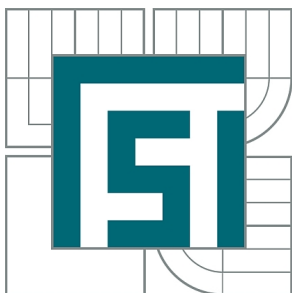


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PŘESTAVBA EXPERIMENTÁLNÍHO VOZIDLA FORMULA FASTER

EXPERIMENTAL CAR FORMULA FASTER REBUILD

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MICHALIS ZARAMBUKAS

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ BLAŽÁK, Ph.D.

BRNO 2011

Sem vložte první stranu zadání.

Sem vložte druhou stranu zadání.

ABSTRAKT

Hlavním úkolem této diplomové práce je přestavba hnacího agregátu u experimentálního vozidla Formule Faster. Jedná se o změnu stávajícího hnacího agregátu Ford Kent 1600cc za agregát Škoda 1,4 MPI. Následujícím úkolem je analýza kinematických vlastností přední nápravy s následnou optimalizací a změnou konstrukce uložení řídící tyče související se sbíhavostí a propružením. Poslední část se zabývá změnou uchycení volantu, přestavbou na odnímatelný volant pomocí rychlospojky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Přestavba hnacího agregátu, zdvih kol, sbíhavost kol na propružení, MBS, simulace modelu, rychlospojka volantu

ABSTRACT

The main purpose of this diploma thesis is the experimental vehicle Formula Faster engine reconstruction. The current Ford Kent 1600cc engine will be replaced by the Škoda 1.4 MPI engine. The next task is to analyse kinematic properties of the front axle and subsequent optimization and transformation of steering rod placing which relates to wheel toe and bump travel. The last part is concerned with steering wheel mounting transformation, concretely with reconstruction to obtain removable steering wheel using rapid coupling.

KEYWORDS

Engine reconstruction, wheel toe, bump travel, MBS, simulation, rapid coupling

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZARAMBUKAS, M. Přestavba experimentálního vozidla Formula Faster. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 50 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ondřej Blaták, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Ondřejem Blatáčkem, Ph.D. a s použitím zdrojů uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2011

.....

Michalis Zarambukas



PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří zejména Ing. Ondřeji Blatákov, Ph.D. za jeho ochotu, odborné vedení, cenné rady a celkovou pomoc při tvorbě této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat mým rodičům a přítelkyni, kteří mi umožnili studium na Fakultě Strojního Inženýrství a plně mne v tomto studiu podporovali.

OBSAH

Úvod	9
1 Představení experimentálního vozidla Formule Faster	11
2 Náhrada hnacího agregátu Ford 1600 za agregát Škoda 1,4MPI a jeho zástavba.....	13
2.1 Porovnání stávajícího motoru Ford 1600 s motorem Škoda 1,4 MPI	13
2.1.1 Motor Ford 1600.....	13
2.1.2 Motor Škoda 1,4 MPI.....	14
2.2 Odlišnosti motorů	14
2.3 Měření motoru Škoda 1,4 MPI	15
2.3.1 Příprava před měřením motoru.....	16
2.4 Měření bezkontaktním optickým zařízením TRITOP	17
2.5 Měření bezkontaktním optickým 3D skenerem ATOS	19
2.5.1 Základní informace o systému ATOS	19
2.5.2 Příprava před měřením	20
2.5.3 Měření systémem ATOS	21
2.5.4 Měření motoru Škoda 1,4 MPI.....	21
2.5.5 Měření rámu formule Ford	22
2.5.6 Celkové uchycení motoru Ford Kent.....	22
2.5.7 Uchycení bloku motoru pomocí příruby	22
2.5.8 Uchycení příruby k bloku motoru	23
2.5.9 Uchycení příruby k rámu formule	24
2.5.10 Uchycení motoru pomocí uchycovacích tyčí	24
2.5.11 Celkové uchycení motoru.....	25
2.5.12 Systém mazání suchou klikovou skříní	26
3 Kinematické vlastnosti přední nápravy	29
3.1 Vytvoření modelu nápravy v programu ADAMS/View.....	29
3.1.1 Postup vytvoření modelu	29
3.1.2 Měření kinematických hodnot.....	31
3.2 Kinematika.....	32
3.2.1 Hmotný bod	32
3.2.2 Kinematika bodu	32
3.2.3 Vztažná soustava	33
3.3 Vlastnosti lichoběžníkové nápravy	34
3.3.1 Odklon kola	36
3.3.2 Příklon rejdové osy	38
3.3.3 Změna sbíhavosti při propružení	39

3.4	Optimalizace sbíhavosti	39
3.4.1	Naměřené hodnoty sbíhavosti	40
3.4.2	Změna převodky hřebenového řízení	41
3.4.3	Změna uchycení řídicí tyče.....	42
3.4.4	Změna přípravku na těhlici.....	43
3.4.5	Zhodnocení možností optimalizace sbíhavosti.....	43
4	Změna připojení volantu.....	45
4.1	Rychlospojka volantu	45
4.2	Řídicí hřídel	46
4.3	Nové uchycení volantu	46
	Závěr	48
	Seznam použitých zkratek a symbolů	50

ÚVOD

Experimentální vozidlo formule Faster slouží pro měřicí a výpočtovou diagnostiku mnoha jízdních manévřů. Ke zkoumání jízdních manévřů jsou použity měřicí snímače mnoha druhů umístěných na rámu formule a jejich nápravách. Výsledky naměřené snímači jsou zpracovávány v programovatelném univerzálním a řídicím kontroloru CompactRIO, který je upevněn na rámu formule a pracuje v reálném čase. K zabezpečování těchto měření je používán hnací agregát Ford Kent 1600cc, jež je ve formuli od její výroby.

Přestavba experimentálního vozidla, která se týká především výměny motoru Ford Kent 1600cc je hlavním cílem této diplomové práce. Motor je nahrazen motorem z vozidla Škoda Fábía 1,4 MPI první generace. Důvodem je nevyhovující stav stávajícího motoru, který dříve vykazoval vysoké výkony na okruhových tratích závodů. Vysoká Rychlost chodu motoru, zanechala při závodech nešetrou jízdu opotřebení pístů a jejich kroužků, válců a hlavy válců, ventilů a dalších částí motoru. Vzniklé opotřebení a vznikající netěsnosti mají za následek vyšší spotřebu paliva, oleje a jeho neustále znečišťování vede k častější výměně. Oprava opotřebovaných částí by nikdy motor nevrátila do původního stavu a byla by zbytečně nákladná, náročná a zdlouhavá. Proto je motor Ford 1600cc nahrazen novým motorem, z vozu Škoda Fábía 1,4 MPI.

Motor Škoda 1,4 MPI využívající automobil Škoda Fábía I. generace. Jedná se o silnější variantu tohoto typu motoru, která byla používána v daném vozidle. Automobil Škoda Fábía patří mezi nejvyužívanější vozidla v kategorii nižší třídy. Do podobné kategorie spadá i Formule Ford, která využívá motor Ford Kent 1600cc. K této výkonové skupině s podobnými technickými parametry patří i zmiňovaný motor Škoda 1,4 MPI. Jeho přijatelná cenová dostupnost a výkonová schopnost vytváří vhodné řešení pro tuto náhradu. Podobné parametry jakými jsou kompresní poměr, zdvih a vrtání vytvářejí také podobné výkonové vlastnosti těchto motorů.

Pro přestavbu zvolených motorů je motor Škoda 1,4 MPI vymodelován pomocí bezkontaktního optického zařízení TRITOP a 3D skeneru ATOS. Model je upravován v 3D programu Catia a následně vložen do dříve vymodelovaného rámu Formule Ford. Pomocí programu Catia, byly tyto opisované úkoly spojeny v jednu sestavu. Díky nově vytvořených uchycovacích součástí zařízení je motor Škoda 1,4 MPI funkčně vložen do rámu formule a zároveň souose nastaven s převodovkou. Nové uchycení vymodelované v programu Catia je zhotoveno na základě údajů o materiálu ze strojnických tabulek.

Následným úkolem práce je optimalizace kinematických vlastností přední nápravy. Tyto geometrické odchylky, jež jsou nastaveny na lichoběžníkové nápravě, způsobují nesprávnou sbíhavost kol. Pro zjištění hodnot sbíhavosti a následnou optimalizaci je použit výpočtový systém ADAMS/View. Díky tomuto programu je simulován pohyb přední nápravy pomocí těles, kinematických vazeb a funkcí *MOTION*, jež zabezpečuje pohyb. Optimalizované naměřené hodnoty sbíhavosti jsou převedeny na nápravu kola formou změny polohy řídicí tyče. Tuto optimalizaci je možné provést několika způsoby, které jsou uvedeny níže. Výsledky naměřené sbíhavosti na jednotlivých stranách řídicí tyče jsou porovnány v systému ADAMS/View a znázorněny v grafech.

Posledním úkolem této diplomové práce je změna připojení volantu. Stávající pevné uložení volantu je jen dočasným řešením. Nový návrh v sobě zahrnuje změnu řídicí hřídele volantu plus nové odnímatelné uchycení volantu. Odnímatelnost volantu v tomto případě

zajistí mechanismus *Mozzetti volante sgancio rapido*. Důvod volby odnímatelné vložky volantu má několik aspektů. Mezi nejdůležitější patří rychlost výstupu řidiče při nehodě a mezi nejpohodlnější zase snadný nástup a výstup z formule.

Veškeré navrhované změny v této diplomové práci jsou zhotoveny v 3D programu Catia a provedeny podle norem určující strojnické tabulky.

1 PŘEDSTAVENÍ EXPERIMENTÁLNÍHO VOZIDLA FORMULE FASTER

Experimentální vozidlo Formule Ford, jež je nyní používáno pro výzkumné měření začíná svou historii v roce 1967. Geoffrey Clerk je zakladatelem Formule Ford, která měla za úkol zaškolit a naučit kvalitní jízdní vlastnosti mladé závodníky. Ti svou nezkušeností mohli poškodit drahé motory Formule 3. Rozhodnutím Geoffreye Clarka se začali vyrábět Formule s motorem Ford o nižším výkonu, ale také ceně s podvozkem Formule 3. Toto motorové omezení však nemělo vliv na vybavení formule.

První závody Formule Ford byly koncentrovány ve Velké Británii, skládaly se především se závodníků *Motor Racing* a *Jim Russel rating schools*. Vybavení těchto formulí bylo dodáváno z automobilu Ford Cortina GT včetně motoru Kent 1600cc, převodovky a ráfků. Začátkem let 1970 se objevili nová epicentra závodů Formule Ford, která expandovala do celého světa.

Formule používala motor 1600cc až do roku 1994, kdy Ford představil modernější motor 1800cc Zetec. Tím se vytvořila nová vyšší třída. Nový motor byl silnější, ale kritizován větší hmotností a horší ovladatelností. V roce 2006 představil Ford nový motor Duratec 1600cc, který vystřídal 1800cc Zetec. I přes modernější motory používá amatérský klub původní motory Kent 1600cc.

S postupem času jsou vozidla Formule Ford stále jistým ohledem jedinečná. Na rozdíl od všech ostatních závodních vozů, Formule Ford nemají křídla. Z toho vyplývá, že vozidla jsou omezeny pouze na mechanickou přílivost a nejsou schopny získat vyšší rychlost nežli ostatní závodní vozidla. Ovšem i toto omezení mechanické přílivosti má jisté klady, neznevýhodňuje řidiče kvůli aerodynamice. I přes nevýhody křidel jsou formule extrémně lehké a přibližná hmotnosti kolem 450kg zapříčiní, že i malé motory 1600cc mohou Formuli Ford pohánět zrychlením na 96km/h za necelých 5 sekund a to až do maximální rychlosti kolem 150km/h.

I přes pokročilý věk, Formule Ford patří mezi nejpoblárnější závody své kategorie ve Velké Británii i po celém světě. Tato formule naučila řidiče dovednostem, které využívali v soutěžích ve vozech Formule 1. Historie Formule ford je inspirována. [12]

Nyní Formule Ford obr. 1.1 slouží pro výzkum v oblasti analýzy jízdních manévřů.



Obr. 1.1 Experimentální vozidlo Formule Ford 1600cc



Při těchto jízdách manévrech je díky mnoha snímačům měřeno velké množství veličin, jakými jsou zrychlení, zdvih kola, otáčky kola, snímač výšky, snímač brzdového tlaku, tenzometrické měření síly pod kolem vozidla a řada dalších měřících systémů. Výhodou tohoto vozidla jsou seřizovací prvky podvozku- nastavitelné tlumiče, jednoduchá změna geometrie řízení.

Experimentální vozidlo Formule Ford je vybaveno hnacím agregátem Ford Kent 1600cc. Jedná se o původní motor o objemu 1587 cm³. Motor Kent je však v této práci nahrazen sériovým motorem Škoda 1,4 MPI z vozidla Škoda Fábia.

2 NÁHRADA HNACÍHO AGREGÁTU FORD 1600 ZA AGREGÁT ŠKODA 1,4MPI A JEHO ZÁSTAVBA

Náhrada hnacího agregátu se provádí na experimentálním vozidle Formule Ford. Jedná se o kompletní přestavbu stávajícího motoru Ford Kent 1600 za motor z automobilu Škoda Fábia 1,4 MPI první generace. Hlavním důvodem této přestavby je stáří a opotřebení motoru, k tomu úměrně časté opravy motoru.

Návrh přestavby je softwarově zhotovena v programu CATIA. Model motoru Škoda je vytvořen pomocí bezkontaktního optického zařízení TRITOP, následně je objekt digitalizován 3D skenovacím zařízením ATOS. Tento sken je do CATIE exportován s příponou *.stl a zabudován podélně do rámu. K souosému uložení motoru s převodovkou a bezpečnému zajištění motoru jsou zhotoveny nové úchyty, které fixují motor. Stejně jako u stávajícího, tak i u nového motoru je použito mazání suchou klikovou skříní z důvodu nedostatku prostoru pod motorem a podvozkem formule.

2.1 POROVNÁNÍ STÁVAJÍCÍHO MOTORU FORD 1600 S MOTOREM ŠKODA 1,4 MPI

2.1.1 MOTOR FORD 1600

Formule Ford, které začaly svou dráhu závodů v roce 1967, se používali motory Kent 1600cc obr 2.1, které svým dostatečně vysokým výkonem a relativně nízkou hmotností poskytovaly formuli dobré jízdní vlastnosti. Motor se používal do roku 1996, poté byl nahrazen modernějším představitelem 1800cc Zetec a roku 2006 Ford představil motor Duratec 1600cc. U amatérských závodníků jsou tyto malé motory Ford Kent 1600cc i přes jejich věk v relativně dobrém stavu a patří mezi nejpopulárnější závodní speciály jak ve Velké Británii, tak i po celém světě.

Motor je ve formuli uložen podélně za zadní nápravou, litinový blok je chlazený vodou a řízení ventilů je s rozvodem OHV. Parametry jako objem válců, vrtání a zdvih válců společně výkonem a točivým momentem jsou porovnávány v tabulce 2.1.



