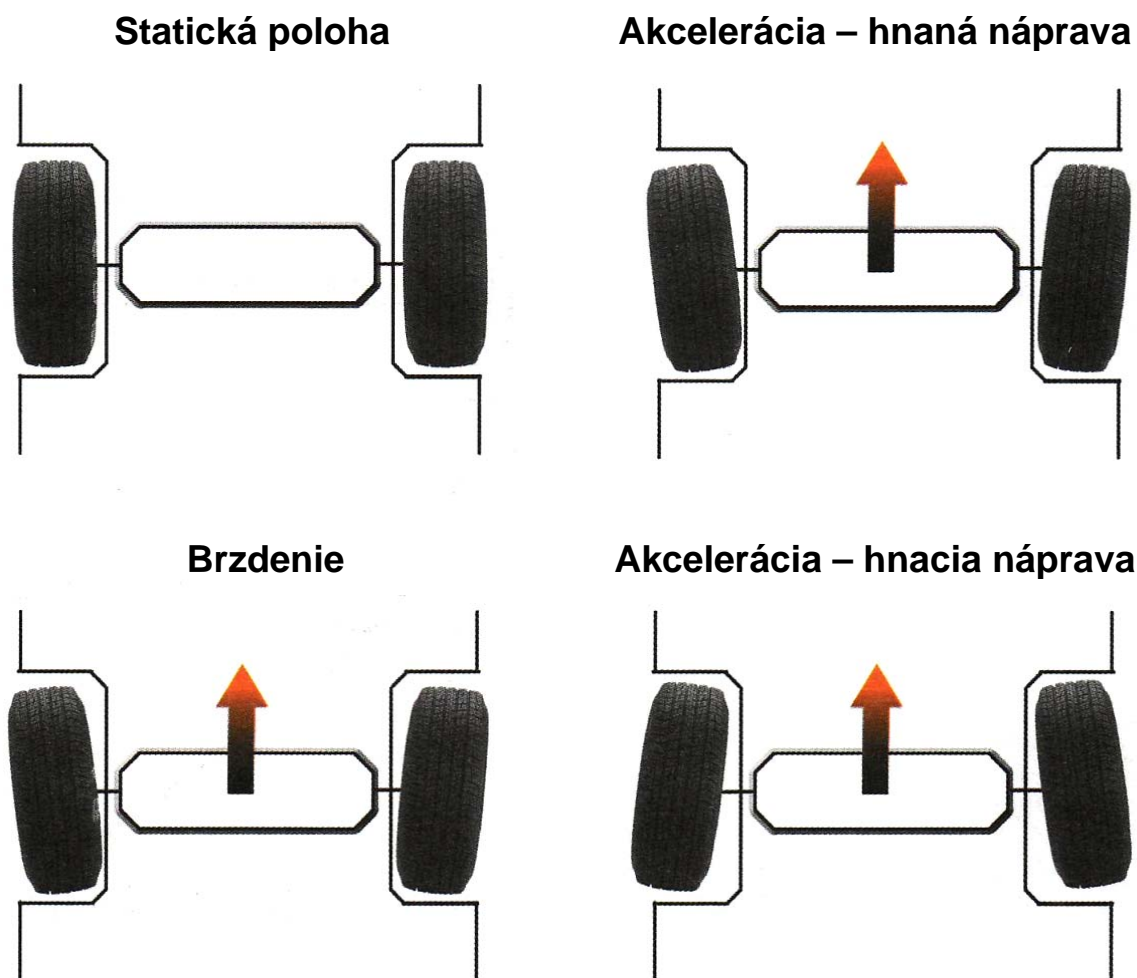
Posledná kapitola sa zameria na návrh meracieho zariadenia pracujúceho na mechanickom princípe a návrh otočných plávajúcich dosiek. Rozoberú sa dve konštrukčné riešenia meracieho prístroja, a to s plávajúcimi doskami a bez nich. V ďalšej časti sa uvedie koncepčný návrh otočných plávajúcich dosiek. Jednotlivé diely budú popísané a načrtne sa aj princíp činnosti s postupom merania, ako aj výpis možných odchýlok.

2. Geometria vozidla

2.1. Základné požiadavky

Na ovládanie vozidla má vplyv správne nastavená geometria riadenia vozidla. Ide o súbor konštrukčných prvkov prednej riadiacej nápravy, ktoré zásadne ovplyvňujú jednoduché a bezpečné vedenie kolesa a jeho ovládanie. Základnou požiadavkou je aby sa kolesá pri jazde v zákrute aj v priamom smere odvalovali ale nešmýkali.

Pri kontrole riadenia má zásadný význam súhrnný diagnostický signál – geometria kolies (podvozku). Geometria sa neviaže iba k riadiacim kolesám, ale ku všetkým kolesám vozidla. Návrh geometrie podvozku patrí medzi veľmi zložité úlohy pri konštrukcii vozidla. Náročnosť vyplýva z množstva faktorov, ktoré môžu byť zmenou geometrie vyvolané – ovládateľnosť, opotrebovanie mechanických dielov podvozku a pneumatík, hospodárnosť plynúca zo zmeny odporu valenia atď. Trajektória pohybu kolesa vo zvislej ose je určená kinematikou nápravy. Diferenciu polohy kolesa a rámu alebo karosérie vyvolá napríklad statické zaťaženie vozidla posádkou a nákladom.



Obr. 2.1 Vplyv akcelerácie a brzdenia na zbiehavosť kolies - prevzaté z [1]

V premávke je model geometrie podvozku oveľa náročnejší, lebo je nutné uvažovať i dynamické závislosti (zotrvačné sily), pôsobenie gyroskopických momentov vo voľnom pohybe atď. Pri akcelerácii aj decelerácii dochádza ku zmene pozície kolies a náprav v dôsledku pôsobenia síl na odpruženie vid' **Obr. 2.1.**

Základnou podmienkou geometrie je spoločný priesečník osí všetkých kolies tzv. vnútorný systém. Ide o priemet všetkých osí všetkých kolies natočených do smeru, ktorý je situovaný na predĺženú osu zadnej nápravy. Tým sú dané i polomery otáčania jednotlivých kolies. U riadiacej nápravy je pri natočení kolies do smeru, vplyvom nerovnakých dráh odval'ovania kolies i rozdielny uhol natočenia týchto kolies. V prevádzke sa kolesá odval'ujú po kruhových dráhach. Uhol natočenia vnútorného smerového kolesa musí byť väčší ako uhol natočenia vonkajšieho kolesa. Geometria spoločného priesečníku je dôležitá pri praktickom stanovení diferenčného, rozdielového uhlu zmeny zbiehavosti kolies. Tento diferenčný uhol musí byť pri natočení kolies do smeru rovnaký v oboch polohách natočenia, vpravo aj vľavo. Prvky geometrie majú vplyv na bezpečné ovládanie vozidla, jeho jazdné vlastnosti, opotrebovanie pneumatík, spotrebou pohonných hmôt, zavesenie a uloženie kolies, riadiaci mechanizmus a jeho mechanické opotrebovanie.

Vhodnou voľbou parametrov sa dosahuje stav, kedy je riadenie stabilné, ovládacie sily pôsobiace na volant sú malé, opotrebovanie všetkých súčiastok je čo najmenšie, axiálne zaťažovanie je jednosmerné a vôle v riadení sú vymedzované. V konštrukcii uloženia náprav sa prejavuje rada prvkov, ktoré zlepšujú dynamiku podvozku a zlepšujú jazdné pohodlie a pocit bezpečného ovládania vozidla. Ide hlavne o presadenie osi náprav, zbiehavosť zadnej nápravy, jej letné uchytenie a pod. Geometria riadenia je významne ovplyvnená vlastnosťami podvozku vozidla, charakteristikou odpruženia a vlastnosťami pneumatík, ktoré vytvárajú silový styk vozidla s vozovkou.

V súčasnosti má mnoho vozidiel prispôbené nastavenie geometrie zadnej nápravy, ale aj u áut bez možnosti prispôbenia na zadnej náprave umožní nastavenie geometrie všetkých štyroch kolies technikovi zistiť akékoľvek problémy s udržiavaním jazdnej stopy zadnej nápravy a odstrániť ich úpravami na prednej náprave. Nastavovanie geometrie dvoch kolies, kedy je nastavovaná iba geometria predných kolies vzhľadom na os vozidla, je už zastarané

2.2. Ovládateľnosť vozidla

Ovládateľnosť vozidla je súhrn pojmov, ktoré používame pre označenie vlastností, ktoré znižujú námahu vodiča pri ovládaní vozidla. Jedná sa o:

- Smerovú stabilitu
- Smerovú citlivosť
- Nedotáčavosť a pretáčavosť vozidla

Smerová stabilita

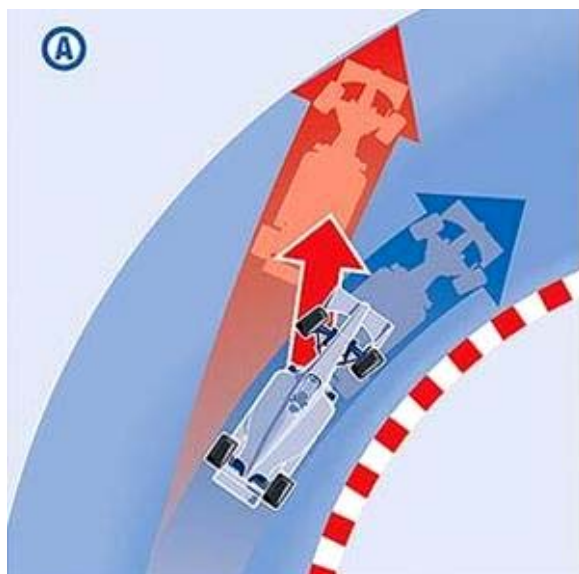
Je schopnosť vozidla udržať daný smer jazdy i pri pôsobení menších vonkajších síl a momentov

Smerová citlivosť

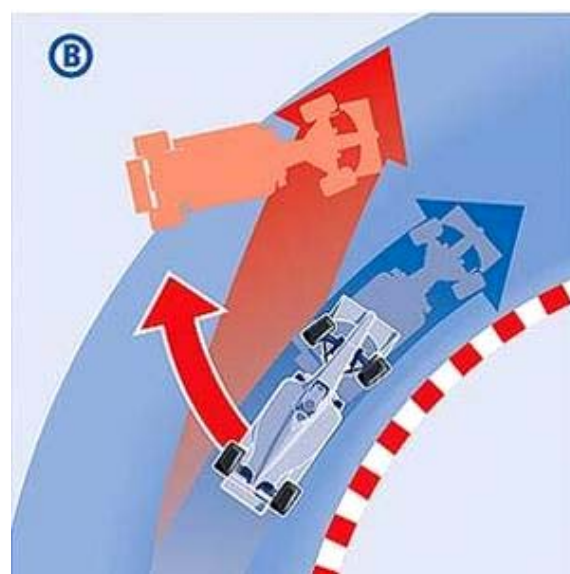
Je posudzovaná ako schopnosť zmeny dráhy jazdy v časovom okamžiku, keď začne pôsobiť vonkajšia sila bez pôsobenia na riadenie.

Nedotáčavosť a pretáčavosť

Pri jazde na nerovnom povrchu alebo v zákrutách pôsobia na vozidlo v jeho ťažisku bočné sily. Ich vplyvom dochádza k deformácii pneumatiky a koleso sa odchyľuje od pozdĺžnej osi v smere pôsobenia týchto síl. Ak je odchýlka predných kolies väčšia ako zadných hovoríme o vozidle nedotáčavom vid'. **Obr. 2.2**. To vyžaduje pri prejazde zákrutou väčší uhol natočenia kolies do smeru ako je polomer zákruty. V opačnom prípade, keď je väčšia odchýlka zadných kolies, má vozidlo tendenciu sa viac pretáčať v zákrute a hovoríme o pretáčavom automobile, vid'. **Obr. 2.3**. To vyžaduje menšie natočenie kolies do smeru a jazda s takýmto vozidlom môže byť smerovo veľmi nestabilná.



Obr. 2.2 Nedotáčavosť - prevzaté z [8]



Obr. 2.3 Pretáčavosť - prevzaté z [8]

Na tieto vlastnosti má významný vplyv poloha ťažiska vozidla a tiež či sa jedná o vozidlo s prednou alebo zadnou hnacou nápravou. Poloha ťažiska sa môže meniť aj vplyvom rozloženia nákladu a posádky vo vozidle. Najväčší vplyv má uloženie hnacieho ústrojenstva vo vozidle. Vozidlá s motorom a prevodovkou vpredu sú často nedotáčavé a automobily s hnacím ústrojenstvom vzadu sú pretáčavé. Automobily s motorom uloženým vpredu a s pohonom zadnej nápravy, tzv. klasické uloženie, majú väčšinou neutrálne správanie na vozovke. [2]

2.3. Legislatívne požiadavky kladené na riadenie

Z hľadiska technickej diagnostiky sú na riadenie kladené vysoké nároky lebo sa jedná o systém, ktorý bezprostredne ovplyvňuje bezpečnosť jazdy. Na riadenie vozidla sú kladené aj legislatívne požiadavky:

- Riadenie musí byť jednoduché a rýchle a musí umožniť bezpečné ovládanie vozidla. Konštrukcia riadenia resp. spolupráca s ďalšími časťami podvozku nesmie vytvárať podmienky k vibráciám alebo kmitaniu riadenia
- Kolesá riadiacej nápravy sa musia po prejení zákrutou samovoľne vrátiť do priameho smeru resp. sila pre vrátenie musí byť výrazne menšia ako sila, ktorá zmenu vyvolala

- Vůľa v riadení – necitlivosť riadenia (mŕtva poloha volantu) je diferencovaná podľa maximálnej rýchlosti vozidla
 - 36° u vozidiel s maximálnou rýchlosťou do 25k m/h
 - 27° u vozidiel s maximálnou rýchlosťou do 100 km/h
 - 18° u vozidiel s maximálnou rýchlosťou nad 100 km/h
- Ak nie je vozidlo vybavené posilňovačom riadenia, nesmie byť počet otáčok medzi krajnými polohami volantu viac ako päť a krajné polohy musia byť vymedzené dorazmi
- Vozidlá, u ktorých hmotnosť presahuje 3500 kg na riadiacu nápravu musia byť vybavené posilňovačom riadenia, avšak pri poruche posilňovača sila na venci volantu nesmie presiahnuť 600 N
- Oprava jednotlivých častí riadenia je možná iba v tom prípade ak nedošlo k nepriaznivému ovplyvneniu štruktúry materiálu. Za ovplyvnenie štruktúry materiálu je nutné považovať i jednoduché narovnávanie ohybom za tepla aj za studena, ale aj všetky tepelné operácie, napr. zváranie. Diagnostické zistenie deformácie končí spravidla vyradením súčiastky z prevádzky.
- Vôle a opotrebenie v riadiacom mechanizme musia byť tak malé, aby v žiadnom prípade nehrozilo nebezpečné uvoľnenie spojenia. Hlavným kritériom je bezpečnosť prevádzky [6]

2.4. Hlavné parametre

2.4.1. Stredná pozdĺžna rovina vozidla

Je to rovina kolmá k základnej rovine, na ktorej vozidlo stojí. Prechádza stredom rozchodov prednej a zadnej nápravy. Leží v nej stredná pozdĺžna osa (osa symetrie vozidla).

2.4.2. Priama jazda

Postavenie kolies prednej nápravy ako „priama jazda“ je pomocné postavenie, ktoré sa využíva pri meraní geometrie zadnej nápravy. Predné kolesá majú rovnakú delenú zbiehavosť ku strednej pozdĺžnej osi vozidla.

2.4.3. Geometrická jazdná osa

Geometrická jazdná osa je osa poliacca uhol celkovej zbiehavosti kolies zadnej nápravy. Od strednej pozdĺžnej osi symetrie sa líši, ak nie je osa zadnej nápravy kolmá na stredovú pozdĺžnu osu. Hovoríme vtedy o šikmom postavení zadnej nápravy. Toto šikmé postavenie určuje primárne smer pohybu vozidla. Rovno ide iba vtedy keď sa natočením prednej nápravy kompenzuje šikmé postavenie tej zadnej. Vozidlo sa pohybuje „bokom“.

2.4.4. Stredná rovina kolesa

Je rovina prechádzajúca stredom kolesa kolmá k ose jeho otáčania.

2.4.5. Stopník – bod dotyku kolesa s vozovkou

Je priesečník osi roviny kolesa a miesta (bodu) styku kolesa s vozovkou.

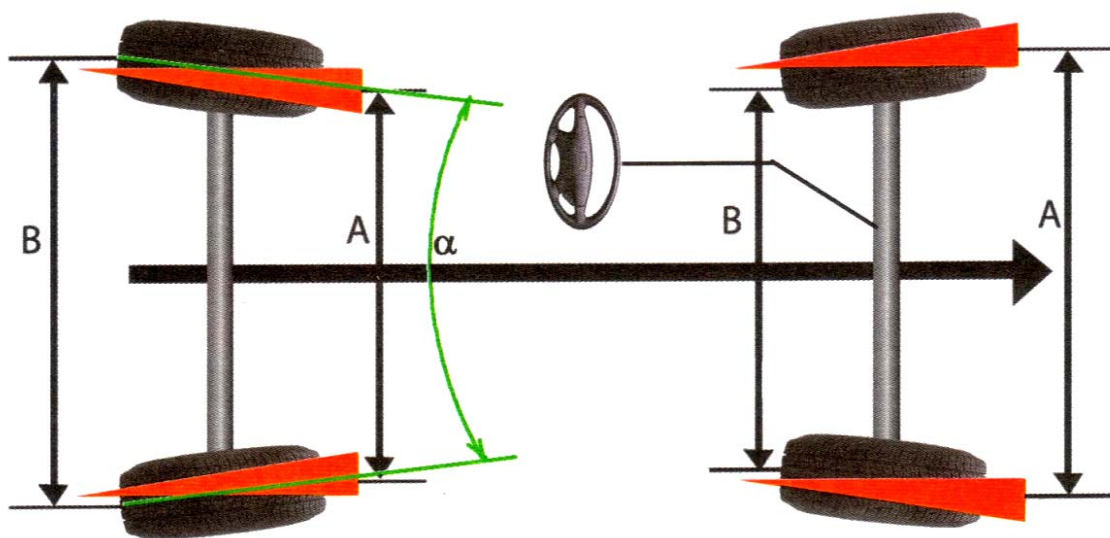
2.4.6. Zbiehavosť kolies α

Celková zbiehavosť (vid'. **Obr. 2.4**) je uhol, ktorý zvierajú stredné roviny protiláhlých kolies na jednej náprave. Hodnota zbiehavosti sa udáva pre všetky nápravy na vozidle. Ak je priesečník rovín pred vozidlom, potom ide o zbiehavosť. Naopak, ak je priesečník za vozidlom jedná, sa o rozbiehavosť. Správna zbiehavosť prispieva k stabilite vozidla v priamom smere a eliminuje kmitanie kolies spôsobené vôľami v riadení. Nedá sa jednoznačne povedať, či má byť na vozidle nastavená kladná alebo záporná zbiehavosť. Trendom však je nastavenie zbiehavosti u vozidiel s hnacou zadnou nápravou.

Pri vozidlách s pohonom prednej nápravy sa vo všeobecnosti stretávame s nulovou zbiehavosťou alebo zápornou – rozbiehavosťou, kde sila pohonu spôsobuje sťahovanie kolies do stredu vozidla k pozdĺžnej ose. Meria sa v uhlových mierach (stupňoch a minútach), ale niekedy je udávaná v milimetroch na okrajoch ráfikov kolies. Pre prepočet platí vzorec:

$$\sin \alpha = \frac{|A - B|}{d} \quad (1)$$

kde rozdiel A-B označuje zbiehavosť v mm a d je priemer na vonkajšom okraji ráfiku kolesa v mieste merania.



Obr. 2.4 Zbiehavosť kolies - prevzaté z [1]

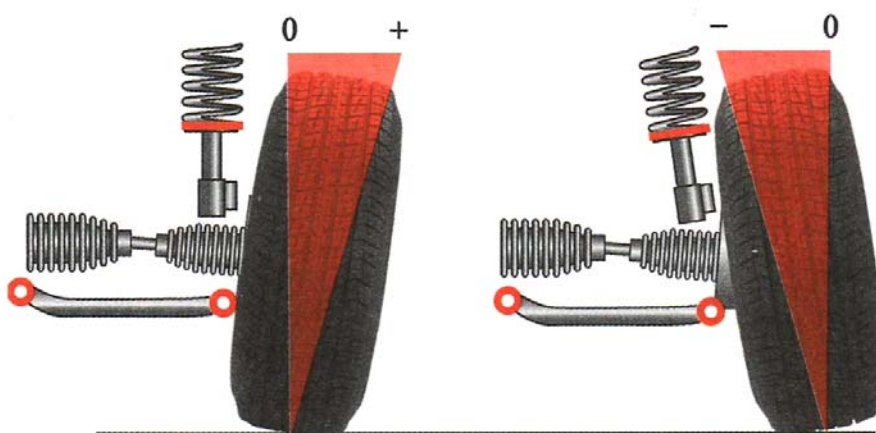
Delená zbiehavosť kolies

Je to uhol, ktorý zvierá stredná pozdĺžna rovina vozidla so strednou rovinou kolesa na pravej alebo ľavej strane. Pozitívna delená zbiehavosť je, keď sa predná časť kolesa približuje k strednej pozdĺžnej rovine. Negatívna je v opačnom prípade. Meria sa keď je volant nastavený do stredovej polohy – stredový bod riadenia.

