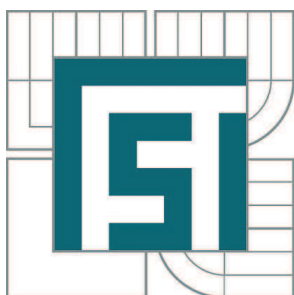


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ GEOMETRIE KOL

WHEEL ALIGNMENT MEASURING SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KAMIL KLIŠ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR HEJTMÁNEK

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Kamil Kliš

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Zařízení pro měření geometrie kol

v anglickém jazyce:

Wheel Alignment Measuring Systems

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vytvořte ucelený přehled zařízení určených pro měření geometrie kol motorových vozidel. Zaměřte se zejména na moderní systémy a postupy využívaných při měření geometrie.

Cíle bakalářské práce:

- Definujte základní parametry geometrie kol.
- Popište jednotlivé typy měřících zařízení s ohledem na způsob měření.
- Vzájemně porovnejte základní metody měření, uveďte výhody a nevýhody.
- Shrňte moderní trendy a vývoj zařízení pro měření geometrie kol.

Seznam odborné literatury:

[1] VLK, F. Diagnostika motorových vozidel. ISBN 80-239-7064-X, Nakladatelství VLK, Brno 2006.

[2] VLK, F. Podvozky motorových vozidel. ISBN 80-239-6464-X, Nakladatelství VLK, Brno 2006.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Hejtmánek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 4.11.2010

L.S.



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan



ABSTRAKT

Kamil Kliš

Zařízení pro měření geometrie kol

BP, ÚADI, 2011, str. 45, obr. 37

Bakalářská práce se zabývá problematikou zařízení pro měření geometrie kol. V úvodu bakalářské práce jsou uvedeny základní parametry geometrie podvozku vozidla. Následně jsou popsána jednotlivá zařízení pro měření geometrie kol. Poslední části jsem se zabýval moderními trendy a vývojem zařízení pro měření geometrie kol.

KLÍČOVÁ SLOVA

nastavení geometrie kol, sbíhavost, odklon kola, příklon rejdové osy, záklon rejdové osy, bezdotykové měření kol, kamerový systém, 3D geometrie, měřicí zařízení, křivka sbíhavosti

ABSTRACT

Wheel alignment measuring systems

BP, ÚADI, 2011, p. 45, fig. 37

This bachelor thesis deals with issues of wheel alignment measuring systems. The prime chapter of this bachelor thesis specifies the basic parameters of the wheel suspension geometry. In the next chapter of wheel alignment measuring systems are described. In the final chapter I was dealing with development of the measuring devices and modern trends.

KEYWORDS

wheel alignment, toe-in, camber, kingpin inclination, caster, contactless measuring wheel, camera system, 3D alignment



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KLÍŠ, K. *Zařízení pro měření geometrie kol*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 45 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Hejtmánek



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 27. května 2011

.....

Jméno a přímení



PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Hejtmánkovi za pomoc a cenné rady při vypracování bakalářské práce.



OBSAH

Úvod	9
1 Historie měření geometrie	10
2 Základní pojmy a vztahy	11
2.1 Přehled	11
2.2 Definice a význam základních parametrů	11
2.2.1 Odklon kola	12
2.2.2 Příklon rejdové osy	12
2.2.3 Poloměr rejdu	13
2.2.4 Záklon rejdové osy	15
2.2.5 Sbíhavost kol	16
2.2.6 Souběžnost náprav	17
2.2.7 Diferenční úhel	17
3 Měření geometrie náprav	19
3.1 Předpoklady pro správné měření	19
3.2 Požadavky na přesnost měření	19
3.3 Předběžná kontrola	19
4 Pracovní postup při vlastním měření	20
4.1 Závazný sled pracovních úkonů:	20
4.2 Zásadní způsob měření jednotlivých parametrů	20
5 Přístroje a zařízení k měření a ke kontrole geometrie náprav	21
5.1 Přehled a rozdělení	21
5.2 Přístroje a zařízení pracující na mechanickém principu	21
5.3 Přístroje a zařízení používající optické projekce a přístroje opticko-mechanické	23
5.4 Přístroje a zařízení opticko-mechanické	24
5.5 Přístroje opticko-elektrické a přístroje elektronické	26
5.6 Přístroje elektrodynamické	26
6 Bezdotykové měření geometrie	28
6.1 ATT/Nussbaum	28
6.1.1 Zvedák se systémem SST	28
6.1.2 Barevně kódované vyměřování CCT	29
6.1.3 Automatické měření	29
6.1.4 Postup měření u systému ATT/Nussbaum:	29
6.1.5 Výhody ATT/Nussbaum	30
6.2 Beissbarth	30
6.2.1 Měřicí systém	30



6.2.2	CCD Kamery	31
6.2.3	Software Oracle	31
6.2.4	Princip měření	31
6.2.5	Výhody měřicího systému Beissbarth:	31
7	Kamerové systémy	32
7.1	Odrazové terče	32
7.2	Montáž terčů a kompenzace házivosti	33
7.3	Výhody kamerových systému	33
7.4	Nevýhody	33
7.5	Popis kamerových systémů	34
7.5.1	Hunter	34
7.5.2	Corgi	35
8	3D Měření geometrie kol	37
8.1	Jak to funguje?	37
8.2	Základní charakteristika Bosch FWA 4630:	38
8.2.1	Bosch FWA 4630:	38
9	Uspořádání pracoviště k měření a ke kontrole geometrie kol	39
10	Změny hodnot geometrie přední nápravy v závislosti na propružení vozidla	40
10.1	Křivka sbíhavosti	40
10.2	Kinematiky prostorově řízené nápravy	42
Závěr		43
Použité informační zdroje		44
Seznam použitých zkratk a symbolů		45



ÚVOD

Tématem, pro svou bakalářskou práci jsem se vybral zařízení pro měření geometrie kol. Již v minulosti jsem se s některými zařízeními v praxi setkal a nadále sleduji vývoj moderní technologie zařízení. V dnešní době přitom patří geometrie kol mezi základní konstrukční nastavení vozidel.

V úvodu bakalářské práce byly popsány základní parametry geometrie kol, dále způsoby měření popřípadě seřízení těchto parametrů a vysvětlení pozitivních a negativních účinků při špatném seřízení. Také byly uvedeny předpoklady a požadavky pro správné měření geometrie.

Ve druhé části práce byly popsány jednotlivé typy měřících zařízení s ohledem na způsob měření a vzájemně porovnány základní metody měření. Tato kapitola byla velmi zajímavá z technického hlediska, jelikož je v ní uvedeno, jak tyto typy zařízení dokážou pracovat.

V poslední části bakalářské práce jsou shrnuty moderní trendy a vývoj zařízení pro měření geometrie kol. Bylo popsáno měření pomocí 3D technologie, kamerových systému a bezdotykového měření geometrie kol. Jsou zde uvedeny hlavní části, výhody a nevýhody a také vysvětlení principu měření geometrie kol na jednotlivých zařízeních. V závěru práce byly zmíněny změny hodnot geometrie přední nápravy v závislosti na propružení vozidla.



1 HISTORIE MĚŘENÍ GEOMETRIE

Měření geometrie kol se začalo vyvíjet kolem 30. let minulého století. Tehdejší mechanické systémy se postupně vyvíjely ve stále dokonalejší a na ovládání jednodušší zařízení. Mechanický systém vystřídal v 50. letech systém se světelným paprskem promítaným pomocí přístrojů namontovaných na kolech automobilu. Koncem 70. let se začíná vyvíjet počítačová technika užívaná pro seřízení geometrie kol. Počátkem 80. let byl tento pokrok ještě dokonalejší, neboť počítače byly vybaveny grafickými displeji a k používání sloužily i první databáze technických údajů výrobců pro seřízení geometrie. V roce 1993 byla zavedena tzv. bezdrátová komunikace mezi měřicími hlavami umístěnými na kolech automobilu a vyhodnocovacím zařízením. O 10let později se dostává na trh technika kamerových systémů využívajících digitálního obrazu a nahrazuje tak elektronické kolové snímače odolnými odrazovými terči montovanými na kola automobilu. Paralelně s posledně zmíněnými systémy vznikal další způsob měření, tzv. bezdotykové měření geometrie.



2 ZÁKLADNÍ POJMY A VZTAHY

2.1 PŘEHLED

Kola motorového vozidla, jedoucího po vozovce, teoreticky vykonávají pouze valivý pohyb. To je nutné proto, aby:

- motorové vozidlo mělo při jízdě náležitou stabilitu,
- opotřebení pneumatik bylo co nejmenší,
- zatížení ložisek kol vozidla bylo optimálně rozděleno,
- bylo možné spolehlivě vést kolo po vozovce v žádané stopě.

Výše uvedený požadavek valení kola se v praxi splňuje konstrukčním řešením, které v podstatě spočívá v určitém, pro každý druh a typ vozidla, geometricky přesně stanovené uložení kola a rejdového čepu.

Geometrie náprav motorového vozidla je určena parametry dle [1]:

U řízené nápravy:

- odklon kola,
- záklon rejdové osy,
- příklon rejdové osy,
- sbíhavost kol,
- diferenční úhel rejdu,
- maximální úhel rejdu.

U neřízené nápravy:

- odklon kola,
- sbíhavost kol.

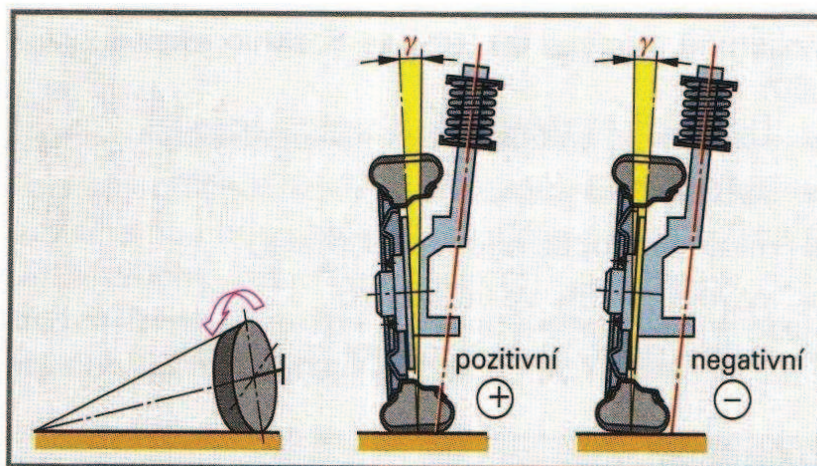
Kromě těchto parametrů má na měření (a jízdu) vliv souběžnost náprav, souměrná poloha kol přední a zadní nápravy a házivost kol.

2.2 DEFINICE A VÝZNAM ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ

Uvedené parametry jsou definovány v poloze kol pro jízdu v přímém směru. Tato orientace vozidla je i jednou ze základních podmínek správného měření.