Obr. 2.1 Motor Ford Kent 1600cc

2.1.2 MOTOR ŠKODA 1,4 MPI

Motor Škoda 1,4 MPI obr 2.2 se začal vyrábět od roku 1999 a dodával se do karoserií pětidveřového hatchbacku, později také do karoserie Combi a sedan.

I tento motor bude ve formuli uložen podélně za zadní nápravou. Rozvod ventilů je v tomto případě DOHC (Double Overhead Cam), je uložen ve víku hlavy válců a jeho dvě vačkové hřídele jsou rozděleny k obsluze dvou sacích a dvou výfukových ventilů na válec. Přesné parametry motoru Škoda 1,4 MPI jsou uvedeny v tabulce 2.1. společně s parametry motoru Ford 1600cc.



Obr. 2.2 Motor Škoda Fábie 1,4 MPI

2.2 ODLIŠNOSTI MOTORŮ

Motor Škoda 1,4 MPI je svým tvarem a rozměry blízky svému předchůdci motoru Ford Kent 1600cc. Jejich výška, šířka a hloubka jsou si natolik podobné, že navrhovaná zástavba motoru Škoda by neměla činit žádný problém.

Jak jsou si podobné rozměrové údaje motorů, tak jsou si i podobné technické údaje motorů, které jsou porovnávány v tabulce 2.1.

Technické údaje a vybavení motoru Ford Kent jsou přímo úměrné stáří motoru. Samotný blok motoru je litinový, chlazený vodou. Jak tomu bývalo zvykem v 70. letech minulého století. Litinový blok má díky vysokému obsahu grafitu dobré kluzné vlastnosti, dostatečnou odolnost proti opotřebení a lépe pohlcuje vibrace oproti blokům z hliníkových slitin asi 10x.

Velkou výhodou hliníkových slitin je 50% snížení hmotnosti motoru. Bohužel mají několik nevhodných vlastností. Vnitřní plocha válců má malou odolnost proti opotřebení, proto se často používají vložené válce z legované litiny. Vlivem nižší pevnosti hliníkových slitin musí mít válce silnější stěny.

Obecně je přes všechny nevýhody při výrobě snaha o přechod z litiny na hliníkové slitiny díky tlakovému odlévání, což je technologie vhodná pro hromadnou výrobu.

K dalším rozdílům mezi motory patří odlišná tvorba směsi, dávkování paliva a také zapalování směsi. V motoru Ford Kent je dávkování paliva zapříčiněna karburátorem, jehož množství je závislé na podtlaku v difuzoru. Motor Škoda využívá pro tvorbu směsi vícebodové vstřikování *Magneti Marelli 4LV*, které je řízeno řídicí jednotkou (ŘJ) v závislosti na sešlápnutí plynového pedálu (natočení škrtkové klapky), množství vzduchu ve výfukových plynech a dalších faktorech, které vyhodnocuje ŘJ.

Stejně jako u karburátoru je funkce rozdělovače u motoru Ford Kent způsobena mechanickým pohybem raménkem rozdělovače, který je ovládán díky Hallova snímače

namontovaného v tělese a napájen přes ŘJ. Všechny tyto mechanické zařízení jsou postupem času nahrazeny elektrickými přístroji, kterým nehrozí znečištění či případná koroze jednotlivých částí. U motoru Škoda je zapalování se statickým rozdělováním vysokého napětí se dvěma zapalovacími cívkami, každá pro dva válce.

Z tabulky 2.1, která je znázorněna níže si můžete všimnout podobných parametrů obou motorů. Díky moderním technologiím, je možné novým motorům zvyšovat kompresní poměry, zmenšovat rozměry a přitom dosahovat podobných výsledků výkonů a kroutících momentů.

Tabulka 2.1 Technické parametry motorů

	Ford Kent 1600cc	Škoda 1,4 MPI
Konstrukce	řadový čtyřválec	řadový čtyřválec
Obsah	1587 cm ³	1390 cm ³
Vrtání	81 mm	76,5 mm
Zdvih	77,6 mm	75,6 mm
Kompresní poměr	9,3:1	10,5:1
Jmenovitý výkon	89 kW/6800 min ⁻¹	74 kW/6000 min ⁻¹
Kroutící moment	158 Nm/4200 min ⁻¹	126 Nm/4400 min ⁻¹

2.3 MĚŘENÍ MOTORU ŠKODA 1,4 MPI

Pro správné uložení motoru Škoda 1,4 MPI do rámu Formule Ford musí být nejdříve provedeno kompletní změření tvaru motoru. K měření těchto tvarů je vhodné použít měřicí zařízení bezkontaktního charakteru, které usnadnění reálnou práci s případnou demontáží starého a následnou montáží nového. Těmito bezkontaktními měřicími zařízeními jsou přístroje TRITOP a 3D skener ATOS.

Při prvotním měření motoru se použije přístroj TRITOP, jenž stanoví přesné prostorové souřadnice kódovaných a nekódovaných bodů, které jsou libovolně rozprostřeny po povrchu motoru a v jeho blízkosti. V systému jsou tyto body označeny značkami a čísly. Bezkontaktní zařízení TRITOP umožňuje měřit objekty, jejichž velikost je od 0,1 do 10 metrů. Takto nafocené body se importují do systému ATOS, který s nimi dále pracuje a vytváří 3D model.

Importované body, které jsou znázorněny na obr. 2.3, využívá systém ATOS k umístění nasnímaných částí motoru. Jednotlivé snímky jsou díky nekódovaným bodům spojovány a vytvářejí tak 3D model motoru.



Obr. 2.3 Body vytvářející motor Škoda 1,4 MPI

2.3.1 PŘÍPRAVA PŘED MĚŘENÍM MOTORU

Před samotným měřením systémem TRITOP je potřeba zkontrolovat nastavení fotoaparátu (obrt. LS.) zda je dobře nastavena clona a zaostření objektivu. Tento objektiv se zaostřuje pouze jednou, před vyfotografováním prvního snímku. Ostření při dalších snímcích je možné pouze přiblížením nebo oddálením od snímaného objektu. Na motoru musí být před snímáním nalepeny kódované a nekódované body, jak je znázorněno na obr. 2.4 a uloženy kalibrační tyče nejlépe do kříže. Kalibrační tyče zajistí měřítko celého měřeného objektu, tedy vzdálenosti mezi jednotlivými kódovanými a nekódovanými body.

Příslušenství potřebné k měření systémem TRITOP:

- Digitální fotoaparát s vysokým rozlišením s vyměnitelným objektivem a stálou ohniskovou vzdáleností.
- Blesk pro optimální nasvícení měřeného objektu.
- Kódované referenční body
- Nekódované referenční body k získání prostorových souřadnic
- Kalibrační tyče pro určení měřítka objektu měření
- Výkonné PC
- Software pro analyzování a vyhodnocování snímků



Obr. 2.4 Příprava motoru na měření systémem TRITOP

Před měřením bezkontaktním optickým 3D přístrojem ATOS, je zapotřebí nanést na měřený objekt, tedy motor bílou matnou barvu viz. obr. 2.2. Ta zapříčiní kvalitnější snímání povrchu z důvodu vysokému odrazu dopadajícího světla a zamezení tvorby stínů. K nejsnadnějšímu nanesení bílé barvy je vhodný sprej značky ..., avšak tato varianta patří k nejdražším. Lacinější, ale přitom stejně účinné nastříkání motoru lze zajistit rozmícháním plavené křídly s technickým lihem. Nanesení bílé barvy na motor byly v tomto případě použity obě tyto varianty.

2.4 MĚŘENÍ BEZKONTAKTNÍM OPTICKÝM ZAŘÍZENÍM TRITOP

Bezkontaktní měřicí zařízení TRITOP slouží pro měření přesných prostorových souřadnic bodů a objektů. Systém pracuje na principu vyfotografování tělesa z různých úhlů pohledu a z těchto snímků poté vypočítá prostorové souřadnice bodů nalepených na tělese. Získání dat pomocí systému TRITOP je mnohdy snadnější, rychlejší, přesnější a také levnější, než li měření mechanickými zařízeními. Velkou výhodou oproti mechanickému měřicímu zařízení možnost měřit objekty zahráté na vysokou teplotu, aniž by došlo k tepelné dilatanci měřeného přístroje. Kompletní vybavení měřicího systému TRITOP je znázorněno na obr. 2.5



Obr. 2.5 Měřicí zařízení TRITOP

Aby bylo určení referenčních bodů se systémem TRITOP přesné, musí být dodrženy kladené požadavky.

- Každý snímek musí obsahovat nejméně pět kódovaných referenčních bodů, pro určení přesné polohy fotoaparátu. (Obr. 2.6) Číslo v levém dolním rohu kódovaného bodu je značka pro sadu kódovaných referenčních bodů. Je nutné zamezit zamíchání jednotlivých sad kódovaných bodů, TRITOP nedokáže automaticky rozpoznat, o jakou sadu se jedná.



Obr. 2.6 Kódovaný referenční bod

- Tyto referenční body musí mít na snímku minimální průměr 10 pixelů, i když se jedná o elipsu.
- Snímky nesmí být přexponované, přechod mezi jednotlivými úrovněmi šedé musí být ostrý.
- Každý nekódovaný referenční bod musí být viditelný nejméně na třech snímcích, aby mohl systém TRITOP určit prostorové souřadnice objektu. Poloha bodů je přesnější, pokud je bod na více snímcích. (Obr. 2.7) Body umísťujeme tak, aby při vyhodnocování výsledků měření nedošlo k jejich záměně. Oproti kódovaným bodům se tyto body umísťují na měřený objekt co nejméně.



Obr. 2.7 Nekódovaný referenční bod

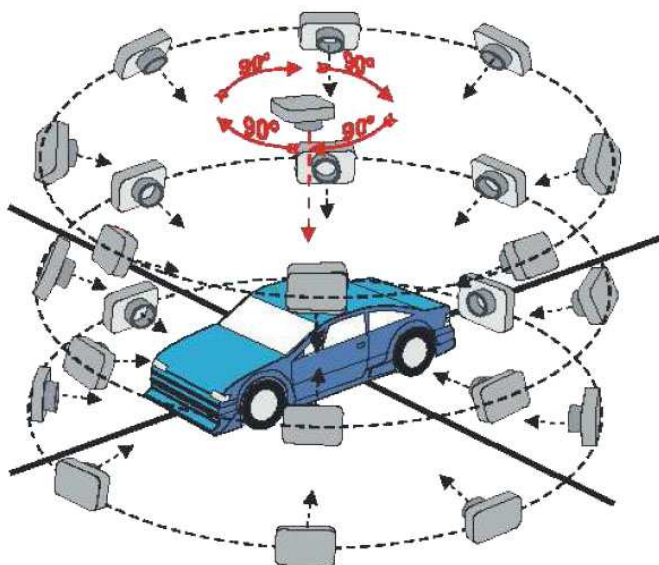
- Kalibrační tyče obr. 2.8 mají přesně zadanou vzdálenost mezi kódovanými referenčními body. Tyto body mají své identifikační čísla, která jsou do systému TRITOP zadávána při vytvoření nového projektu. Pomocí zadané vzdálenosti mezi body na kalibrační tyči se určí vzájemná vzdálenost ostatních bodů v projektu. Na poloze umístění kalibrační tyče nezáleží, dbá se pouze na dostatečný počet snímků s těmito tyčemi.



Obr. 2.8 Kalibrační tyče

Postup fotografování objektu obr. 2.9 má několik pravidel. Mezi první se řadí kalibrační snímky z horní pozice, které jsou fotografovány po 90° natočení fotoaparátu. Pro zachycení celého měřeného objektu. Pokud není možno tyto kalibrační snímky zhotovit z horní pozice, určí se takové místo, kde se vyskytuje největší množství kódovaných referenčních bodů.

Další série fotografií se provádí ze tří různých výškových úrovní. V každé této úrovni se vyfotografuje určité množství fotografií. Počet těchto fotek závisí pouze na složitosti objektu. Jediným pravidlem zde je, aby na každém snímku bylo vidět alespoň pět kódovaných referenčních bodů. Tyto pravidla se opakují i na následujících dvou úrovních, jak lze vidět na obr. 2.9.



Obr. 2.9 Princip fotografování měřeného objektu

Na závěr jsou referenční body exportovány ze systému TRITOP s příponou REF. Tento shluk bodů s přesnou geometrií se následně importuje do systému ATOS pro dokončení tvorby 3D modelu motoru Škoda 1,4 MPI.

2.5 MĚŘENÍ BEZKONTAKTNÍM OPTICKÝM 3D SKENEREM ATOS

2.5.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O SYSTÉMU ATOS

Systém ATOS (Advanced Topometric Sensor) slouží pro digitalizaci objektu, vytváření CAD konstrukcí. Pomocí této digitalizace systému, lze objekty měřit rychle a s vysokým rozlišením. Každé jedno měření generuje až 4 miliony datových bodů. Jednotlivé obrazy jsou spojeny pomocí nekódovaných referenčních bodů obr. 2.7.

Měřicí přístroj ATOS obr. 2.10, se skládá ze snímací hlavy, která má dvě kamery na okrajích ve vzdálenosti 450mm a ve středu je umístěna osvětlovací lampa. Snímací hlava je pevně uložena na třibodovém stativu, který zajišťuje bezpečné a stabilní držení snímací hlavy a který také umožňuje díky tří-osému polohovacímu mechanismu pohyb ve všech směrech. Samotný stativ se dále může díky teleskopickým a zároveň výkyvným nohám různě polohovat. Snímací hlava je propojena s řídicí jednotkou, která zpracovává pořízené snímky a odesílá do PC systému pro následné zpracování.

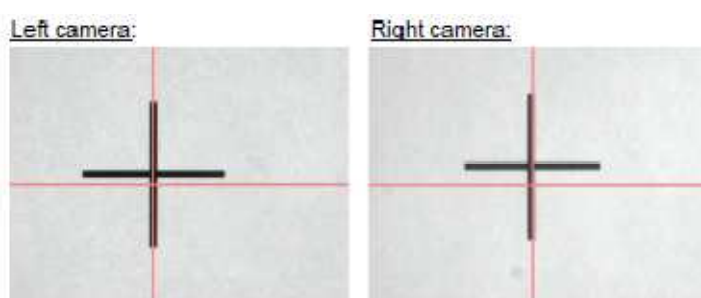


Obr. 2.10 Měřicí přístroj ATOS

2.5.2 PŘÍPRAVA PŘED MĚŘENÍM

Každý objekt měřený systémem ATOS musí splňovat určité pravidla. Jak už bylo zmíněno, i skenovaný motor Škoda 1,4 MPI byl před měřením očištěn od nečistot a opatřen bílým nástříkem. Následně označen (polepen) nekódovanými referenčními body.

Po spuštění systému ATOS je doporučeno snímací hlavici nechat zahřát asi 5-10 minut. Poté se musí nastavení zaostření a čas závěrky kamer, které zaručí přesné měření. K tomuto nastavení poslouží bílý papír s černým křížem, jak je možno vidět na obr. 2.11. Kříž na bílém papíru musí být jasně a ostře viditelný v obou kamerách ze vzdálenosti 750mm, což je vzdálenost, která zajistí pohled obou daných objektivů na určité místo. Čas závěrky kamer je v tomto případě 0,04 podle přednastavení v systému ATOS a zaostření je provedeno pootočením objektivu. Vycentrování kříže kamer se provádí manuálně pomocí hexagonálních šroubků pod objektivem kamer.