2.4.7. Odklon kolesa γ

Odklon kolesa (vid'. **Obr. 2.5**) je uhlom odklonu strednej roviny kolesa od zvislice. Odklon kolesa môže byť v statickej polohe pozitívny aj negatívny. V prípade niektorých konštrukcií

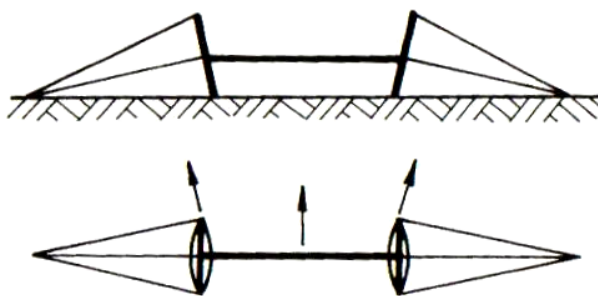
náprav sa mení pri prepružení od pozitívneho odklonu k negatívneho, čo je z hľadiska jazdnej stability nevhodný stav.



Obr. 2.5 Odklon kola - prevzaté z [1]

Výrazný negatívny odklon u závodných vozidiel spôsobuje nižšiu stykovú plochu v priamom smere jazdy, ale pri prejazde zákrutou sa styková plocha vytvorením momentu a deformácií pneumatiky zvýši, čím sa dosiahne zvýšenie rýchlosti pri prejazde zákrutou.

Nastavením odklonu kola možno čiastočne upraviť aj nedotáčavosť alebo pretáčavosť vozidla a znížiť sklon ku kmitaniu kolies. Dôvod možno vidieť v priesečníku osi odkloneného kola a vozovky, po ktorej sa odvaľuje – vzniká kužeľ (viď. **Obr. 2.6**). Kolesá sa pri pozitívnom odklone majú snahu odvaľovať smerom k týmto priesečníkom a vytvoria sa momenty sily, ktoré pôsobia proti kmitaniu kolies. V bežnej premávke sa zvýšenie odklonu kola prejaví na rýchlom opotrebovaní krajných plôch behúňa pneumatiky.



Obr.2.6 Odvaľovanie kolies pri kladnom odklone - prevzaté z [2]

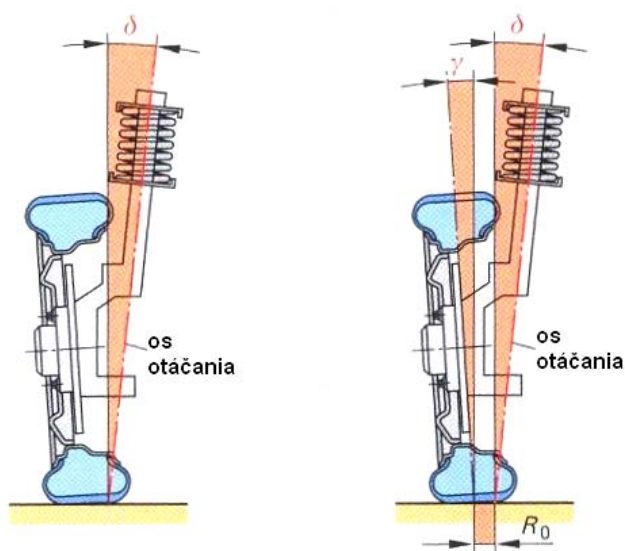
U nezávislého zavesenia kolies dochádza pri prepružení kolies ku zmene uhlu odklonu aj príklonu. Pri prepružení sa koleso nakláňa a vplyvom zotrvačnosti vzniká moment, ktorý prostredníctvom zavesenia kola bočne nakláňa karosériu. To má za následok, že zavesenie kola s veľkou zmenou uhlu odklonu zvyšuje namáhanie zavesenia kola aj rámu. Pri prepružení kolies je dobré, aby nedochádzalo k zmene uhlu odklonu alebo len k čo najmenšej možnej.

Nastavenie odklonu kola :

- excentrickým prestavením uloženia priečných ramien
- vyrovnávacími podložkami
- presúvaním guľového kĺbu riadenia v spodnom ramene zavesenia kola

2.4.8. Príklon čapu riadenia δ

Príklon čapu riadenia znázornený na **Obr. 2.7** je uhol, ktorý zvierá osa otáčania s pozdĺžnou rovinou kolmou na podložku. Príklon čapu riadenia pôsobí spoločne s odklonom kola na udržovanie priameho smeru jazdy, znižovanie ovládacej sily a ovplyvňuje polomer otáčania vozidla. Priesečník rovin odklonu kola a roviny príklonu čapu riadenia sa musí vždy pretínať pod vozovkou v krajnom prípade v stopníku kola (v mieste styku kola s vozovkou). Tým je dané rameno, ktoré vytvára kružnicu, po ktorej polomere sa koleso pri natočení riadenia odvažuje. Príklon čapu riadenia spôsobuje po prejazde vozidla zákrutou vracanie volantu do nulovej polohy.



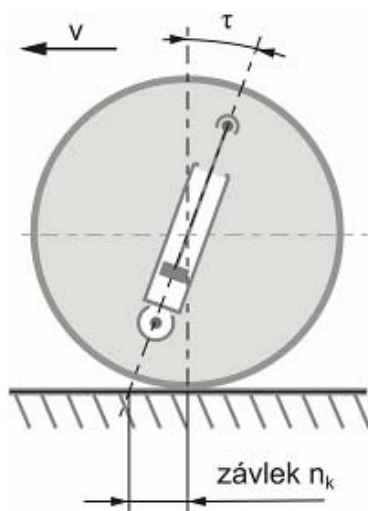
Obr. 2.7 Príklon kola - prevzaté z [7]

Pri natočení kolies sa vplyvom príklonu zdvíha náprava, resp. hmota, ktorá na ňu pôsobí a vytvára moment sily, ktorý pri vracaní kolies po prejazde zákrutou pôsobí vratným účinkom späť k rovnováhe.

2.4.9. Záklon čapu riadenia τ

Záklon čapu riadenia vid'. **Obr. 2.8** je uhol, ktorý zvierá osa otáčania s priečnou rovinou kolmou na podložku. U vozidiel s predným pohonom je záklon blízky nule, pri pohone vozidla zadnou nápravou býva záklon niekoľko stupňov.

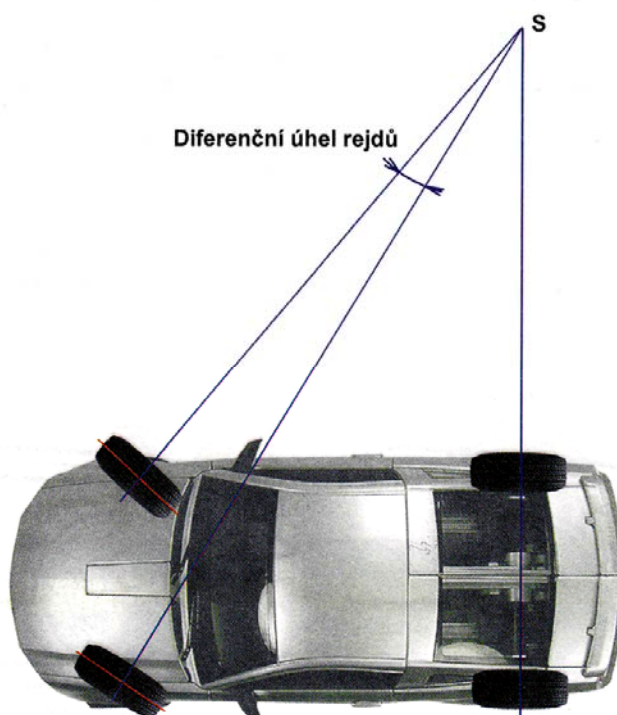
Vzdialenosť priesečníku osi riadenia s vozovkou so stredom styku pneumatiky, premietnutá do roviny rovnobežnej s pozdĺžnou rovinou vozidla je závlak, koleso je vlečené a má tendenciu sa po prejazde zákrutou vracat' sa do priameho smeru jazdy. Ak je priesečník pred stredom styku pneumatiky uvažujeme kladný závlak, ak je za ním je to záporný závlak tzv. predvlak.



Obr. 2.8 Záklon čapu řízení - převzaté z [9]

2.4.10. Diferenční uhol výkyvu

Nutnou podmínkou pro prejazd vozidla zákrutou bez sklzu je rozdielne natočenie čapov riadenia na kolesách riadiacej nápravy. Každé koleso nápravy prechádza zákrutou po dráhe s rozdielnym polomerom. Konštrukcia riadiaceho lichobežníka zaisťuje pri prejazde zákrutou rôzne natočenie protiľahlých kolies prednej nápravy. Predĺžené osi vychýlených kolies sa teoreticky pretínajú na predĺženej ose zadnej nápravy.



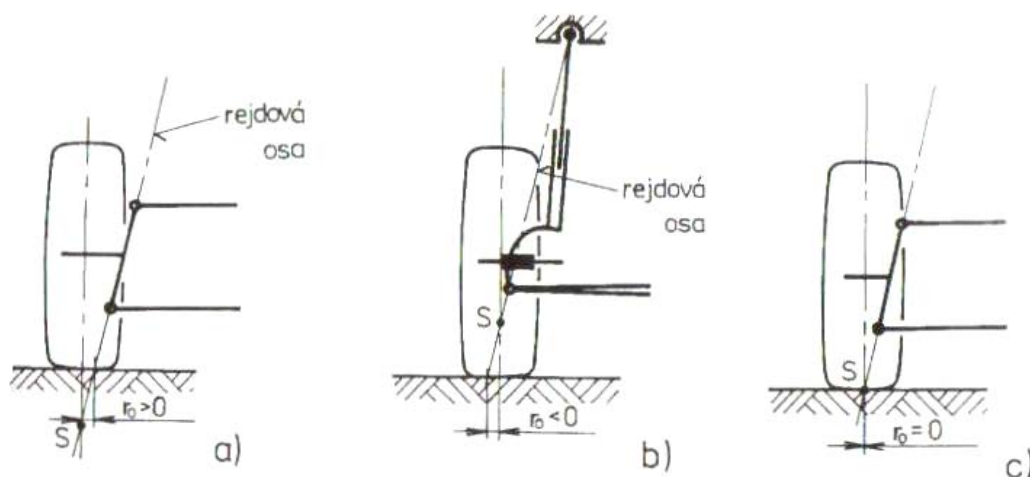
Obr. 2.9 Diferenční uhol výkyvu - převzaté z [1]

Diferenčný uhol výkyvu (vid' Obr. 2.9) sa stále mení pri rôznom natočení kolies, ale musí mať rovnakú hodnotu pri rovnakom natočení vľavo aj vpravo. V opačnom prípade sa jedno koleso šmýka. Najčastejšou príčinou býva nesprávne nastavovanie zbiehavosti zmenou dĺžky

iba jednej riadiacej tyče. Tým sa zmení poloha riadiaceho lichobežníka a tiež priečky volantu. Meranie diferenčného uhlu sa meria pri 20° natočení vnútorného kolesa

2.4.11. Polomer osi otáčania r_o

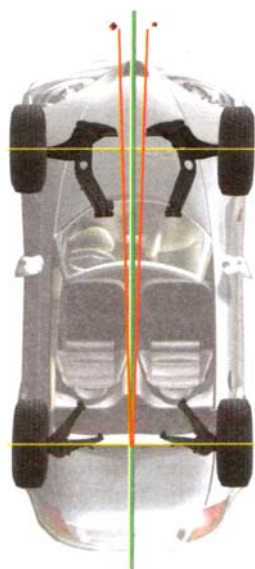
Je to vzdialenosť medzi priesečníkom osi otáčania s rovinou vozovky a stredom styku pneumatiky s vozovkou. Ak leží priesečník osi otáčania bližšie k strednej pozdĺžnej rovine vozidla ako bod dotyku kolesa s vozovkou, potom sa jedná o kladný polomer (viď **Obr.2.10 a**) osi otáčania. V opačnom prípade je záporný (viď **Obr.2.10 b**). Čím je polomer osi otáčania väčší, tým je predná náprava citlivejšia na pozdĺžne sily.



Obr. 2.10 Polomer osi otáčania: a, kladný b, záporný c, nulový - prevzaté z [2]

2.4.12. Diferenčný uhol náprav (rovnobežnosť náprav)

Diferenčný uhol náprav (viď **Obr. 2.11**) je uhol, ktorý zvierajú geometrická jazdná osa so strednou pozdĺžnou rovinou vozidla.



Obr. 2.11 Diferenčný uhol náprav, zelená osa predstavuje strednú pozdĺžnu osu vozidla a červené osi sú geometrické jazdné osi - prevzaté z [1]

Geometrická jazdná osa sa líši od osi symetrie vtedy, keď osa zadnej nápravy nie je kolmá na pozdĺžnu osu symetrie, zadná náprava je tak v šikmom postavení. Šikmé postavenie kolies vozidla určuje smer pohybu vozidla

2.4.13. Presadenie kolies

Presadením kolies (viď. **Obr. 2.12**) sa rozumie uhol, ktorý zvierajú spojnice stopníkov kolies na jednej náprave s priamkou kolmou na geometrickú jazdnú osu. Za kladný sa považuje vtedy, keď pravé koleso je presadené dopredu. Uvádza sa v dĺžkových mierach ale môžeme sa stretnúť aj s uhlovým vyjadrením.



Obr. 2.12 Presadenie kolies
- prevzaté z [1]



Obr. 2.13 Diferenčný uhol rázvoru
- prevzaté z [1]

2.4.14. Diferenčný uhol rázvoru

Tento uhol (viď. **Obr. 2.13**) zvierajú spojnice bodov dotyku predných kolies s vozovkou so spojnicou bodov dotyku zadných kolies s vozovkou. O pozitívnom uhle hovoríme, ak rázvor pravej strany je väčší ako rázvor strany ľavej. Meria sa v stupňoch, ale môžeme sa stretnúť aj s hodnotou rozdielu rázvorov v mm.

2.4.15. Diferenčný uhol rozchodu

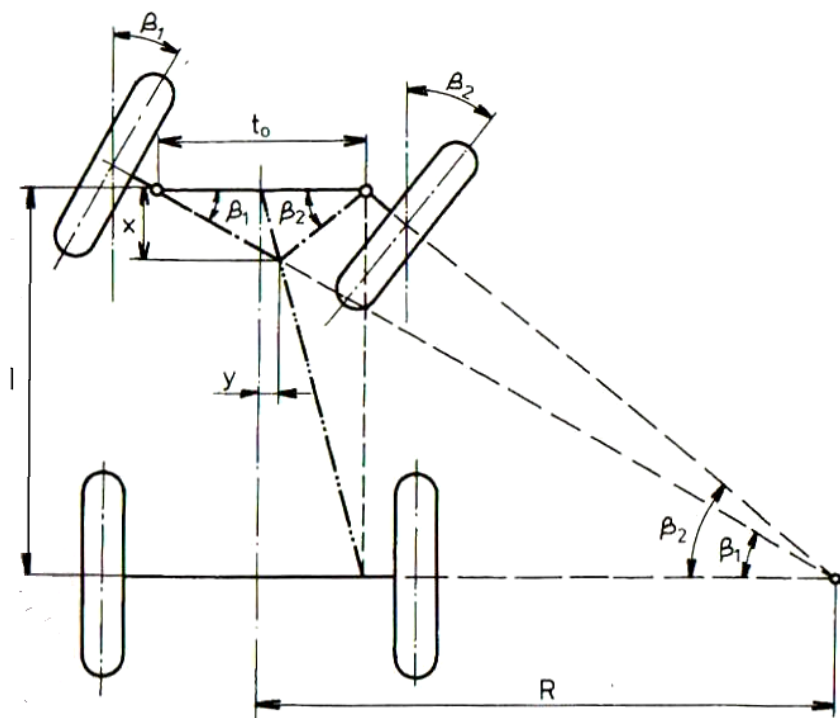
Diferenčný uhol rozchodu je určený spojnicou bodov dotyku kolies na ľavej strane so spojnicou bodov dotyku kolies na pravej strane. Za kladný ho označujeme vtedy, ak rozchod zadných kolies je väčší ako rozchod predných.

Detailným vysvetlením hlavných parametrov geometrie sa zaoberajú zdroje [2] [4] [5].

2.5. Mechanizmus riadenia

Riadené kolesá natočené do zákruty musia spĺňať určité geometrické podmienky, aby sa kolesá odvalovali a nešmykali. Stred otáčania vozidla musí ležať na predĺženej ose zadnej

nápravy, kde sa v jednom bode pretínajú osi všetkých kolies (viď **Obr. 2.14**.) Jedná sa o tzv. teoretickú Ackermannovu geometriu riadenia.



Obr. 2.14 Ackermannova geometria riadenia - prevzaté z [2]

Ak označíme rázvor náprav - l , teoretický polomer otáčania - R , vzdialenosť osí čapov otáčania - t_o , uhol natočenia vonkajšieho kola - β_1 a uhol natočenia vnútorného kola β_2 , potom z uvedeného vyplývajú nasledovné vzťahy:

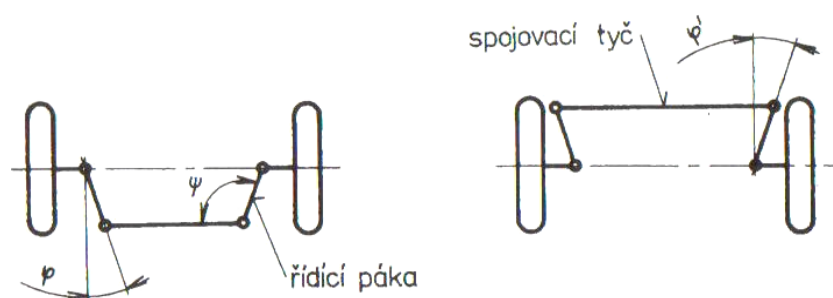
$$\cot g\beta_1 = \frac{R + \frac{t_o}{2}}{l} \quad (2)$$

$$\cot g\beta_2 = \frac{R - \frac{t_o}{2}}{l} \quad (3)$$

alebo:

$$\cot g\beta_1 - \cot g\beta_2 = \frac{t_o}{l} \quad (4)$$

Pre splnenie teoretickej podmienky sa používa tzv. lichobežník riadenia, tzn. riadiace páky spolu so spojovacími tyčami majú tvar lichobežníka (viď **Obr. 2.15**.)



Obr. 2.15 Lichobežník řízení – převzaté z [2]

Ackermannova geometrie řízení platí přesně iba pro pomalú jazdu a tuhé kolesá. V skutočnosti pri zatáčaní vplyvom odstredivej sily a pružnosti pneumatík vznikajú na všetkých kolesách uhly smerových úchyliiek α_1 a skutočný stred otáčania O_s neleží v mieste teoretického stredú otáčania O_t . [3]

Možnosti prevedenia skutočnej geometrie řízení:

- rovnaké uhly smerových úchyliiek na vnútornom a vonkajšom kolese (toto prevedenie zmenšuje opotrebovanie pneumatík)
- rovnožežník namiesto lichobežníka, tzn. uhly natočenia vnútorného a vonkajšieho kolesa sú rovnaké (dochádza k zvýšenému opotrebeniu pneumatík)
- súčin bočnej sily a bočnej rýchlosti (výkon bočnej sily) je rovnaký pre vnútorné a vonkajšie koleso (minimálne opotrebenie pneumatík)
- rovnaký pomer bočnej sily a zvislého zaťaženia (rovnaká bočná využívaná priľnavosť) pre vnútorné a vonkajšie koleso
- vonkajšie koleso je natočené viac ako vnútorné – tým pri rýchlom zatáčaní vznikne na vonkajšom kolese väčší uhol smerovej úchyliiky ako na vnútornom, na vonkajšom kolese pôsobí väčšia bočná vodiaca sila, čo výrazne zvyšuje smerovú stabilitu (lichobežník Porsche)

Úlohy mechanizmu řízení:

- prenos riadiacich pohybov z prevodovky řízení na riadené kolesá
- zaistenie rozdielneho natočenia vnútorného a vonkajšieho kolesa pri zatáčaní
- udržiuje predné kolesá vo vzájomne nastavenej polohe

2.6 Zásady správneho nastavovania a kontroly geometrie kolies

Pre bezpečnú prevádzku vozidla je správna geometria řízení a geometrická poloha kolies veľmi dôležitá. V prevádzke dochádza k zmenám jednotlivých parametrov. Ovplyvňujú to hlavne premenlivé zaťaženie, preťaženie kolies, zvýšenie odporu proti valeniu, mechanické rázy, zlý technický stav jednotlivých častí riadiaceho mechanizmu, zlá funkcia tlmičov pruženia a pod.