2.2.1 ODKLON KOLA

Dle [2] je odklon kola γ je úhel, o který je odkloněna střední rovina otáčení kola od svislé roviny proložené stopou střední roviny kola na základně. Tento úhel se považuje za pozitivní, směřuje-li horní část kola ven od podélné svislé střední roviny vozidla, jestliže se naklání dovnitř, odklon je brán jako negativní.



Obr. 2.1 Pozitivní a negativní odklon kola [3]

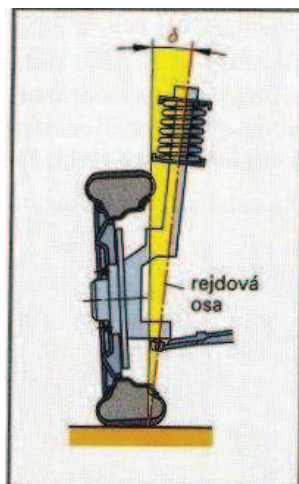
Pozitivní odklon (**obr. 2.1**) způsobuje kuželové odvalování. Kolo má sklon vychylovat se ven (vybočovat). Pozitivní odklon kola ovlivňuje větší zatížení vnitřních ložisek nábojů kol. Čím větší je pozitivní odklon, tím menší jsou boční vodící síly při projíždění zatáčkou.

U negativního odklonu (**obr. 2.1**) kvůli kuželovému odvalování má kolo sklon k tomu, aby se vychylovalo dovnitř. Negativní odklon zlepšuje boční vedení při projíždění zatáček, ale způsobuje větší opotřebení pneumatik na vnitřní straně běhounu pneumatik. Negativní odklon kola vytváří při zatáčení přídavnou boční sílu a tím lze zvyšovat jízdní meze automobilu např. maximální rychlost průjezdu danou zatáčkou, nebo upravovat jízdní vlastnosti vozu.

Z uvedeného je patrné, že číselná hodnota odklonu kola musí být v praxi volena v určitých mezích. Tyto meze jsou poměrně malé a závisí na druhu a typu vozidla. Tuto hodnotu udává výrobce vozidla. U nákladních automobilů bývá hodnota odklonu kola větší než u osobních vozidel. Výsledná hodnota odklonu kola je u sériových automobilů výsledkem kompromisu mezi jízdními vlastnostmi a opotřebením.

2.2.2 PŘÍKLON REJDOVÉ OSY

Příklon rejdové osy σ (**obr. 2.2**) je dle [2] úhel, který svírá průmět osy rejdového čepu a svislice do roviny kolmé na podélnou svislou střední roviny vozidla. Tento úhel se považuje za kladný, směřuje-li horní konec rejdového čepu dovnitř (směrem k podélné ose vozidla). Obvykle je příklon rejdové osy od 5° do 10° .



Obr. 2.2 Příklon rejdivé osy [3]

Příklon rejdivé osy spolu s odklonem kola vytváří kombinovaný úhel, který působí ve své optimální hodnotě příznivě na stabilitu vozidla. Při správně voleném příklonu rejdivého čepu vznikají při jízdě vozidla momenty, které ovlivňují návrat volantem natočených kol do přímého směru jízdy.

Kombinovaný úhel je u jednoho a téhož vozidla konstantní, a jehož velikost při stlačení i uvolnění pružicích prvků zůstává stejná. Pokud se příklon rejdivé osy γ zmenší, zvětší se odklon a obráceně. Toho se někdy využívá při kontrole obou uvedených parametrů.

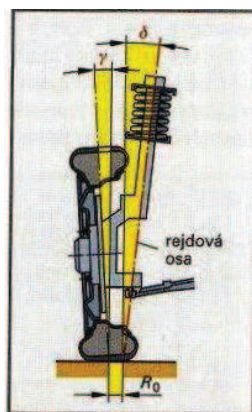
2.2.3 POLOMĚR REJDU

Poloměr rejdu R_0 je rameno páky, na kterém působí třecí síly mezi středem plochy dotyku a pneumatikou a vozovkou (**obr. 2.3**). Měří se mezi středem plochy dotyku pneumatiky a bodem průniku prodloužené osy otáčení vozovkou viz. [3].

Příklon a odklon tvoří společně poloměr rejdu. Rozlišujeme:

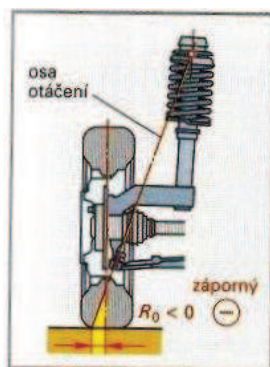
- pozitivní poloměr rejdu,
- nulový poloměr rejdu,
- negativní poloměr rejdu.

Pozitivní poloměr rejdu (**obr.**) nastává, když prodloužená rejdivá osa protíná vozovku mimo střed plochy dotyku pneumatiky směrem k vnitřní straně pneumatiky. Pokud působí na pneumatiku brzdící síla, vybočuje kolo ven. Při různé přilnavosti kol vybočuje kolo s lepší přilnavostí více ven, vozidlo táhne šikmo. Poloměr rejdu má být menší, aby ovlivňování řízení vnějšími silami bylo co nejmenší.



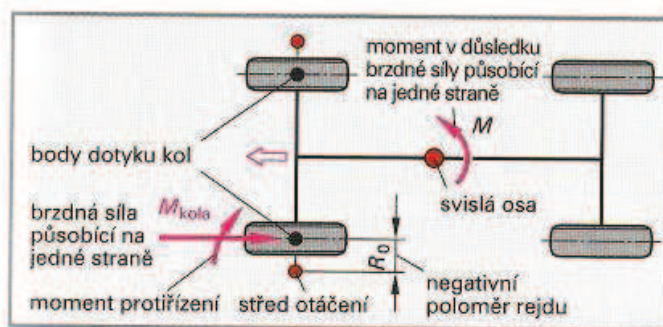
Obr. 2.3 Pozitivní poloměr rejdu [3]

U negativního poloměru rejdu prodloužená osa protíná vozovku mimo střed plochy dotyku pneumatiky směrem k vnější straně pneumatiky (**obr. 2.4**).



Obr. 2.4 Negativní poloměr rejdu [3]

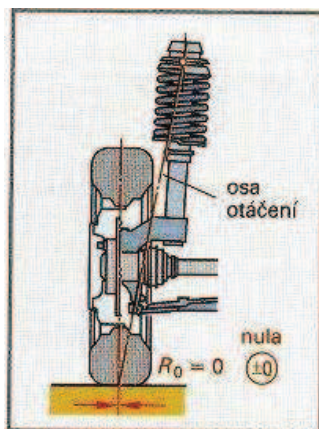
Negativní poloměr rejdu je umožněn použitím kol s velkým prohloubením a kotoučových brzd s plovoucím třmenem. Brzdné síly působící na kolo vytvářejí točivý moment, který kolo vpředu zatáčí k vnitřní straně, neboť střed otáčení leží na vnější straně pneumatiky. Pokud se vyskytnou při brzdění rozdílné adhezní podmínky (jedno kolo je na suché, druhé na zledovatělé jízdni dráze), je kolo s větší adhezní silněji natáčení směrem dovnitř. Tím vzniká samočinnné protirízení, které působí proti snaze vozidla táhnout ke straně silněji brzděného kola (**obr. 2.5**).



Obr. 2.5 Účinek negativního poloměru rejdu [3]



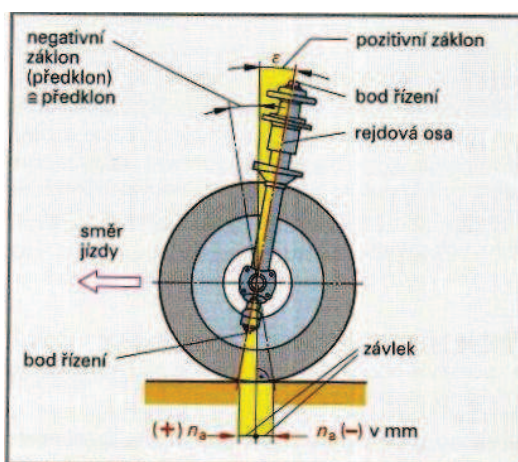
Nulový poloměr rejdu nastává, když prodloužená rejdová osa protíná vozovku přesně ve středu plochy dotyku pneumatiky (**obr. 2.6**).



Obr. 2.6 Nulový poloměr rejdu [3]

2.2.4 ZÁKLON REJDOVÉ OSY

Záklon rejdové osy (někdy též označován jako záporný předklon rejdové osy). Označuje se τ . Je úhel, který svírá průmět osy rejdového čepu a svislice do roviny rovnoběžné s podélnou svislou střední rovinou vozidla (**obr. 2.7**). Tento úhel dle [2] se považuje za kladný, směřuje-li horní konec rejdového čepu dozadu (směrem proti jízdě vozidla).



Obr. 2.7 Záklon rejdového čepu [3]

Prodloužená osa rejdového čepu protíná vozovku v určité vzdálenosti před teoretickým bodem styku kola s vozovkou, tím vzniká rameno síly (tzv. závlak kola) a příslušný moment způsobuje, že řízená kola natáčená do oblouku mají tendenci k návratu do přímého směru jízdy.

Závlek kola n_a je tvořen vzdáleností mezi průsečíkem rejdové osy s rovinou vozovky a středem styku pneumatiky promítnuté do roviny rovnoběžné s podélnou rovinou vozidla (**obr. 2.7**). Závlek kola je uvažován kladně, je-li průsečík před středem styku pneumatiky a záporně je-li za ním.



Pozitivní závlek nastává, když bod dotyku kola se nachází za průsečíkem rejdové osy na vozovce. Pozitivním záklonem se kola táhnou. To se používá u automobilů s pohonem zadních kol. Dochází tím ke stabilizaci řízení. U pozitivního záklonu se při natočení kol sníží kolo uvnitř oblouku a kolo vně oblouku se zvedne. Tím vznikne vratný moment řízení po projetí oblouku. Navíc se dosáhne negativního odklonu kola vně oblouku.

Negativní záklon (předklon). Bod dotyku kola se nachází před bodem dotyku rejdové osy na vozovce. U vozidel s pohonem předních kol se používá nulový nebo malý negativní záklon. To způsobuje zmenšení řídící sil a zabraňuje příliš rychlému otáčení kol po projetí oblouku zpět do polohy pro přímou jízdu.

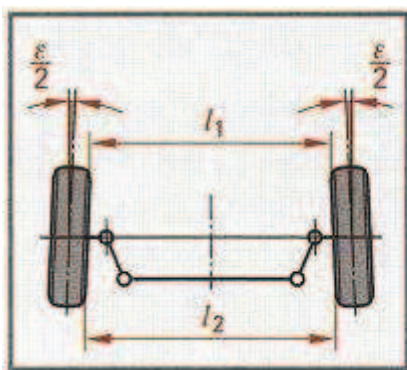
Záklon, příklon a poloměr rejdu společně ovlivňují řídící síly na natočených kolech. Působí na řízení stabilizačně.