Obr.2.11 Nastavení snímacích kamer

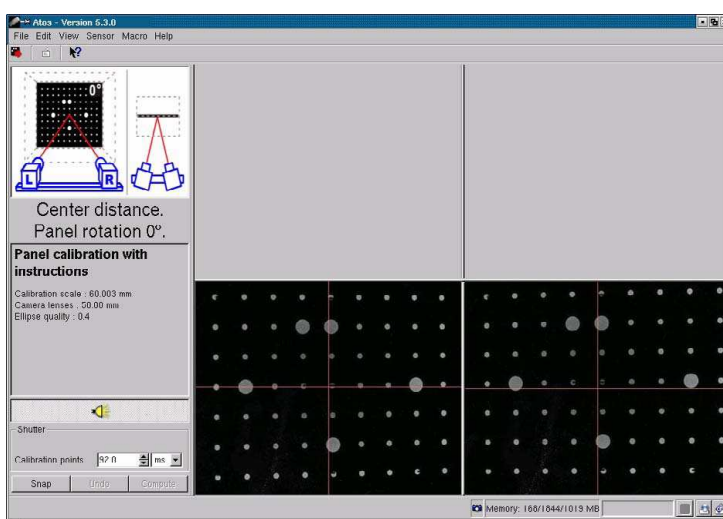
Před prvním měřením musí být ATOS-software zkalibrován pomocí kalibrační desky o rozměrech 200 x 160mm. Kalibrace může být provedena dvěma způsoby.

- Rychlá kalibrace je časově méně náročná, ale také o to méně přesná. Je doporučována při rozostření během měření.
- Úplná kalibrace je časově náročnější, ale doporučována při každém přenosu měřicího systému ATOS.

Díky kalibraci je zjištěná odchylka, se kterou bude ATOS snímat veškeré snímky. Čím je hodnota odchylky nižší, tím je měření a rozeznávání nekódovaných referenčních bodů přesnější.

Celým kalibračním procesem provádí uživatele systém ATOS obr 2.12, který ho nabádá k usazování a natáčení kalibrační desky.

Jakmile je systém zkalibrován, může se přejít k samotnému měření.



Obr. 2.12 Kalibrace kamer v systému ATOS

2.5.3 MĚŘENÍ SYSTÉMEM ATOS

Měření je založeno na principu triangulace, k čemuž je stereoeffektu dvou snímacích kamer. Projektor osvětluje povrch objektu přes vestavěný rastr kontrastními světelnými proužky, jejichž tvar na povrchu součásti je snímán dvěma kamerami. Pomocí optických zobrazovacích rovnic jsou z nich automaticky vypočítány přesné 3D souřadnice jako mrak bodů, který může obsahovat až 4 miliony bodů z jednoho záběru. [10]

Při měření by měly být dodrženy daná pravidla. Vzdálenost mezi objektem a snímací hlavicí se musí pohybovat okolo 750mm, ± 30 mm. Dále se musí zajistit snížené světelných podmínky (šero), pro lepší zachycení bílého povrchu snímaného motoru a promítání světelných proužků.

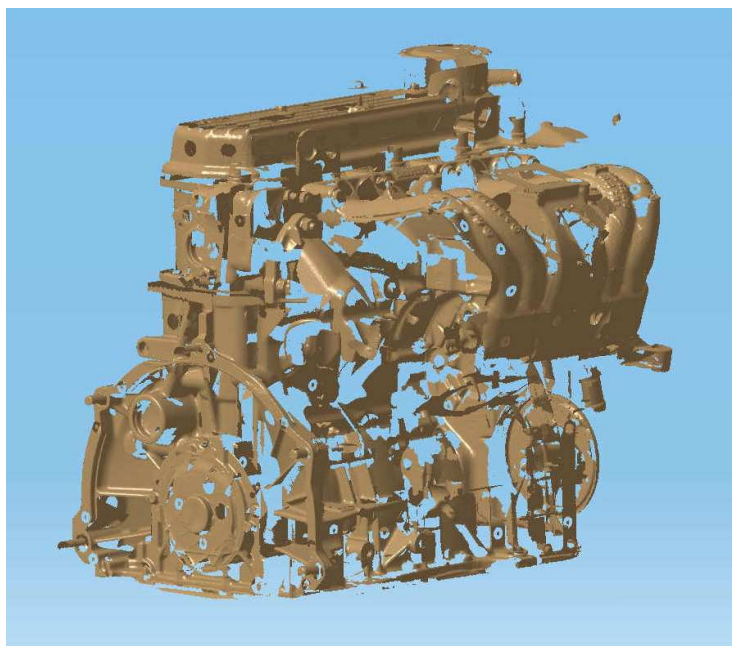
2.5.4 MĚŘENÍ MOTORU ŠKODA 1,4 MPI

Samotné měření motoru Škoda 1,4 MPI je zajištěno díky importovaným referenčním bodům z předchozího měření systémem TRITOP.

První sken motoru by měl obsahovat co největší množství referenčních bodů. Díky těmto bodům je následně určena přesnost daného snímku. Body dále zapříčiňují postupný přechod na měřeném motoru. Pravidlem totiž je, že následující sken musí obsahovat nejméně tři referenční body skenu předcházejícího (čili, čím více bodů skener zachytí, tím je snímek přesnější). Je to dáno z důvodu návaznosti jednotlivých skenů a tedy postupného modelování bloku motoru.

Naskenovaný motor, jenž je znázorněn na obr. 2.13 je vytvořen ze 74 skenů, které byly pořizovány po celém obvodu motoru. Tato *Mash* skenu je vytvořena z 1 691 003 bodů a 3 236 060 trojúhelníků.

Hlavním důvodem nekvalitní a necelistvé *Mashe* je velká členitost povrchu, která při skenování vytváří mnoho stinných míst. Tyto stinné místa se dají odstranit pouze natočením snímací hlavy a přeskenování daného místa z mírně odlišné polohy. To by však zapříčinilo mnohokrát vyšší počet skenů a tedy i bodů, trojúhelníků a celkové velikosti modelu. Tímto zdlouhavým systémem skenování by bylo sice docíleno kvalitní a hladké *Meshe*, ale pro získání potřebných rozměrů: délka, hloubka, výška a celkový tvar motoru postačuje právě tato *Mesh*.



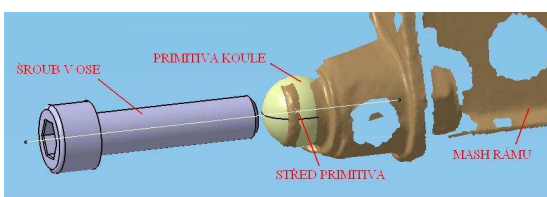
Obr. 2.13 Naskenovaný motoru v systému ATOS

2.5.5 MĚŘENÍ RÁMU FORMULE FORD

Aby mohlo dojít k přesné zástavbě motoru Škoda 1,4 MPI do rámu formule Ford, muselo proběhnout také skenování úchytných bodů rámu se stávajícím motorem Ford Kent. Dodaný model rámu zajistil přesné umístění jednotlivých vzpěr, ale umístění veškerých úchytných bodů motoru zde chybělo.

Měření rámu obr. 2.14 je soustředěno pouze na přesné umístění uchycení motoru. Samotné skenování neprobíhalo tak snadno jako u motoru Škoda 1,4 MPI, poněvadž rám nebyl zbaven motorů ani žádných jeho dílů. Z tohoto sestavení vyplynulo odpovídající výsledný sken rámu.

I když je tento sken nízké kvality jsou z něj snadno vyčteny přesná umístění jednotlivých poloh uchycovacích šroubů. Pomocí programu CATIA byly v místech umístění šroubů vytvořeny primitiva koule, které zajistily svým středem a osou také osu hledaného otvoru pro šrouby. Obr. 2.15.



Obr. 2.15 Tvorba primitiv pro určení středu skenovaného uchycení šroubu



Obr. 2.14 Skenování uchycení rámu s motorem

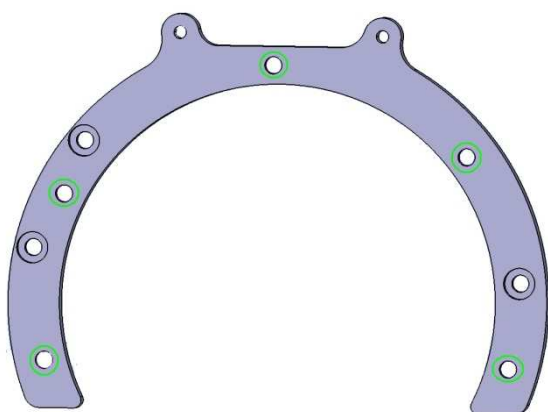
2.5.6 CELKOVÉ UCHYCENÍ MOTORU FORD KENT

Nové uchycení motoru je z velké části inspirováno nynějším uchycením motoru Ford Kent, tedy uchycení na obou koncích stran podélného uložení. Na straně spojky a ozubeného věnce pro startér je motor uchycený šesti šrouby o obvodu uložení ozubeného věnce. Na protilehlé straně je motor uchycen pomocí čtyřbodového přípravku uchyceného přímo do bloku motoru. Podobným způsobem bude uchycen i nový motor Škoda 1,4 MPI.

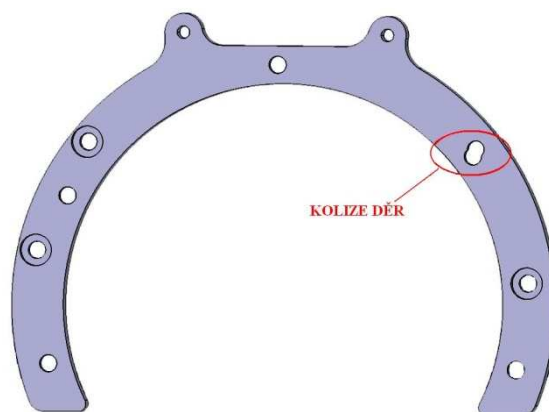
2.5.7 UCHYCENÍ BLOKU MOTORU POMOCÍ PŘÍRUBY

Zde je nové uchycení řešeno pomocí přídatné součásti- příruby, která má z obou stran odlišné rozměry rozteče děr. Uchycení motoru s rámem, je řešeno oboustrannými děrami se zahlboučením pro bezproblémové uchycení příruby, jak lze vidět na obrázku 2.16.

Při modelování příruby s přesným usazením šroubů od motoru a rámu došlo ke kolizi jedné z děr, jak znázorňuje obr. 2.17. Tato kolize je způsobena ze strany uchycení příruby k rámu. Jelikož uchycení od motoru Škoda je dané a neměnné je možné změnit polohu otvoru v rámu formule. Další možností změny, je zaslepení daného otvoru v rámu formule a následným uchycením motoru společně s přírubou a rámem.



Obr. 2.16 Použita příruba



Obr. 2.17 Kolize děr od rámu a motoru

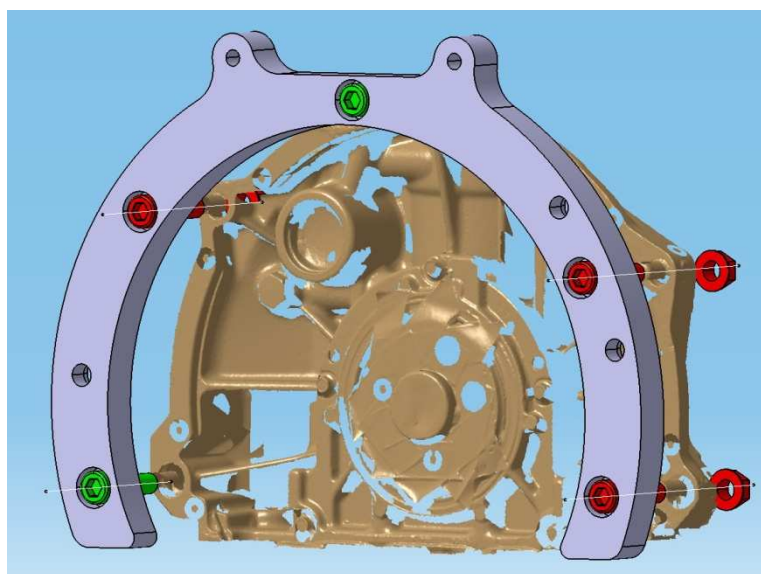
Zvolené řešení uchycení je z hlediska jakéhokoli zásahu do rámu nebo bloku motoru nejšetrnější. V přírubě jsou ponechány otvory pro uchycení bloku motoru. Tyto otvory jsou zvýrazněny na obr. 2.16. zelenými kružnicemi. Otvor pro uchycení příruby k rámu motoru byl odstraněn, viz obr. SK. Otvor v rámu je ponechán, příruba je k rámu motoru chycena pomocí pěti šroubů, které zajistí pevné uchycení všech komponentů.

Návrh tvaru příruby obr. 2.16 je založen především na rozteči děr v bloku motoru a v rámu formule. Pro přírubu je zvolen materiál 11 600. Jedná se o konstrukční ocel nelegovanou, která je vhodná na strojní součásti s vyšší odolností proti namáhání a opotřebení. Vyznačuje se mezí kluzu $R_e = 284 \div 588$ MPa a mezí pevnosti $R_m = 412 \div 754$ MPa

Zvolený tvar příruby a zahloubení úchytných šroubů zajišťuje snadné a spolehlivé upevnění nejprve k bloku motoru a následně k rámu formule.

2.5.8 UCHYCENÍ PŘÍRUBY K BLOKU MOTORU

V těchto místech uchycení bloku motoru jsou použity přípravky pro přesné stanovení rozměru a roztečné kružnice děr. Přípravky zaručí souosost při vytváření sestavy v programu CATIA. Je zde použit stejný postup k zjištění středu děr v bloku motoru, jako tomu bylo u rámu k uchycení motoru obr. 2.15. Tyto detaily motoru plus řešení jeho uchycení jsou na obr. 2.18 a 2.19.



Obr. 2.18 Uchycení příruby k bloku motoru

Detailní znázornění uchycení ukazuje, jakým způsobem bude motor uchycen k rámu formule. Na obr. TC jsou patrné naskenované detaily přípravků pro zachování správné rozteče děr v bloku motoru. Ty jsou proloženy osami protínající vložené šrouby. Barevné rozlišení šroubů znázorňuje různé typy šroubů plus jejich uchycení k motoru.

Červená barva šroubů vyjadřuje uchycení muzikusu k motoru pomocí šroubu a matice a to z důvodu průchozí volné díry v bloku motoru. Pro tento typ uchycení je použito tří šroubů o rozměrech M10 x 40 ISO 4762 – 12.9 a tři matic M10 x 1 ISO 4032 – 05, voleno dle [11].