V současnosti výrobci automobilů používají různé konstrukce podvozků, také existuje široké spektrum zařízení a metod pro nastavování geometrie. Všechny by v zásadě měly respektovat určité základní požadavky na správnost geometrie podvozku:

- Všechny parametry geometrie jsou v rozmezí stanoveném výrobcem
- Osi náprav jsou kolmé na podélnou osu vozidla
- Nápravy jsou symetrické k podélné ose vozidla a řídicí kola v přímém směru mají průsečík zbiehavosti v této ose
- Řízení je v centrální poloze, převodovka řízení je v středu svého rozsahu a volant svojím natočením určuje přímý směr jízdy

Proč nastavovat geometrii řízení :

1. Úspora PHM 5 – 20 %
2. Úspora pneumatik 15 – 50 %
3. Zvýšení bezpečnosti převodky
4. Zvýšení jízdního komfortu

2.6.1. Příznaky nesprávné geometrie řízení

Nesprávné nastavení geometrie kolies má za následek zhoršení technického stavu vozidla a projevuje se následujícími příznaky:

- opotřebování pneumatik
- zlá říditelnost
- nestabilita řízeného směru pohybu vozidla
- kmitání částí řídicího ústrojí
- zvýšené opotřebování jednotlivých částí převodového a vychýlovacího ústrojí řízení
- nevrácení kolies do přímého směru jízdy

Najlepší nastavení geometrie kolies vozidla je nastavení všech čtyř kolies. Při tomto typu nastavení geometrie umístí technik indikační přístroj na všechny čtyři kola a změřia geometrii na všech čtyřech kolech

2.6.2. Postup měření

Úkony, které je třeba provést před měřením geometrie:

- Zajištění potřebných prvků u konkrétního typu vozidla
- Převést kontrolu mechanického opotřebení součástí řízení, uložení a zavěšení nápravy, tlumičů a kolies
- Skontrolovat opotřebení pneumatik a jejich nahustění na provozní tlak
- Změřit axiální a radiální házivosť
- Zajistit vozidlo na rovné ploše a zatížit podle pokynů výrobce
- Natačat řídicí kola na plošinách v jejich středu
- Nezávisle zavěšené kola musí stát na plošinách posuvných do stran
- Diagnostické přístroje pro měření geometrie nasadit podle pokynů výrobce

Postup merania jednotlivých parametrov geometrie vozidla:

- Kontrola a nastavenie predpísanej výšky vozidla
- Meranie diferenčného uhlu pri stanovenom kontrolnom uhle natočenia jedného z riadených kolies
- Meranie uhlu odklonu kolesa
- Meranie zbiehavosti
- Meranie uhlu príkonu čapu otáčania
- Meranie uhlu záklonu čapu otáčania
- Meranie súbežnosti náprav
- Meranie mechanických vôlí v riadení

Pri kontrole sa vždy upravujú zistené odchýlky na stanovené hodnoty výrobcu. Po každom prestavení je nutné kontrolovať všetky závislé hodnoty, ktoré sa navzájom ovplyvňujú.

Z hľadiska diagnostiky je nutné nahradiť všetky časti riadenia, ak u nich nastala deformácia. V žiadnom prípade nesmie byť súčiastka zváraná ani rovnaná, a to z dôvodu štruktúrnych zmien materiálu a následných porušení. Zvláštnu pozornosť vyžaduje diagnostika kĺbov riadenia. V prípade poškodenia protiprachovej manžety by sa mala vykonať jej výmena, resp. výmena kĺbu.

K meraniu mŕtveho chodu volantu sa používajú jednoduché mechanické prípravky. Na základe otáčania definovanou silou, ktorá vymedzí vôle v celom riadení, ale nenatočí kolesá, sa určuje mŕtvy chod. Pri jednoduchej skúške je vhodné umiestniť vozidlo na otočné dosky pre nastavovanie geometrie. Pri stanovení mŕtveho chodu volantu sa berú do úvahy vôle, ktoré sú závislé i nezávislé na stupni pootočenia volantu. Preto sa táto skúška robí nie iba pre priamy smer, ale i pre stanovené natočenie kolies v oboch smeroch – obvykle pre natočenie 20°.

Podrobnejšie je daná problematika rozobraná v literárnych zdrojoch [4], [5]

3. Metódy merania

S vývojom nových vozidiel boli výrobcovia servisnej techniky nútení zdokonaľovať a vyvíjať nové meracie prístroje. V prvej časti sú rozobrané jednotlivé typy meracích zariadení, od zastaraných mechanických a optických až po najmodernejšie bezdotykové systémy. Druhá polovica je venovaná meraniu geometrie závodných automobilov. Sú tu rozpísané rozdielne prístupy a metódy najefektívnejšej kontroly jednotlivých parametrov počas pretekov.

3.1. Meracie prístroje u sériových vozidiel

Ku kontrole a meraniu jednotlivých parametrov i celkovej geometrie podvozku vozidla sa používajú zariadenia a prístroje pracujúce na rôznych princípoch:

- **Mechanické meradlá** – dĺžkomery, uhlomery, libely – tieto sú založené na priamom meraní dĺžok a uhlov. Merané veličiny sa zisťujú priamo na kolesách vozidla.
- **Optické meradlá** – sú založené na nepriamom meraní polohy kolesa a vzájomného postavenia kolies (náprav). Poloha kolesa je veľmi presne nahradená zrkadlom alebo zdrojom svetelných lúčov (projektorom), umiestneným v držiaku, ktorý je ku kolesu pripevnený a vycentrovaný.
- **Elektronické meradlá** – počítačom riadené, sú založené na nepriamom meraní. Poloha kolesa je veľmi presne nahradená snímacou hlavou, umiestnenou na držiaku, ktorý je ku kolesu pripevnený a vycentrovaný. Súčasťou každej hlavy sú polohové snímače – elektronické, optické alebo optoelektronické. Vzájomnou polohou jednotlivých kolies a náprav možno merať po prepojení snímacích hláv umiestnených na kolesách vozidla. Signál sa prenáša pružnými šnúrami alebo svetelným lúčom do riadiacej jednotky.
- **Bezdotykové** - nazývané tiež optické systémy novej generácie. Údaje o geometrii podvozku sú bezdotykovo snímané pomocou stereoskopickej trojrozsomernej technológie nevyžadujúcej takmer nijakú obsluhu. Systém zaručuje vysokú presnosť a vďaka minimálnej dobe potrebnej k nastaveniu sa celý proces urýchľuje.
- **Prejazdové meradlá** – merajú smerovú odchýlku vzniknutú pri valení kolesa po bočne posuvnej plošine (rýchla kontrola zbiehavosti).

3.1.1. KOCH NC – 27

Mechanické meradlo (viď. **Obr.3.1**) pozostáva z dvoch samostatne meracích mechanizmov, zvlášť pre každé koleso spojených spolu masívnou trubkou, na ktorej sú navlečené otočné dosky, ktoré sa umiestňujú pod riadené kolesá.

Meracím mechanizmom je mechanický uhlomer otočný okolo horizontálnej osi, možno ním merať uhly od 0 do +/- 25° v ľubovoľnej rovine. Kvôli zaručeniu presnosti v horizontálnej aj vertikálnej rovine je uhlomer vybavený dvoma vodováhami pre zaistenie týchto polôh. Možno s ním merať zbiehavosť predných aj zadných kolies, odklon predných aj zadných kolies, zmenu odklonu kolesa v natočení.

Meranie je jednoduché, ale nemôžeme vylúčiť hádzavosť ráfikov kolies. Šikmé postavenie náprav možno po nastavení rovnakej zbiehavosti ľavého a pravého predného kolesa skontrolovať pomocou bežných dĺžkových meradiel, ktorými zmeriame rázvor náprav a dĺžku uhlopriečky medzi pevnými bodmi prednej a zadnej nápravy. [3]



Obr. 3.1 mechanický prístroj KOCH NC – 27 - prevzaté z [10]

3.1.2. MOTECH 7610

Ide o optické zariadenie s projektormi umiestnenými na kolesách. Na kolesá automobilu sa pripevnia a vycentrujú držiaky s projektormi tak, aby ležali v rovine rovnobežnej s rovinou súmernosti kolesa (kolmou k ose rotácie). Na *Obr. 3.2* sú znázornené všetky časti systému Motech 7610

Projekčné plochy sa umiestnia na ďalšiu nápravu. Na týchto plochách sa nachádza stupnica, na ktorú sa premieta svetelný lúč s projektoru. Horizontálna aj vertikálna rovina projektoru sa nastavuje pomocou vodováhy. Na prednej náprave je možné merať zbiehavosť, delenú zbiehavosť, odklon kolesa, príklon čapu otáčania a diferenčný uhol výkyvu. Na zadnej náprave odmeriame zbiehavosť, uhol odklonu, vychýlenie nápravy alebo polonápravy. Ďalej sa dá zmerať vzájomné postavenie obidvoch náprav. [3,11]



Obr. 3.2 Optický prístroj Motech 7610 - prevzaté z [11]

3.1.3. Visualiner PRISM

Svetový výrobca geometrii John Bean využil svoje vývojárske a praktické skúsenosti a v novom modeli PRISM spojil výhody súčasných špičkových 3D a CCD systémov merania geometrie vozidiel do jedného meracieho zariadenia. Merací systém PRISM (viď **Obr. 3.3**) nemá žiadne špeciálne požiadavky na rovinnosť miesta merania.

Prístroj na meranie používa dve meracie kamery a dva zrkadlové terče. Pomocou špeciálnych držiakov sa meracie kamery upínajú na kolesá zadnej nápravy vozidla, terče na kolesá prednej nápravy vozidla. Bezkáblový prenos dát je realizovaný bluetooth technológiou. Je vysoko spoľahlivá, on-line prenos dát umožňuje presné meranie a nastavovanie parametrov geometrie v reálnom čase.



Obr. 3.3 Visualiner PRISM - prevzaté z [12]

Meracia kamera vid' **Obr. 3.4** sa automaticky sama stále vyvažuje do vodorovnej polohy. Veľmi jednoducho sa s ňou manipuluje. Má iba 2 ovládacie tlačidlá (pre procedúru kompenzácie hádzavosti diskov).



Obr. 3.4 kamera uchytaná na zadnom kolese - prevzaté z [12]



Obr. 3.5 zrkadlový terč uchytaný na prednom kolese - prevzaté z [12]

Na prednú nápravu vozidla sa neupínajú žiadne elektronické komponenty. Terče sú z plastu (viď **Obr. 3.5**), sú odolné proti nárazu, pádu. Treba dbať, aby nedošlo k ich poškriabaniu, inak sú prakticky bezúdržbové. Držiaky kamier a terčov sú vyrobené z magnézievej zliatiny. Sú veľmi ľahké a pritom pevné. Sú univerzálne, určené pre upnutie na všetky tvary a veľkosti bežných diskov kolies pre osobné a ľahké úžitkové vozidlá.

Jednotlivé kroky programu merania a nastavovania geometrie sú užívateľsky veľmi dobre spracované a na monitore počítača zobrazované zrozumiteľným spôsobom. [12]

Databáza vozidiel:

- Databázu meracích hodnôt pre jednotlivé typy vozidiel **John Bean** priebežne získava a dopĺňa priamo z dát výrobcov vozidiel (OEM štandardizovaný systém).
- Celkovo je v databáze viac ako 25000 typov vozidiel z celého sveta za posledných 25 rokov.
- Možnosť rozšírenia databázy vložением vlastných dát:
 - doplnenie existujúcich dát vozidiel
 - vloženie nových dát pre nové vozidlá.

3.1.4. BEISSBARTH ML 5000

Elektronický prístroj pre meranie geometrie kolies Beissnarth Microline 5000 (viď **Obr. 3.6**) mal pri svojom uvedení radu technických novinek, ktoré boli uplatnené ako prvé na svete. Ide o bez drôtové prevedenie s infračerveným prenosom dát medzi snímacími hlavami, 8 kanálový/čidlový systém, CCD meraciu sensoriku atď. Spojenie medzi 4 snímanými hlavami a PC je realizované rádiovými vlnami ako najrýchlejšie bezdrôtové spojenie. Konštrukcia prístroju garantuje maximálnu presnosť merania +/- 1 uhlovú minútu.



Obr. 3.6 elektronický prístroj Beissbarth Microline 5000 - prevzaté z [13]

Na farebnej obrazovke s 3D animovanou grafikou sa číselne i graficky zobrazujú namerané hodnoty v názornom porovnaní s hodnotami predpísanými v databanke. Svetovou novinkou

bolo hlasové ovládanie prístroja. To umožňuje mechanikovi bez problémov nastaviť odchýlky do správnych hodnôt. Systém oznámi mechanikovi, kedy sú dosiahnuté predpísané hodnoty a pod. Potrebné natočenie volantu vykonáva robot pripojený na volant. Systém taktiež obsahuje sadu rýchlopínacích držiakov snímačov na kolesá atd. [3]

3.1.5. BEISSBARTH TOUCHLESS

Je to bezdotykový merací systém. Zariadenie je tvorené zdvihákom s otočnými doskami pre predné kolesá, dvoma stojanmi na obidvoch stranách, na ktorých sú umiestnené kamery. Každé koleso automobilu je snímané dvoma kamerami. Ráfik je efektívne osvetlený skupinou 1800 červených LED diód.

Na každom stojane sú dve CCD kamery a je vybavený vlastným vyhodnocovacím zariadením. Jednotlivé kamery sú obklopené skupinou 900 LED diód, ktoré osvetľujú koleso automobilu a umožňujú meranie. Každá kamera sníma koleso pod mierne odlišným uhlom. Zlúčením týchto dvoch obrazov produkujú kamery priestorový obraz. Ide o princíp podobný spôsobu zobrazenia v 3D, kde dvojrozmerný obraz z každého z našich očí sa v mozgu spojí a dáva tak 3D priestorový dojem.



Obr. 3.7 Ukážka práce bezdotykovej geometrie BEISSBARTH TOUCHLESS - prevzaté z [14]

Princíp merania

Technik nájde automobilom na zdvihák a riadi sa pritom pokynmi na monitore. Zariadenie si pomocou CCD kamier a LED (vid' **Obr. 3.7**) premeria polohu každého kolesa a pomocou vyhodnocovacieho zariadenia umiestneného v každom kolese vyhodnotí stereoskopické obrazy a určí ako je koleso priestorovo umiestnené. Tento priestorový obraz ráfiku je vyhodnotený systémom IRES. Dáta sa spracujú a výsledok sa zobrazí na monitore. [14]

Výhody systému:

- Automatická identifikácia ráfiku
- Automatické osvetlenie ráfiku
- Efektívne osvetlenie jednotky 1800 LED na jeden stojan
- Dve digitálne kamery na stojan
- Počítanie dát vo vnútri hlavy snímača

3.1.6. BOSCH LUCHS

Výhodou tohto systému je možnosť merať nie iba na zdviháku s otočnými doskami pre predné kolesá, ale aj pri prejazde automobilu okolo tohto meracieho zariadenia. Systém automaticky zmeria geometriu pri prejazde automobilu medzi dvoma meracími stĺpmi. Stĺpiky osadené pri zdviháku sú vybavené dvoma kamerami a voľne posuvné. Okolo každého zo štyroch stĺpikov je umiestnené signálne svetlo LED.

Na automobil sa umiestni 20 meracích značiek, ku každému kolesu po päť. Štyri sa umiestnia na zvolené miesta okolo krytu kolesa a piata je nalepená nad stred kolesa pre určenie jazdnej výšky. Značky sú magnetické a samolepiace. Na všetky kolesá sa ešte musí umiestniť magnetický adaptér, na ktorom je ďalších päť meracích značiek.

Mechanik osadí vozidlo meracími značkami a príde s ním na zdvihák, kde kamery zaregistrujú všetky meracie body osvietené svetelnými zábleskami z rôznych pohľadov. Počítač následne z nasnímaných obrazových údajov vypočíta geometriu podvozku. Vozidlo sa nastaví na otočných doskách a zmeria sa odklon a zbiehavosť kolies. Do výpočtu sa neustále premietajú hodnoty jazdnej výšky. Počas nastavovania sa neustále zobrazujú aktuálne hodnoty na monitore. Po nastavení sa pre kontrolu zmeria celá geometria podvozku.

Systém Luchs zobrazený na **Obr.3.8** je možné kombinovať s údajmi získanými z riadiacich jednotiek elektronických systémov podvozku. Do zariadenia je zapojený diagnostický modul umožňujúci napr. začlenenie údajov z aktívneho riadenia a pod. [14]



Obr. 3.8 Ukážka práce bezdotykovej geometrie BOSCH LUCHS - prevzaté z [14]

Výhody systému

- rychle a přesné meranie
- meranie na zdviháku alebo prejazdom okolo meracieho zariadenia (prejazdom možno zistiť či podvozok potrebuje nastavenie alebo je v poriadku)
- možnosť kombinácie údajov s meraním s inými dôležitými údajmi z riadiacich jednotiek elektronických systémov podvozku
- systém sa dá ľahko kalibrovať pomocou referenčného meradla a dosky

3.1.7. Štvorstĺpový zdvihák APAC 1522 BL

Na **Obr. 3.9** je zobrazený zdvihák APAC 1522 BL pre vykonávanie merania geometrie kolies. Je vybavený elektromagnetickou západkou na odist'ovanie zdviháku z pracovnej polohy. Štandardne je osadený zadnými posuvnými platňami a má výrezy na predné otočné platne. Konštrukčné riešenie umožňuje nastavenie zdviháku do roviny s presnosťou 1mm. [15]

Technické údaje:

Nosnosť	4 t
Dĺžka plošiny	4300 mm
Šírka plošiny	505 mm
Min svetlosť medzi plošinami	1205 mm
Max svetlosť medzi plošinami	1730 mm
Šírka	3310 mm
Výška	2210 mm
Prejazdná šírka	2850 mm



Obr.3.9 Štvorstĺpový zdvihák APAC 1522 BL - prevzaté z [15]

3.1.8. Štvorstĺpový zdvihák s pomocným zdvihákom ZIPPO 4149.1 RF - AV

ZIPPO 4149.1 (vid'. **Obr. 3.10**) je štvorstĺpový zdvihák s integrovaným pomocným zdvihákom a posuvnými doskami – ideálny pre kontrolu geometrie náprav. O pohon sa stará elektrohydraulický motor, ktorý využíva hydraulický valec ako prevodové ústrojenstvo. Široké plošiny zaisťujú bezpečný nájazd.

Plošiny sú vybavené na kontrolu geometrie náprav (posuvnými doskami a vyhlbeniami pre otočné dosky) a aretáciou každých 80mm elektrickým vstavaným zariadením. Zariadenie dopĺňajú bezpečnostné zarážky vpredu aj vzadu, lomené nájazdové plošiny pre športové vozidlá, bezpečnostný signál pri spúšťaní v miestach pohybu osôb. [16]



Obr. 3.10 zdvihák ZIPPO 4149.1 RF – AV - prevzaté z [16]

Technické údaje

Nosnosť: 4 000 kg
Užitočná zdvihová výška: asi 1 700 mm
Výška zdvihu: asi 1 880 mm
Dĺžka plošiny: asi 4 920 mm
Šírka plošiny: 650 mm
Vzdialenosť medzi plošinami: 880 mm
Celková dĺžka asi 6 250 mm
Celková šírka asi 3 300 mm
Celková výška 2 380 mm

Technické údaje pomocného zdviháku

Nosnosť: 4 000 kg
Výška zdvihu: asi 400 mm
Dĺžka plošín: asi 1 400 - 1 800 mm
Šírka plošín: 330 - 610 mm

3.2. Meranie geometrie závodných automobilov

Nastavenie geometrie kolies a podvozku závodných automobilov sa výrazne líši od nastavenia vozidiel bežne premávajúcich po našich cestách. Prioritou výrobcov sériových vozidiel je dosiahnutie čo najvyššej bezpečnosti, hospodárnosti a komfortu prevádzky. Naopak u závodných špeciálov nemá hospodárnosť a komfort svoje miesto. Okrem požiadavky na bezpečnosť je všetko podmienené dosiahnutiu čo najlepšieho času, lebo ten je v konečnom dôsledku v tomto športe dôležitý. Nastavenie vozidla nevynímajúc geometriu podvozku a kolies je zamerané na dosiahnutie výborných jazdných vlastností, napr. aj za cenu rýchleho opotrebovania pneumatík alebo zníženého komfortu pilota.

Pri závodoch je potrebné jednotlivé servisné úkony v boxoch zvládnuť v čo najkratšom čase, keďže čas na vykonávanie opráv býva stanovený pravidlami pretekov. Na tieto účely je použitie presných a časovo náročných zariadení využívaných na nastavovanie bežných vozidiel v servisoch nehodné. Tieto prístroje vyžadujú pre správnu činnosť veľa faktorov, ktoré prostredie boxov a servisných miest nedokáže splniť. Rovnosť podlahy býva v mnohých prípadoch nevyhovujúca. Tieto zariadenia navyše potrebujú pre správnu činnosť dostatok miesta, ktoré je v servisných zónach obmedzené. Ďalšou podstatnou nevýhodou je veľkosť. Preprava a montáž meracích systémov je značne časovo a priestorovo náročná. Preto sa využívajú tieto prístroje iba v domovskej základni, kde sa závodné auto podľa údajov z telemetrie a pokynov jazdca nastaví na jednotlivé preteky (viď **Obr.3.11**).



Obr. 3.11 Nastavenie vozidla v dielni. – prevzaté z [17]

Počas závodov sa využívajú na kontrolu a nastavovanie jednotlivých parametrov geometrie jednoduchšie a menej presné meracie zariadenia. Ich hlavnou výhodou je rýchlosť pri zachovaní požadovanej presnosti. Na meranie sa väčšinou používajú jednoduché zariadenia pracujúce na mechanickom princípe, ktoré využívajú posuvné meradlá, uhlomery, povrazky a pod.

3.2.1. Meranie zbiehavosti

Na kontrolu zbiehavosti závodných automobilov sa využíva niekoľko metód. Meria sa rozdiel vzdialeností prednej a zadnej časti disku alebo uhol medzi strednou rovinou kolesa a pozdĺžnou rovinou vozidla alebo vzdialenosť disku od osi rovnobežnej so strednou pozdĺžnou rovinou vozidla. Ďalej sú uvedené najpoužívanejšie meracie systémy používané na meranie zbiehavosti u závodných špeciálov.

3.2.1.1. Povrazová metóda

U tohto systému merania zbiehavosti sa môžeme stretnúť s dvomi variantmi uchytania povrazov. V prvom prípade sa povrazy umiestnia na prípravky uchytané priamo na vozidle, v druhom sú pripevnené na stojanoch pozdĺž vozidla. Pri meraní musia povrazy smerovať cez stred kolesa rovnobežne so strednou pozdĺžnou rovinou vozidla. Odmeraním vzdialenosti

prednej a zadnej časti disku od povrazu zistíme hodnotu zbiehavosti. Nepresnosti môžu vzniknúť od napružených pneumatík.