Podobně jako odklon kola je i příklon a záklon rejdové osy co do optimální číselné hodnoty předepisován výrobcem vozidla, s poměrně malými tolerancemi u jednotlivých druhů a typů vozidel. Příklon a záklon rejdové osy jsou většinou fixní hodnoty.

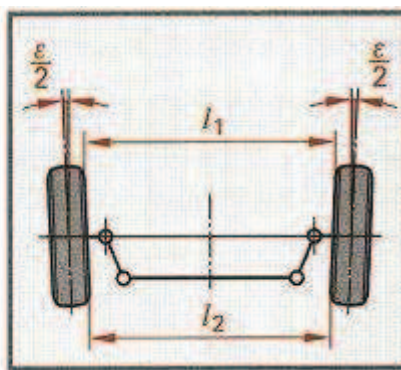
Příklon a záklon rejdové osy nelze měřit přímo, protože obě tyto veličiny se ve své skutečné velikosti neobjevují v rovině kola. Proto na jejich velikost usuzujeme nepřímou, z velikosti změn jiných veličin, závislých na změně úhlu natočení (vychýlení) kola z přímého směru. Musíme ovšem znát vzájemné závislosti, vyjádřené matematickými vztahy, mezi těmito veličinami a hodnotami příklonu nebo záklonu rejdové osy.

2.2.5 SBÍHAVOST KOL

Sbíhavost kol ε (**obr. 2.8**) je úhel, který svírají roviny kol jedné a téže nápravy. Měří se v horizontální rovině, proložené středy kol. Tento úhel se měří v poloze vozidla pro přímý směr jízdy. Úhel je kladný, jestliže je vrchol, který musí ležet v podélné svislé střední rovině vozidla, před vozidlem. V opačném případě jde o rozbíhavost (**obr. 2.9**). Obě kola mají stejnou sbíhavost, jsou-li nastavena do přímého směru jízdy [2].



Obr. 2.8 Sbíhavost kol [3]



Obr. 2.9 Rozbíhavost kol [3]

Sbíhavost lze též vyjádřit v délkových jednotkách jako rozměr, který ve své kladné hodnotě vyjadřuje sblížování kol téže nápravy směrem dopředu, tj. jako rozdíl vzájemných vzdáleností vnitřních okrajů ráfků kol téže nápravy, měřený ve vodorovné rovině, procházející středy obou kol. Vyjádření sbíhavosti v jednotkách úhlových je však velmi vhodné tím, že je nezávislé na průměrech kol.



Sbíhavost ($l_2 - l_1 > 0$) (**obr. 2.8**) se používá u pohonu zadních kol a kladného poloměru rejdové osy. Kola se působením valivého odporu vpředu vychylují ven.

Nulová sbíhavost ($l_2 - l_1 = 0$)

Rozbíhavost ($l_2 - l_1 < 0$) (**obr. 2.9**) se používá u pohonu předních kol a kladného poloměru rejdové osy. Kola se působením hnací síly na stykovou plochu pneumatik vychylují dovnitř (stahují).

Sbíhavost do jisté míry kompenzuje odklon kol. Následkem sbíhavosti má kolo větší odpor tedy i větší opotřebení pneumatik. Optimální hodnoty sbíhavosti podstatě ovlivňuje stabilitu kol i vozidla, zvláště pokud jde o kola řízená. Nezbytné je zcela souměrné nastavení sbíhavosti obou kol téže nápravy.

2.2.6 SOUBĚŽNOST NÁPRAV

Souběžnost nápravy je charakterizována souměrnou polohou náprav vzhledem k podélné svislé střední rovině vozidla. V praxi se vyjadřují odchylky (posunutí, natočení) od ideální symetrie, a to v míře délkové nebo v míře úhlové. Základní poloha je pro jízdu v přímém směru.

Základní předpokladem je kolmá poloha os všech náprav vzhledem k podélné svislé střední rovině vozidla a navzájem stejná vzdálenost rovin otáčení kol každé nápravy od této roviny, spolu se souměrnou sbíhavostí kol a symetrií ostatních uvedených parametrů.

Obecně lze říci, že tuhé zadní nápravy jsou na změnu své polohy méně citlivé. Naproti tomu výkyvné nápravy lépe stabilizují vozidlo v oblouku a jízda je klidnější.

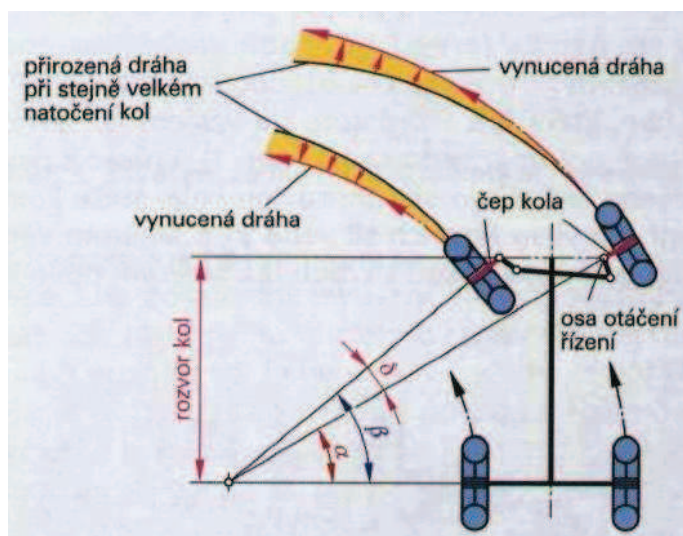
2.2.7 DIFERENČNÍ ÚHEL

Výše uvedené požadavky na správné odvalování kol po vozovce se týkají jízdy vozidla v přímém směru. Diferenční úhly se zjišťují při úhlu natočení 20° vnitřního kola.

Diferenční úhel δ je úhel, o který je vnitřní kolo více zatočeno než kolo vnější (**obr. 2.10**). Z lichoběžníku řídicího ústrojí předních kol vyplývá, že prodloužené osy otáčení předních kol se protínají při jakémkoliv natočení volantu na prodloužených osách zadních kol viz. [2].

Při průjezdu vozidla obloukem vykazují obě kola téže nápravy stopy o rozdílném poloměru zakřivení. Dráha, po níž se kola odvalují, je rovněž nestejná.

Má-li řízení vozidla správně plnit svou funkci i při jízdě v oblouku, je třeba, aby úhel δ byl naprosto stejně velký, pootáčí-li se kdykoliv volantem z přímého směru vždy o stejný úhel vpravo nebo vlevo.



Obr. 2.10 Diferenční úhel [3]

Úhel δ je důležitým parametrem, který charakterizuje správnou funkci řídicího lichoběžníka rejdového ústrojí. Tato může být narušena nesprávným seřízením sbíhavosti kol nebo deformací některého z prvků rejdového ústrojí. Správná funkce řídicího lichoběžníka kladně ovlivňuje jízdní vlastnosti vozidla a má příznivý vliv na opotřebení pneumatik.



3 MĚŘENÍ GEOMETRIE NÁPRAV

3.1 PŘEDPOKLADY PRO SPRÁVNÉ MĚŘENÍ

Základním předpokladem pro správnost měření, je rovinnost podlahy, na které se měření koná.

Protože se měří úhlové nebo délkové veličiny v předem určených rovinách, je jednou z prvních podmínek přesnosti jejich měření nutnost, aby kontrolované vozidlo bylo umístěno na zaručeně vodorovné rovinné ploše.

Má-li být měření co nejvíc správné, je nutno předem vyloučit ty známé vlivy, které by již od začátku jeho objektivitu zpochybňovaly. Dle [2] jde zejména o následující:

- vozidlo musí být zatížené podle předpisu výrobce,
- pneumatiky musí být nahuštěny na předepsaný tlak,
- musí být vymezena vůle v řízení,
- musí být provedena minimalizace deformací pneumatik – pomocí otočných nebo kluzných plošin.

3.2 POŽADAVKY NA PŘESNOST MĚŘENÍ

Konstrukce dnešních automobilů vyžaduje při kontrole geometrie řízení tyto maximální tolerance při měření úhlů dle [2]:

- | | |
|-------------------------|-----------|
| • odklon kola | $\pm 10'$ |
| • příklon rejdové osy | $\pm 15'$ |
| • záklon rejdové osy | $\pm 15'$ |
| • sbíhavost kol | $\pm 5'$ |
| • diferenční úhel rejdu | $\pm 20'$ |

Délkové míry, pokud není jinak uvedeno, se měří obvykle s přesností na $\pm 0,5$ mm.

3.3 PŘEDBĚŽNÁ KONTROLA

Dříve než se zahájí měření geometrie, musí být vyloučeny případné negativní vlivy, které by mohly znehodnotit přesnost měření. Je tedy třeba předem překontrolovat, resp. znát výsledek předřazené kontroly, pokud jde o:

- házivost a vyvážení kol,
- stav a bezchybnou funkci tlumičů pérování,
- stav kol, zda pneumatiky vyhovují novelizované vyhlášce,
- stav řídicího ústrojí co do neporušenosti a bezchybné funkce,
- všechny měřicí přístroje a zařízení pracují správně, s předepsanou přesností.



4 PRACOVNÍ POSTUP PŘI VLASTNÍM MĚŘENÍ

4.1 ZÁVAZNÝ SLED PRACOVNÍCH ÚKONŮ:

- kontrola souměrné polohy řízených kol,
- kontrola sbíhavosti kol řízené nápravy,
- kontrola odklonu kol,
- kontrola příklonu rejdového čepu,
- kontrola záklonu rejdového čepu,
- kontrola diferenčního úhlu rejdu řízení kol.

4.2 ZÁSADNÍ ZPŮSOB MĚŘENÍ JEDNOTLIVÝCH PARAMETRŮ

Jediným místem k měření geometrie náprav na automobilu jsou jeho kola. Jde však o roviny těchto kol.

Činíme předpoklad, že upnutí vhodného držáku měřicího přístroje na diskové kolo můžeme fixovat ideální rovinu kolmou na osu otáčení kola, jestliže jsou z měření vyloučeny všechny okrajové vlivy, které by mohli způsobit odchylku skutečné roviny upnutí od ideální roviny kola. Okrajovými vlivy rozumíme nepřesnost upnutí nebo házivost kol apod. V praxi se připouští maximální úhlová odchylka skutečné roviny upnutí od ideální roviny do pěti úhlových minut [2].

Máme-li takto fixovanou rovinu kola, vyšetřujeme v dalším polohy rovin kol vzhledem k rovinám, ke kterým jsou definovány jednotlivé parametry geometrie náprav.



5 PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ K MĚŘENÍ A KE KONTROLE GEOMETRIE NÁPRAV

V dnešní době patří geometrie kol mezi základní konstrukční nastavení vozidel. Přesnější a hlavně rychlejší měření je velmi důležité. Bezdotyková měření se mohou měřit tradičním způsobem na zvedáku, ale už i samotným projížděním kolem měřicího zařízení. Výhodou tohoto měření je jednodušší manipulace s měřicí technikou.