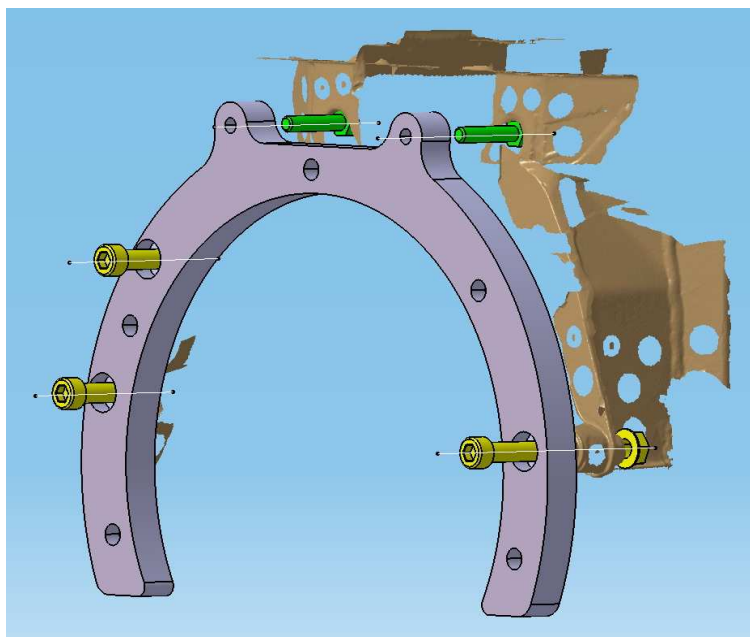
Zelená barva šroubů symbolizuje uchycení muzikusu k motoru pomocí dvou šroubů zašroubovaných přímo do bloku motoru, tedy bez matice. Jsou zde použity dva šrouby M10 x 30 ISO 4762 – 12.9, opět voleno dle [11].

2.5.9 UCHYCENÍ PŘÍRUBY K RÁMU FORMULE

Na obrázku 2.19 je znázorněno jakým způsobem bude po uchycení motoru Škoda 1,4 MPI s přírubou tento celek uchycen k rámu formule. K uchycení tohoto celku je použity dva druhy šroubů.

Zelená barva šroubů zde vyjadřuje uchycení příruby k rámu v horní části. K tomuto uchycení jsou použity dva šrouby M8 x 38 ISO 4017 – 8.8, voleno dle [11]. Tyto šrouby jsou přichyceny do předem případných závitových děr v přírubě.

Žluté šrouby uchycují přírubu k rámu po obvodě. K tomuto přichycení jsou využity tři šrouby M10 x 35 ISO 4762 – 12.9 a tři matice M10 x 1 ISO 4032 – 05, voleno dle [11].



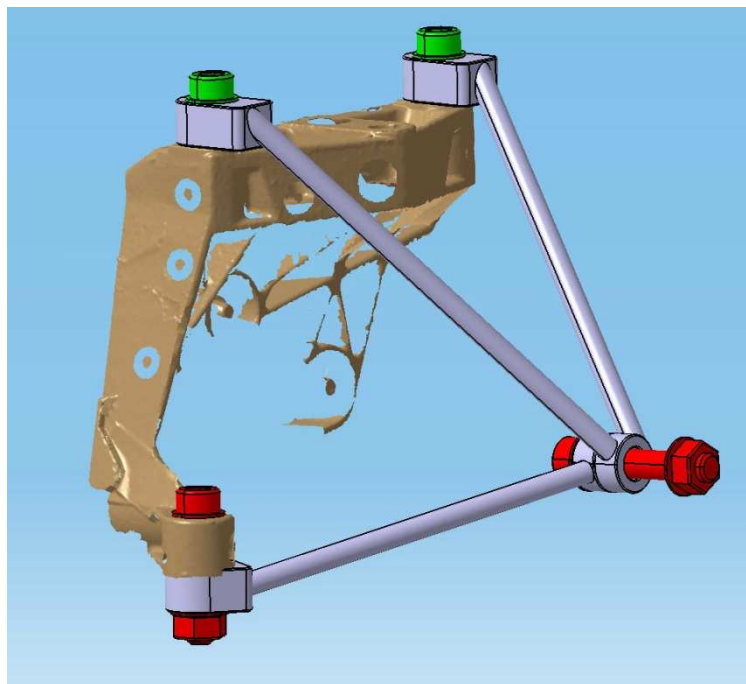
Obr. 2.19 Uchycení příruby k rámu formule

2.5.10 UCHYCENÍ MOTORU POMOCÍ UCHYCOVACÍCH TYČÍ

Uchycení motoru na protilehlé straně je zabezpečeno pomocí uchycovacích tyčí obr. 2.20. I tento způsob uchycení je inspirován stávajícím uchycením motoru Ford Kent. Návrh uchycovacích tyčí je zhotoven ze stejného materiálu jako příruba, tedy z materiálu 11 600, jeho vlastnosti jsou uvedeny v kapitole 2.5.7. Toto tříbodové uchycení, zabezpečuje blok motoru proti ohybu na jeho opačném konci.

Uchycení je zabezpečeno dvěma zelenými šrouby, které jsou uchyceny přímo v bloku motoru. Tyto šrouby jsou typu M8 x 30 ISO 4762 – 12.9, voleno dle [11].

Ostatní dva červené šrouby spojují uchycovací tyče s rámem a s blokem motoru. Jsou zde použity šrouby M10 x 45 ISO 4762 – 12.9 a M10 x 55 ISO 4762 – 12.9 s maticemi x 1 ISO 4032 – 05, dle [11].



Obr. 2.20 Uchycení motoru na protilehlé straně

2.5.11 CELKOVÉ UCHYCENÍ MOTORU

Na obrázku 2.22 je znázorněna kompletní zástavba motoru Škoda 1,4 MPI včetně uchycení k rámu a znázornění možnosti uložení suché mazací vany. Naměřené rozměry motoru plně vyhovují úložnému prostoru v rámu formule. Zvolený typ a místo uchycení nezpůsobí změnu tvaru, ani případnou přestavbu rámu. Jsou zde ponechány základní možnosti uchycení prověřeny letitými zkušenostmi a praxí v oboru.

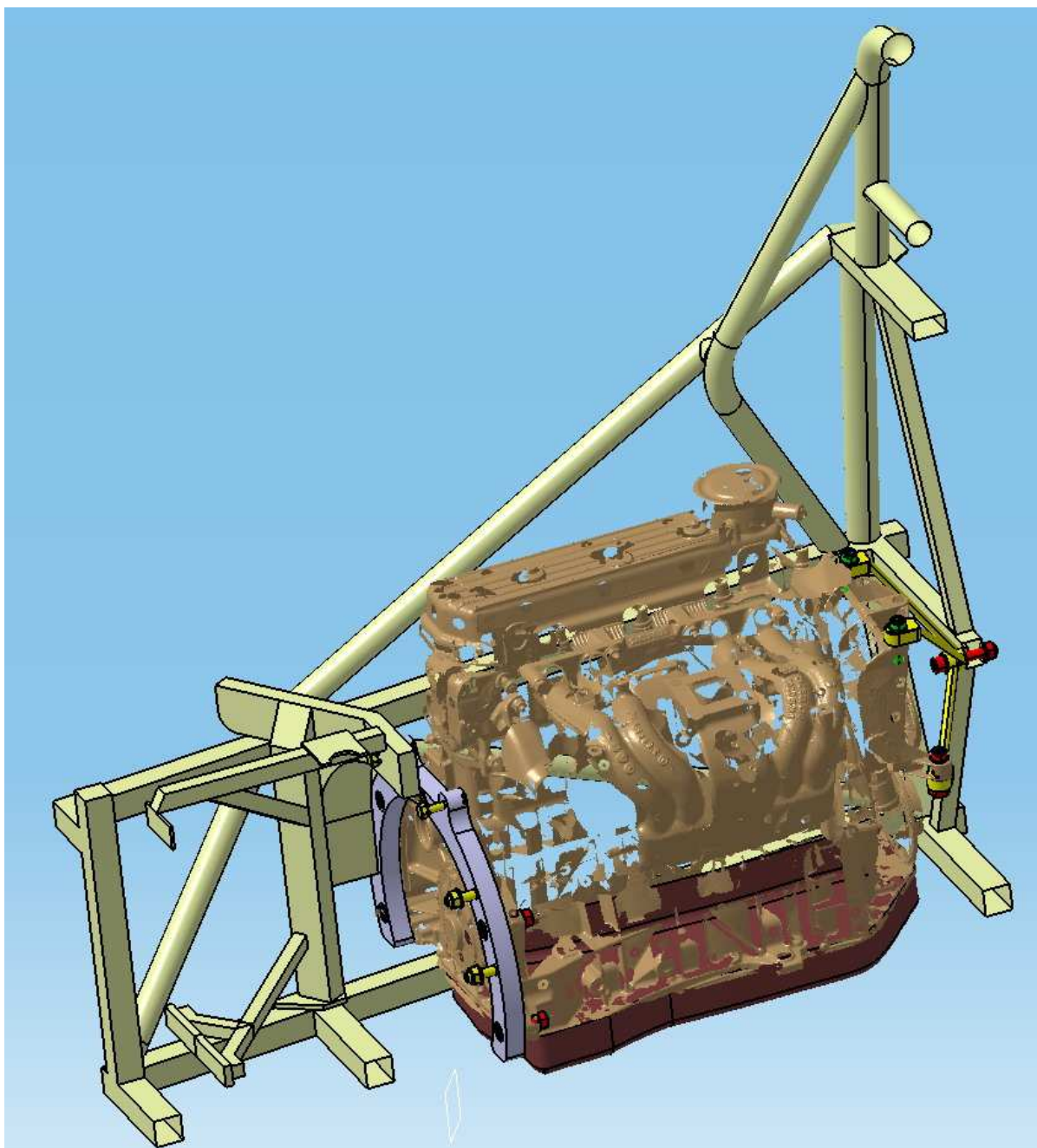
Jedinou nesrovnalostí umístěného motoru je kolize v místě vedení sacího potrubí se šikmou vzpěrou rámu, viz. obr. 2.21. Předpoklad této kolize, byl brán v úvahu ještě před zahájením samotného měření, což model zástavby motoru jen potvrdil. Řešením tohoto problému se nabízí změna vedení sacího potrubí, jelikož změna tvaru rámu by vedla ke změně vnitřního napětí, torzní tuhosti, aj. a tedy ke změně chování rámu při zatěžování na trati. Ovšem změna sacího potrubí by nezasahovala do Kompletní přestavby rámu, ale musí být provedena s maximální přesností. Jeho



Obr. 2.21 Kolize rámu se sacím potrubím

hlavním úkolem je správné plnění válců směsí, které je však ovlivněno řadou faktorů. Samotné turbulentní proudění vznikající vlivem výběžků, tvarem a zvolenou technologickou

úpravou vnitřního materiálu potrubí snižuje jeho účinnost. Propracovaný návrh a numerický výpočet může zabezpečit kvalitní náhradu stávajícího sacího potrubí.

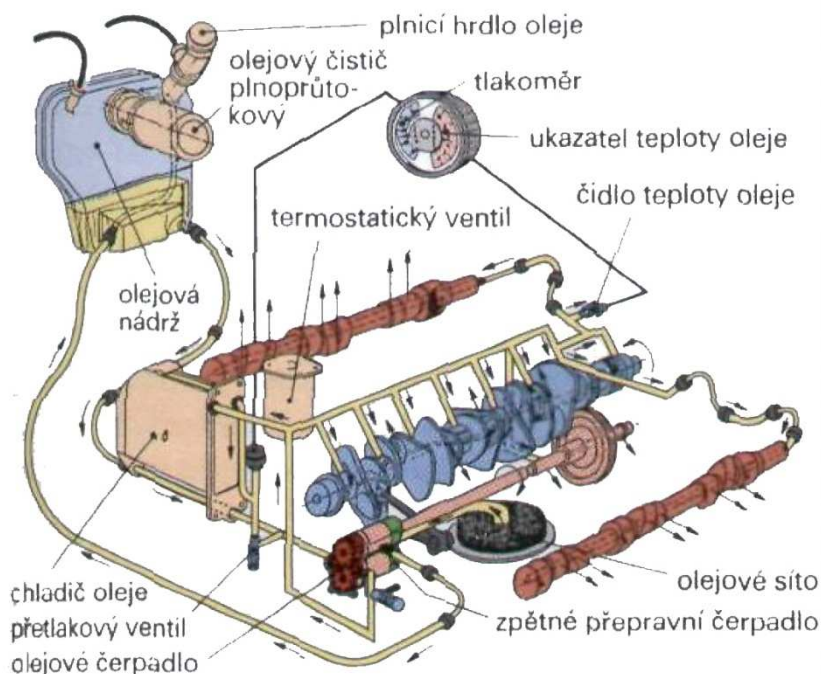


Obr. 2.22 Kompletní zástavba motoru Škoda 1,4 MPI v symetrickém řezu rámu

2.5.12 SYSTÉM MAZÁNÍ SUCHOU KLIKOVOU SKŘÍŇÍ

Mazání se suchou skříní, jehož princip je znázorněn na obr. 2.23, je zvláštním druhem tlakového oběžného mazání, které se používá u terénních automobilů a u sportovních vozidel. U tohoto systému mazání je olej, který se vrací do jímky oleje ve spodním víku motoru (vany), přepravován samotným odsávacím čerpadlem do zvláštní olejové nádrže. Odtud olej nasává olejové čerpadlo a vytlačuje jej přes čistič a případně chladič oleje k mazaným

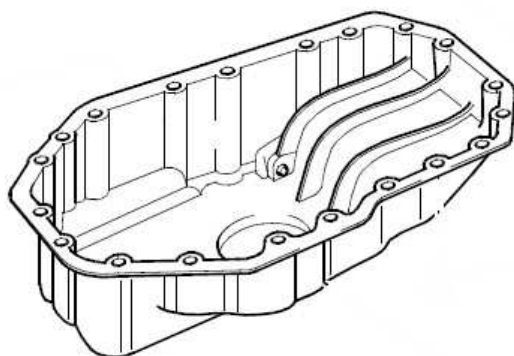
místům. Tímto mazáním se zaručuje spolehlivé mazání i při velkých náklonech vozidla. Kromě toho se tak docílí lepšího chlazení oleje. [9]



Obr. 2.23 Systém mazání motoru se suchou klikovou skříní. [9]

OLEJOVÁ JÍMKA (VANA)

Je znázorněna na obr. 2.24, obsahuje zásobu oleje pro motor a tvoří ji obvykle spodní víko motoru. Aby bylo pro čerpadlo zaručeno spolehlivé nasávání oleje z jímky, jsou v ní často příčky, které zabraňují velkému přelévání oleje z místa sání čerpadla, např. při jízdě v zatáčce, při zrychlení či brzdění. Povrch olejové jímky slouží také jako chladičí plocha zásoby oleje. Proto se olejové jímky často odlévají s chladičími žebry z lehkých slitin.



Obr. 2.24 Olejová jímka

U vozu Formule Ford je mazání stávajícího motoru řešeno suchou klikovou skříní. Jelikož se jedná o závodní formuli, hlavním důvodem pro toto použití je nebezpečí nasátí vzduchu do mazacího systému motoru v případě značného pohybu hladiny ve spodním víku



motoru vyvolané např. decelerací vozidla nebo odstředivými silami při rychlých průjezdech zatáček. [2] Dalším důvodem tohoto použití je nedostatek prostoru mezi motorem a rámem Formule Ford.