Na **Obr. 3.12** je zobrazená metóda s použitím prípravkov umiestnených na vozidle, nevýhodou tejto metódy je použitie špeciálnych prípravkov, ktoré sa pre každý model vozidla odlišujú. Naproti tomu je táto metóda veľmi presná, lebo meracie zariadenie tvorí s vozidlom jeden celok. **Obr. 3.13** ukazuje uchytenie povrazov na stojanoch nezávisle od vozidla. Ako stojany môžu byť použité napr. časti zdviháku.



Obr.3.12 Ukážka použitia povrazovej metódy – prevzaté z [18]



Obr. 3.13 Ukážka použitia povrazovej metódy – prevzaté z [19]

3.2.1.2. Meracia tyč

Meranie je rýchle a jednoduché. Kolesá sú v priamom smere, pomocou meracej tyče zmeriame vzdialenosť prednej a zadnej časti kolies jednej nápravy. Merat' môžeme tromi spôsobmi:

1. Meriame vzdialenosť diskov na vnútornej strane
2. Meriame vzdialenosť diskov na vonkajšej strane
3. Meriame vzdialenosť pneumatík na niektorej drážke (viď. **Obr.3.14**)

Do tejto kategórie možno zaradiť aj spôsob merania zbiehavosti, kde meraciu tyč nahrádzajú dve dĺžkové meradlá (viď. **Obr. 3.15**). Za pomoci prípravkov priložených ku kolesám môžeme súčasne odčítať hodnoty vzdialeností kolies prednej nápravy v prednej a zadnej časti. Kvôli minimalizovaniu nepresností je dôležité vykonať meranie rovnobežne so stredom kolesa. Najvýznamnejšia nepresnosť vzniká vplyvom napruženia kolies.



Obr. 3.14 meracia tyč – prevzaté z [20]

Obr.3.15 meranie zbiehavosti – prevzaté z [21]

3.2.2. Meranie odklonu kolies

Odklon kolesa je vlastne uhol, ktorý zvierá stredná rovina kolesa so zvislou rovinou kolmou na podložku. Najčastejšie sa u závodných vozidiel meria uhloermi. Používajú sa buď digitálne (viď. **Obr. 3.16**) alebo libelové (viď. **Obr. 3.17**).

Používajú sa uhloмеры pripevnené na disku alebo uchytané na prípravku. Môžeme sa ešte stretnúť s mechanickými uhloermi pri ktorých sa meria dĺžková vzdialenosť dolnej a hornej časti disku od zvislej roviny rovnobežnej s pozdĺžnou rovinou vozidla. Ich využitie je skôr zriedkavé.



Obr.3.16 Digitálny uhlomer – prevzaté z [22]

Obr. 3.17 Libelový uhlomer – prevzaté z [23]

3.2.3. Mechanické otočné dosky Intercomp

Otočné dosky (viď. **Obr.3.18**) z ľahkej hliníkovej zliatiny sú vyrábané veľmi presným CNC obrábaním. Ich nosnosť je 909 kg a rozsah stupnice od -35 do +35 stupňov. Tri rady kvalitných valčekových kovových ložísk s nízkym povrchovým trením valčekov eliminujú

posun pneumatiky. Tieto vlastnosti umožňujú merať prvky geometrie ako napr. odklon kola, záklon kola bez nepresností vyplývajúcich od napružených pneumatík.



Obr. 3.18 otočná doska s mechanickým uhlomerom – prevzaté z [24]

3.3. Meracie systémy u závodných automobilov

3.3.1. RS 400 PRO:

Pre profesionálne závodné tímy a športových motoristických nadšencov slúži zariadenie RS 400 PRO zobrazené na **Obr.3.19**. Na kompletne nastavenie podvozku a geometrie kolies podľa výrobcu stačí menej ako 45 minút. Systém používa stredový laserový lúč na zistenie polohy vozidla a nastavenie prístroja, čo zabezpečí rýchle a presné meranie. Na kompletne zistenie nastavenia podvozku sa využívajú všetky tri lasery. Môžeme okamžite zistiť zmeny nastavenia na všetkých štyroch kolesách naraz. Medzi ďalšie výhody patrí hlavne časovo nenáročné a jednoduché nastavenie, vysoká presnosť merania a hlavne mobilita zariadenia.



Obr. 3.19 Ukážka RS 400 PRO – prevzaté z [25]

Príslušenstvo:

štyri podložky pod kolesá, štyri držiaky, dva stranové lasery, jeden stredový laser, laserový podstavec s tromi magnetickými základňami, nástavec na meranie zmeny zbiehavosti pri prepružení, adaptér na meranie záklonu a odklonu kolesa, digitálna vodováha. [25]

3.3.2. Plošina MKT 4000

Špeciálne navrhnutá plošina môže byť jednoducho a rýchlo nastavená na široké spektrum vozidiel. Umožňuje rýchle nulovanie pozície a úrovne komponentov hlavnej plošiny. KT 4000 (vid' **Obr. 3.20**) je vhodný pre závodné tímy a pre traťových technických komisárov. [24]



Obr. 3.20 prenosná plošina MKT 4000 – prevzaté z [24]

4. Návrh mobilnej plošiny

Pre závodné automobily je veľmi dôležité rýchle a presné meranie jednotlivých parametrov vozidla, geometriu vozidla nevynímajúc. Na tento účel sú najvhodnejšie mobilné zariadenia alebo plošiny, ktoré dokážu v požadovanej miere uspokojiť požiadavky na presnosť a kvalitu merania.

Táto kapitola sa zaoberá návrhom takéhoto zariadenia, sú v nej koncepčné návrhy štyroch rôznych alternatív, využívajúce rozdielne spôsoby usporiadania jednotlivých častí. Na nosných častiach rámu mobilnej plošiny bude prevedený kontrolný výpočet napätia a deformácie.

Analýza napätosti a deformácie bude prevedená pre maximálne zaťaženie plošiny silou 6000N pripadajúcej na jedno koleso vozidla. Hmotnosť bežne používaného vozidla sa pohybuje okolo 1500kg. Keďže na prednú nápravu pripadá cca. 60 až 70% celkovej hmotnosti vozidla, vo výsledku vyplýva, že na jedno koleso pripadá zaťaženie 4500 až 5250N. Snahou výrobcov je konštruovať vozidlá s čo najmenšou hmotnosťou a rozložením hmotnosti v pomere 50:50. Autorom zvolená hodnota bezpečne pokrýva všetky súťažné automobily.

Ako materiál je zvolená hliníková zliatina, niektoré fyzikálne a mechanické vlastnosti tohto materiálu sú uvedené v **Tab. 1**. **Tab.2** zobrazuje rozdielne označenie, ktoré používa európska a nemecká technická norma. Najväčšou výhodou použitia hliníkových profilov je ich nízka hmotnosť pri zachovaní dostatočnej tuhosti a pevnosti, taktiež antikoročné vlastnosti sú v porovnaní s oceľou významným plusom.

V navrhovaných rozmeroch jednotlivých variantov riešenia je zohľadnené použitie meracích váh, ktoré sú súčasťou inventára ústavu automobilovej a dopravnej techniky. Jedná sa o váhy Computerscales 72594 (viď. **Obr. 4.1**).

Zariadenie je užívateľsky veľmi jednoduché. Ovláda sa pomocou dvoch tlačidiel - jedným sa zisťujú jednotlivé hmotnosti na kolesách a druhým percentuálne rozdelenie hmotností na vozidle.

Základné údaje:

Rozmery: 381 x 381 x 64mm
Nosnosť: 675kg



Obr. 4.1 váhy na ústave automobilovej a dopravnej techniky – prevzaté z [26]

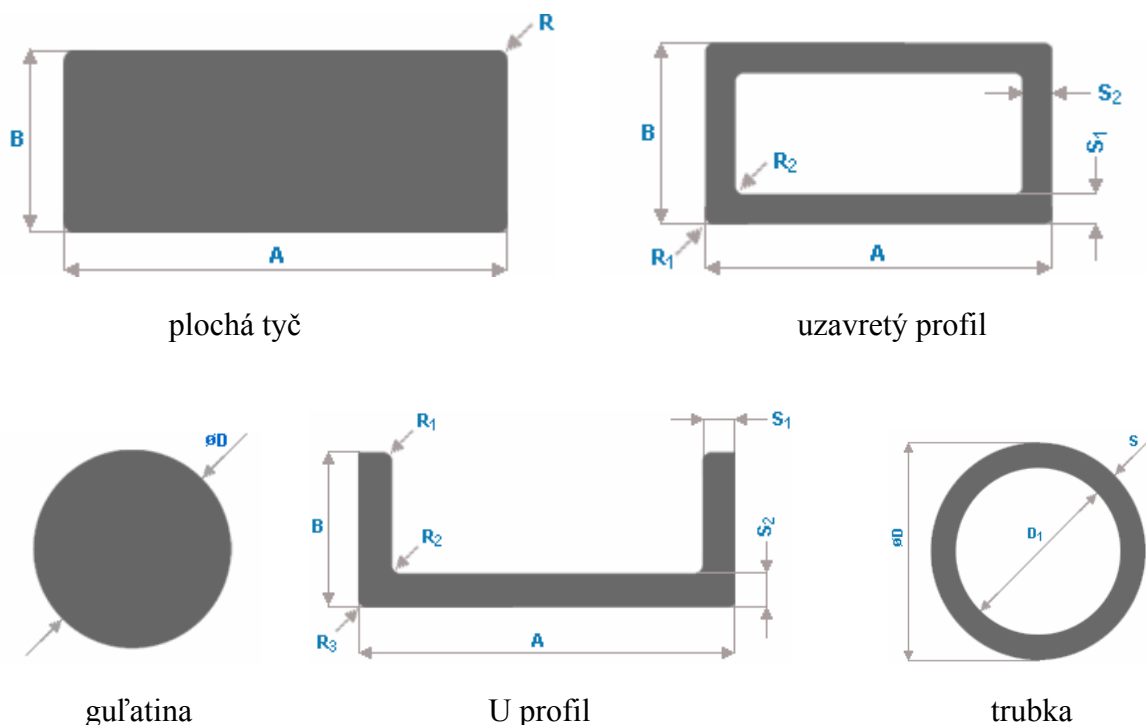
Tab. 1 Fyzikálne a mechanické vlastnosti hliníkových zliatin – prevzaté z [27]

vlastnosti	AlMg3	AlMgSi	AlMg0,7Si
Rm [Mpa]	190	170	215
Rp0,2 [Mpa]	80	140	170
A50 [mm]	14	6	6
E [Gpa]	70	69,5	69,5
hustota	2,67	2,67	2,67

Tab. 2 Označovanie hliníkových zliatin – prevzaté z [27]

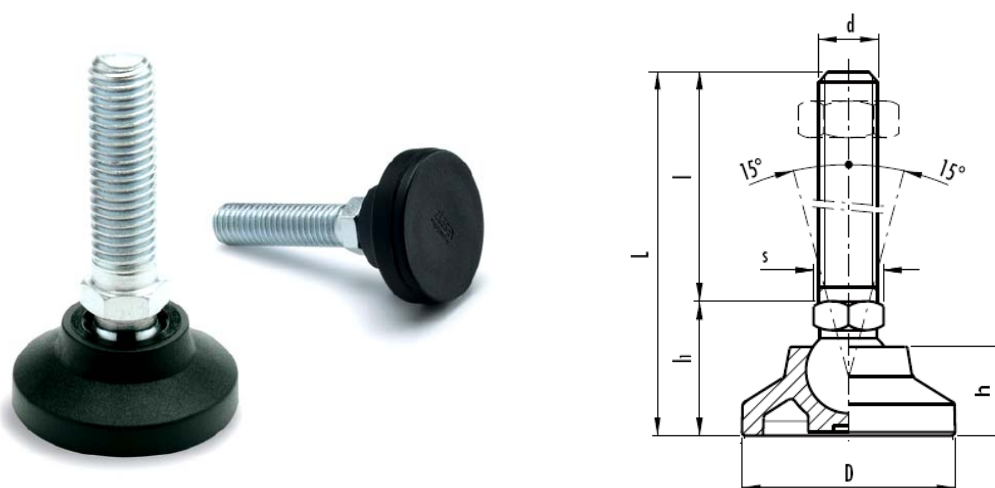
Druh materiálu	Európska norma	DIN
AlMg3	EN AW 5754	AlMg3
AlMgSi	EN AW 6060	AlMgSi0,5
AlMg0,7Si	EN AW 6063	AlMgSi0,5

Koncepčný návrh je založený na použití sériovo vyrábaných hliníkových profilov a plechov. Základné rozmery použitých profilov sú uvedené na **Obr. 4.3**.



Obr. 4.3 základné rozmery profilov – prevzaté z [27]

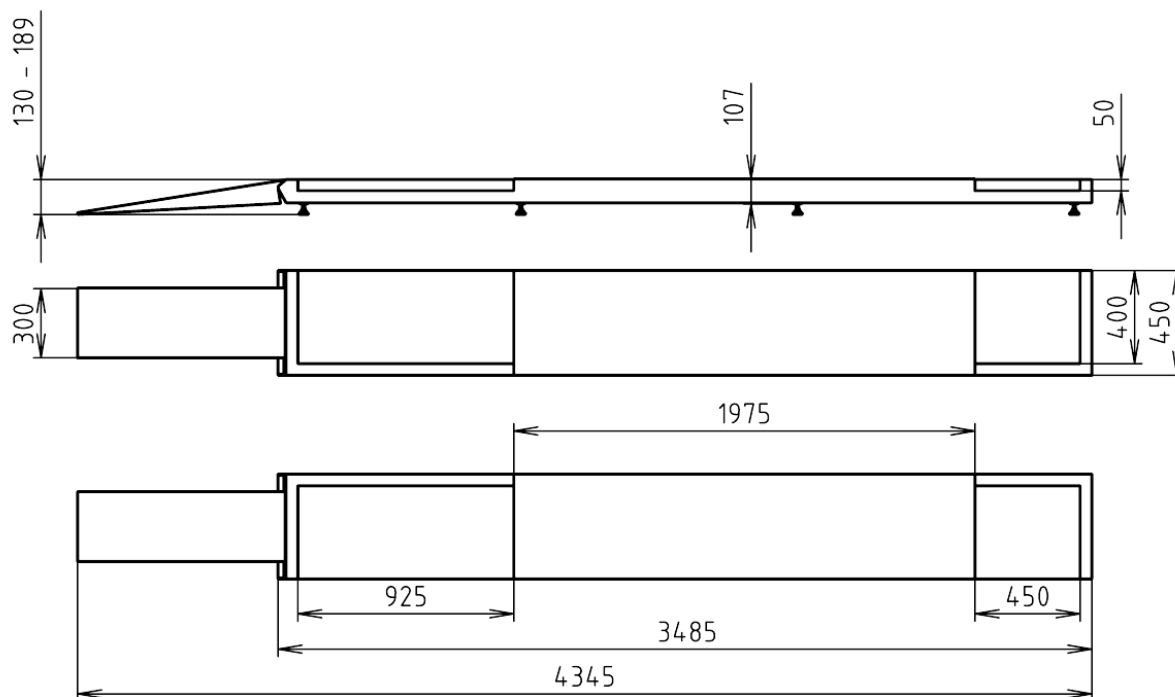
Na vyrovnanie nerovností terénu a nastavenie horizontálnej roviny slúžia nastavovacie elementy – nastavovacie nožičky. Na každej plošine sú použité iné typy nožičiek, ktorých konkrétne rozmery budú popísané pri jednotlivých variantoch osobitne. Náčrt a základné rozmery je možné vidieť z **Obr.4.4**.



Obr. 4.4 Nastavovací nožička – převzaté z [28]

4.1. Pozdĺžny rám

Nosnú časť plošiny tvoria dva pozdĺžne rámy pozvárané z hliníkových profilov o rozmeroch 100x50 s hrúbkou steny 4 mm, 100x20 s hrúbkou steny 2 mm a 50x50 s hrúbkou steny 5 mm.. Miesto umiestnenia nožičiek je zosilnené plochou tyčou o rozmeroch 30x30x5 mm, do ktorého je vyvrtaný závit M10. Každý rám je osadený 8 nožičkami LS.A-40-14-M10x68. Tie majú funkčnú dĺžku závitú 68 mm, pri minimálnom zaskrutkovaní 9 mm je táto plošina schopná kompenzovať nerovnosť podlahy o maximálnej výške 59 mm. Celková výška plošiny je podľa dĺžky zaskrutkovania nastavovacích nožičiek 130 – 189 mm.



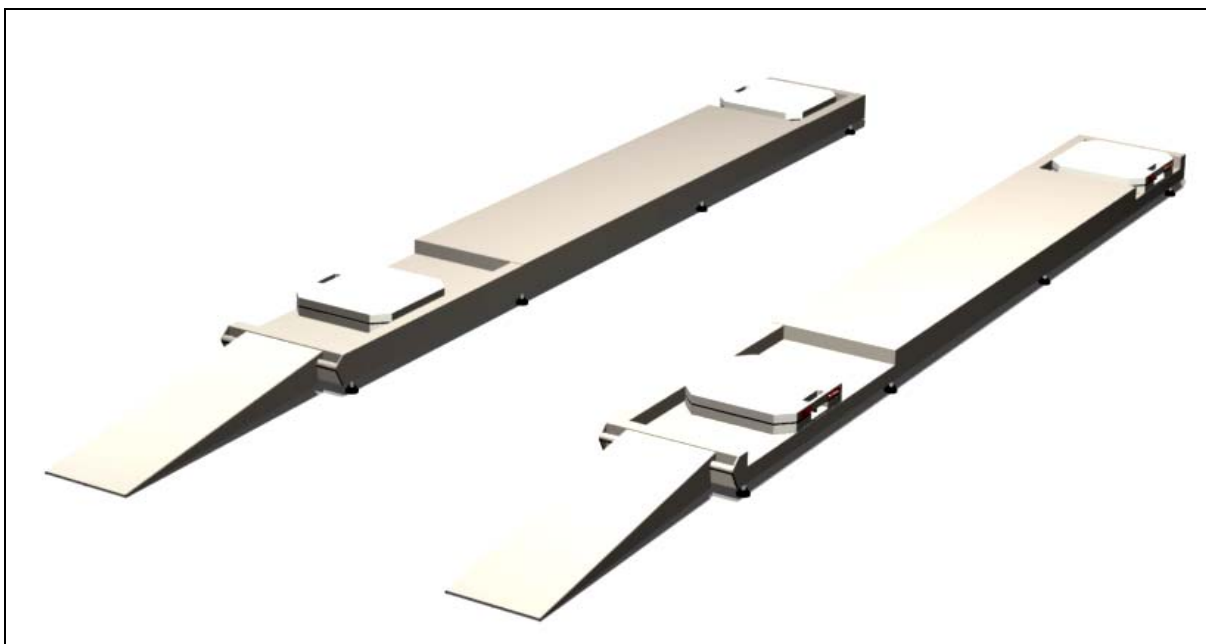
Obr.4.5 Schéma plošiny s pozdĺžnym rámom s hlavnými rozmermi

V prednej a zadnej časti plošiny je vybratie pre umiestnenie meracích váh alebo plávajúcich dosiek. Zadná časť má dĺžku 925 mm. Toto usporiadanie umožňuje merať geometriu kolies u veľkého spektra motorových vozidiel s veľkosťou rázvoru kolies od 2350 do 2970 mm. Na **Obr. 4.5** sú znázornené celkové rozmery plošiny.

Celý rám je z vrchnej časti prekrytý protisklzovým plechom o hrúbke 2 mm. K zadnej časti sú privarené 2 úchytky prepojené trubkou. Spolu tvoria uchytenie nájazdu, ktorý je vyrobený z protisklzového hliníkového plechu o hrúbke 3 mm. Základ tvorí ohnutý U profil vystužený jedným rebrom.

Postup merania

Obidva pozdĺžne rámy sa položia na podlahu vo vzdialenosti odpovedajúcej rozchodu kolies meraného vozidla. Pomocou vodováhy alebo nivelačného prístroja sa postupným vyskrutkovávaním a zaskrutkovávaním nastavovacích nožičiek dosiahne horizontálna rovina potrebná pre bezchybný priebeh merania. Na vyrovnané rámy sa umiestnia nájazdy a podľa typu merania sa môžu použiť meracie váhy (viď **Obr. 4.6**), plávajúce dosky alebo sa vybratia pre pomocné zariadenia prekryjú krytmi. V zadnej časti sa tieto prístroje umiestnia do vzdialenosti odpovedajúcej rázvoru vozidla a vzniknuté medzery medzi rámom a napr. meracími váhami sa vyplnia drevenými hranolmi. Po skončení týchto prípravných prác vozidlo vyjde na plošinu a prebehne samotné meranie.