5.1 PŘEHLED A ROZDĚLENÍ

Měření resp. kontrola geometrie náprav je v podstatě měření úhlových, případně délkových veličin, které jsou orientovány k určitým rovinám v prostoru, nejčastěji k základní rovině a ke dvěma rovinám k ní kolmým.

Příslušné měřicí přístroje a zařízení lze rozdělit do několika skupin, podle toho na jakém principu převážně pracují. Klasifikace a charakteristiky převzaty z [2]:

- mechanické,
- optické,
- opticko – mechanické,
- opticko – elektrické,
- elektrické,
- dynamoelektrické.

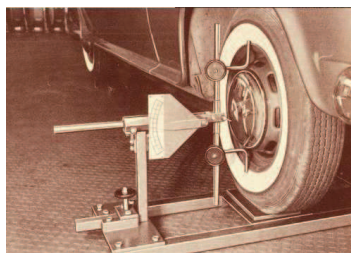
Přístroje mají často společné některé prvky. Například úhlové měrné stupnice, libely nebo zásadní měřicí metody.

Pokud jde o použití měřicích přístrojů jednak pro kategorii automobilů osobních, jednak pro autobusy a pro automobily nákladní, není zde principiální rozdíl, přístroje se v podstatě liší jen co do své velikosti.

5.2 PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ PRACUJÍCÍ NA MECHANICKÉM PRINCIPU

Z hlediska potřebné přesnosti nemohou dnes již přicházet v úvahu jednoduchá tyčová měřidla k měření sbíhavosti.

K měření sbíhavosti a odklonu kol, jakož i příklonu a záklonu rejdových čepů se poměrně často používá přístroj NC 27 (Technischer Apparatenbau, H. Koch), kterým lze měřit i diferenční úhly (**obr. 5.1**).



Obr. 5.1 Přístroj NC 27 [4]

Výhodou je rychlejší práce než s přístroji optickými, snadná přemístitelnost, malá hmotnost, a tím i možnost práce kdekoliv v dílně naproti tomu nevýhodami jsou:

- nemožnost vyloučit radiální házivost kola z měření,
- nemožnost zabezpečit výchozí orientaci polohy kol,
- nemožnost kontrolovat vzájemné postavení náprav,
- menší přesnost měření,
- chybné vyhodnocování při kontrole záklonu rejdového čepu,
- přístroj snímá úhlové hodnoty pomocí mechanických dotyků přikládaných k pneumatice nebo k disku kola.

Při měření sbíhavosti kol může, nedbáme-li případně možné házivosti kola, dojít k náhodné chybě v rozsahu 0 až součet radiální házivostí obou kol. Velikost této chyby může přesáhnout povolené rozmezí pro seřizování sbíhavosti kol.

Je patrné, že pouze případ nedodržení orientované polohy kol na změnu sbíhavosti je méně významný, zatímco vliv na správné zaměření jak odklonu kol tak záklonu rejdového čepu je již tak značný, že nemůže být zanedbán. Velmi značně se projevuje tento vliv zejména na správnost měření rozdílu diferenčních úhlů rejdu.

Konečně je třeba ještě dodat, že přístroje NC 27 není respektována vzájemná vazba změny odklonu kola a záklonu rejdového čepu. Tím může při měření vzniknout chyby až 50 %.

Závěrem lze tedy konstatovat, že přístroj NC 27 přes své vpředu uvedené výhody může být použit pouze rychlou orientační kontrolu geometrie náprav s vědomím tolerancí, které nutno při posuzování naměřených hodnot brát v úvahu.

Obdobného charakteru je plošinový indikátor geometrie přední nápravy.

Kontrolované vozidlo přejíždí rychlostí asi 2 až 4 km/hod. přes plošinu, zpravidla jen jednou stopou (levými nebo pravými koly). Působením bočních sil kola se odchyluje pohyblivě uložená plošina. Tento pohyb se elektricky přenáší na indikátor se stupnicí nebo s různobarevnými světly. Přístroj slouží pouze k hrubé kontrole geometrie přední nápravy, protože výchylku plošiny ovlivňuje nejen sbíhavost, nýbrž i odklon a házivost obou rejdových kol.



5.3 PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ POUŽÍVAJÍCÍ OPTICKÉ PROJEKCE A PŘÍSTROJE OPTICKO-MECHANICKÉ

Optická projekce je buď přímá, nebo jde o dia-projekci.

Přístroje a zařízení prvně jmenované skupiny jsou založeny na principu projekce na čelní tabuli.

Světelná značka, promítaná na stupnici, má obvykle tvar šipky nebo malého kruhu s výřezem. U některých přístrojů se stupnice umísťuje podle potřeby buď před kontrolované vozidlo, nebo za ně, u jiných jsou stupnice přímo na projektoru a světelný paprsek z projektoru se vrací na stupnici odrazem zrcadla postaveného před vozidlem nebo od dalšího zrcadla, připevněného na zadním kole (**obr. 5.2**). Některé z těchto přístrojů mohou měřit jen sbíhavost, rozdíly diferenčních úhlů a paralelnost náprav, zatímco odklony kol, příklon a záklon rejdových čepů se měří mechanickým úhломěrným zařízením.



Obr. 5.2 Přístroj používající optické projekce [4]

Uvedené měřicí přístroje jsou většinou přenosné, což je zvláště výhodné při kontrole nákladních automobilů a autobusů. V důsledku malé hmotnosti jsou přístroje poměrně levné, též proto, že jsou výrobně poměrně jednoduché. Přesnost měření je ovšem menší, než u přístrojů následovně uvedených, až na měření sbíhavosti, kterou mohou též měřit až na úhlové minuty.

Přístroje s přímou projekcí jsou konstruovány výhradně pro koncová stání, nejvhodnější v kombinaci s E-jámou. Příprava přístroje k měření je snazší, měření samo je však pracnější než u přístrojů dále uvedených (např. k měření geometrie zadní nápravy se musí vozidlo otáčet a měřicí postup opakovat).

Přístroje a zařízení druhé skupiny mají projektory vedle vozidla a zrcadla upevněná na kolech, dále mají otočné desky na ocelových podložkách, resp. otočné plošiny. Takový přístroj je vlastně přesným optickým úhломěrem.

Projektory jsou umístěny v prodloužených geometrických osách kol. Mají možnost podélného posuvu podle rozvoru vozidla. Na kolech upevněné držáky mají trojdílná zrcadla, přičemž rovina středního dílu zrcadla je rovnoběžná s rovinou kola (disku) a oba boční díly svírají s touto rovinou úhel 20°. Měření diferenčních úhlů rejdů a příklonu a záklonu čepů. Na skříni projektoru je upevněná projekční plocha s vyznačeným nitkovým křížem. Objektív



projektoru, který je ve středu kříže, promítá na zrcadlo obraz soustavy stupnic. Odrazem od zrcadla se tento obraz promítne zpět na projekční plochu kolem objektivu projektoru. Měřené hodnoty se odečítají v průsečnicích ramen nitkového kříže s jednotlivými stupnicemi promítnutého obrazu.

Některé přístroje toho druhu mají projekční plochy odlišně uspořádané. V projektorech použité žárovky jsou halogenové, aby světelné značky byly dobře viditelné i při denním osvětlení.

Přístroje měří opticky úhlové parametry geometrie náprav kromě příklonu rejdového čepu, který se měří doplňkovým libelovým přípravkem ve spojení s optikou. Ve spojení s dalšími pomůckami lze jednoznačně posuzovat i vzájemné postavení náprav a centráž řídicího lichoběžníka.

Popsaný druh přístroje ve srovnání s jinými druhy umožňuje nejvýhodnější způsob určení podélné svislé střední roviny vozidla. Další výhodou je možnost rychlého a přesného měření a možnost přímého pozorování seřizované hodnoty. Geometrie kol přední i zadní nápravy lze kontrolovat a seřizovat beze změny polohy vozidla, případně v určité alternativě přístroje i současně.

Přístroje představují kvalitní výrobky, vhodné zejména pro pracoviště s intenzivním provozem, kde mohou být plně a racionálně využívány.

5.4 PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ OPTICKO-MECHANICKÉ

Tato měřidla se vyskytují v praxi nejčastěji. Pracují v podstatě na tomto principu:

Optickým zařízením se vytváří podélná svislá střední roviny vozidla, nutná k měření sbíhavosti kol a souběžnosti náprav, zatímco k měření odklonu kola, příklonu a záklonu rejdového čepu se používá měřidel mechanických nebo opticko-mechanických.

Sbíhavost se měří přístroji buď s podélnou projekcí, nebo s příčnou projekcí. V prvním případě, kdy lze přístroj doplnit zpětnými zrcadly, lze měřit nebo kontrolovat jak celkovou, tak i délkovou sbíhavost s požadovanou přesností. Úhly odklonu, příklonu a záklonu se měří pomocí libel nebo kyvadla. Řízená kola jsou postavena na otočných plošinách. Otočné plošiny bývají vybaveny úhlovou stupnicí k měření rejdové osy.

Přístroje s podélnou projekcí a zpětnými zrcadly pracují výhradně na koncových stáních. Používá se čtyřsloupových zvedáků nebo kanálových jam, nejvhodněji tvaru „E“.

Jako příklad je uvedeno dále zařízení Beissbarth P 800 pro osobní automobily (obr. 5.3).



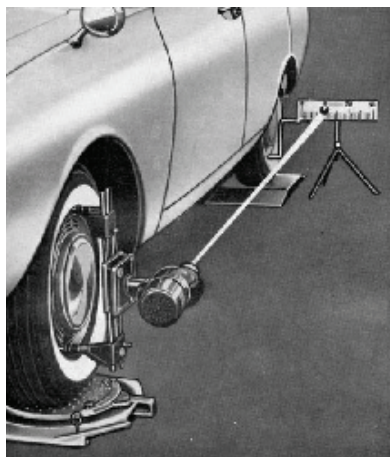
Obr. 5.3 Přístroj Beissbarth P 800 [5]

Tento přístroj měří sbíhavost kol na principu podélné projekce, úhly příklonu a záklonu rejdové osy a odklonu kola měří pomocí libel na základě měřeného úhlu rejdu pomocí otočných plošin.

Má-li se měřit nebo kontrolovat sbíhavost zadní nápravy, není zde nutné měnit postavení vozidla. Na zadních kolech se upevní zrcadla, pomocí týchž držáků, kterými se upínají projektory na nápravách předních. U zrcadel jsou i stupnice k měření souměrnosti náprav.

Nejnovější provedení popisovaného zařízení má libelový systém nikoliv samostatný, nýbrž zabudovaný v projektorech, takže se šetří čas při měření odklonu kola a záklonu rejdového čepu. Příklon rejdového čepu se však měří samostatně.

Pro nákladní automobily lze použít analogického přístroje Beissbarth P5 (**obr. 5.4**).



Obr. 5.4 Analogový přístroj Beissbarth P5 [6]

Tento přístroj nepoužívá při podélné projekci zpětných zrcadel. Sbíhavost se měří pomocí dvou přenosných stavitelných pravítek.