Tento typ suché klikové skříně bude užit i v návrhu přestavby znázorněné na obrázku 2.22. Prostor mezi podlahou rámu a uloženým motorem je o rozměru 68 mm, kdežto samotné dno olejové vany má rozměry motoru Škoda 1,4 MPI je kolem 150mm. Právě z tohoto důvodu bude zde použita suchá kliková skříň, která zabezpečí mazání pohyblivých částí motoru.

3 KINEMATICKÉ VLASTNOSTI PŘEDNÍ NÁPRAVY

Cílem práce v této kapitole je provést analýzu kinematických vlastností přední nápravy a optimalizovat naměřené změny sbíhavosti na propružení a změny odklonu kola. Pro stanovení výsledků těchto úkonů je použit software ADMAS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems) jedná se o výpočtový systém pro modelování a simulaci vázaných mechanických soustav VMS (neboli MBS -multibody systems) skládajících se z tuhých i poddajných těles vázaných mezi sebou pomocí různých typů kinematických vazeb. Software umožňuje provádět statické, kinematické a dynamické analýzy navržených modelů mechanických systému. Pro analýzu hodnot přední nápravy Formule Ford a následné optimalizaci charakteristik postačuje mód kinematické analýzy pro vymodelovaný mechanismus.

K vymodelování modelu byla použita aplikace ADAMS/View. Je to nástroj pro snadnou vizualizaci modelu a také pro názorné vyhodnocení získaných výsledků, jak lze vidět v grafech.

3.1 VYTVOŘENÍ MODELU NÁPRAVY V PROGRAMU ADAMS/VIEW

Před samotným vytvořením modelu v ADAMS/View, bylo zapotřebí mít jasnou představu, jak vypadá soustava těles spojených mezi sebou a s rámem (*ground*) pomocí kinematických vazeb (*constraints*). A které typy vazeb budou použity pro spojení soustavy těles.

Model přední nápravy (obr. 3.1) je sestaven pomocí nosníků (*Rigid Body*), které jsou mezi sebou a rámem spojeny vazbami *Hooke* a *Spherical*. Tyto vazby umožňují nosníkům pohyb a také setrvační vlastnosti daného ukotvení. Avšak každá použitá vazba odebrává danému nosníku určitý počet stupňů volnosti. Celkový model je v poslední řadě rozpořehován příkazem *Point Motion*.

Cílem vytvořené nápravy je zjistit hodnoty odklonu a sbíhavosti na daném propružení kola. Kola vozidla Formule Ford mají při přímé jízdě i při zatáčení určité geometrické odchylky od svislé roviny. Tyto odchylky odklonu a sbíhavosti jsou v programu ADAMS/View změřeny a optimalizovány na přijatelnou hodnotu.

3.1.1 POSTUP VYTVOŘENÍ MODELU

Pro vytvoření modelu byly použité poskytnuté body (*point*) se zadaným souřadnicovým systémem, kterého souřadnice jsou znázorněny v tab. 3.1.

Nosníky (*rigid bodies*), které jsou zvoleny v modelu, jsou definovány parametry: hmotnost, moment setrvačnosti, ale nemohou se deformovat. Každé takto vytvořené těleso má šest stupňů volnosti. Odebrané stupně volnosti ovlivňují tělesům pohyb v daných kinematických vazbách, který konají vůči ostatním tělesům a rámu.

Mezi nosníky a rám (*dgound*) jsou vloženy vazby typu *Hooke*, které odebrává čtyři stupně volnosti a umožňuje rotaci pouze v osách X a Y, jak je znázorněno na obr. 3.1. Vazba „*Spherical*“ spojující nosníky mezi sebou odebrává tři stupně volnosti a umožňuje rotaci v osách X, Y, Z. Každá vazba spojuje vždy dvě tělesa a je přiřazena k určitému „*Marker*“.

Tyto markery jsou přiřazeny k použitým vazbám a definují lokální souřadnicový systém. Lze je jednotlivě přiřazovat a natáčet ke všem tělesům včetně rámu. Jsou důležité pro definici

středů hmotnosti těles, definování vazeb a také pro nastavení optimalizace odklonu a sbíhavosti.

Všechny tyto použité příkazy a ovládací možnosti jsou používány v softwaru ADAMS/View.

Tabulka 3.1 Souřadnice zadaných bodů + souřadnice středu kola

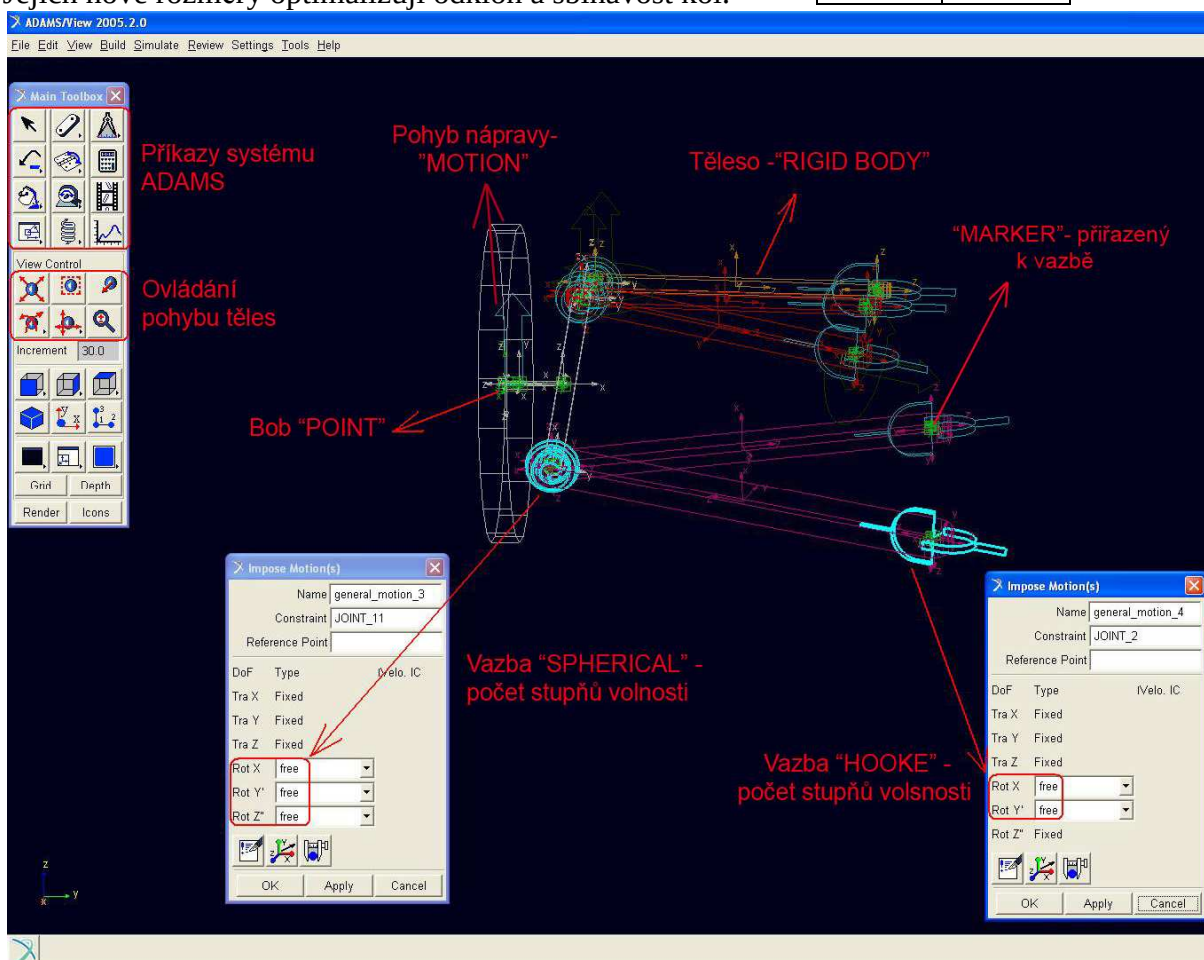
Ax	Ay	Az
2 734,30	-150,50	-86,30
Bx	By	Bz
2 339,90	-183,40	-37,70
Cx	Cy	Cz
2 535,65	-703,91	-37,52
Dx	Dy	Dz
2 675,10	-258,50	166,80
Ex	Ey	Ez
2 424,30	-263,20	165,78

Gx	Gy	Gz
2 433,42	-646,16	202,30
Hx	Hy	Hz
2 337,30	-256,90	154,30

Fx	Fy	Fz
2 515,12	-658,63	204,84
Střed kola		
CWHx	CWHy	CWHz
2 526,82	-767,99	80,53

Souřadnice bodů H_Z a G_Z jsou upraveny na hodnoty.
Jejich nové rozměry optimalizují odklon a sbíhavost kol.

Gz	Hz
192.30	163.30

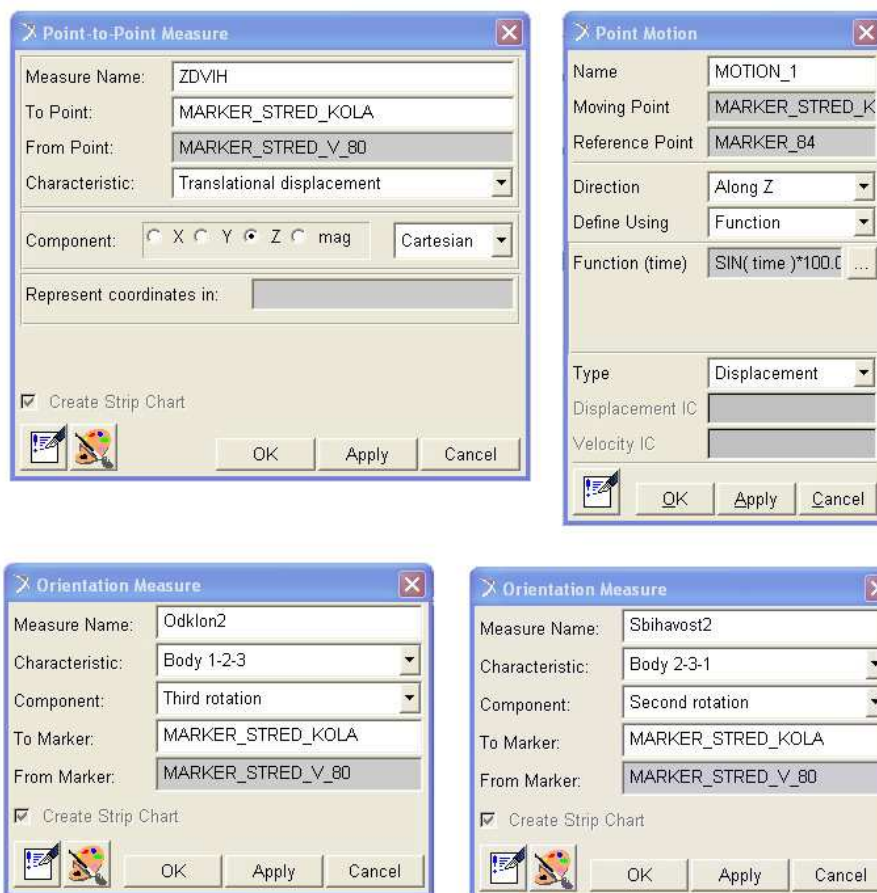


Obr. 3.1. Sestava modelu v softwaru ADAMS/View + popis funkcí

3.1.2 MĚŘENÍ KINEMATICKÝCH HODNOT

Pro stanovení hodnot zdvihu, odklonu a sbíhavosti jsou použity funkce *Measure*, které jsou dále rozpořehovány funkcí *Point Motion*. Příkazy těchto hodnot jsou znázorněny na obr. 3.2.

- Stanovení hodnot zdvihu:
 - Pro zdvih je použita funkce *Point – to – Point*. K měření zdvihu jsou použity MARKERY, jejichž názvy jsou uvedeny na obr. 3.2 a stanovují pohyb středu kola vůči zemi podél osy Z.
- Stanovení hodnot odklonu:
 - Pro odklon je použita funkce *Orientation*. Zde MARKERY stanovují pohyb kola vůči zemi kolem osy X.
- Stanovení hodnot Sbíhavosti:
 - Sbíhavost je také stanovena funkcí *Orientation*. MARKERY stanovují pohyb kola vůči zemi kolem osy Z.
- Pohyb soustavy těles:
 - Soustava těles je rozpořehována díky funkci *Point Motion*, která má hodnotu $\text{SIN}(\text{time}) * 100.0$ a je umístěna na těhlici ve středu kola. Pohyb je generován ve směru osy Z a tím simuluje zdvih kola o $\pm 100\text{mm}$.



Obr. 3.2 Příkazy použité pro stanovení hodnot zdvihu, odklonu, sbíhavosti a pohybu

3.2 KINEMATIKA

Kinematika jako část mechaniky je nauka o pohybu bez ohledu na síly, které pohyb způsobily. Je to záležitost geometrická. Neuvažují se veličiny, které jsou příčinou pohybu. Těleso nemá v úlohách hmotnost, vyznačuje se pouze geometrickými vlastnostmi a ty jsou při pohybu neměnné. Při pohybu se tedy neuvažují deformace těles. [1]

3.2.1 HMOTNÝ BOD

Hmotný bod (dále jen HB) je bod v prostoru, kterému je přiřazena hmotnost o určité velikosti. Takto definovaný HB je bezrozměrný útvar, který se řídí pohybem podél určité křivky, která se nazývá trajektorie HB. Jsou to všechna místa, kterými daný HB prochází. Podle tvaru trajektorie dělíme pohyby HB přímočaré a křivočaré, viz. obr. 3.3.