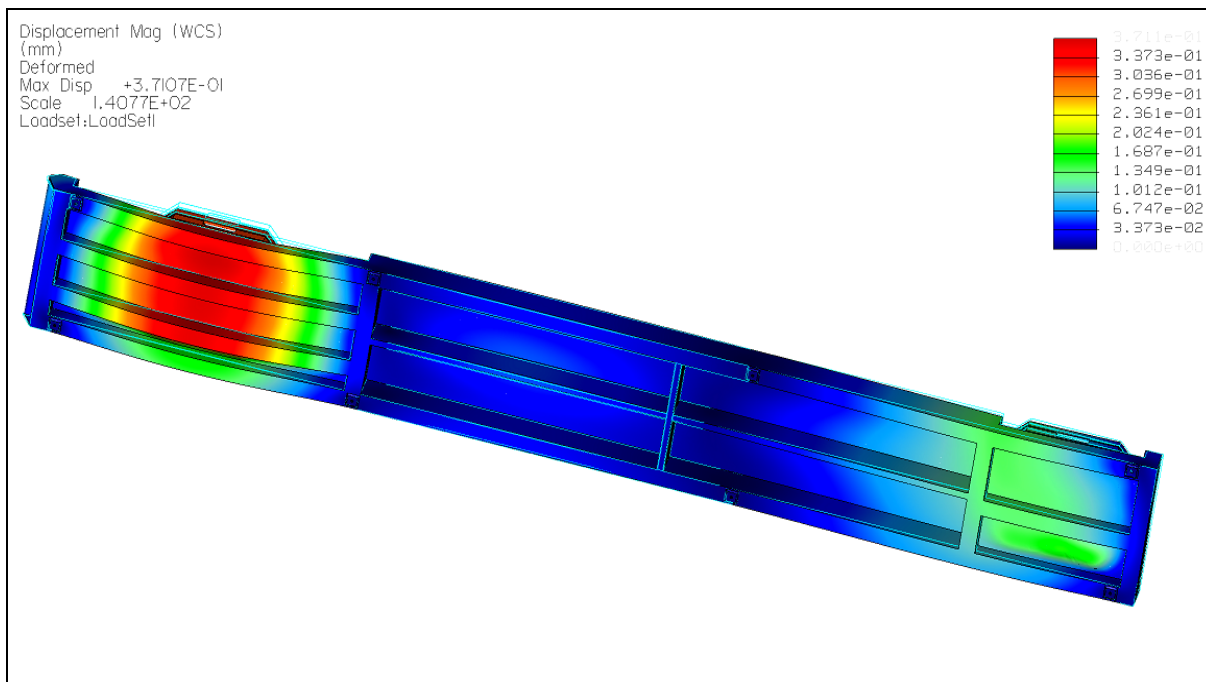


Obr. 4.6 Mobilná plošina tvorená dvoma pozdĺžnymi rámami s použitím meracích váh

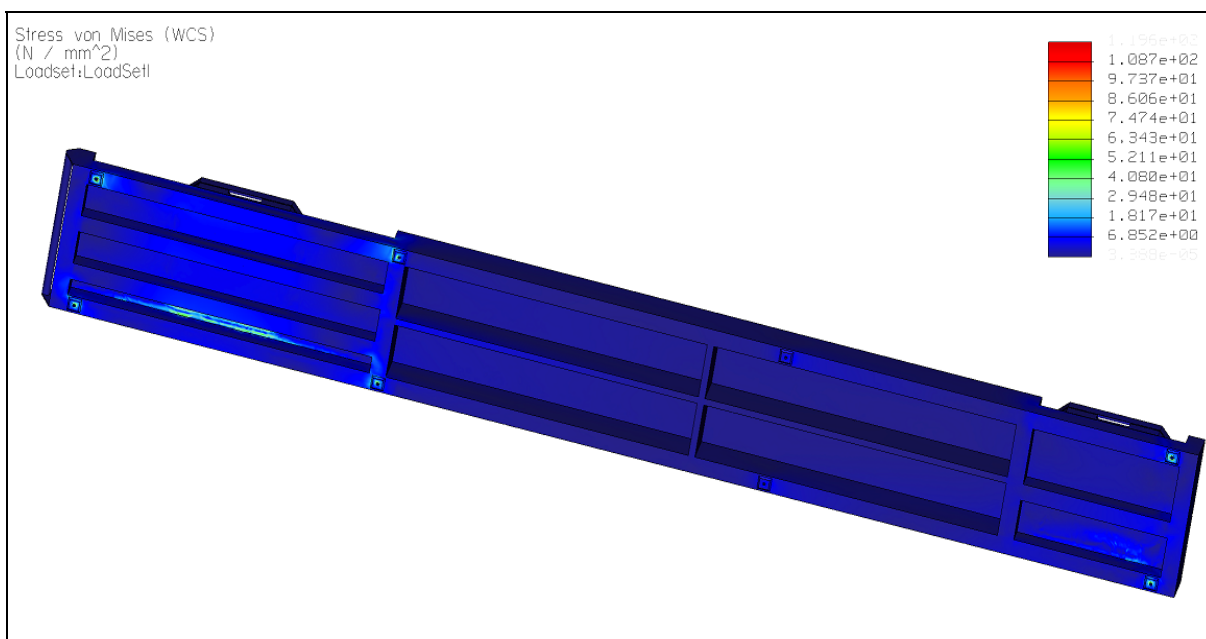
4.1.1. Analýza napätosti a deformácie pozdĺžneho rámu

Analýza napätosti a deformácie prebehla v programe Pro ENGINEER Mechanica. Rám je zaťažený silou dvakrát 6000N v mieste umiestnenia meracích váh a uchytený v ôsmich bodoch odpovedajúcich naskrutkovaným nastavovacím elementom. Kontrola deformácie preukázala maximálny priehyb rámu plošiny 0,37mm, celkový pohľad na výsledok analýzy deformácie je vidieť na **Obr. 4.7**.

Druhým kontrolovaným parametrom bola napätosť. Požadované maximálne napätie pri tomto type materiálu je hodnota medze klzu, ktorá činí 140MPa. Výpočet odhalil ako kritické miesto uchytenie nastavovacích nožičiek do rámu. Tento nedostatok bol odstránený jeho zosilnením. Hrúbka materiálu je v tomto mieste 9mm a hodnota maximálneho napätia sa ustálila na 119MPa. Na **Obr. 4.8** je graficky znázornený priebeh napätia. Maximá sú dosiahnuté v miestach závitov.



Obr. 4.7 priehyb rámu pri zaťažení dvakrát 6000N



Obr. 4.8 Priebeh napätia v ráme pri zaťažení dvakrát 6000N

4.1.2. Výpočet hmotnosti a ceny materiálu

V tejto podkapitole je uvedený výpis použitého materiálu na návrh plošiny s pozdĺžnym rámom. V **Tab.3.X** je výpis všetkých profilov a nastavovacích elementov. Sú v nej uvedené základné charakteristické rozmery s jednotkovými hmotnosťami a cenami, typ zliatiny s príslušnou technickou normou. Ďalej sa tu nachádza množstvo použitého materiálu, jeho hmotnosť a cena. **Tab.4** zobrazuje súhrn materiálu a výslednú hmotnosť a cenu celej plošiny.

Tab. 3.X Výpočet hmotnosti a ceny podľa druhu použitého materiálu

Tab. 3.1 Nastavovacia nožička – prevzaté z [28]

L [mm]	h [mm]	l [mm]	l ₁ [mm]	D [mm]	d [mm]	max. zaťaženie [N]	hmotnosť [kg]	cena [Kč/ks]
93	17	68	25	40	M10	10000	0,063	126,50

množstvo [ks]	hmotnosť [kg]	cena [Kč]
16	1,01	2024,00

Tab. 3.2 Uzavretý profil – prevzaté z [27]

A [mm]	B [mm]	S ₁ [mm]	S ₂ [mm]	hmotnosť [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
100	50	4	4	3,08	384,50	AlMgSi0,5	EN AW 6060
100	20	2	2	1,26	157,00	AlMgSi0,5	EN AW 6060
50	50	5	5	2,44	304,50	AlMgSi0,5	EN AW 6060

Použitá množstvo [m]	hmotnosť [kg]	cena [Kč]
14,05	43,27	5402,20
4,41	5,56	692,40
7,35	17,93	2238,10
Spolu	66,76	8332,70

Tab. 3.3 Plochá tyč – prevzaté z [27]

A [mm]	B [mm]	hmotnosť [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
35	5	0,47	58,75	AlMgSi0,5	EN AW 6063
30	5	0,41	51,25	AlMgSi0,5	EN AW 6063

Použitá množstvo [m]	hmotnosť [kg]	cena [Kč]
0,40	0,19	23,50
0,48	0,20	24,60
Spolu	0,39	48,10

Tab.3.4 Trubka – prevzaté z [27]

D [mm]	D ₁ [mm]	s [mm]	Hmotnosť [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
25	16	4,5	0,79	98,75	AlMgSi0,5	EN AW 6060
Použitá množstvo [m]		hmotnosť [kg]	cena [Kč]			
0,88		0,69	86,90			

Tab.3.5 Plech – prevzaté z [27]

hrúbka [mm]	Hmotnosť [kg/m ²]	cena [Kč/m ²]	zliatina	norma
3	8,1	821,00	AlMg3	EN AW 5754
2	5,4	575,00	AlMg3	EN AW 5754
Použitá množstvo [m ²]		hmotnosť [kg]	cena [Kč]	
0,80		6,48	656,80	
2,88		15,12	1656,00	
Spolu		21,60	2312,80	

Tab. 4 Výpočet celkovej hmotnosti a ceny použitého materiálu

	nožička	uzavretý profil	plochá tyč	trubka	plech	spolu
hmotnosť [kg]	1,01	66,76	0,39	0,69	21,60	90,45
cena [Kč]	2024,00	8332,70	48,10	86,90	2312,80	12804,50

Výhodou plošiny s pozdĺžnym rámom je možnosť merať vozidlá s rozdielnym rázvorom kolies bez zmeny nastavenia plošiny. Zmení sa iba pozícia meracích váh na vzdialenosť odpovedajúcu rázvoru meraného vozidla. Celková hmotnosť tohto mobilného zariadenia činí 90,45 kg pri cene materiálu 12804,50 Kč.

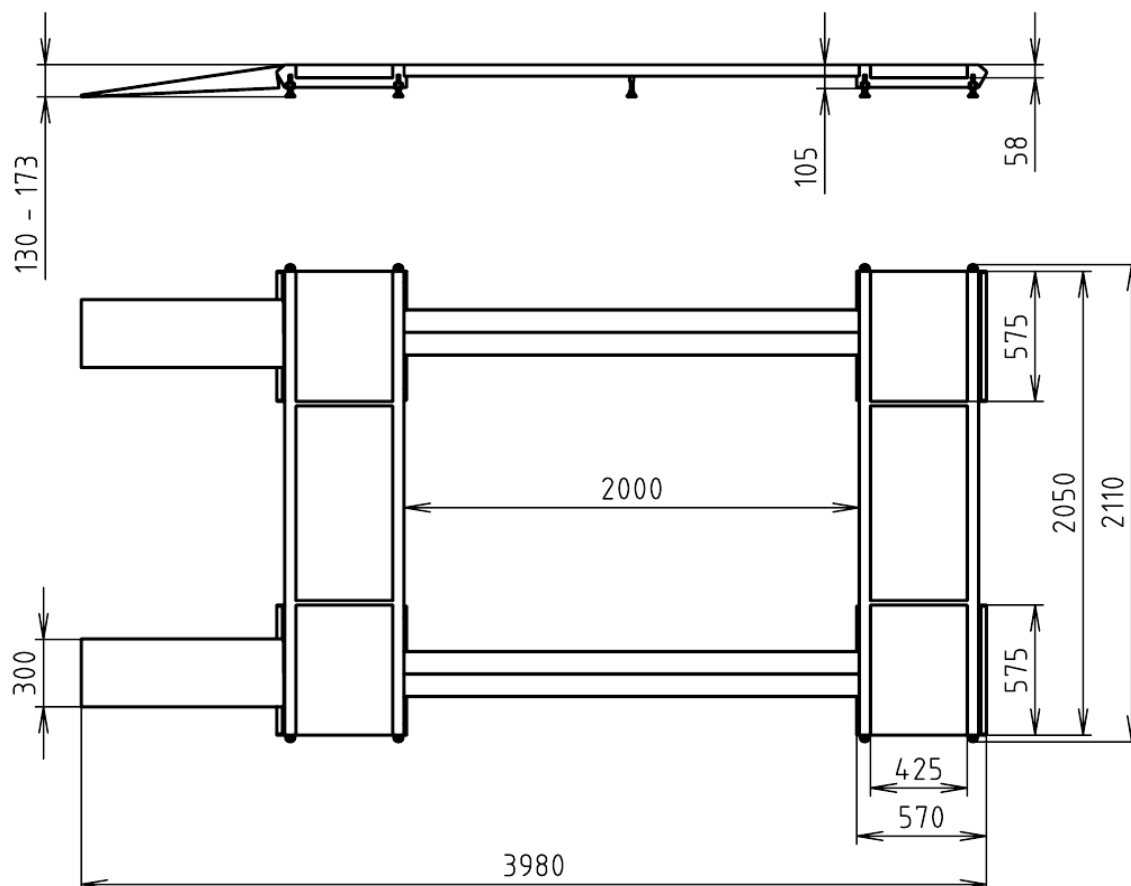
4.2. Priečny rám

Druhou alternatívou mobilnej plošiny je návrh tvorený dvojicou priečnych rámov. Základ rámu tvoria dva hliníkové profily o rozmeroch 100x50 s hrúbkou steny 4 mm, ktoré sú prepojené dvomi profilmi 100x20 s hrúbkou steny 2 mm a ôsmimi profilmi 40x40 s hrúbkou steny 4 mm. Na koncoch základného profilu je privarené uchytenie nastavovacích nožičiek, ktoré tvorí guľatina s priemerom 20 mm a dĺžkou 20 mm. Do nej je vyvrtaný závit M12 pre umiestnenie nastavovacích nožičiek LS.A-40-14-M12x68. Ďalšie dve nožičky LS.A-40-14-M10x68 sú uložené v strede rámu. Miesto uchytenia je zosilnené plochou tyčou o hrúbke 5 mm.

Po stranách priečného rámu je vybratie pre umiestnenie meracích váh alebo plávajúcich dosiek. Vybratie má rozmery 575x425 mm a je prekryté protisklzovým plechom s hrúbkou 2 mm. Toto riešenie umožňuje kontrolovať geometriu u vozidiel s rozdielnym rozchodom

kolies. K zadnej časti sú privarené 2 úchytky prepojené trubkou. Spolu tvoria uchytenie nájazdu, ktorý je vyrobený z protisklzového hliníkového plechu o hrúbke 3 mm. Základ tvorí ohnutý U profil vystužený jedným rebrom. V prednej časti je privarené uchytenie prejazdu. Ten je zložený z dvoch U profilov 100x50 mm s hrúbkou steny 5 mm. Prejazd je v strede podopretý jedným nastavovacím elementom LS.A-40-14-M10x98.

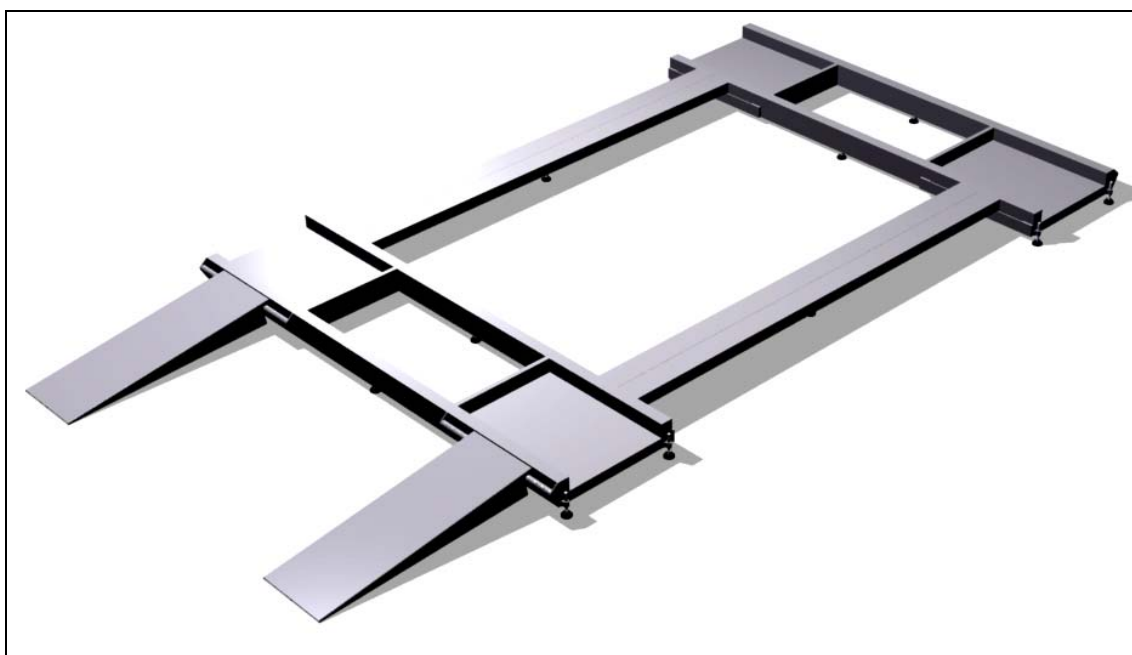
Plošina je schopná kompenzovať nerovnosť podlahy maximálne o 43 mm. Celkové rozmery plošiny ako aj rozmery funkčných častí sú znázornené na **Obr. 4.9**.



Obr. 4.9 Schéma plošiny s priečnym rámom s hlavnými rozmermi

Postup merania

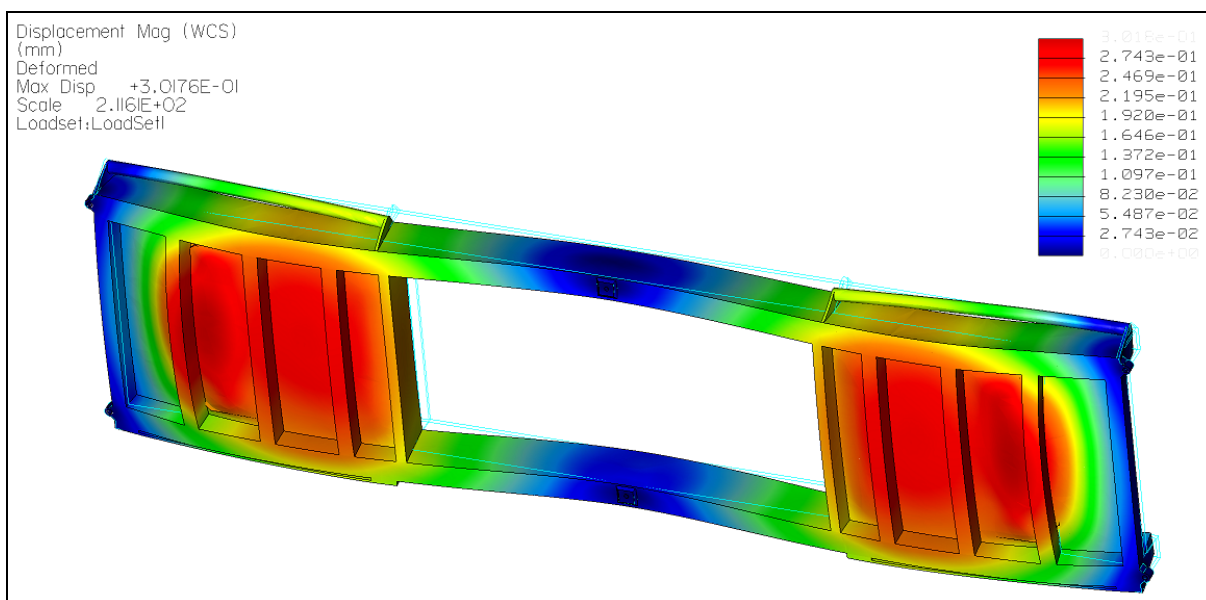
Rámy sa položia na podlahu a spoja sa prejazdom odpovedajúcim rázvoru kolies vozidla. Pomocou nivelačného prístroja alebo vodováhy sa postupným vyskrutkovaním a zaskrutkovaním nastavovacích nožičiek dosiahne horizontálna rovina potrebná pre bezchybný priebeh merania. Takto vyrovnané rámy sa opatria nájazdovými plošinami. Do vybraní pre pomocné zariadenia sa umiestnia plávajúce dosky alebo meracie váhy. Ak nie sú tieto prístroje k meraniu, potrebné vybratie sa jednoducho prekryje krytom. Vozidlo vyjde na pripravenú plošinu a je pripravené na kontrolu geometrie kolies. **Obr. 4.10** zobrazuje celkový pohľad na plošinu s priečnym rámom.



Obr. 4.10 celkový pohľad na zloženú plošinu s priečnym rámom

4.1.1. Analýza napätosti a deformácie priečneho rámu

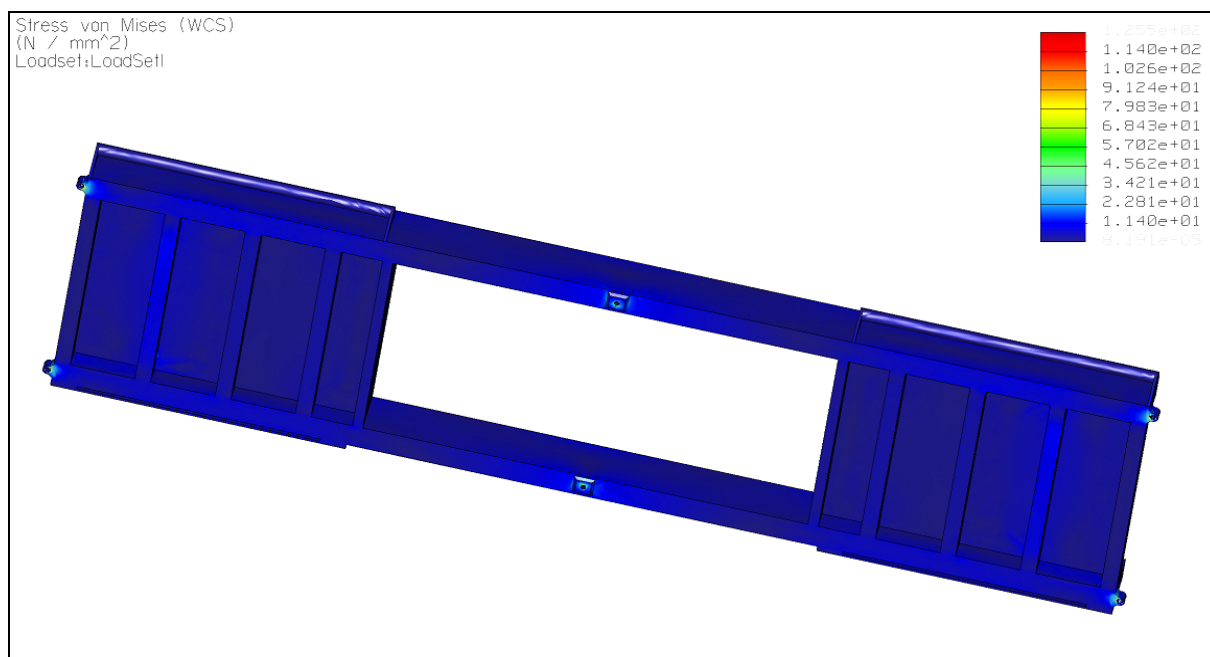
Analýza napätosti a deformácie prebehla v programe Pro ENGINEER Mechanica. Rám je zaťažený silou dvakrát 6000N v mieste umiestnenia meracích váh a uchytený v šiestich bodoch odpovedajúcich naskrutkovaným nastavovacím elementom. Kontrola deformácie preukázala maximálny priehyb rámu plošiny 0,31 mm, celkový pohľad na výsledok analýzy deformácie je vidieť na *Obr. 4.11*.