Závěrem k popisovaným zařízením lze říci, že jsou vhodná zejména pro opravárenskou praxi. Protože přesnost měření je v předepsaných mezích, lze přístroje Beissbarth používat i v STK.



5.5 PŘÍSTROJE OPTICKO-ELEKTRICKÉ A PŘÍSTROJE ELEKTRONICKÉ

Přístroje opticko-elektrické se liší od dříve uvedených v principu tím, že použitý optický systém, obdobný jak již uvedeno, může dávat výsledky jak pro přímý odečet na mechanických stupnicích, tak i pro odečet nepřímý, např. pomocí fotoelektrických prvků. Hodnoty jsou udávány ve stupnicovém nebo digitálním ukazateli.

Při použití elektronických měřičů se na kola upevňují kontrolní disky, jejichž pohyb v jednotlivých fázích měření se snímá měřicími hlavami, speciálního provedení. Snímané signály se plynule elektronicky zpracovávají a výsledky lze ihned odečítat na analogových nebo digitálních ukazatelích, přehledně uspořádaných na vhodném panelu.

Elektronické měření se děje pomocí potenciometrů, dělicích transformátorů nebo elektrických libel. Výsledky se převádějí na indikovanou hodnotu pomocí mikroprocesorů.

Podle výše uvedeného je u elektronických měřičů vyřešena jak kompenzace házivosti diskových kol, tak i nepřesnost upínání držáků projektoru, takže odpadá časová ztráta při centrování měřicího přístroje do osy kola. Kromě toho jsou snímači vybaveny i otočné plošiny, takže odečet měřené veličiny je okamžitý.

Nevýhodou elektronických zařízení je dosud poměrně vysoká pořizovací cena. Nutnost častější kontroly a kalibrace se v poslední době odstraňuje u některých zařízení automatizací i tohoto úkonu.

Naproti tomu jsou zde zřejmé výhody tohoto způsobu měření, spočívající zejména v úspoře času a jednoduchosti obsluhy, jakož i v univerzálnosti použití, i co do místa pracoviště. Koncové nebo průjezdné stání, jáma nebo zvedák.

Složitost zařízení ovšem vyžaduje i speciální servis pro tato zařízení.

5.6 PŘÍSTROJE ELEKTRODYNAMICKÉ

U všech až dosud uvedených přístrojů a zařízení se měření konalo za klidu vozidla, tj. v podmínkách, které se mnohdy podstatně liší od skutečných provozních podmínek.

Výsledky měření mohou být zkreslovány například nevhodně postaveným vozidlem na místě, nevhodně upevněným nebo nesprávně použitým měřicím elementem. Nepřesně vycentrovaný projektor, nepřesně nastavená zrcadla, nemluvně už o poškozených diskových kolech vozidla nebo o nerovnoměrně opotřebovaných pneumatikách.

Pro tyto nedostatky vpředu uvedené přístroje a zařízení je prakticky nepoužitelné pro diagnostické linky, na nichž se vozidla kontrolují v časově vymezených taktech, tak je tomu ve stanicích technické kontroly.

Uvedené nedostatky mají alespoň z větší části odstranit válcové zkušebny geometrie náprav, resp. geometrie řízení.

V těchto zkušebnách spočívá kontrolované vozidlo svými koly na válcích, které se při měření resp. kontrole parametrů vozidla otáčejí. Měří se tedy v dynamických podmínkách. Zkušební stanoviště má dva druhy válců: jednak poháněcí a nosné, jednak měřicí. Kolo vozidla spočívá obvykle na třech válcích, z nichž jeden je poháněn elektromotorem. Měřicí



válce jsou tak uloženy, že se mohou nastavit do určité míry jak ve svislé, tak ve vodorovné rovině.

Při měření, jakmile se kolo vozidla začne otáčet, nastaví se měřicí válce samočinně tak, že jejich osy jsou stále rovnoběžné s osou kola. Velikost vychýlení měřících válců se elektricky nebo elektronicky měří a plynule zaznamenává (**obr. 5.5**).



Obr. 5.5 Válcová zkušebna geometrie kol [7]

Na popsaných měřicích stanovištích se zpravidla měří jen sbíhavost a odklon kol, tedy dva parametry, které je nutno kontrolovat na každém vozidle a v každém případě.

Existují ovšem i válcová měřicí zařízení měřící i parametry ostatní, dokonce lze seřizovat sbíhavost během pohybu kol.

Měření geometrie náprav za simulovaného pohybu vozidla má tyto výhody:

- velmi krátká doba měření,
- měření lze konat z místa řidiče,
- na kontrolované vozidlo se nic nemontuje,
- vůle v uložení a zavěšení kol je vymežována stejným způsobem, jako za jízdy vozidla,
- na výsledky měření nemá vliv stav, respektive poškození pneumatik nebo diskových kol.



6 BEZDOTYKOVÉ MĚŘENÍ GEOMETRIE

Optickými systémy nové generace se nazývají systémy bezdotykového měření geometrie kol tzv. touchless systems [10]. Bezdotykové snímání údajů o geometrii podvozku je prováděno pomocí trojrozměrné stereoskopické technologie. Po celou dobu je zaručena vysoká přesnost měření a díky minimální potřebné době pro seřizování se celý proces značně urychluje a nepotřebuje téměř žádnou obsluhu.

Na ukázkou byly srovnány metody bezdotykového měření od firem ATT/NUSSBAUM a BEISSBARTH.

6.1 ATT/NUSSBAUM

Způsob bezdotykového měření geometrie je společným projektem společností ATT a Nussbaum. Jde o systém vyvinutý společností Siemens a používaný např. automobilkou Porsche na konci výrobní linky pro kontrolu geometrie nových automobilů. Na základě systému Siemens společnost ATT připravila rovněž verzi pro použití v servisních podmínkách a dodává jej pod označením CURA R 2000 v šedé barvě, Nussbaum pak pod jménem WAB 02 CCT v modré barvě.

6.1.1 ZVEDÁK SE SYSTÉMEM SST

Zařízení tvoří nůžkový zvedák s integrovanými lineárními vodícími dráhami pro roboty pohybující se po obou stranách vozidla (**obr. 6.1**). Každý z robotů obsahuje jak vysílací, tak snímací zařízení, tzv. systém CCT (Colour Coded Triangulation) neboli barevně kódované vyměřování. Zvedák je dále vybaven patentovaným systémem SST (Safety Star Technology), díky němuž je v každé poloze zajištěno bezpečné a přesné měření. Čidla umístěná ve zvedacím členu zaznamenají přesnou polohu zvedáku na levé a pravé straně a při případné nesouměrnosti tuto výšku upraví. Zvedák je tedy znivelovaný v jakékoliv poloze.



Obr. 6.1 Zvedák se systémem SST [8]



6.1.2 BAREVNĚ KÓDOVANÉ VYMĚŘOVÁNÍ CCT

Tato metoda pochází z lékařské technologie pro rozpoznávání lidských obličejů. Paprsek promítá na kolo přesně definovaný obraz s velkým množstvím barevných rovnoběžek, které se v závislosti na postavení kola buď sbíhají, nebo rozbíhají. Kamerami umístěnými v definovaných úhlech snímá tento obraz a počítač vyhodnocuje výsledky. Díky trojrozměrnému obrazu lze přesně zjistit pozici kola a vypočítat hodnoty (**obr. 6.2**).

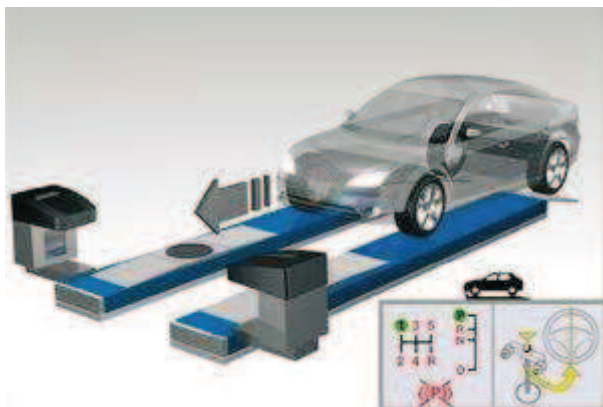


Obr. 6.2 Barevně kódované vyměřování CCT [8]

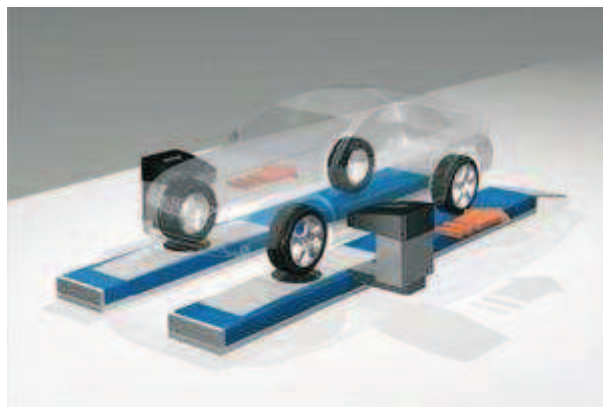
6.1.3 AUTOMATICKÉ MĚŘENÍ

Technik najede s automobilem na zvedák a zadá do počítače informace o vozu. Zařízení pak podle databáze ví, jaké rozměry vozidlo má. Provede se kompenzace házivosti posunem desek pod kola. Desky pod pravým a levým kolem jsou hydraulicky posouvány v opačném smyslu dopředu a dozadu, tak aby bylo možné odměřit i automobily se stálým pohonem všech čtyř kol. Roboti poté odměří nejprve zadní a po opětovné kompenzaci i přední nápravu. Poté natočí technik kola do pravého a levého rejdu. Následuje vyhodnocení měření a vytisknutí protokolu.

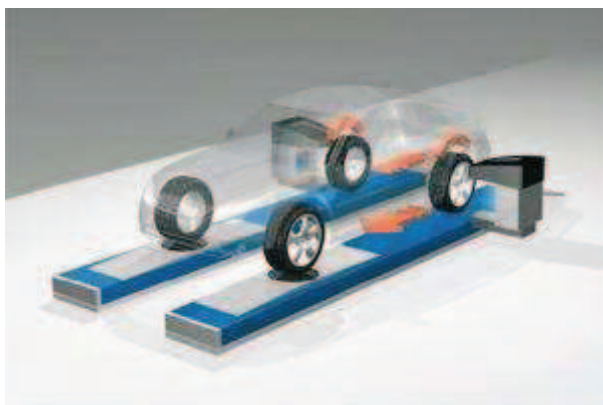
6.1.4 POSTUP MĚŘENÍ U SYSTÉMU ATT/NUSSBAUM:



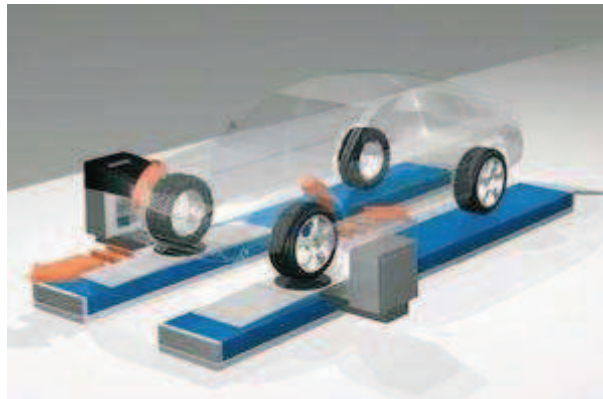
Obr. 6.3 Najetí automobilu na zvedák [8]



Obr. 6.4 Automatický robot odměří celkovou délku auta [8]



Obr. 6.5 Kompenzace a odměření zadních kol [8]



Obr. 6.6 Na přední nápravě následuje kompenzace házivosti předních kol [8]



Obr. 6.7 Měření přední nápravy [8]

6.1.5 VÝHODY ATT/NUSSBAUM

- není třeba upevňování držáků na kola ani odrazových značek na karoserii vozidla - plně bezkontaktní systém,
- rychlý, téměř automatický způsob měření - technik pouze najede s automobilem na zvedák a poté otočí koly do rejdu,
- vysoká přesnost i při opakovaném měření.