Obr. 3.3 Pohyby HB [1]

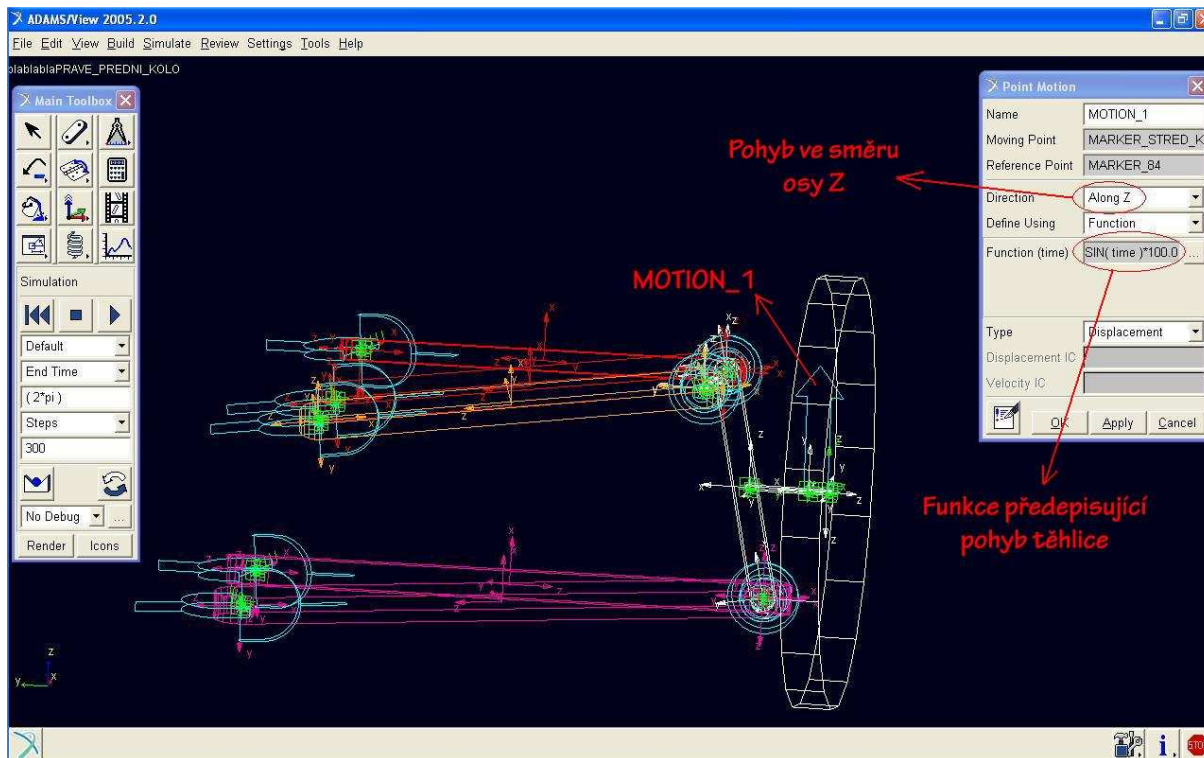
Hmotný bod je abstraktní náhrada za skutečné těleso (nebo jeho část), jehož tvar a rozměry nejsou pro sledovaný jev podstatné a lze je tedy zanedbat. Některé vlastnosti tělesa se přenáší i na hmotný bod, jde např. o hmotnost, polohu, rychlost, elektrický náboj apod. Je obvykle ztotožňován s těžištěm popisovaného tělesa.

3.2.2 KINEMATIKA BODU

Pohyb hmotných těles (bodů) je pohyb v prostoru a čase. Musí se proto vždy stanovit, vzhledem ke kterému tělesu se vyšetřuje pohyb jiného tělesa. Soustava souřadných os se volí vzhledem k tělesu, ke kterému se vyšetřuje pohyb. [1]

V kinematice se vyšetřuje pohyb tělesa bez ohledu na síly, které pohyb způsobily, tedy z čistě geometrického hlediska. Pohyb přední nápravy Formule Ford generuje příkaz „Poin Motion“ v programu AMAMS/View, jak je znázorněno na obrázku 3.4. Tento zvolený pohyb je nastaven ve směru osy Z, jak je zřejmé z obr. 3.4. Dráha, kterou hmotný bod (těhlice kola) vykonává, simuluje zdvih kola, který je nastaven na $\pm 100\text{mm}$. Celkový zdvih kola je tedy 200mm z důvodu zřetelnějšího znázornění charakteristik v grafech. Dále je tato hodnota

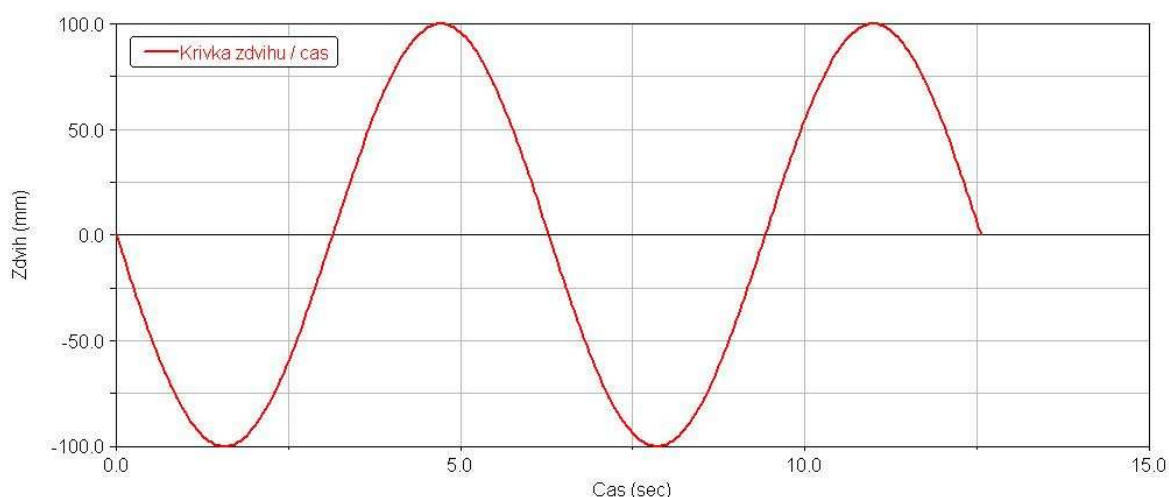
vhodná pro lepší znázornění změn geometrie, jakými sou sbíhavost a odklon kola. U sportovních vozidel, jakým je i Formule Ford nedochází, k tak velkému vertikálnímu pohybu kola, zdvih se pohybuje okolo 30mm. Tyto vozy závodí na zpevněném povrchu. Pohyb, který zapříčiňuje zdvih kola je dán funkcí „ $\text{SIN}(\text{time}) * 100.0$ “ a taktéž znázorněn na obr. 3.4.



Obr. 3.4 Zadání příkazu Point Motion + definování pohybu kola

3.2.3 VZTAŽNÁ SOUSTAVA

Vztažná soustava je zvolená skupina těles (příp. i jediné vztažné těleso), které jsou vzájemně v klidu, anebo zadaném či známém vzájemném pohybu. Poloha a pohyb zkoumaných těles jsou určovány vzhledem ke zvolené vztažné soustavě, tedy vzhledem ke zvolené skupině těles. V kinematice nezáleží na tom, jaký pohyb vykonává vztažná soustava vzhledem k jiným souřadnicovým soustavám (tělesům). Důležité je, že charakter zkoumaného pohybu podstatně záleží na výběru vztažného tělesa. V daném případě, když se kolo pohybuje z důvodu nerovnosti na vozovce „nahoru a dolů“, vykonává vzhledem ke karosérii posuvný harmonický pohyb. Vzhledem k vozovce, po které se rovnoměrně přímočaře pohybuje, vykonává však pohyb sinusový, která je znázorněn v grafu 3.1. [1]



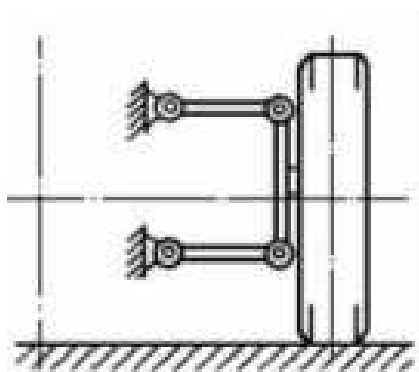
Graf 3.1 Závislost zdvihu vztažné soustavy (středu kola) na čase

Nasimulovaný průběh vztažné soustavy znázorněný v Grafu 3.1 a vykonává zdvih (propružení) kola v rozmezí, které je stanoveno od -100 do +100 mm v časovém úseku $4 \times \pi$, v přepočtu 12,56 sekundy (pro lepší znázornění grafu).

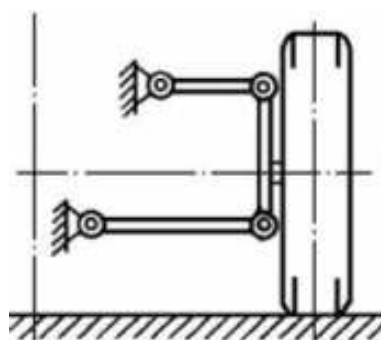
3.3 VLASTNOSTI LICHOBĚŽNÍKOVÉ NÁPRAVY

Náprava = zavěšení kola + odpružení kola + brzdné zařízení + řídící ústrojí + hnací ústrojí. Tyto všechny aspekty by měly být v každém okamžiku jízdy automobilu ve výborném stavu. Každý jeden tento aspekt přináší komfort a jakousi jistotu na vozovce, pro řidiče i osádku automobilu. Vlastnosti náprav jsou specifické pro každou zvlášť.

Lichoběžníková náprava je konstrukce nápravy automobilu odvozena od nápravy rovnoběžníkové. Tato náprava má stejnou délku příčných závěsných ramen nahoře i dole, jak je zřejmé na obr. 3.5 Tím se dostane střed klopění kola P do nekonečna. Další výhodou rovnoběžníkové nápravy je že při propružení nevzniká gyroskopický moment, avšak dochází k velké změně rozchodu a zástavba této nápravy vyžaduje více prostoru. Z těchto důvodů se využívá ojediněle a bývá nahrazena lichoběžníkovou nápravou, která je znázorněna na obr. 3.6

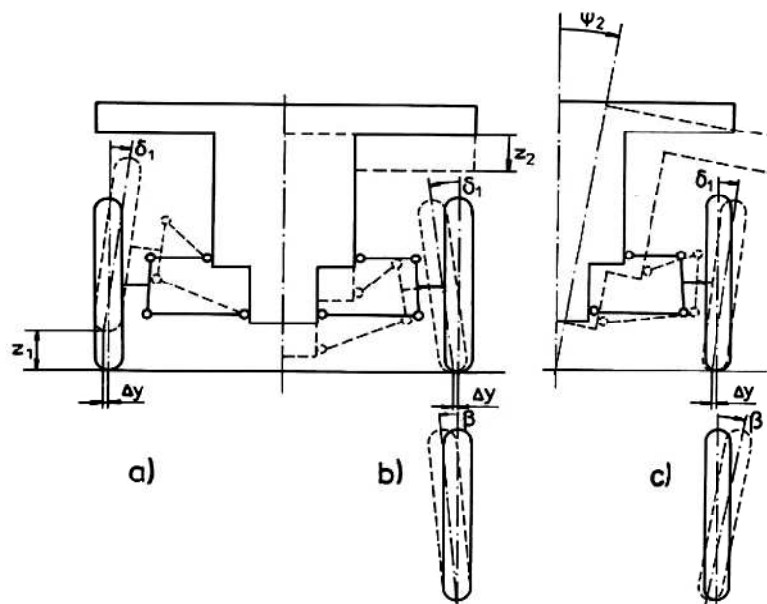


Obr. 3.5 Schéma rovnoběžníkové nápravy [4]



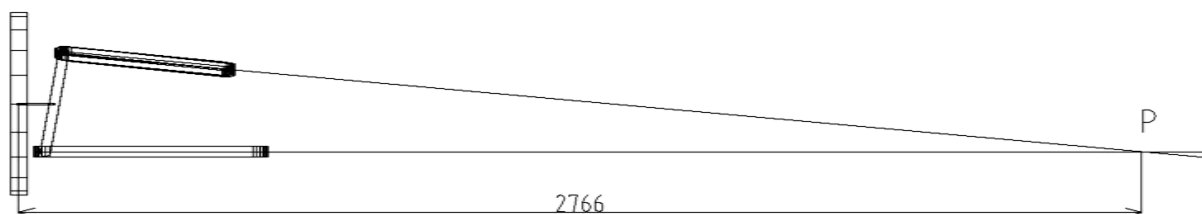
Obr. 3.6 Schéma lichoběžníkové nápravy [4]

Lichoběžníková náprava je typická tím, že má nahoře A-rameno (trojúhelníkové rameno) kratší než je dole. V průmětu do příčné svislé roviny tato ramena tvoří lichoběžník, odtud vznikl název nápravy. Kinematické změny, které vznikají u lichoběžníkové nápravy při odklonu kol δ_1 , bočním posuvu kola y a samořizení β jsou znázorněny na obr. 3.7, jsou způsobeny propružením kola z_1 vůči nehybné karosérii nebo z_2 vůči pevnému kolu. Tyto změny jsou způsobeny i při naklonění karosérie o úhel ψ_2 .



Obr. 3.7 Kinematické změny vznikající při propružení lichoběžníkové nápravy [3]

Při propružení kol mají všechny tyto kinematické změny nepříznivý vliv na jízdní vlastnosti automobilu, vhodnou volbou geometrie ramen jsou tyto nepříznivé vlivy minimalizovány. Například leží-li okamžitý střed klopení kola P daleko od kola, pak při propružení vznikají jen malé změny odklonu a rozchodu kol, což je dobré pro jízdní vlastnosti automobilu. Na lichoběžníkové nápravě u Formule Ford byl naměřen střed klopení kola P ve vzdálenosti od středu kola 2766mm, jak je znázorněno na obr. 3.8 Čili odklon kola nedosahuje velkých výchylek, jak bude uvedeno později.

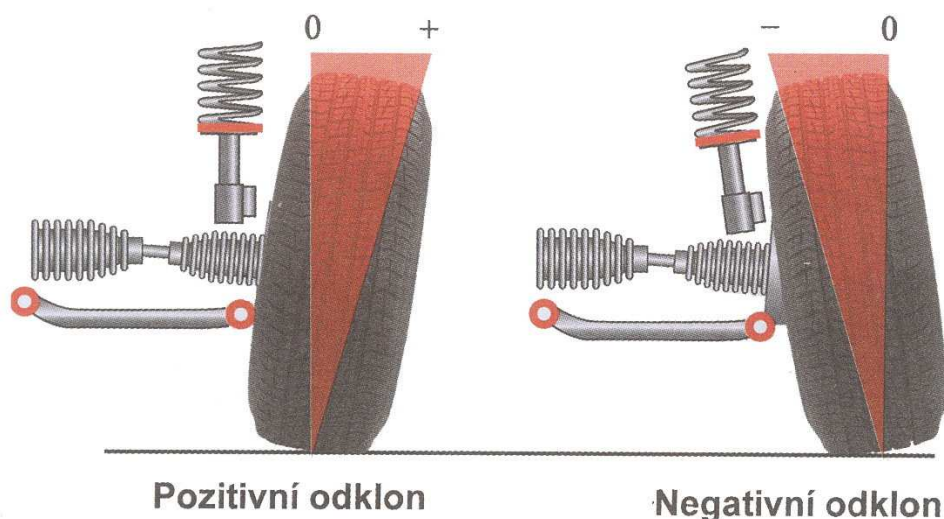


Obr. 3.8 Střed klopení kola P u Formule Ford

Výhody lichoběžníkové nápravy jsou, nízká a lehká konstrukce, což vede k nízké hmotnosti neodpružených částí. Při relativním pohybu kola a rámu dochází k malým změnám geometrie zavěšení, tedy postavení kola vůči vozovce je poměrně stálé. U lichoběžníkové nápravy lze polohou ramen určit, jak výšku středu klopení, tak i výšku středu klonění. Pro tyto důvody se lichoběžníková náprava často používá u sportovních automobilů a u vozidel typu formule je použita vždy.