Obr. 4.11 Priebeh napätia v ráme pri zaťažení dvakrát 6000N

Ďalej sa kontrolovala napätosť, jej priebeh v ráme je zobrazený na *Obr. 4.12*. Požadované maximálne napätie pri zvolenom type materiálu 140MPa .Ako kritické miesto sa ukázalo

uchytenie nožičiek. Z tohto dôvodu boli nožičky vyvedené na kraj rámu, kde sú uchytané v tyči s celkovou výškou 20 mm. Táto úprava docielila, že maximálne napätie malo hodnotu 125 MPa.



Obr. 4.12 Priebeh napätia v rám pri zaťažení dvakrát 6000N

4.1.2. Výpočet hmotnosti a ceny materiálu

V tejto podkapitole je uvedený výpis použitého materiálu na návrh plošiny s pozdĺžnym rámom. V **Tab.5.X** je výpis všetkých profilov a nastavovacích elementov. Sú v nej uvedené základné charakteristické rozmery s jednotkovými hmotnosťami a cenami, typ zliatiny s príslušnou technickou normou. Ďalej sa tu nachádza množstvo použitého materiálu, jeho hmotnosť a cena. **Tab.6** zobrazuje súhrn materiálu a výslednú hmotnosť a cenu celej plošiny.

Tab. 5.X Výpočet hmotnosti a ceny podľa druhu použitého materiálu

Tab. 5.1 Nastavovacia nožička – prevzaté z [28]

L [mm]	h [mm]	l [mm]	l ₁ [mm]	D [mm]	d [mm]	max. zaťaženie [N]	hmotnosť [kg]	cena [Kč/ks]
93	17	68	25	40	M12	10000	0,078	128,00
93	17	68	25	40	M10	10000	0,063	126,50
93	17	98	25	40	M10	10000	0,072	151,50

množstvo [ks]	hmotnosť [kg]	cena [Kč]
8	0,63	1024,00
4	0,25	506,00
2	0,14	303,00
Spolu	1,02	1833,00

Tab. 5.2 Uzavretý profil – převzaté z [27]

A [mm]	B [mm]	S ₁ [mm]	S ₂ [mm]	hmotnost' [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
100	50	4	4	3,08	384,50	AlMgSi0,5	EN AW 6060
100	20	2	2	1,26	157,00	AlMgSi0,5	EN AW 6060
40	40	4	4	1,56	195,00	AlMgSi0,5	EN AW 6060

Použité množství [m]	hmotnost' [kg]	cena [Kč]
8,2	25,26	3152,90
0,85	1,07	133,50
3,4	5,30	663,00
Spolu	31,63	3949,40

Tab. 5.3 U profil – převzaté z [27]

A [mm]	B [mm]	S ₁ [mm]	S ₂ [mm]	hmotnost' [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
100	50	5	5	2,58	322,50	AlMgSi0,5	EN AW 6060

Použité množství [m]	hmotnost' [kg]	cena [Kč]
8,00	20,64	2580,00

Tab. 5.4 Plochá tyč – převzaté z [27]

A [mm]	B [mm]	hmotnost' [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
90	5	1,22	152,50	AlMgSi0,5	EN AW 6063
50	6	0,81	101,25	AlMgSi0,5	EN AW 6063
50	5	0,68	85,00	AlMgSi0,5	EN AW 6063
40	4	0,43	53,75	AlMgSi0,5	EN AW 6063
35	5	0,47	58,75	AlMgSi0,5	EN AW 6063

Použité množství [m]	hmotnost' [kg]	cena [Kč]
0,48	0,58	73,20
0,40	0,32	40,50
2,28	1,55	193,80
0,72	0,31	38,70
0,80	0,38	47,00
Spolu	3,14	393,20

Tab. 5.5 Trubka – převzaté z [27]

D [mm]	D ₁ [mm]	s [mm]	Hmotnost' [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
25	16	4,5	0,79	98,75	AlMgSi _{0,5}	EN AW 6060
Použité množství [m]		hmotnost' [kg]	cena [Kč]			
2,26		1,78	223,20			

Tab. 5.6 Guľatina – převzaté z [27]

D [mm]	hmotnost' [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
20	0,85	106,25	AlMgSi _{0,5}	EN AW 6060
18	0,69	86,25	AlMgSi _{0,5}	EN AW 6060
Použité množství [m]		hmotnost' [kg]	cena [Kč]	
0,16		0,14	17,00	
0,13		0,09	11,20	
Spolu		0,23	28,20	

Tab. 5.7 Plech – převzaté z [27]

hrúbka [mm]	Hmotnost' [kg/m ²]	cena [Kč/m ²]	zliatina	norma
3	8,10	821,00	AlMg ₃	EN AW 5754
2	5,40	575,00	AlMg ₃	EN AW 5754
Použité množství [m ²]		hmotnost' [kg]	cena [Kč]	
0,80		6,48	656,80	
0,98		5,30	563,50	
Spolu		11,78	1220,30	

Tab. 6 Výpočet hmotnosti a ceny použitého materiálu

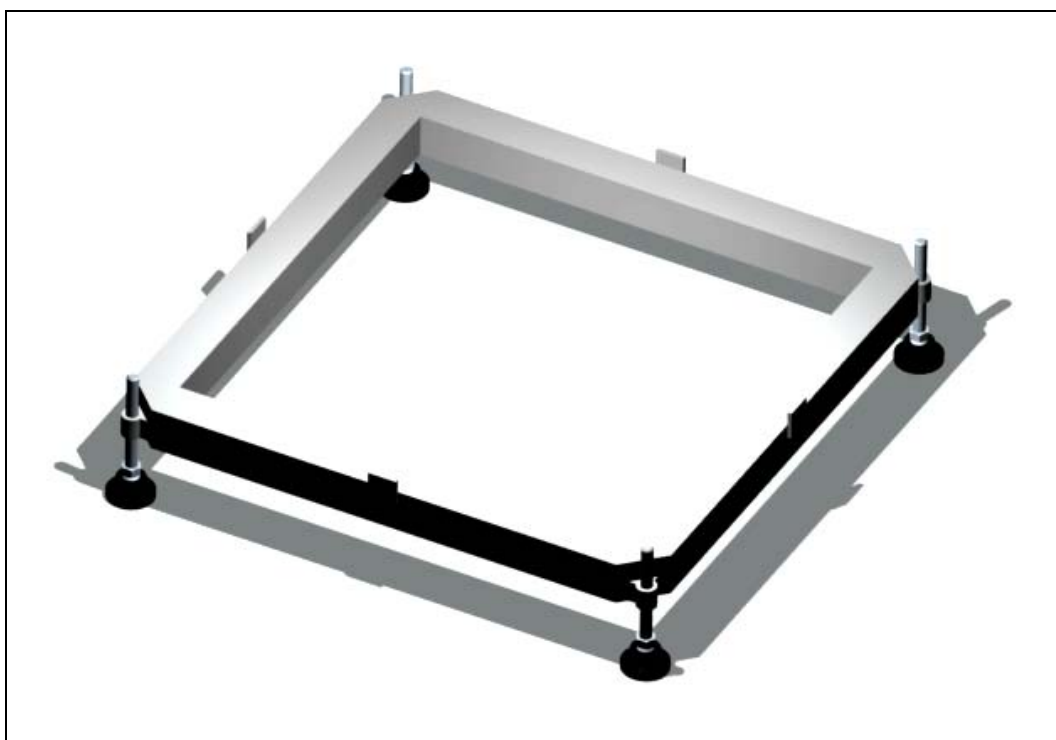
	nožička	uzavretý profil	U profil	plochá tyč	trubka	guľatina	plech	spolu
hmotnost' [kg]	1,02	31,63	20,64	3,14	1,78	0,23	11,78	70,22
cena [Kč]	1833,00	3949,40	2580,00	393,20	223,20	28,20	1220,30	10227,30

Mobilná plošina tvorená dvojicou priečnych rámov umožňuje kontrolovať geometriu kolies vozidla u širokého spektra automobilov. Menšou nevýhodou je nutnosť meniť dĺžku prejazdovej časti pri meraní vozidiel s rozdielnou hodnotou rázvoru. Naopak výhodou sú

menšie prepravné rozmery ako u plošiny s pozdĺžnym rámom. Z porovnania Tab. 4. a Tab.6. vyplýva že táto plošina má menšiu hmotnosť – cca 70,32kg – aj nižšiu cenu, ktorá je približne 10227,30 Kč, ako prvá varianta.

4.3. Štvoruholníkový rám

Plošinu tvorí štvoruholníkový rám z hliníkovej zliatiny AlMgSi00,5. Rám pozostáva z profilu 30x30 mm s hrúbkou steny 3 mm. V rohoch skosených pod uhlom 45° sú privarené hliníkové tyče s priemerom 14 mm a dĺžkou 15 mm, do ktorých je vyvrtaný závit M8. Na kompenzáciu nerovností terénu slúžia nožičky typu LS.A-32-14-AS-M8x68 s funkčnou časťou závitú 68 mm. Maximálna výška vyskrutkovania nožičiek činí 43 mm. Na **Obr. 4.13** .obr. možno vidieť celkový pohľad na štvoruholníkový rám s nožičkami.



Obr. 4.13 Model plošiny so štvoruholníkovým ramenom

Postup merania

Na nastavenie nivelačnej roviny pri kontrole geometrie vozidla potrebujeme sadu štyroch plošín so štvoruholníkovým ramenom. Jednotlivé plošiny sa umiestnia v boxoch, na parkovisku alebo servisnom stredisku na podlahu vo vzdialenostiach odpovedajúcich rázvoru, resp. rozchodu kolies vozidla. Vyskrutkovaním alebo zaskrutkovaním jednotlivých nastavovacích nožičiek dosiahneme s použitím nivelačného prístroja alebo dlhej vodováhy vyrovnanie plošín do horizontálnej roviny. Následne sa poloha jednotlivých nožičiek každej plošiny zvyrazní na podlahu a tie sa odložia stranou.

Vozidlo sa umiestni na miesto, kde boli položené plošiny. Pomocou zdvihákov sa zodvihne do požadovanej výšky a plošiny sa vrátia na miesto, kde bola nastavovaná ich nivelačná rovina. Na plošiny sa umiestnia pomocné meracie zariadenia, napr. váhy alebo plávajúce dosky. Automobil sa spustí zo zdviháku na vyrovnané plošiny a je pripravený na meranie jednotlivých parametrov geometrie kolies.

Použitím tohto meracieho systému sa minimalizuje nerovnosť podlahy a zvýši sa presnosť nastavovania požadovaných hodnôt. Na **Obr.4.14** je vidieť súbor štyroch plošín s použitím meracích váh.

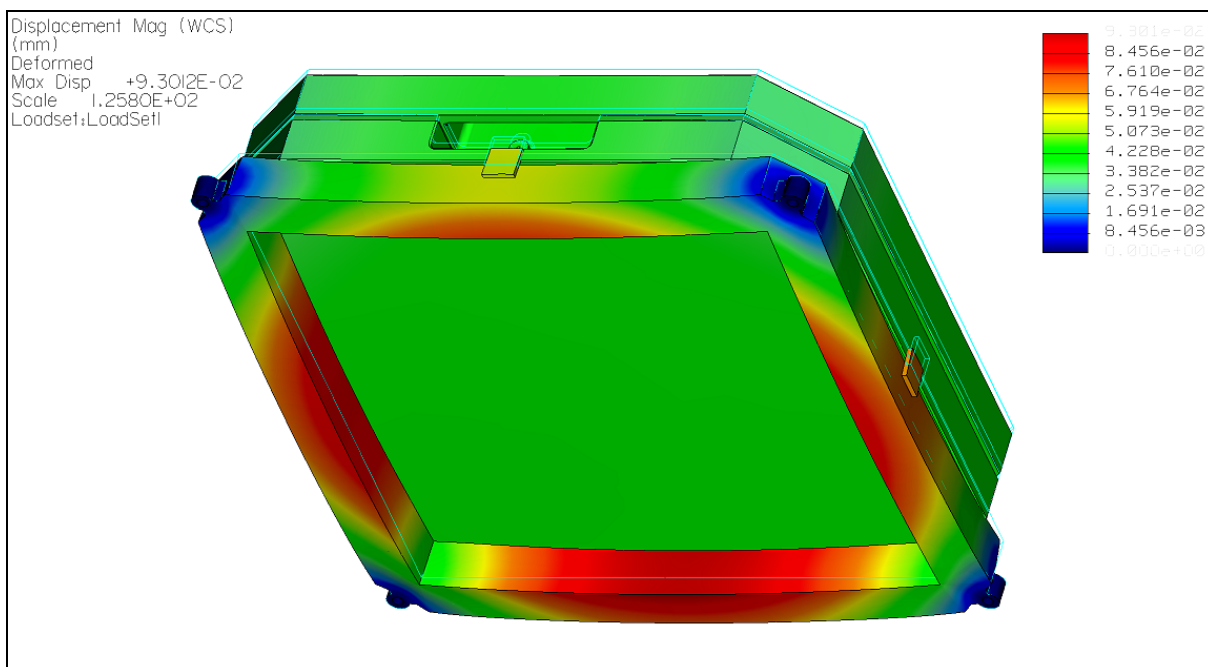


Obr. 4.14 Sústava štyroch plošín s váhami

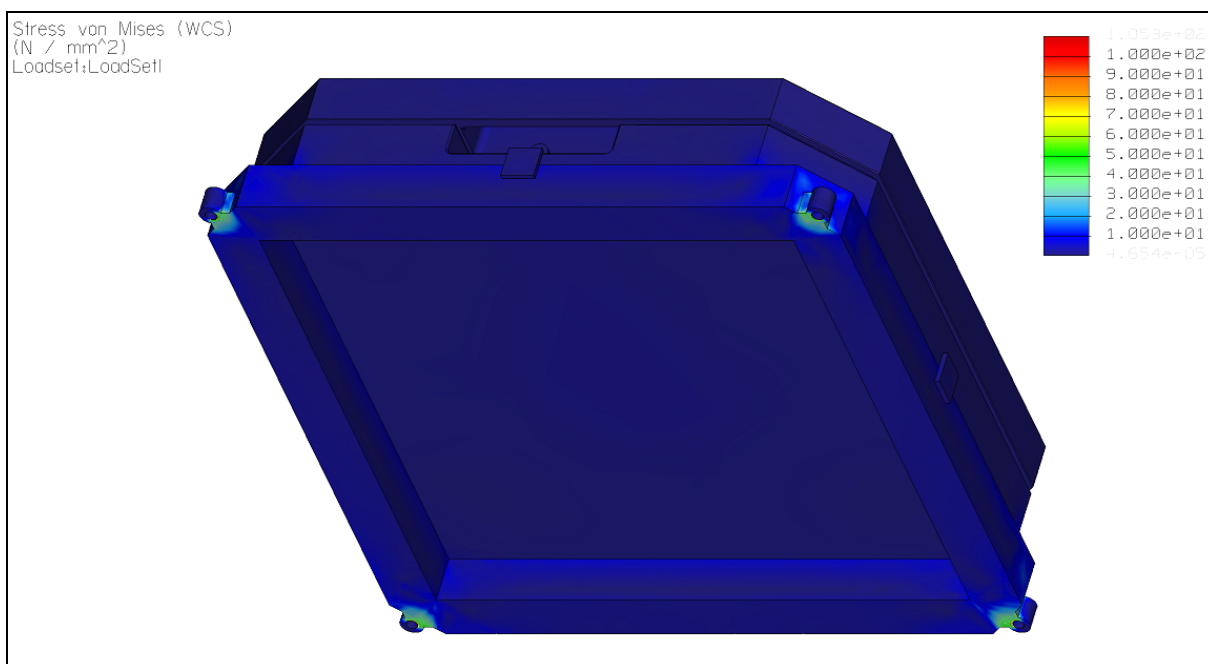
4.3.1. Analýza napätosti a deformácie

Analýza napätosti a deformácie je prevedená v programe Pro ENGINEER Mechanica. Výpočet je prevedený pre zaťaženie 6000N, ako už bolo uvedené v úvode tejto kapitoly.

Sú kontrolované dva parametre, a to celkový priehyb plošiny (vid'. **Obr. 4.15**) a priebeh napätia (vid'. **Obr. 4.16**). Z výsledkov analýzy napätosti a deformácie vyplýva, že štvoruholníkové rameno pri danom zaťažení dosiahlo maximálnu hodnotu priehybu 0,09mm. Hodnota maximálneho napätia je 105MPa, pričom medza klzu použitej hliníkovej zliatiny je 140MPa.



Obr. 4.15 Priehyb plošiny pri zaťažení 6000N



Obr. 4.16 Priebeh napätia pri zaťažení 6000N

4.3.2. Výpočet hmotnosti a ceny materiálu

V tejto časti sú uvedené hmotnosti a ceny všetkých súčiastok a materiálov použitých na plošine s trojuholníkovým ramenom. V jednotlivých častiach tabuľky 4.555 sú rozpísané druhy použitého materiálu jeho základné funkčné rozmery s jednotkovou hmotnosťou a cenou. Druhá časť tabuľky uvádza množstvo použitého materiálu, jeho hmotnosť a cenu.

Tab. 7.X Výpočet hmotnosti a ceny podľa druhu použitého materiálu

Tab. 7.1 Nastavovacia nožička – prevzaté z [28]

L [mm]	h [mm]	l [mm]	l ₁ [mm]	D [mm]	d [mm]	max. zaťaženie [N]	hmotnosť [kg]	cena [Kč/ks]
93	15	68	25	32	M8	7000	0,051	115,00

množstvo [ks]	hmotnosť [kg]	cena [Kč]
16	0,82	1840

Tab. 7.2 Uzavretý profil – prevzaté z [27]

A [mm]	B [mm]	S ₁ [mm]	S ₂ [mm]	hmotnosť [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
30	30	3	3	0,88	110,00	AlMgSi0,5	EN AW 6060

Použitá množstvo [m]	hmotnosť [kg]	cena [Kč]
5,68	5,0	624,8

Tab. 7.3 Plochá tyč – prevzaté z [27]

A [mm]	B [mm]	hmotnosť [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
30	3	0,24	30,00	AlMgSi0,5	EN AW 6063
20	3	0,16	20,00	AlMgSi0,5	EN AW 6063

Použitá množstvo [m]	hmotnosť [kg]	cena [Kč]
0,68	0,16	20,40
0,32	0,05	6,40
Spolu	0,21	26,80

Tab. 7.4 Guľatina – prevzaté z [27]

D [mm]	hmotnosť [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
14	0,410	52,75	AlMgSi0,5	EN AW 6060

Použitá množstvo [m]	hmotnosť [kg]	cena [Kč]
0,24	0,10	12,60

Tab. 8 Výpočet hmotnosti a ceny použitého materiálu

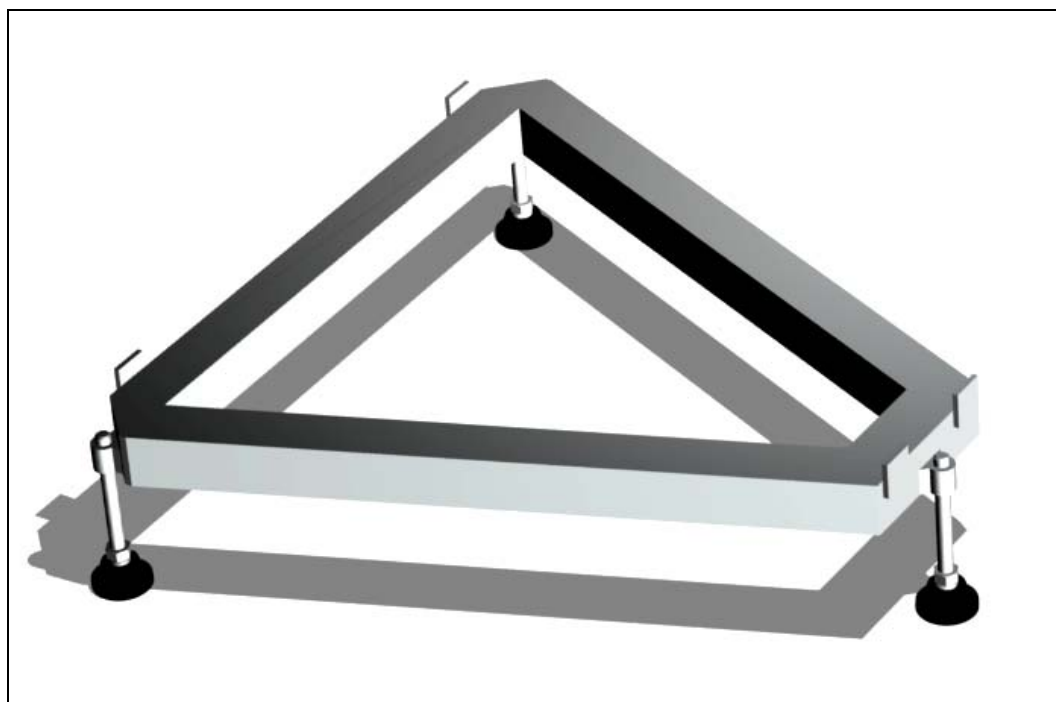
	nožička	uzavretý profil	plochá tyč	guľatina	spolu
hmotnosť [kg]	0,82	5,0	0,21	0,10	6,13
cena [Kč]	10840	624,8	26,80	12,60	2504,20

Mobilnú plošinu tvorenú štyrmi samostatnými plošinami so štvoruholníkovým ramenom môžeme využiť na kontrolu geometrie kolies takmer u všetkých druhov závodných vozidiel. Použitá konštrukcia nie je obmedzená rozmerovou veľkosťou vozidla, a to hlavne rázvorom náprav a rozchodov kolies.