6.2 BEISSBARTH

6.2.1 MĚŘÍCÍ SYSTÉM

Zařízení je tvořeno zvedákem s otočnými deskami pro přední kola, dvěma stojany na obou stranách, na kterých jsou umístěny kamery. Každé kolo automobilu je tak snímáno dvěma kamerami. Efektivní osvětlování ráfku probíhá díky skupině 1800 červených LED diod.

Každý stojan nese dvě CCD kamery a je vybaven vlastním vyhodnocovacím zařízením. Jednotlivé kamery jsou obklopené skupinou 900 LED diod, které osvětlují kolo automobilu a umožňují tak měření (**obr. 6.8**). Každá kamera má mírně odlišný úhel výhledu na kolo. Sloučením těchto dvou obrazů produkují kamery prostorový obraz. Jde o princip podobný



způsobu zobrazení v 3D, kdy dvojrozměrné obrazy z každého z našich očí se v mozku spojí a dávají tak 3D prostorový dojem.



***Obr. 6.8** Měřicí systém Beissbarth [8]*

6.2.2 CCD KAMERY

Digitální kamery s rozlišením 2048 pixelů neustále monitorují sbíhavost a odklon kol při měření. Díky kombinovanému systému lze pro sbíhavost i odklon použít jednu CCD kameru.

6.2.3 SOFTWARE ORACLE

Zvláště pro tento bezdotykový systém vyvinula společnost Beissbarth nový program, založený na Windows XP. Jednotlivé části programu Oracle vedou technika seřizovacími pokyny rychle a přehledně po celou dobu měření, program zobrazuje pomůcky pro seřízení, digitální fotografie, videa a nakonec vytiskne protokol s 3D zobrazením určený zákazníkovi a technikovi. Výsledkem je možnost rychlejšího odměření geometrie dokonce i méně zkušeným technikem.

6.2.4 PRINCIP MĚŘENÍ

Po najetí automobilu na zvedák se technik řídí pokyny na monitoru. Zařízení si pomocí CCD kamer a LED odměří polohu každého z kol a pomocí vyhodnocovacího zařízení umístěného v každém kole vyhodnotí stereoskopické obrazy a určí, jak je kolo prostorově umístěno. Tento prostorový obraz ráfku je vyhodnocen díky integrovanému systému s názvem IRES. Data se zpracují a poté zobrazí na monitoru.

6.2.5 VÝHODY MĚŘÍCIHO SYSTÉMU BEISSBARTH:

- automatická identifikace ráfku,
- automatické osvětlování ráfku,
- efektivní osvětlování jednotky 1800 LED na jeden stojan,
- dvě digitální kamery na stojan,
- počítání dat uvnitř snímačové hlavy,
- systém neobsahuje pohyblivé části (kromě kol).

7 KAMEROVÉ SYSTÉMY

Kamerové systémy jsou tvořeny dvěma a více kamerami umístěnými v dostatečné vzdálenosti před automobilem tak, aby bylo dosaženo optimálního snímacího úhlu a nedocházelo k poškození kamer (**obr. 7.1**). Zdroje záření umístěné na společném stojanu s kamerami vysílají infračervené paprsky, které se odrážejí od terčů pevně připevněných na kolech. Svazek paprsků odražený od každého terče přijímají snímací kamery, které obraz digitalizují a okamžitě vyhodnocují úhlovou polohu každé desky. Krátkým pohybem vozu (dopředu, dozadu a rovněž natočením volantu na obě strany rejdu) přeneseným na pohyb terčů kamery vyhodnotí sledované parametry geometrie nápravviz. [9].



Obr. 7.1 Kamerový systém na dílně s nůžkovým zvedákem [9]

7.1 ODRAZOVÉ TERČE

Jejich jednoduchá a odolná konstrukce se skládá z masivního rámu a osvětlovaného krycího plátu. Protože terče neobsahují žádnou elektroniku, propojovací kabely, zdrojové akumulátory a ani není nutné je kalibrovat, jsou prakticky bezúdržbové. Je zapotřebí je pouze pravidelně čistit. Pro uchycení odrazových terčů je použito speciálních samocentrujících kolových adaptérů. Rychlonastavovací hlavice umožňuje rychlé nastavení adaptéru pro různé velikosti disku. Většina výrobců kamerových systémů dodává adaptéry ve velikostech 10 až 20 palců. Na přání je možno dodat i speciální adaptéry se zvýšeným rozsahem (až 26 palců) pro zvláštní typy ráfků nebo pro kola s obtížnou montáží adaptérů. Oboustranné úchyty adaptéru jsou vhodné pro uchycení k ocelovým ráfkům, montáž přes kryt kola a na speciální ráfky Run-Flat a Flange-Guard (**obr. 7.2**).



Obr. 7.2 Odrazové terče [9]



7.2 MONTÁŽ TERČŮ A KOMPENZACE HÁZIVOSTI

Automobilem se najede na zvedák či nad montážní jámu, tak aby přední kola byla na otočných kluzných deskách (otočné plošiny). Otočné plošiny mají tři stupně volnosti, slouží k ustavení kol přední nápravy. Tři stupně volnosti nám minimalizují deformaci pneumatik a tím nám pomáhají k optimalizaci měření. Terče se namontují na kola automobilu. Začít můžete od libovolného kola. Adaptér se uchytlí k ráfku a terč se po znivelování a nasměrování ke kamerám zafixuje. Zbývající terče se připevní stejným způsobem. Znivelováním je zajištěno bez ohledu na polohu kolového adaptéru, ale aby terč zůstal v zorném poli kamery během kompenzace házivosti a během natáčení kol pro měření záklonu. Po identifikaci vozidla vyvoláte požadované hodnoty a provedete kompenzaci házivosti kol. Tu lze provést tak, že vozidlem posunete o 20 – 30 cm vpřed nebo vzad dle pokynů na monitoru. Geometrická poloha každého kola se z této změny pohybu změní a uloží do paměti. Následuje fáze měření záklonu. Při sledování pokynů na obrazovce mechanik otáčí volantem postupně vlevo a vpravo, přičemž měřené hodnoty každé strany se automaticky odečtou a uloží do paměti. Následně se kola natočí zpět do přímé polohy. Tím je měření skončeno a následuje zobrazení výsledků. Těmi jsou následující parametry:

- středy rotace kol (osy otáčení) a jejich prostorový pohyb při odvalení,
- skutečná rovina vozidla,
- průměry jednotlivých kol,
- házivost kol radiální i axiální, vůle v uložení atd.,
- sbíhavosti a odklony jednotlivých kol,
- rozchody, rozvory a vzájemná poloha kola náprav.

7.3 VÝHODY KAMEROVÝCH SYSTÉMU

- vysoká přesnost a rychlost (zaškolený technik zvládne celý proces do 5 minut),
- velmi jednoduchá obsluha – mechanik je veden programem,
- seřizování jednotlivých parametrů každého kola je možno provádět na plošinách i ve zvednutém stavu a je řízeno programem,
- nejsou potřebné elektronické otočné desky, rozsah měřených úhlů natočení kol bezpečně stačí i pro plné rejdy,
- nenáročná na údržbu a servis přístrojů,
- není třeba provádět pravidelné kalibrace měřicích kamer a zvedáku.

7.4 NEVÝHODY

- vyšší pořizovací cena,



- delší potřebná plocha pro pracoviště měření geometrie (je nutná přibližně dvoumetrová vzdálenost od vysílače paprsků na střed přední desky),
- při použití dvousloupového zvedáku plně nevyužité vlastnosti kamerových systémů (nemožnost provedení rolovací kompenzace na dvousloupcovém zvedáku).

7.5 POPIS KAMEROVÝCH SYSTÉMŮ

Výrobci, kteří dodávají na český trh kamerové systémy, jsou 3 a to: Americké firmy Hunter a John Bean (Hofman) a italská firma Corgi. Pro srovnání byly vybrány firmy Hunter a Corgi.

7.5.1 HUNTER

Počátky firmy sahají do 40. let minulého století, kdy se začala zabývat výrobou a prodejem výrobků pro autoopravárenské odvětví. V dnešní době společnost Hunter Engineering Company vyvíjí, vyrábí a prodává široký sortiment zařízení pro autoservisy. Patentovaný systém DSP 600 používá čtyři jednoúčelové digitální kamery s vysokým rozlišením (**obr. 7.3**). Každá kamera je určena pro jeden terč a spojitě jej monitoruje. Díky tomu je dosaženo většího zorného pole a prakticky nepřetržitého sledování změn nastavení a okamžité odezvy v blokovém obrazu. Zvětšené zorné pole rovněž umožňuje větší flexibilitu v práci se zvedáky v rozdílných výškách.



Obr.7.3 Hunter DSP 600 [9]

Samostředící kolové adaptéry jsou vhodné pro velkou škálu provedení kol jak osobních, tak nákladních automobilů. Na přání je možno dodat i speciální adaptéry pro zvláštní typy ráfků či pro ráfky s obtížnou montáží adaptéru.

Odrasové terče DSP 600 (**obr. 7.4**) neobsahují žádnou elektroniku, která by se mohla při pádu poškodit. Čelní plochy jsou vyrobeny z hliníku, obsahují ochranné pryžové nárazníky. Naopak neobsahují žádné sklo a jsou odolné proti korozi.



Obr. 7.4 Odrazové terče Hunter [9]

Měření světlé výšky, jde o změření stavu podvozku ve výrobcem předepsaných bodech a přepočtení předepsaných hodnot dle zjištěného stavu podvozku (VW, Škoda, Mercedes...). Hunter měří tyto údaje elektronicky a přenáší je přímo do programu bez nutnosti ručního zadávání. Měřidlo je integrováno do bezkabelového dálkového ovládání nebo u kamerové geometrie lze použít malé pomocné terčíky, které se umístí na blatníky nad kola vozidla.