3.3.1 ODKLON KOLA

Jako odklon kola označujeme odchýlení střední roviny kola od roviny kolmé k vozovce. Úhel odklonu kola β_0 se udává v úhlových stupních a minutách. Odklon kola může být pozitivní $+\beta_0$ nebo negativní $-\beta_0$, jak lze vidět na obr. 3.9

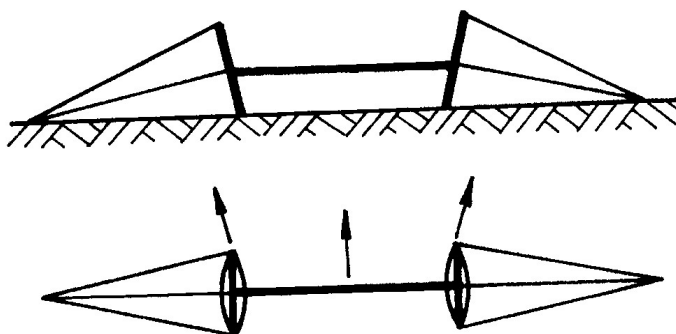


Obr. 3.9 Znárodnění odklonu kola [7]

POZITIVNÍ ODKLON

Nachází se u většiny vozidel u přední rejdové nápravy v hodnotách od $0^{\circ}20'$ do 2° s odchylkou $\pm 30'$, která je ještě přípustná. Pozitivní odklon zlepšuje stabilitu vozidla a při přímé jízdě zmenšuje poloměr rejdu.

Takové to kolo tvoří ve styku s vozovkou kuželovou plochu a má snahu se odvalovat po kružnici, jejíž střed leží v průsečíku osy kola s rovinou vozovky (vrchol kuželové plochy). To zapříčiňuje, že se kola odvalují od sebe. [3] Pokud má kolo nulový odklon, jak lze vidět ve spodní části obrázku 3.10, tak je střed vrcholu odvalující se ho kužele v ose kola



Obr. 3.10 Odvalování kol při pozitivním odklonu [3]

NEGATIVNÍ ODKLON

Nachází se u většiny osobních vozidel na zadní nápravě v hodnotách od $-0^{\circ}30'$ do -2° . Ale u Formule Ford je tento negativní odklon kol nastaven na přední nápravě, zlepšuje totiž boční vedení při jízdě zatáčkou a také jízdní vlastnosti. Nevýhodou je, že zvyšuje opotřebení vnitřní plochy pneumatiky. Proto se negativní odklon používá u závodních vozů, kde se kladou velké nároky na jízdní vlastnosti a ne na úsporu pneumatik. Negativní odklon kola je znázorněn na obr. 3.11, kde vrchol pomyslného kuželu neleží v průsečíku s vozovkou.



Obr. 3.11 Odvalování kol při negativním odklonu

Cílem použití odklonu kola je docílení co možná největší styčné plochy pneumatiky s povrchem vozovky. Pokud jede vozidlo přímým směrem, nepotřebuje odklon žádný, ale pokud projíždí zatáčkou, váha se přesune na vnější stranu vozu a kolo má v té chvíli poloviční styčnou plochu s povrchem vozovky. Ten samý případ může nastat při přejíždění mnoha nerovností na vozovce. Kola stále kmitají nahoru a dolů, přičemž se odklon stále mění na pozitivní a negativní. Právě z takovýchto důvodů je potřeba dosáhnout toho, aby bylo na vozidlech správné nastavení odklonu a v zatáčkách byla co největší přilnavost kola s vozovkou.

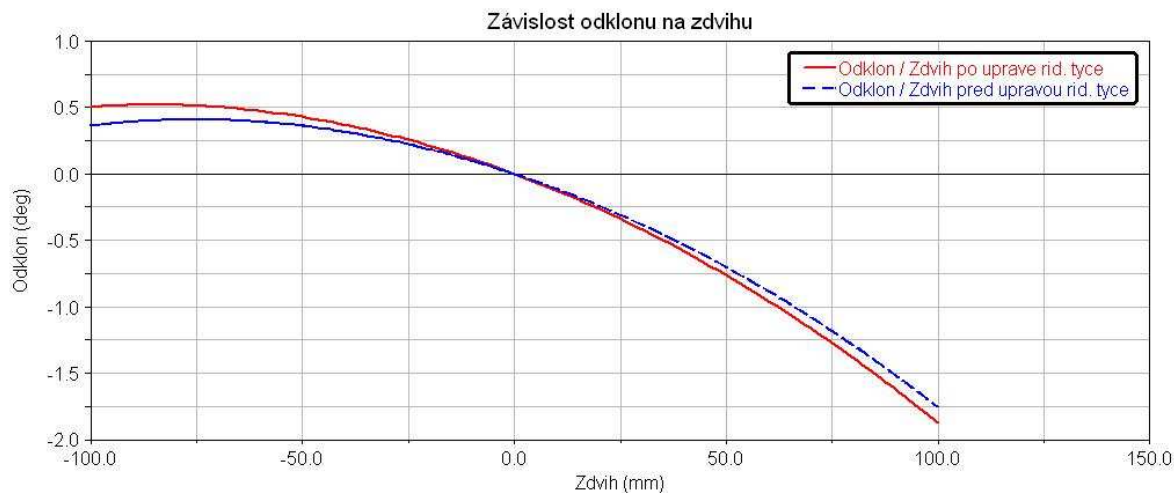
U přední nápravy vozidla Formule Ford byl naměřen odklon kola před změnou polohy řídicí tyče v rozmezí od $0^{\circ}30'$ do $-1^{\circ}80'$ na zvoleném zdvihu $\pm 100\text{mm}$, jak je patrné v grafu 3.1. Takovýto odklon by byl u osobních automobilů nevyhovující, ale v případě závodního vozidla Formule Ford je vhodný. U těchto druhů vozidel je negativní odklon na přední nápravě žádoucí z důvodu častého projíždění zatáčkou nemalou rychlostí. Při těchto manévrech vozidlo lépe drží stopu a do zatáčky vjíždí většími rychlostmi.

U vozidel tohoto typu bývá obvykle používán zdvih do $\pm 30\text{mm}$ a při těchto hodnotách vykazuje Formule Ford hodnoty od $0^{\circ}38'$ negativního odklonu do $0^{\circ}26'$ pozitivního odklonu, které jsou také znázorněny v grafu 3.1.



Graf 3.1 Změna odklonu kola při různých hodnotách zdvihu

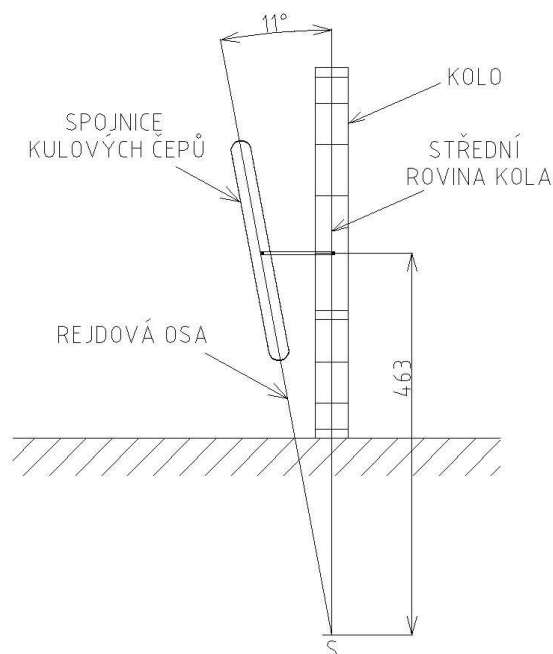
Po úpravě uchycení řídicí tyče v místě uchycení s rámem a posunutím v ose Z o 9mm v jejím kladném směru se odklon zásadně nezměnil. Změny jsou porovnány se základním odklonem a znázorněny grafu 3.2. Tato operace byla provedena hlavně z důvodu zlepšení sbíhavosti kol, jejíž problém je vypracován v následující kapitole.



Graf 3.2 Změna odklon kola před a po úpravě polohy řídicí tyče

3.3.2 PŘÍKLON REJDOVÉ OSY

Příklon rejdové osy σ je průmět úhlu sevřeného rejdovou osou a svislicí do roviny rovnoběžné s příčnou rovinou vozidla. U lichoběžníkové nápravy soudobích automobilů, ale i u Formule Ford, je rejdová osa spojnici středy horního a spodního kulového čepu, jak je patrné na obrázku 3.12.

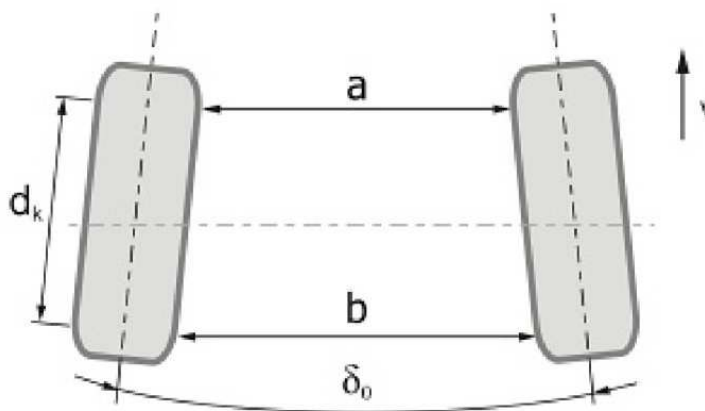


Obr. 3.12 Příklon rejdového čepu

Příklon slouží k samočinnému vracení řízených kol do polohy pro příčnou jízdu. Vlivem příklonu dochází při natáčení řízených kol k jejich zvedání. Síla tomuto potřebná musí být vynaložena při natáčení volantu. Při vracení vozidla do přímého směru tlačí zatížení přední nápravy přední kola do přímé polohy, a to účinkem vrátneho momentu. [3]

3.3.3 ZMĚNA SBÍHAVOSTI PŘI PROPRUŽENÍ

Celková sbíhavost je úhel, který svírají střední roviny kol na jedné nápravě, obr. 3.13. Jestliže je průsečík rovin před vozidlem, jedná se o sbíhavost. Je-li však průsečík rovin za vozidlem, pak se jedná o rozbíhavost. Nastavení sbíhavosti má vliv na podélnou stabilitu vozidla v přímém směru a eliminuje kmitání kol způsobené vřutí v řízení. Sbíhavost je předepsána v úhlových mírách- stupních a minutách, ale uvádí se i s délkovým vyjádřením v mm. [7]



Obr. 3.13 Sbíhavost kol [8]

Při měření sbíhavosti mechanickým způsobem se zjišťuje vzdálenost mezi vnitřními okraji ráfku levého a pravého kola ve vodorovné rovině procházející středy kol, jak je znázorněno na obr. 3.13. Je-li d_k průměr okraje ráfku, pak dle [3] pro sbíhavost platí.

$$\delta_o = \arcsin \frac{b-a}{d_k} \quad (3.1)$$

Účelem sbíhavosti přední nápravy je, aby se kola při přímé jízdě odvalovala paralelně. Úhel sbíhavosti má podobné účinky jako úhel směrové úchytky pneumatiky, vlivem tohoto úhlu vzniknou na předních kolech malé boční síly, které se snaží natáčet kola do přímého směru. Sbíhavost částečně vyrovnává boční síly, které vznikají při změně odklonu kola pro pružení. Velká sbíhavost vede k opotřebení pneumatik na vnější straně.

3.4 OPTIMALIZACE SBÍHAVOSTI

Sbíhavost, jak už bylo řečeno v předchozí kapitole, způsobuje stabilitu vozidla při přímém směru jízdy. Změnu sbíhavosti nejvíce ovlivňují dva body a jejich poloha ve vertikální a horizontální ose vzhledem k vozidlu. Tyto body se vyskytují na obou koncích řídicí tyče. Sbíhavost se dá tedy nastavit změnou vertikálního uchycení na hřebenové

převodce řízení nebo změnou uchycení na těhlici kola. Aby bylo dosaženo optimálního nastavení sbíhavosti, měla by se sbíhavost přibližovat k nulové změně během celého zdvihu.

3.4.1 NAMĚŘENÉ HODNOTY SBÍHAVOSTI

Naměřené hodnoty sbíhavosti u vozidla Formule Ford, jež jsou znázorněny v grafech níže, opisují hodnoty sbíhavosti v závislosti na zdvihu.

V grafu 3.3 je znázorněna závislost sbíhavosti na propružení kol při nynějším nastavení uložení řídicí tyče. Pro krajní hodnoty zdvihu $\pm 100\text{mm}$, byly simulací v programu ADAMS/View určeny odpovídající hodnoty sbíhavosti ve stupních, jež jsou znázorněny v grafu 3.3.

Nynější nastavení jízdních vlastností vozidla, především sbíhavost a její hodnoty nevyhovují kladeným nárokům.



Graf 3.3 Závislost sbíhavosti na propružení při stávajícím nastavení

Jako ideální výchozí stav pro nastavení jízdních vlastností vozidla Formule Ford je vhodné, aby se sbíhavost přiblížila k nulové změně během celého zdvihu.

Optimalizací problému se sbíhavostí, bylo dospěno k výsledkům znázorněny v grafu 3.4.

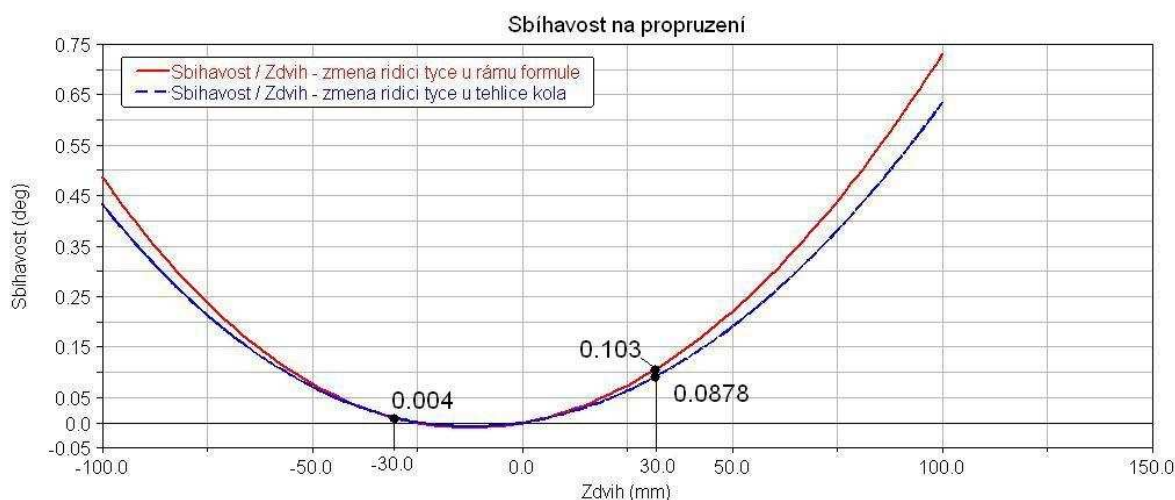


Graf 3.4 Závislost sbíhavosti na propružení při novém nastavení řídicí tyče u hřebenové převodky

Tato optimalizace byla provedena změnou polohy řídicí tyče na straně rámu, tedy změnou uchycení hřebenové převodky nebo změnou tvaru vidlicového uchycení řídicí tyče, jak lze vidět na obrázcích 3.14 a 3.15. Díky této změně bylo dosaženo sbíhavosti pro krajní hodnoty zdvihu $\pm 30\text{mm}$ v rozmezí od $0,004$ do $0,1031^\circ$.

Při této změně uložení řídicí tyče se docílí minimální změny sbíhavosti, při propružení nápravy jež se pohybuje směrem nahoru. U opačného propružení nápravy je výsledek sbíhavosti vyšší, jak ukazují výsledky.