Výhodou tejto konštrukčnej varianty je jej nízka cena a hmotnosť. Cena materiálu pre sadu štyroch plošín činí 2504,20 Kč a hmotnosť je 6,13 kg. Plošina má malé konštrukčné rozmery, čo umožňuje jej využitie aj v malých priestoroch a pri vyskrutkovaní nožičiek prepravné rozmery celej skupiny nepresahujú 385x385x120 mm. Menšia nevýhoda pozostáva z nutnosti samostatne nastaviť každú plošinu zvlášť, čo je pri nerovnej podlahe časovo náročné.

4.4. Trojuholníkový rám

Základ plošiny tvorí trojuholníkový rám z hliníkovej zliatiny AlMgSi0,5. Rám pozostáva z profilu 30x30 mm s hrúbkou steny 3 mm. V rohoch sú privarené hliníkové tyče s priemerom 14 mm a dĺžkou 15 mm, do ktorých je vyvrtaný závit M8. Na kompenzáciu nerovností terénu slúžia nožičky typu LS.A-32-14-M8x68 s funkčnou časťou závitou 68 mm. Maximálna výška vyskrutkovania nožičiek činí 43 mm. Na **Obr. 4.17** možno vidieť celkový pohľad na plošinu s maximálnou možnou dĺžkou vyskrutkovania nastavovacích nožičiek.



Obr 4.17. Model plošiny s tromi nožičkami

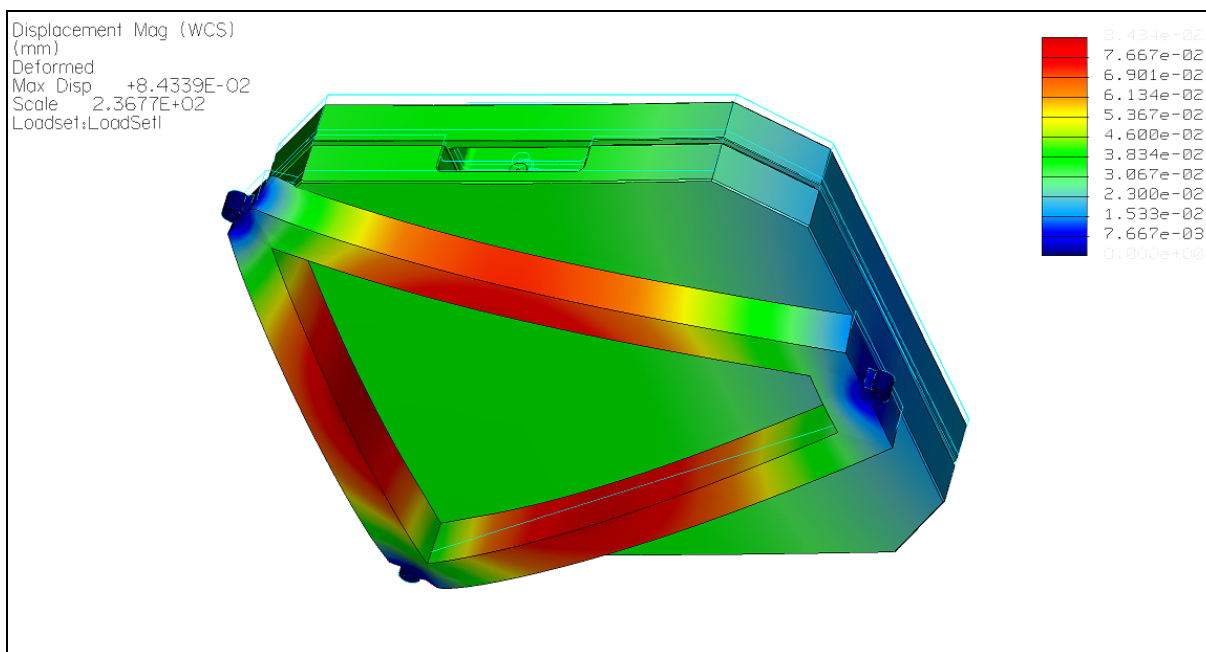
Postup merania pri použití súboru štyroch plošín s trojuholníkovým ramenom je totožný ako u plošiny so štvoruholníkovým ramenom. Použitím trojuholníkového ramena na základ plošiny dosiahneme úsporu jednej nastavovacej nožičky a zvýšime rýchlosť nastavovania plošiny do vodorovnej hladiny. Na **Obr. 4.18.** je vidieť plošinu s trojuholníkovým ramenom s použitím meracích váh.



Obr. 4.18. Plošina s váhami

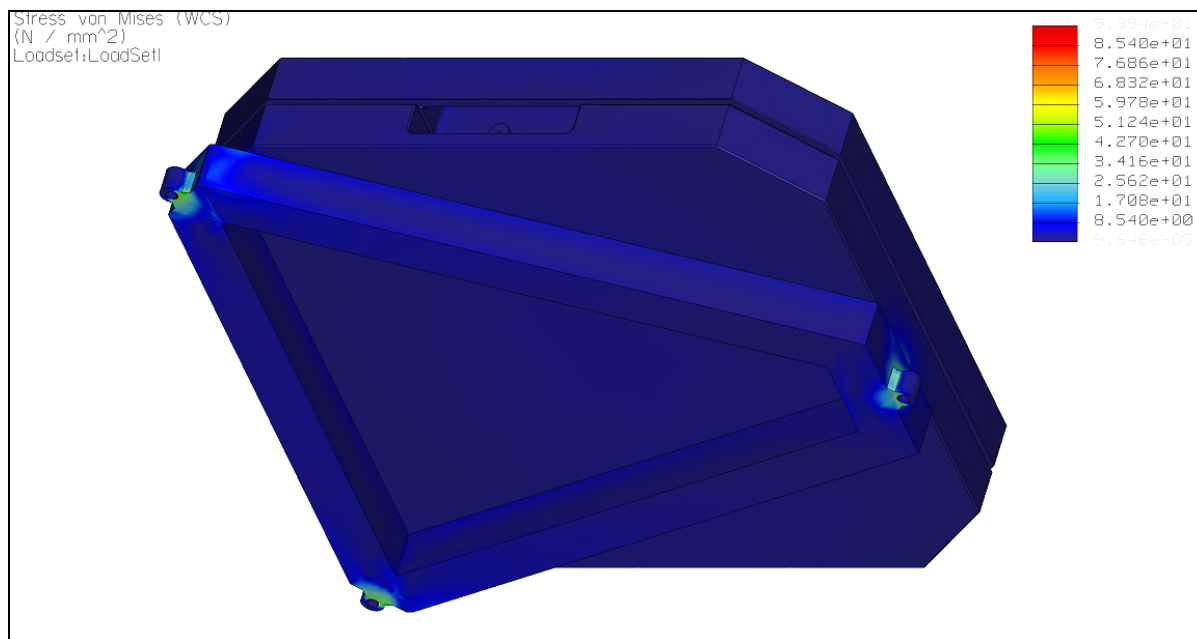
4.1.1. Analýza napätosti a deformácie

Analýza napätosti a deformácie je prevedená v programe Pro ENGINEER Mechanical. Výpočet je prevedený pre zaťaženie 6000N, ako už bolo uvedené v úvode tejto kapitoly.



Obr. 4.19 Priehyb plošiny pri zaťažení 6000N

Sú kontrolované dva parametre a to celkový priehyb plošiny (vid'. *Obr. 4.19*) a priebeh napätia (vid'. *Obr. 4.20*). Z výsledkov analýzy napätosti a deformácie vyplýva, že štvoruholníkové rameno pri danom zaťažení dosiahlo maximálnu hodnotu priehybu 0,08 mm. Hodnota maximálneho napätia je 94 MPa, pričom medza klzu použitej hliníkovej zliatiny je 140 MPa.



Obr. 4.20 Priebeh napätia pri zaťažení 6000N

4.4.2. Výpočet hmotnosti a ceny materiálu

V tejto časti sú uvedené hmotnosti a ceny všetkých súčiastok a materiálov použitých na plošine s trojuholníkovým ramenom. V jednotlivých častiach tabuľky 4.555 sú rozpísané druhy použitého materiálu, jeho základné funkčné rozmery s jednotkovou hmotnosťou a cenou. Druhá časť tabuľky uvádza množstvo použitého materiálu, jeho hmotnosť a cenu.

Tab. 9.X Výpočet hmotnosti a ceny podľa druhu použitého materiálu

Tab. 9.1 Nastavovacia nožička – prevzaté z [28]

L [mm]	h [mm]	l [mm]	l ₁ [mm]	D [mm]	d [mm]	max. zaťaženie [N]	hmotnosť [kg]	cena [Kč/ks]
93	15	68	25	32	M8	7000	0,051	115,00
množstvo [ks]		hmotnosť [kg]		cena [Kč]				
12		0,61		1380				

Tab. 9.2 Uzavretý profil – prevzaté z [27]

A [mm]	B [mm]	S ₁ [mm]	S ₂ [mm]	hmotnosť [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
30	30	3	3	0,88	110,00	AlMgSi0,5	EN AW 6060
Použité množstvo [m]		hmotnosť [kg]		cena [Kč]			
4,90		4,31		539,00			

Tab. 9.3 Plochá tyč – prevzaté z [27]

A [mm]	B [mm]	hmotnosť [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
30	3	0,24	30,00	AlMgSi0,5	EN AW 6063
20	3	0,16	20,00	AlMgSi0,5	EN AW 6063
Použité množstvo [m]		hmotnosť [kg]		cena [Kč]	
0,35		0,08		10,50	
0,32		0,05		6,40	
Spolu		0,13		16,90	

Tab. 9.4 Guľatina – prevzaté z [27]

D [mm]	hmotnosť [kg/m]	cena [Kč/m]	zliatina	norma
14	0,410	52,75	AlMgSi0,5	EN AW 6060
Použité množstvo [m]		hmotnosť [kg]		cena [Kč]
0,18		0,07		8,50

Tab. 10 Výpočet hmotnosti a ceny použitého materiálu

	nožička	uzavretý profil	plochá tyč	guľatina	spolu
hmotnosť [kg]	0,61	4,31	0,13	0,07	5,12
cena [Kč]	1380	539,00	6,90	8,50	1934,40

Vyrovňovací systém tvorený štyrmi samostatnými plošinami s trojuholníkovým ramenom nie je obmedzený konštrukčnými rozmermi vozidla, ako je rázvor náprav a rozchod kolies. Cena materiálu na sadu štyroch plošín činí cca. 1934 Kč a hmotnosť je cca. 5,12 kg. Tieto parametre sú zo všetkých štyroch variantov najlepšie. Nízka hmotnosť, malé konštrukčné rozmery v porovnaní s variantom jedna a dva a užívateľsky veľmi jednoduchý postup merania umožňujú, aby sa takýto model mohol úspešne využívať.

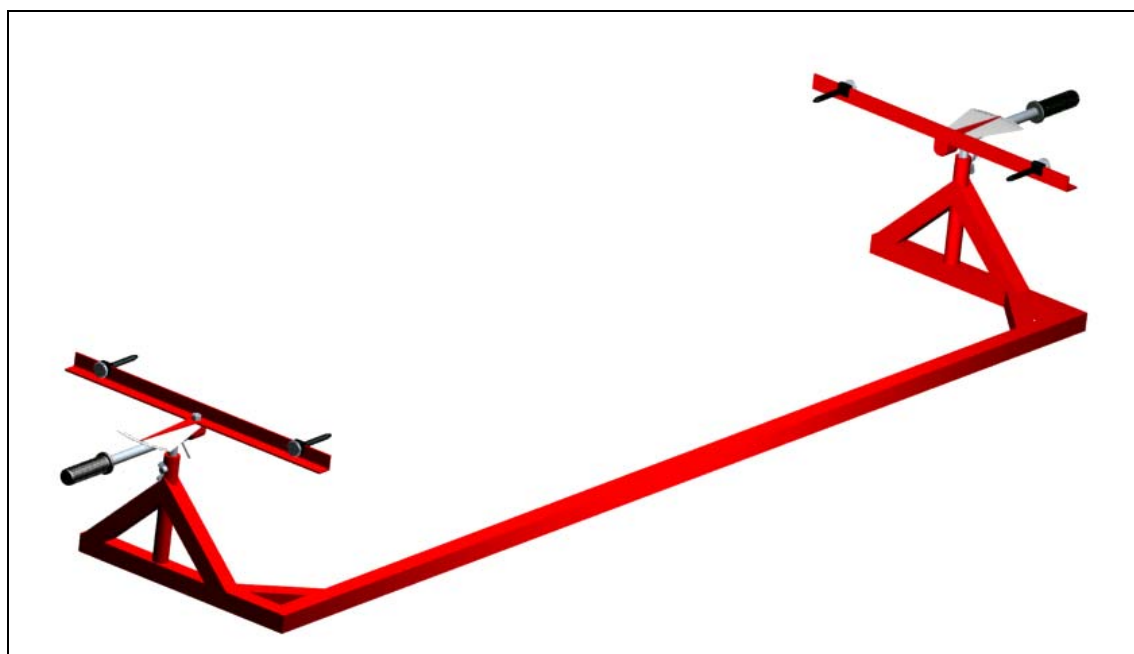
Pre detailnejšie oboznámenie sa s jednotlivými konštrukčnými návrhmi sú k dispozícii modely všetkých plošín V programe Pro Engineer na priloženom DVD.

5. Návrh meracieho zariadenia na meranie geometrie kolies

Táto kapitola sa zaoberá koncepčným návrhom mechanického prístroja na meranie geometrie kolies s využitím hlavne pre závodné automobily. Prvý návrh sa skladá z jednoduchého U rámu, na ktorý je privarený merací prístroj. Druhá varianta pozostáva zo štvoruholníkového rámu s plávajúcimi doskami, ktoré zamedzia napruženiu pneumatík pri meraní a z rovnakého meracieho prístroja ako pravý variant. Posledná podkapitola rozoberá návrh otočných, plávajúcich meracích dosiek.

5.1. Mechanický prístroj na meranie geometrie kolies

Merací mechanizmus tvorí mechanický uhlomer otočný v horizontálnej rovine. Základ prístroja tvorí zvarovaný rám v tvare U zosilnený jednou podperou na každej strane. Je zložený z profilov o rozmeroch 30x30 mm s hrúbkou steny 3 mm. Na základňu je pripevnená trubka s vonkajším priemerom 25 mm. Do vnútra je vyvrtaný otvor s priemerom 16 mm s vedením pre výsuvnú tyč. Zaistenie výsuvnej tyče v požadovanej polohe zabezpečuje krídlová skrutka. K hornej časti výsuvnej tyče je privarené oko, v ktorom sa pohybuje meradlo, ktoré je zaistené v horizontálnej polohe kolíkom. Meradlo má v hornej časti stupnicu, z ktorej sa odčíta hodnota meranej veličiny. K meradlu je cez osadenie pripevnené otočné rameno, ktoré je na oboch koncoch opatrené stupnicou. Podľa nej sa nastaví posuvné dorazy na vzdialenosť odpovedajúcu rozmeru disku vozidla a zaistia sa pomocou skrutky s ryhovanou hlavou. Na **Obr. 5.1** je zobrazený model prístroja z programu Pro Engineer. Detailný model je možné si pozrieť na priloženom DVD.

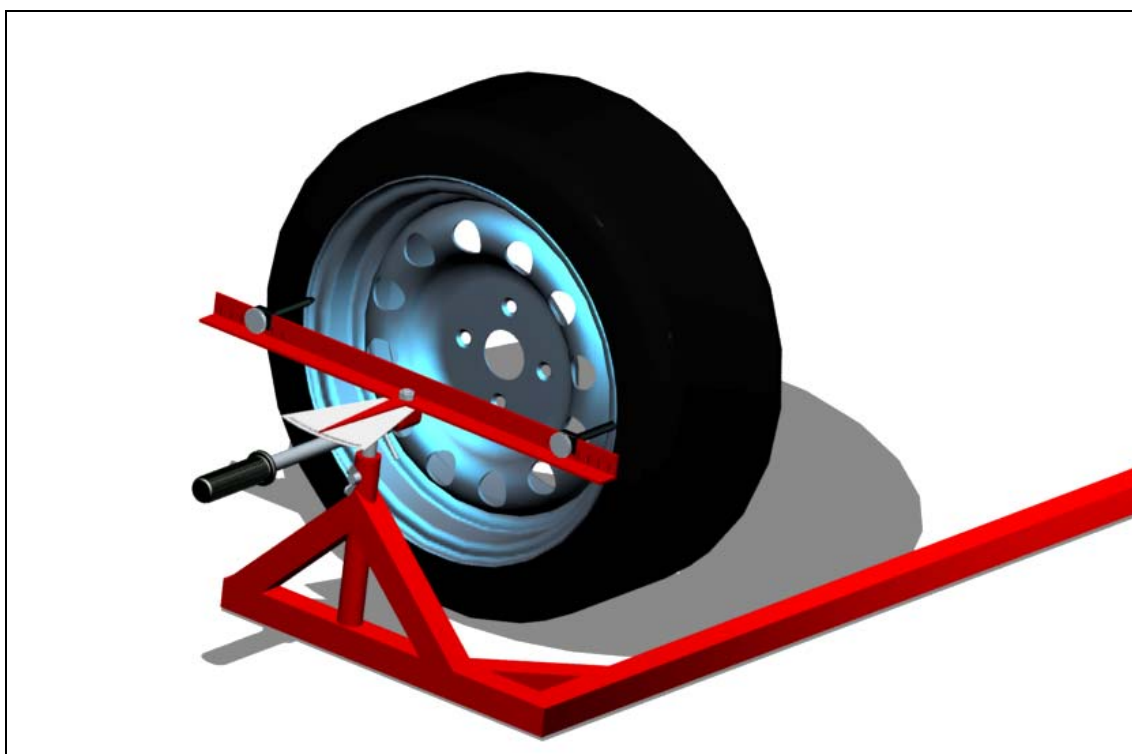


Obr. 5.1 Mechanický merací prístroj

Postup merania

Merací prístroj sa priloží k prednej náprave vozidla. Otočné rameno sa pomocou výsuvnej tyče nastaví do výšky odpovedajúcej ose kolesa a zaistí sa krídlovou skrutkou. Posuvné dorazy sa podľa veľkosti disku nastaví na príslušnú vzdialenosť. Meradlo sa odistí kolíkom a mechanik posúva meradlo smerom ku kolesu až obidva dorazy narazia na disk kolesa. Potom odčíta na stupnici hodnotu meranej veličiny v stupňoch. Prístroj je navrhnutý na meranie geometrie kolies vozidla pre rozmery disku od 13 do 19 palcov.

Možno s ním merať zbiehavosť predných aj zadných kolies, odklon predných aj zadných kolies, zmenu odklonu kolesa v natočení. Keď sa rameno nachádza v horizontálnej rovine meriame zbiehavosť kolies. Otočením ramena o 90° sa zmeria odklon kolesa. Na **Obr. 5.2** je zobrazený merací prístroj pri meraní zbiehavosti kolies.



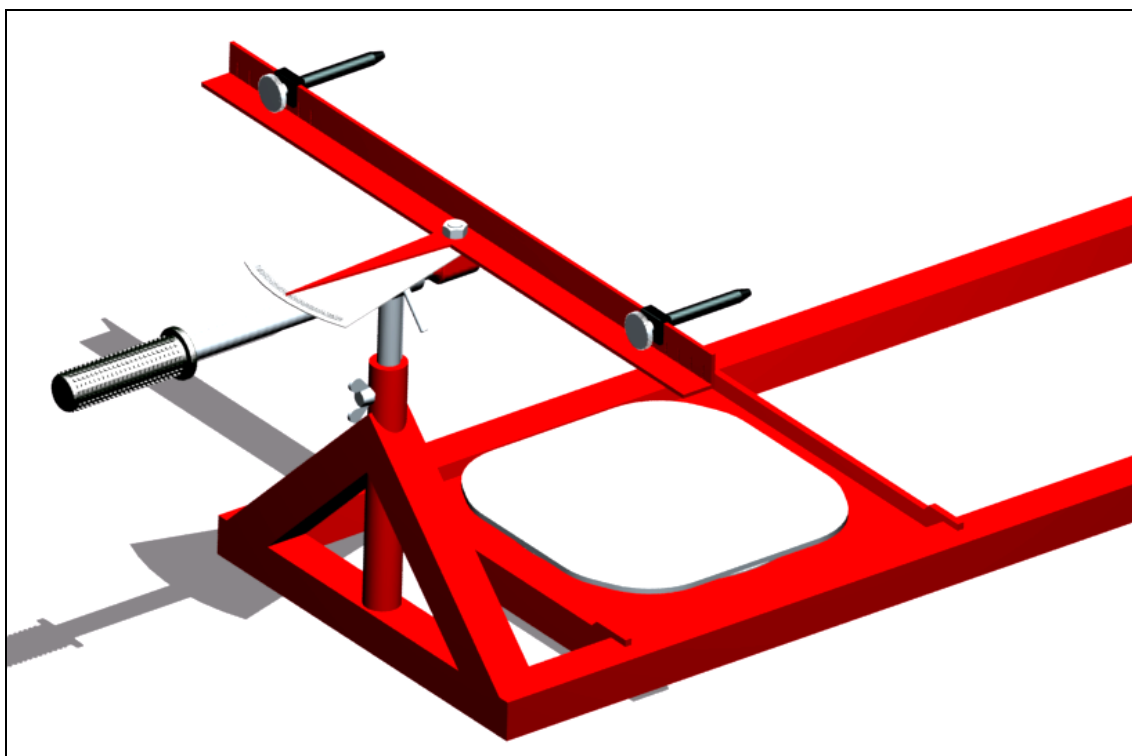
Obr. 5.2 názorná ukážka použitia meracieho prístroja

5.2. Mechanický prístroj na meranie geometrie kolies s plávajúcimi doskami

Merací mechanizmus je tvorený mechanickým uhlomerom otočným v horizontálnej rovine podobne ako u mechanického prístroja popísaného v predchádzajúcej podkapitole. Základňou je štvoruholníkový rám zložený z profilu 30x30 mm s hrúbkou steny 3 mm. K rámu sú pripevnené dva nezávislé mechanické uhloмеры po jednom na každej strane. Detailný popis mechanického uhlomeru je rozpísaný v podkapitole 5.1.