7.5.2 CORGHI

Dalším výrobcem je společnost Corghi. Ta pro český trh nabízí osmikamerové měřicí zařízení Exact Blacktech, využívající pro měření tzv. NIR technologii (**obr. 7.5**).



Obr. 7.5 Corghi Exact Blacktech [9]

NIR technologie (NearInfraRed – digitální zobrazovací technologie – stereoskopické měření úhlů) dovoluje bezproblémovou funkci i v těch nejobtížnějších okolních světelných podmínkách. Navíc nevyžaduje použití lampy se záblesky. Zařízení je vybaveno osmi přesnými kamerami, které vysílají signály na odrazové terče umístěné na kolech automobilu. Větší měřicí rozsah kamer dovoluje měření charakteristických úhlů bez nároků na změnu pozice kamer. Každý terč je snímán dvěma kamerami a odráží se od něj tedy dva paprsky. Software vyvinutý pro toto zařízení vede obsluhu zařízení podrobně krok po kroku k správnému nastavení geometrie.



Kolové adaptéry zajišťují pevné a bezproblémové uchycení odrazových terčů na kola automobilu. Jsou vhodné pro použití různých velikostí a typů ráfků.

Odrazové terče jsou vyrobeny z lehkého, pevného a opotřebení odolného materiálu, což umožňuje snadnou manipulaci a eliminuje nebezpečí poškození přístroje (**obr. 7.6**).



Obr. 7.6 Odrazový terč Corghi [9]

Měření světlé výšky pomocí přístroje RH metr je možno odměřit světlou výšku vozidla či výškové rozdíly mezi středem kola a podvozkem. Naměřené hodnoty jsou automaticky odeslány do ovládacího zařízení a uloženy.



8 3D MĚŘENÍ GEOMETRIE KOL

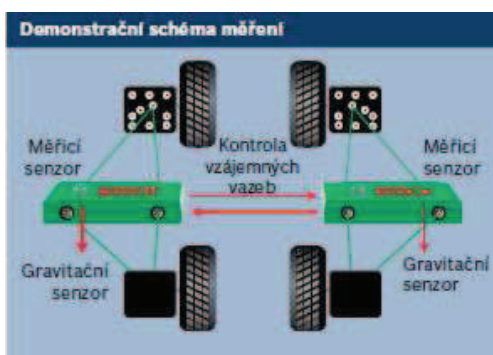
Z hlediska autoservisu je specifickou záležitostí měření a seřizování geometrie kol. K práci autoopraváře patří už od samostatných počátků tohoto oboru. Měření a seřizování geometrie patří k pilířům této profese. Vývoj moderních technologií bychom mohli jen málokde tak názorně pozorovat. Společnost Bosch přináší další výrazný zlom v oblasti koncepce těchto přístrojů.

V posledních letech se stalo centrem zájmu odborníků takzvané 3D měření, které má své výhody. Je to rychlost a jednoduchost bez nutnosti manipulace s nákladnou a citlivou měřicí technikou. Ta je místo toho bezpečně uložena ve stacionárním sloupu několik metrů před měřeným automobilem.

Koncepce nových přístrojů však skrývá další výhody. Umožňuje totiž měřit geometrii kol na jakémkoliv typu pracoviště. Tedy nejen na libovolném, dostatečně robustním a vybaveném zvedáku. Samozřejmostí je možnost měřit i na pracovní jámě, nebo prostě a jednoduše na rovné podlaze. Velkou předností je možnost využívat jedno zařízení na několika místech v servisu. Jediné, co je k tomu potřeba, je instalace kabeláže. Vše ostatní je snadno mobilní díky robustnímu vozíku. Samostatná instalace měřicího systému je zhruba 30 sekund. Není zapotřebí ani kontrola přesnosti umístění nebo kalibrace.

8.1 JAK TO FUNGUJE?

Hlavním a jediným nosičem měřicí techniky je právě zvedák, na kterém je měření prováděno. „Křídla“ s kamerami jsou jednoduše nasazena na předem instalovaných úchytech a připojena na počítač, který je umístěn ve vozíku. Opět platí, že montáž i demontáž těchto „křídel“ je otázkou 30 sekund. Podstatný je fakt, že každá odrazová deska je snímána nikoliv jednou, ale dvěma kamerami (tzv. stereoskopické snímání). To umožňuje vytvořit reálný 3D model vozidla a na jeho základě poté přesně propočítat jednotlivé měřené hodnoty [11].



Obr. 8.1 Demonstrační schéma měření [10]

To vše s sebou nese především maximální urychlení a zjednodušení obsluhy. Například samotnou pojezdovou kompenzaci házivosti ráfků lze zvládnout během necelé minuty. Dvacetistupňová rutina trvá asi 2 minuty. Další výhodou je maximální odolnost proti vnějším vlivům, které mohou zasáhnout do měření. Typicky například náraz do měřicí hlavy, přizvednutí oproti její původní poloze nebo její natočení (např. pokud je jen položena na zemi). Referenční systém, který neustále vyhodnocuje vzájemnou polohu měřících hlav, dokáže všechny tyto vlivy eliminovat a ty se pak neodrazí ani v přesnosti, ani ve stabilitě měření. Můžeme tak konstatovat, že v porovnání s jakýmkoliv jiným dosavadním systémem



tento vysoce sofistikovaný a komplexní měřicí systém zase o pořádný kus zjednodušuje a zpřesňuje měření a seřizování geometrie. Přístroje od firmy Bosch, jsou shrnuty do několika bodů.

8.2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA BOSCH FWA 4630:

- Zkrácen čas přípravy,
- rychlé měření s vysokou přesností,
- přesná měřicí technika,
- mobilita celého systému.

8.2.1 BOSCH FWA 4630:

SIM - stereoskopické obrazové měření 2 kamery umístěné na společné základně umožňují kompletní měření geometrie nápravy (**obr. 8.2**).



***Obr. 8.2** Stereoskopické zobrazovací kamery [11]*

Rychlé snímání obrazu -záznam až 29 snímků za sekundu (**obr. 8.3**) z malé vzdálenosti od měřeného objektu zajišťuje jasné sejmutí obrazu a zjištění jakéhokoliv pohybu. Kompenzace házivosti ráfku se provádí pojezdem vpřed a vzad.



***Obr. 8.3** Vysokofrekvenční snímání [11]*

Interní referenční systém - měřicí senzory s integrovaným referenčním systémem a také kyvadlo pro určení těžiště umožňují okamžité měření na libovolném stanovišti bez nutnosti složité instalace a kalibrací.



9 USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ K MĚŘENÍ A KE KONTROLE GEOMETRIE KOL

Praxe ukazuje, že z hlediska rychlostí měření, jakož i z hlediska obsluhy měřících přístrojů a zařízení je nejvhodnější oddělené pracoviště jednak pro automobily osobní a dodávkové, jednak nákladní a autobusy.

Jak již bylo uvedeno, podlaha pracoviště musí být vodorovná. Musí být zajištěn snadný přístup k vozidlu zespodu. To lze zajistit buď montážní jámou, nebo zvednutím vozidla do přiměřené výše.

Na pracovišti průjezdném bývá jáma poněkud kratší, než je běžné v dílenském provozu, na pracovišti koncovém je nejvýhodnější jáma tvaru „E“.

Vozidla nelze zvedat běžným zvedacím zařízením, protože musí stále spočívat na kolech, která nesmějí být odlehčena. Používá se různě konstruovaných zvedáků, hlavních a pomocných.

Vedle zvedáků se používají i nájezdové rampy. Rampy a zvedáky musí být tak konstruovány, aby u nich nemohly nastat pružné deformace konstrukce, které by mohly zkreslovat výsledky měření.



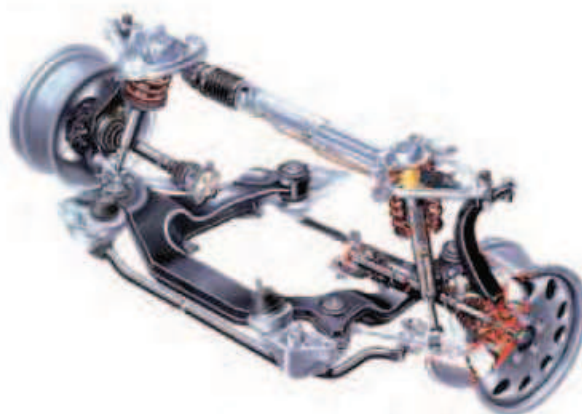
Obr. 9.1 Pracoviště k měření geometrie kol [12]



10 ZMĚNY HODNOT GEOMETRIE PŘEDNÍ NÁPRAVY V ZÁVISLOSTI NA PROPRUŽENÍ VOZIDLA

10.1 KŘIVKA SBÍHAVOSTI

Konstrukteři automobilů hledají intenzivněji cesty ke zvýšení jízdní bezpečnosti a komfortu automobilů. Podvozek přitom hraje klíčovou roli. Proto se stále objevují nové konstrukce náprav a s tím i nové požadavky na diagnostiku podvozkových skupin. Jako příklad může sloužit čtyřramenná přední náprava (víceprvková náprava) koncernu Volkswagen (**obr. 10.1**). Právě u ní, ale nejenom u této konkrétní nápravy, se setkáváme s pojmem či parametrem geometrie kol, který označujeme jako křivku sbíhavosti.



Obr. 10.1 Čtyřramenná přední náprava koncernu Volkswagen [13]

Čtyřramenná přední náprava koncernu Volkswagen je konstruována tak, že při stlačování a rozpínání pružící jednotky dochází zároveň ke změně sbíhavosti. Docílí se toho uspořádáním ramen, pružící jednotky a vysoko uložené převodky řízení s krátkými spojovacími tyčemi.

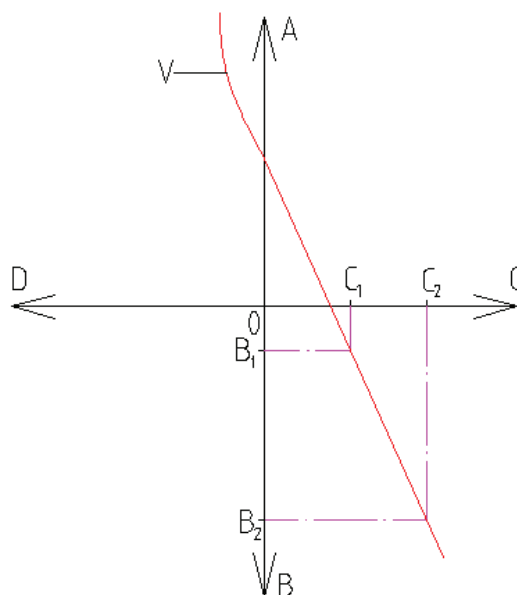
Právě tato změna sbíhavosti při změně výškové polohy karoserie, respektive při stlačení či roztahení pružící jednotky, se označuje jako křivka sbíhavosti (**obr. 10.2**).