V štvoruholníkovom ráme sú plávajúce dosky, ktoré sa môžu pohybovať po celej jeho dĺžke. Plávajúce dosky sú zložené zo nosnej dosky privarenej k dvom priečnym nosníkom, ktoré

majú úchytky pre umiestnenie plávajúcich dosiek do rámu. Ložisko tvorené dvomi radami pevných guľôčok prenáša silu od vrchnej dosky do nosnej časti a umožňuje vrchnej doske voľný pohyb. Doska má možnosť pohybovať sa v ráme do každého smeru 25 mm. Zo spodnej strany je vrchná doska cez klznú podložku zaistená skrutkou M8.. Na **Obr. 5.3** je zobrazený model prístroja z . Na priloženom DVD je možnosť si pozrieť detailnejšie celý model popisovaného mechanického prístroja.



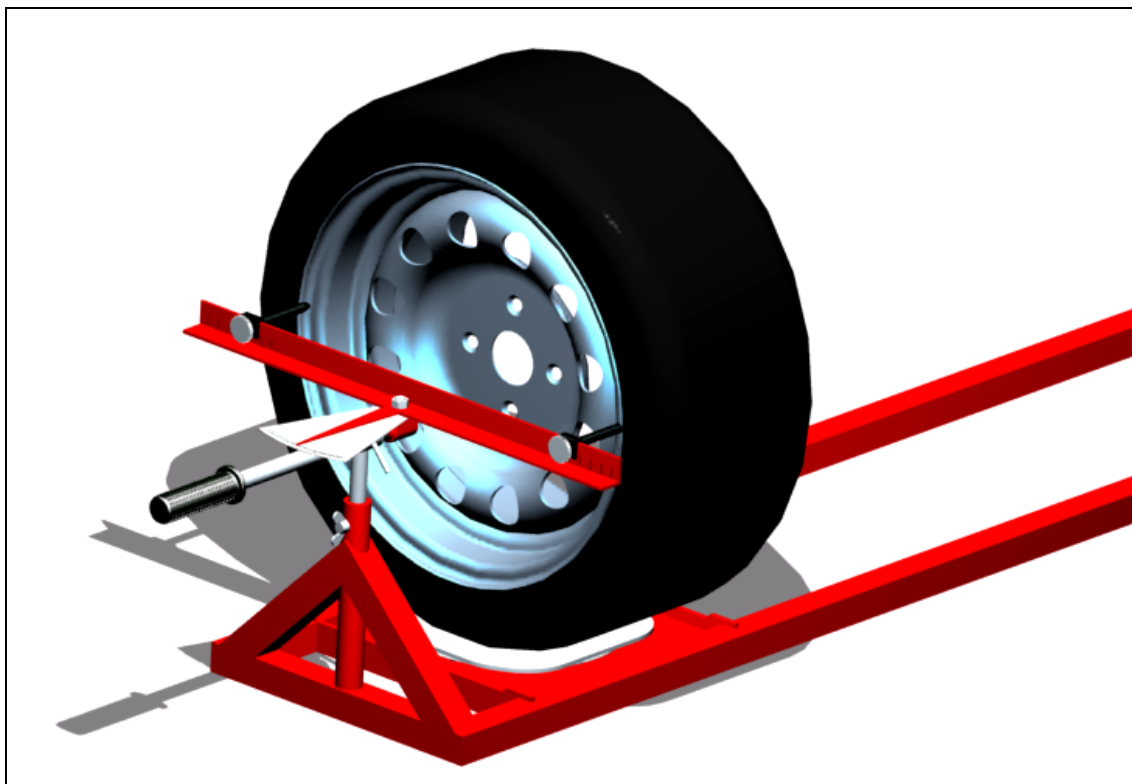
Obr. 5.3 Mechanický merací prístroj

Postup merania

Merací prístroj sa položí na rovnú podlahu. Nastavia sa plávajúce dosky na vzdialenosť odpovedajúcu rozchodu kolies vozidla. Vozidlo vyjde na plávajúce dosky a môže začať kontrola geometrie.

Otočné rameno sa pomocou výsuvnej tyče nastaví do výšky odpovedajúcej ose kolesa a zaistí sa krídlovou skrutkou. Posuvné dorazy sa podľa veľkosti disku nastaví na príslušnú vzdialenosť. Meradlo sa odistí kolíkom a mechanik posúva meradlo smerom ku kolesu, až obidva dorazy narazia na disk kolesa. Potom odčíta na stupnici hodnotu meranej veličiny v stupňoch. Možno s ním merať zbiehavosť predných aj zadných kolies, odklon predných aj zadných kolies a zmenu odklonu kolesa v natočení. Na **Obr. 5.4** je zobrazený merací prístroj pri meraní zbiehavosti kolies s použitím plávajúcich dosiek

Menšou nevýhodou takéhoto usporiadania je naklonenie vozidla. Predná časť je postavená na plávajúcich doskách a zadná na podlahe. Možným riešením je podloženie zadných kolies doskou s hrúbkou 30 mm rovnomennou s výškou rámu s plávajúcimi doskami.



Obr. 5.4 Mechanický merací prístroj

5.3. Plávajúce otočné dosky

Plávajúce dosky sú neodmysliteľnou súčasťou presnej kontroly geometrie kolies vozidla. Ich hlavnou úlohou je minimalizovať nepresnosť merania od napružených pneumatík. A tiež merať uhol natočenia kolies.

Nosnú časť koncepčného návrhu tvorí základová doska, ktorá má na spodnej strane vedenie v pozdĺžnom smere. Do tohto vedenia sa vloží posuvná klzná časť s vedením na spodnej a hornej strane. V jednom behá základová doska a v druhom bežec zakončený šípkou, ktorá odčíta hodnotu natočenia kolies na stupnici. Tento mechanizmus zaisťuje voľný pohyb vrchnej dosky a tiež umožňuje zmerať natočenie kolesa vo všetkých miestach pohybu dosky.

Pohyb základovej vrchnej dosky zabezpečuje ložisko tvorené dvomi radami guľôčok uložených v znitovanej kleci. Centrovanie ložiska v strede dosky je zabezpečené krúžkom navlečeným na skrutku vrchnej dosky. Posuv ložiska s doskou zaisťujú štyri pružinky.

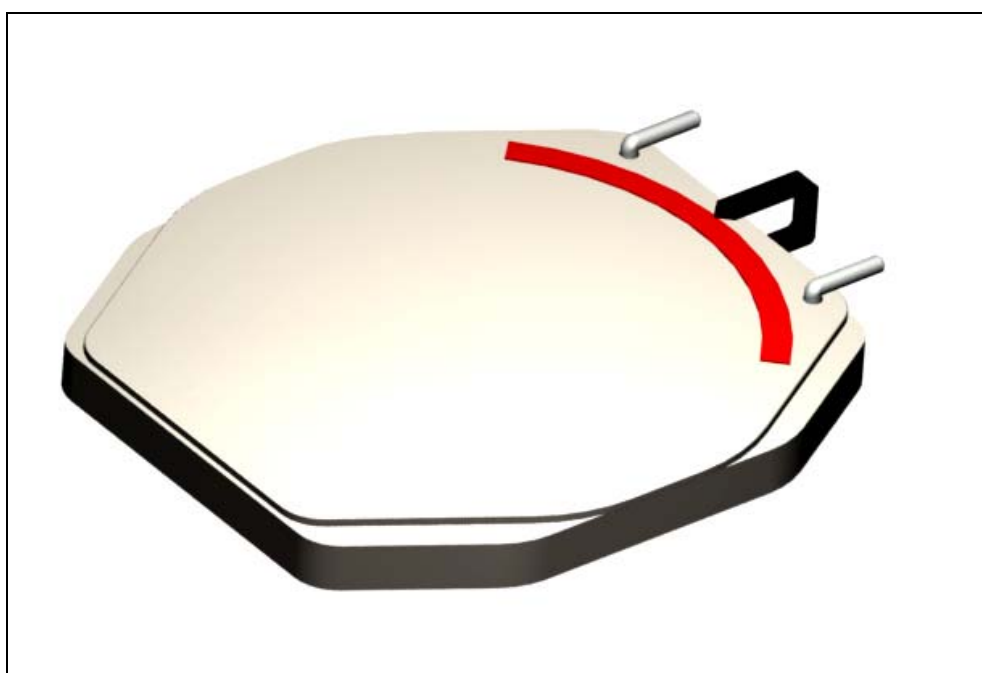
K správnej činnosti plávajúcich dosiek sú potrebné ešte dva kolíky, ktoré zaisťujú plošinu proti pohybu pri nájazde vozidla. Na *Obr.5.5* sú zobrazené všetky časti plošiny samostatne a *Obr. 5.6* znázorňuje zloženú plávajúcu dosku. K detailnejšiemu pohľadu na všetky časti slúži model plávajúcich dosiek umiestnený na priloženom DVD.



Obr. 5.5 súčiastky plávajúcej plošiny

Postup merania

Meranie s plávajúcimi doskami je pre užívateľa veľmi jednoduché. Zariadenie sa umiestni do vybratia zdviháku alebo mobilnej plošiny. Pomocou kolíkov sa zamedzí pohybu dosiek a vozidlo vyjde na plávajúce dosky. Následne sa kolíky vyberú a vozidlo sa nechá ustátiť. Pre lepšie vymedzenie odchýlok merania je vhodné s vozidlom pohybať. Potom s pomocou meracích prístrojov mechanik zmeria požadované parametre geometrie vozidla.



Obr. 5.6 plávajúce otočné dosky

6. Závěr

Táto diplomová práca mala za cieľ oboznámiť čitateľa s koncepčným návrhom mobilnej plošiny a mechanického meracieho prístroja používaných na kontrolu geometrie kolies súťažných automobilov. V prvej kapitole sú stručne rozobrané základné požiadavky na riadenie vozidla a vysvetlené hlavné pojmy popisujúce geometriu vozidla na osobnom automobile. Druhá časť sa zaoberá popisom v súčasnosti používaných meracích zariadení pre osobné vozidlo a taktiež pre závodné automobily.

V ďalšej časti sú rozobrané štyri koncepčné návrhy mobilnej plošiny na meranie geometrie kolies so stručným popisom a postupom merania. Na každom variante je prevedená analýza napätosti a deformácie. Výsledok analýzy preukázal, že hodnota napätia u navrhovaných koncepcií nepresiahla s určitou bezpečnosťou hodnotu medze klzu. Medza klzu pre zvolenú hliníkovú zliatinu je 140MPa. Posledná kapitola sa zaoberá návrhom mechanického prístroja na meranie základných parametrov geometrie a návrhom plávajúcich otočných dosiek.

Prvý návrh mobilnej plošiny je tvorený dvojicou pozdĺžnych rámov. Toto prevedenie umožňuje kontrolovať geometriu kolies u veľkého spektra vozidiel bez nutnosti meniť pozíciu nastavenej plošiny. Automobil jednoducho vybehne na vyrovnanú plošinu a je pripravený na kontrolu geometrie. Kontrola deformácie preukázala maximálny priehyb rámu 0,38 mm, čo je veľmi dobrá hodnota, ktorá minimálne ovplyvní výsledok merania. Menšou nevýhodou je vyššia cena (12803 Kč) a hmotnosť (90,45 kg), najvyššia zo všetkých štyroch návrhov.

Dvomi priečnymi ráhami je tvorený druhý návrh mobilnej plošiny, ktoré sú spojené prejazdom. Najvýznamnejšou nevýhodou takéhoto usporiadania je nutnosť meniť dĺžku prejazdu a opätovne nastaviť horizontálnu rovinu plošiny pri meraní vozidiel s rozdielnym rázvorom náprav. Znižuje sa tým efektívnosť a univerzálnosť. Naopak výhodou sú menšie prepravné rozmery a menšia hmotnosť (70,2 kg) aj cena (10227 Kč) v porovnaní s prvým variantom.

Tretí a štvrtý variant tvoria štyri samostatne stojace plošiny, ktorých základ tvorí štvoruholníkový, resp. trojuholníkový rám. To nám umožňuje kontrolovať všetky vozidlá bez obmedzenia rázvorom a rozchodom kolies vozidla. Veľkou výhodou je kompaktná konštrukcia, nízka hmotnosť (6,13 kg), resp.(5,12 kg) a cena (2504 Kč), resp. (1934 Kč). Ďalším plusom obidvoch variantov je malá deformácia, ktorá neprekročila hodnotu 0,1 mm a môžeme povedať, že takmer vôbec neovplyvňuje meranie. Naopak nevýhodou autor vidí v nutnosti použitia zdviháku pre umiestnenie vozidla na pripravené plošiny a v komplikovanejšom postupe nastavenia horizontálnej roviny.

Návrh mechanického prístroja na meranie základných parametrov geometrie kolies uvažuje s dvomi variantmi usporiadania základného rámu. Prvý popisuje prístroj postavený na ráme v tvare U. Výhodou je rýchla príprava merania, naopak nevýhodou je nepresnosť vnesená od napružených pneumatík. Tento nedostatok rieši druhý variant prístroja, ktorý má štvoruholníkový rám, v ktorom sú umiestnené plávajúce dosky. Meranie je užívateľsky veľmi jednoduché a mechanik odčíta hodnotu meranej veličiny priamo zo stupnice. Navrhnuté otočné plávajúce dosky negujú nepresnosť merania vyplývajúcu z napružených pneumatík. A umožňujú meranie uhlu natočenia kolies.

Ako aj z obsahu práce vyplýva, geometria kolies vozidla je obsiahla problematika s významným dopadom na správanie sa vozidla na ceste a komfort jazdy. U závodných

automobilov je alfou a omegou dosiahnutia rýchlejšieho času ako konkurencia. K jej rýchlej a spoľahlivej kontrole môžu poslúžiť aj návrhy spracované v tejto práci.

Ďalšie pokračovanie tejto práce by malo smerovať k výberu jednej varianty mobilnej plošiny najvhodnejšej pre zvolený typ vozidla, vypracovanie výkresovej dokumentácie z modelu vyhotoveného v programe Pro Engineer a postupu výroby.

7. Zoznam použitých zdrojov

- [1] ČUPERA, J.: *Diagnostika motorových vozidel I*. 1. vydání. Brno: Nakladatelství Avid, s.r.o., 2007. ISBN 978-80-903671-9-7
- [2] VLK, F.: *Podvozky motorových vozidel 3. aktualizované vydání*. 1. vydání. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2006. ISBN 80-239-6464-X
- [3] VLK, F.: *Diagnostika motorových vozidel*. 1. vydání. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2006. ISBN 80-239-7064-X
- [4] VÉMOLA, A.: *Diagnostika automobilu I. díl. 1. vydání*. Brno: Nakladatelství Littera PhDr. Karel Kovařík, 2006. ISBN 80-85763-31-1
- [5] KUBJATKO, C. – IVÁNEK, P. – LIŠČÁK, Š.: *Technická prevádzka a opravy automobilov I*. 2. vydanie. Žilina: EDIS – vydavateľstvo ŽU, 1998. ISBN 80-7100-497-9
- [6] STODOLA, J.: *Diagnostika motorových vozidel – sylaby k prednáškam*. Brno, 2003.
- [7] LAZÁR, M. – *Údržba a oprava cestných vozidiel – sprievodný text k metodickej pomôcke*. Košice, 2008.
- [8] F1.SK. *Nedotáčavosť a pretáčavosť* [online]. 2005, [cit. 16.11. 2008]. Dostupné na: <<http://www.f1.sk/spravy/?id=10480>>
- [9] Autolexicon. *Záklon rejdové osy a závlek* [online]. 2008, [cit. 25.11. 2008]. Dostupné na: <<http://cs.autolexicon.net/articles/zaklon-rejdove-osy-a-zavlek>>
- [10] KOCH Achsmesßanlage "NC-27"[online]. 2005, [cit. 10.1. 2009]. Dostupné na: <http://www.hartje.de/autoteile/bilder_aktuell/Hartje%20Aktuell/werkstatt/broschure.htm>
- [11] Univer. *Motex 7610*[online]. [cit. 23.1. 2009]. Dostupné na: <<http://www.univer.cz/detail.php?id=301>>
- [12] FECO. *Visualiner PRISM* [online]. 2008, [cit. 23.1. 2009]. Dostupné na: <http://www.feco.sk/geometria/jb_prism.html>
- [13] Beissbarth microline ML5000 [online]. 2005, [cit. 21.2. 2009]. Dostupné na: <<http://www.aetechnologiesinc.com/ml5000.htm>>
- [14] Auto expert. *Bezdotykové měření geometrie* [online]. 2007, [cit. 21.2. 2009]. Dostupné na: <<http://www.autopress.cz/archiv-clanku/bezdotykove-mereni-geometrie>>
- [15] SPITEC. *S výřezami 4,3 metrový APAC 1522BL* [online]. 2006, [cit. 24.2. 2009]. Dostupné na: <http://www.spitec.sk/produkt.php?kat=2&sub1=9&id=101>>
- [16] RPJ International. *Zippo – 4 – sloupové zvedáky* [online]. 2007, [cit. 24.2. 2009]. Dostupné na: <<http://www.rpj.cz/servis/zvedaky/4-sloupove/zippo.html>>
- [17] Currys auto service. *Wheel Alignment* [online]. 2009, [cit. 28.2. 2009]. Dostupné na: <<http://www.currysauto.com/Articles/wheel-alignment.htm>>
- [18] Smart racing. *SmartStrings on a Porsche 911* [online]. 2006, [cit. 5.3. 2009]. Dostupné na: <http://www.smarttracingproducts.com/photos_smartstrings1.htm>

- [19] Circle track. *Ford taurus race car front view* [online]. 2009, [cit. 5.3. 2009]. Dostupné na: <http://www.circletrack.com/techarticles/rear_end_measurement_alignment/photo_03.html>
- [20] RPM. *How to I use RPM toe-In Gauge*. [online]. 2006, [cit. 8.3. 2009] .Dostupné na: <<http://www.rpmrcproducts.com/faq/toegauge.htm>>
- [21] Classic Trucks. Toe – in alignment plates [online]. 2009, [cit. 8.3. 2009]. Dostupné na: <http://www.classictrucks.com/tech/0601cl_heidts_alignment_plates/index.html>
- [22] Advantage whell alignment. *Camber and castor gauge* [online]. 2009, [cit. 9.3. 2009]. Dostupné na: <http://www.advantagewheelalignment.com/camber_gauge.html>
- [23] Gardner Douglas. *GD 427* [online]. 2007, [cit. 9.3. 2009] .Dostupné na: <http://str-427-cobra.blogspot.com/2007_03_01_archive.html>
- [24] MK technologies procuts [online]. 2009,[cit. 11.3. 2009].Dostupné na: <<http://www.mktechnologies.com/products/products.htm>>
- [25] Kenyon racing. *Totalchassis alignment* [online]. 2007, [cit. 11.3. 2009] .Dostupné na: <<http://www.kenyonracing.com/whatsnew.asp>>
- [26] ISA racing. *Longacre* [online]. 2009, [cit. 20.3. 2009] .Dostupné na: <<http://www.isa-racing.de/20091/webseiten/Seite-277.htm>>
- [27] ALUNET. *Hliníkové profily a komponenty* [online]. 2007, [cit. 10.4. 2009] .Dostupné na:<<http://www.alunet.cz/>>
- [28] ELESA+GANTER. *Levelling elements* [online]. 2005, [cit. 15.4. 2009] .Dostupné na:<http://www.elesa-ganter.com/catalogo_prodotti_cs_2_20_11.aspx>

8. Zoznam použitých skratiek a symbolov

A	[mm]	vzdialenosť ráfikov pred nápravou
B	[mm]	vzdialenosť ráfikov za nápravou
R	[mm]	teoretický polomer otáčania
l	[mm]	rázvor náprav
O _s	[-]	skutočný stred otáčania
O _t	[-]	teoretický stred otáčania
t _o	[mm]	vzdialenosť osí čapov otáčania
n _k	[mm]	závlek
α	[-]	zbiehavosť kolies
α ₁	[-]	smerová úchylka ľavého predného kolesa
α ₂	[-]	smerová úchylka pravého predného kolesa
α ₃	[-]	smerová úchylka ľavého zadného kolesa
α ₄	[-]	smerová úchylka pravého predného kolesa
β ₁	[-]	uhol natočenia vonkajšieho kolesa
β ₂	[-]	uhol natočenia vnútorného kolesa
γ	[-]	odklon kolesa
δ	[-]	príklon čapu riadenia
τ	[-]	záklon čapu riadenia