Praktický význam křivky sbíhavosti je například, že se při akceleraci vpředu zvedne karoserie a v důsledku konstrukce nápravy s křivkou sbíhavosti se sbíhavost zvětší. Tedy v pozitivním smyslu. Totéž nastane také při přejezdu zvlněné komunikace. Naopak při brzdění, kdy se pružící jednotky stlačují do spodní polohy, se znatelně zvětšuje rozbíhavost předních kol a to zlepšuje brzdný efekt.

Podobně lze popsat působení křivky sbíhavosti při průjezdu automobilu obloukem. Vnitřní kolo se odlehčí a jeho (dělená) sbíhavost se mění do pozitiva (zvětšuje se), u kola vnějšího je tomu přesně naopak. Pružící jednotky se stlačuje a kinematiky nápravy zajišťuje změnu dělené sbíhavosti příslušného kola v negativním smyslu (zmenšení sbíhavosti či rozbíhavosti). Výsledný efekt je zřejmý. Vytváří se malý moment působící proti natáčení volantu, podvozek svým chováním inklinuje k nedotáčivosti, a to zlepšuje jízdní vlastnosti v oblouku.



Křivka sbíhavosti je tedy závislá na hodnotě sbíhavosti ve jmenovité poloze automobilu a hodnotě sbíhavosti v přesně definovaném bodě, kdy je karoserie automobilu o určitou výšku nadzvednuta. Zvláštností čtyřramenné přední nápravy koncernu Volkswagen je, že její křivku sbíhavosti lze seřizovat změnou výškové polohy spojovacích tyčí.



Obr. 10.2 Diagram křivky sbíhavosti [13]

A – stlačení pružící jednotky, B – vytažení pružící jednotky, C – sbíhavost, D – rozbíhavost, V – křivka sbíhavosti, S – konstanta sbíhavosti, B1 – poloha „prázdné“ vozidlo, B2 – poloha nadzvednuté vozidlo o 60 mm, C1 – křivka sbíhavosti v poloze B1, C2 – křivka sbíhavosti v poloze B2

Špatně nastavená křivka sbíhavosti, zejména nestejně nastavená u levého a pravého kola, může vést k tomu, že automobil nedoradí při přejezdu zvlněné komunikace nebo při akceleraci dokonale jízdní směr. Stejně tak může dojít při brzdění k situaci, že vůz táhne k jedné straně. Při průjezdu obloukem lze při špatně nastavené křivce sbíhavost vysledovat tendence k nežádoucí a nepřiměřené nedotáčivosti nebo přetáčivosti.

Z toho vyplývá, že při měření nebo seřizování geometrie kol těchto podvozků (náprav) je nutné věnovat křivce sbíhavosti patřičnou pozornost. Obdobně je třeba také zjistit stav křivky sbíhavosti tehdy, když byla provedena demontáž a montáž skříně ložisek kola, spojovacích tyčí, převodky řízení, nosných dílů pohonného agregátu apod.

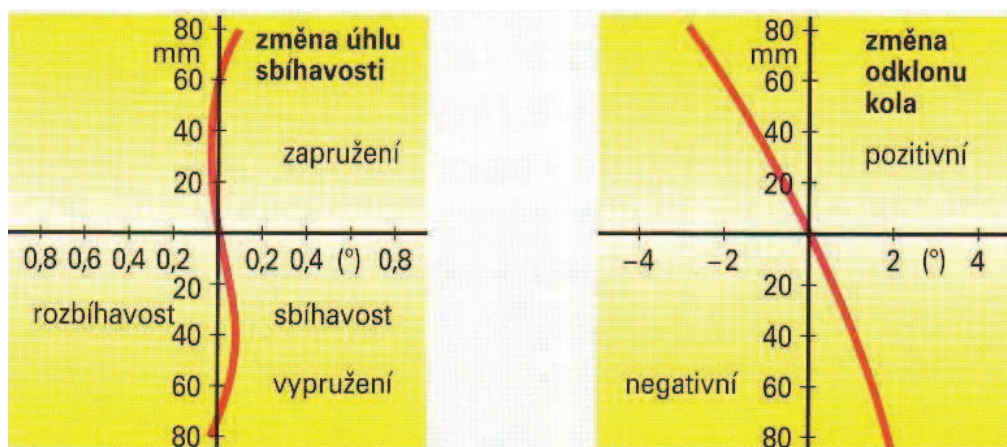
Kontrola křivky sbíhavosti vychází ze standardního měření geometrie náprav, kterému by měla předcházet kontrola tlaku v pneumatikách i kontrola a případné odstranění všech vůl v uložení a zavěšení kol, kontrola předepsaného zatížení nebo světlé výšky. Pro přesné měření je podmínkou zvedák pro měření geometrie, splňující požadavky na rovinnost. Dále je nutné zařízení pro měření geometrie náprav, jehož software dovoluje měřit křivku sbíhavosti. Mezi nejpoužívanější patří např. zařízení od společnosti Bosch a to typy FWA 411 a FWA 510/515, které tuto možnost pro vybrané typy vozidel včetně dovolených tolerancí umožňují [12]. Nakonec je nutný přípravek s označením V.A.G.1925 (**obr 10.3**).



Obr. 10.3 V.A.G. 1925 [13]

10.2 KINEMATIKY PROSTOROVĚ ŘÍZENÉ NÁPRAVY

Rozhodující pro jízdní chování jsou zejména změny sbíhavosti a odklonu kol, protože se jimi určuje samořízení vozidla. Pokud se na nerovné jízdní dráze vytvoří změny úhlu sbíhavosti, vznikne boční síla, která narušuje přímou jízdu. Na diagramu (**obr. 10.4**) je vidět, že změna úhlu sbíhavosti při pružení je téměř nulová. Změny odklonu kola by měly být ve střední oblasti křivky (přímá jízda) co nejmenší, aby se nevytvářely velké boční síly. Při jízdě obloukem vzniká zapružením záporný odklon, čímž se zlepšuje boční vedení.



Obr. 10.4 Změna úhlu sbíhavosti a změna odklonu kola [3]



ZÁVĚR

Měřením geometrie kol se zabýváme již od 30 let minulého století a to s několika důvodů. Hlavními důvody jsou zachování jízdních vlastností vozidla, udržení přímého směru vozidla a také rovnoměrné opotřebení pneumatik.

Cílem mé bakalářské práce bylo definovat základní parametry geometrie kol, kterými se zabývám v první části mé práce. Ve druhé části práce se zabývám popisem jednotlivých typů měřicích zařízení s ohledem na způsob měření a vzájemným porovnáním základních metod měření. V poslední části jsem shrnul moderní trendy a vývoj zařízení pro měření geometrie kol a také jsem zmínil změnu hodnot geometrie přední nápravy v závislosti na pro pružení vozidla.

V bakalářské práci lze sledovat vývoj nové technologie zařízení pro měření geometrie kol. V počátku se měřili geometrie kol pomocí mechanických měřidel, která byla časově náročná a oproti dnešní technologii nebyla tak přesná. V dnešní době dbáme jednak na přesnost daného měření, tak i na rychlost měření a to nám zaručuje moderní technologie.

Jedním z nejmodernějších systémů pro měření geometrie kol je 3D měření, které pracuje na principu stereoskopické obrazové měření. Terče, které jsou upevněny na kolech automobilu, snímají měřicí senzory nasazené v úchytech zvedáku a propojeny s počítačem. Tato metoda přinesla podstatné urychlení měření s vysokou přesností. Kamerový systém je dalším moderním zařízením pro měření geometrie kol. Princip měření je v podstatě stejný jako u měření pomocí 3D systému. Liší se v tom, že kamery snímající infračervené paprsky, které se odráží od terčů upevněných na kolech automobilu, jsou umístěny na stojanu před automobilem. Výhodou kamerového systému jsou vysoká přesnost a rychlost měření, velmi jednoduchá obsluha a není potřeba provádět pravidelné kalibrace měřicích kamer a zvedáku. Posledním zařízením, kterým se zabývám v práci, je bezdotykové měření geometrie kol. Zařízení je tvořeno zvedákem s otočnými deskami pro přední kola, dvěma stojany, na kterých jsou umístěny CCD kamery. Měření je rychlé a téměř automatické. Není potřeba upevňovat terče na kola. Kamerový systém zaručuje vysokou přesnost i při opakovatelném měření.

V dnešní době si každý autoservis, který provozuje tato měření, sám nejlépe zvolí zařízení, které danému servisu bude nejlépe vyhovovat. Vzhledem k uspěchané době, si převážná část volí co nejméně náročná a časově nejrychlejší měření. Po vlastní analýze servisů v okolí místa bydliště jsem dospěl k závěru. Servisy jsou nejčastěji vybaveny 3D geometrií a to z těchto důvodů: měření rychlé, méně náročné na obsluhu, přijatelná pořizovací cena.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. Brno: vlastním nákladem, 2006. 464s.
ISBN 80-239-7064-X
- [2] REMTA, František. *Základní učební texty řízení*. Praha: vlastním nákladem, 1981. 44s.
- [3] GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2007.
688s. ISBN 978-80-86706-17-7
- [4] *Koch Achsmessanlagen*, [cit. 2011-02-28]
URL: <<http://www.kochachsmessanlagen.de>>
- [5] *Avtoservice*, [cit. 2011-02-28]
URL: <<http://www.avtoservice.info/content.asp?pn=217>>
- [6] *Beissbarth*, [cit. 2011-03-07]
URL: <<http://www.beissbarth.com/tryit/index.php>>
- [7] *Autoserva*, [cit. 2011-04-03]
URL: <http://www.autoserva.cz/html/podvozky_linky3.php>
- [8] *AutoPRESS*, [cit. 2011-04-03]
URL: <<http://www.autopress.cz/?page=38.bezdotykove-mereni-geometrie>>
- [9] *AutoPRESS*, [cit. 2011-04-07]
URL: <http://www.autopress.cz/?download=_/archiv-2007/mini09_07.pdf>
- [10] *Bosch*, [cit. 2011-04-07]
URL: <http://www.bosch.cz/press/detail.asp?f_id=847>
- [11] *Bosch*, [cit. 2011-04-07]
URL: <<http://aa.bosch.cz/download/katalog/katalog-diag-09.pdf>>
- [12] *Autodílna Roman Jansa*, [cit. 2011-04-07]
URL: <http://autodilnaromanjansa.cz/index.php?clanek=geometrie_kol>
- [12] *AutoPRESS*, [cit. 2011-04-07]
URL: <http://www.autopress.cz/?download=_/archiv-2011/ae_01-02_2011mini.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

l_1	[mm]	vzdálenost vnitřních okrajů ráfků kol ve výšce nad osou středů kol
l_2	[mm]	vzdálenost vnitřních okrajů ráfků kol ve výšce pod osou středů kol
n_a	[mm]	závlek
R_o	[mm]	poloměr rejdu
γ	[°]	odklon kola
δ	[°]	diferenční úhel
ε	[°]	sbíhavost kol
σ	[°]	příklon rejdové osy
τ	[°]	záklon rejdové osy