V grafu 3.5 je znázornění porovnání dvou změn polohy řídicí tyče. Červená křivka vyjadřuje změnu polohy řídicí tyče u rámu formule a modrá křivka znázorňuje změnu polohy řídicí tyče u těhlice kola.



Graf 3.5 Porovnání sbíhavosti s ohledem na změnu polohy řídicí tyče

Obě tyto přestavby vedou k velmi podobné změně sbíhavosti při zdvihu $\pm 30\text{mm}$. Jejich návrh tměny je znázorněn na obrázcích 3.14 a 3.15 níže.

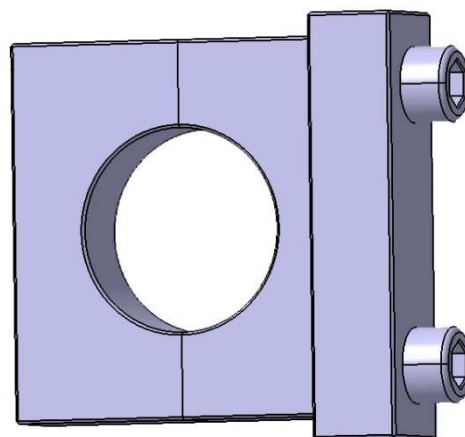
Hodnota sbíhavosti během prpružení kola ovlivňuje tzv. Bump Steer, ten charakterizuje přetáčivost nebo nedotáčivost s ohledem na propružení kole a změně sbíhavosti. Jak už bylo zmíněno, jen díky pohybu řídicí tyče je možné ovlivnit jízdní vlastnosti vozu a nastavit Bump Steer. Změna polohy řídicí tyče může být provedena na obou koncích o vzdálenosti 9mm ve směru osy Z. Díky tomu dostanou hodnoty sbíhavosti přijatelné výsledky, pro které jsou zhotoveny návrhy. Prvním návrhem změny sbíhavosti je polohu řídicí hřebenové převodky. Další možností se nabízí změna tvaru uchycení řídicí tyče k hřebenové převodce nebo také změna tvaru spojovacího přípravku na těhlici kola.

3.4.2 ZMĚNA PŘEVODKY HŘEBENOVÉHO ŘÍZENÍ

Tento způsob změny polohy hřebenové převodky zapříčiní změnu polohy uchycení řídicí tyče. Tvar a způsob nového uchycovacího přípravku je inspirován stávajícím uchycením, jež je znázorněno na obr. 3.14.

Změna sbíhavosti je docílena posunutím hřebenovky o vzdálenost 9mm ve vertikálním směru. Tato změna sbíhavosti je znázorněna v grafu 3.4.

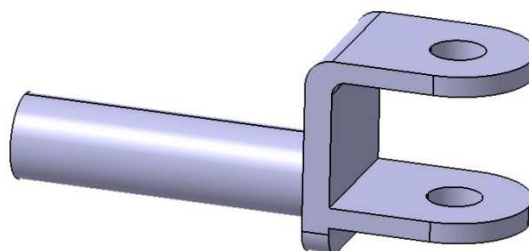
Nový přípravek je zhotoven z oceli, s označením PLO 80 x 16 – ČSN 42 6522.12, tento materiál 11 523 je nevhodný na součásti strojů, automobilů, motocyklů a jízdních kol. Zhotovení přípravku, který je na obr. 3.14 není příliš složité na výrobu. Musí se jen klást zřetel na přesnou souosost děr pro přichycení k rámu. Přípravek je smontován pomocí dvou šroubů M8 x 50 ISO 4762 – 12.9, voleno dle [11].



Obr. 3.14 Přípravek na uchycení hřebenové převodky, stávající + nový

3.4.3 ZMĚNA UCHYCENÍ ŘÍDÍCÍ TYČE

Další nabízenou možností pro zlepšení sbíhavosti kol se nabízí změna tvaru uchycovací vidlice, jejíž původní tvar je na obr. 3.15a. společně s novým navrhovaným tvarem.



Obr. 3.15 Uchycení řídicí tyče- a) stávající tvar

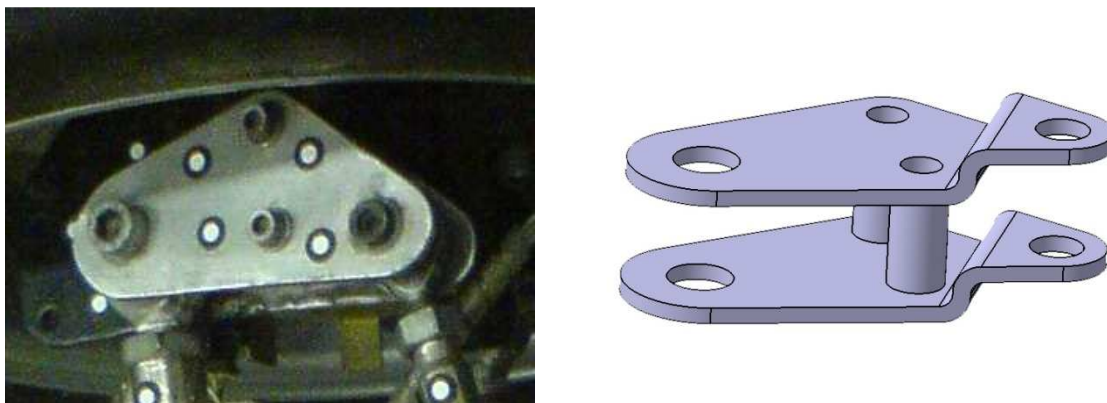
b) nový tvar vidlice

I tento přípravek vychází z původního tvaru a díky jeho změně je možné dosáhnout stejných hodnot sbíhavosti, jak je tomu u změny polohy hřebenové převodky.

Materiál je zvolen stejný, tedy ocel třídy 11 523 a polotovary o rozměrech 60 x 2 ČSN 42 5340.01, dle [11]. Musí se však dodržet postup výroby, který začíná ohnutím zhotoveného plechu a až následným vrtáním souosých děr z důvodu vyskytujícího se napětí v ohýbané součásti.

3.4.4 ZMĚNA PŘÍPRAVKU NA TĚHLICI

Poslední návrh, jak optimalizovat sbíhavost, je změna přípravku mezi uchycením těhlice kola a řídicí tyče. Tento přípravek, obr. 3.16 má za úkol nejen přenášet natáčení kol z řídicí tyče, ale také spojuje těhlici s horní částí lichoběžníkové nápravy. Tyto ramena jsou v přípravku uložena pomocí kyvných ložisek a šroubů, to je společně uchyceno k těhlice kola. U nového návrh přípravku je volen také materiál 11 523 o velikosti polotovaru 300 x 4 ČSN 42 5340.01, dle [11]. I zde platí technologický postup výroby, jako u předešlé součásti, tedy díry se vrtají až po ohnutí plechu do konečné podoby. Tyto dva plechy jsou od sebe vzdáleny 26mm díky vymezovacím podložkám, jak lze vidět na obr. 3.16.

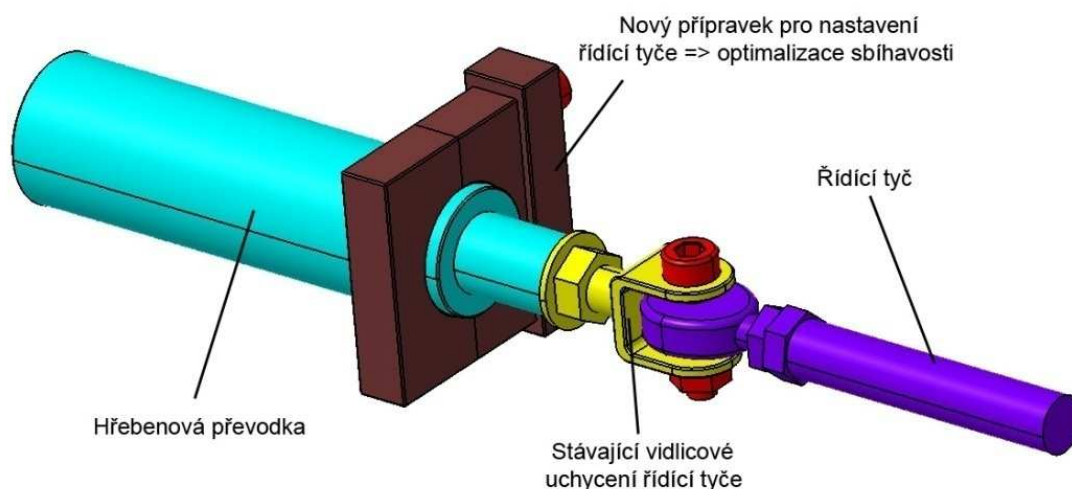


Obr. 3.16 Přípravek pro spojení řídicí tyče a těhlice kola, stávající a nový návrh

3.4.5 ZHODNOCENÍ MOŽNOSTÍ OPTIMALIZACE SBÍHAVOSTI

Všechny navrhované změny znárodněny výše se týkají polohy koncových bodů řídicí tyče. První dva návrhy mění polohu řídicí tyče u rámu vozidla Formule Ford a třetí návrh mění výšku řídicí tyče u těhlice kola. Jak, už bylo zmíněno, změna sbíhavosti kol se dá docílit těmito nenáročnými přestavbami.

Ve všech uvedených případech se sbíhavost mění posunutím řídicí tyče o 9 mm ve vertikálním směru, tady ve směru kolmém na rovinu podvozku.



Obr. 3.17 Sestava uchycení hřebenové převodky => změna sbíhavosti

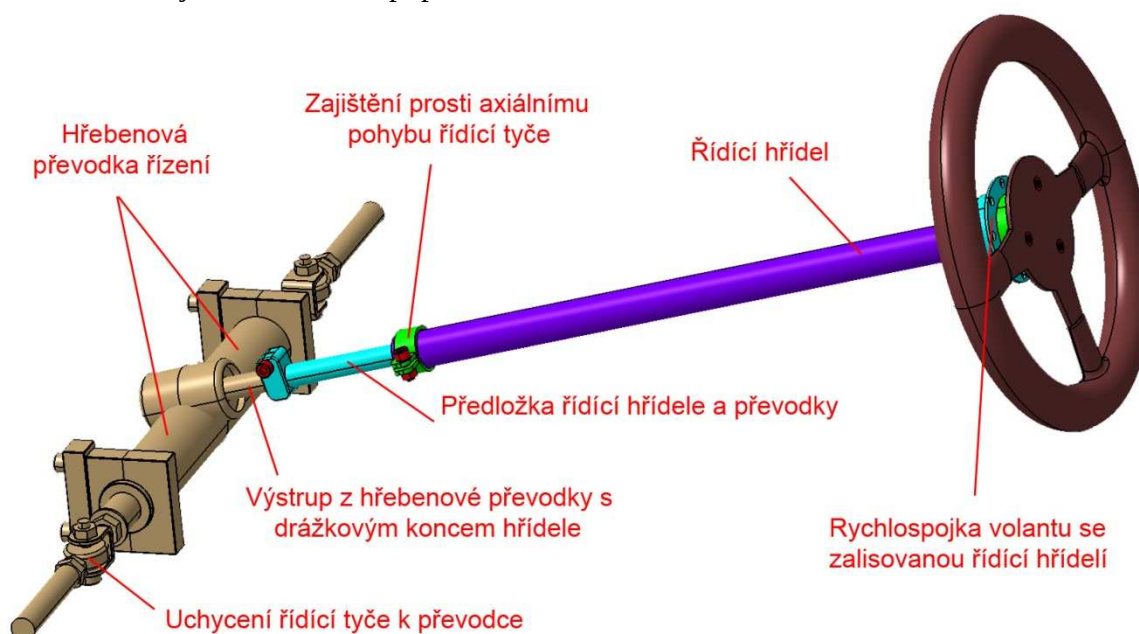
Z důvodu nejméně náročné výroby nového dílu pro změnu polohy řídicí tyče a tedy i změnu sbíhavosti, bylo zvoleno nové uchycení hřebenové převodky, které je znázorněno na obr. 3.14. Celé sestavení nového uchycení je na obr. 3.17.

4 ZMĚNA PŘIPOJENÍ VOLANTU

Volant jako takový je posledním prvkem ze soustavy řízení, které je mezi řidičem a řízenou nápravou. Prvky této soustavy začínají uchycením ke kolu, tedy k těhlici kola. Druh uložení a jejich poloha způsobují geometrické odchylky, jakými jsou sbíhavost a odklon kola, jež jsou řešeny v předchozí kapitole.

Aby bylo možné natáčení kol, jsou u vozů používány tzv. převodky řízení. Jejich účelem je měnit pohyb volantu a hřídele volantu na natočení kol do rejdu. Dalším úkolem je zvětšení točivého momentu, které vzniká působením síly řidiče na volant tak, aby mohlo dojít k natočení kol do rejdu.

Princip hřebenové převodky, jež se užívá u řízení Formule Ford, způsobuje při otáčení volantem otáčivý pohyb přenášený hřídelem volantu do převodky řízení. V převodce řízení se otáčivý pohyb převoduje dopomala a změní se na posuvný, který je pomocí řídicích pák a spojovacích tyčí soustavy přenesen na kola. Celá tato nová navrhovaná sestava řízení u Formule Ford je znárodněna a popsána na obrázku 4.1. [7]



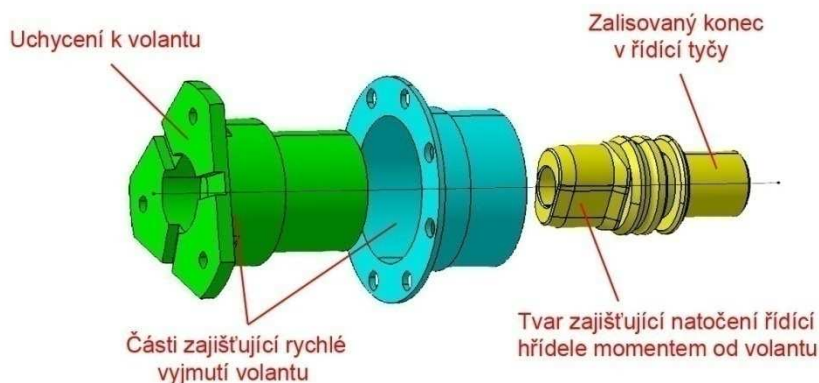
Obr. 4.1 Soustava řízení Formule Ford

4.1 RYCHLOSPOJKA VOLANTU

Rychlospojka volantu, jejíž detail je znázorněn na obrázku 4.2 je produktem firmy *Rivenditore Autorizzato Sparco*. Je vyhledávaným zařízením pro snadné a rychlé vyjmutí volantu. Nejvíce se tato možnost uchycení vyskytuje u závodních a *tuningových* automobilů.

Princip funkce rychlospojky je vidět z obrázku 4.2. Žlutá zalisovaná část do řídicí hřídele přenáší krouticí moment od volantu způsobený řidičem, tento moment se přenáší díky vejčitého tvaru hřídele žluté části a stejného otvoru v části zelené. Tento převod je také často zapříčiněn drážkovým uložením řídicí hřídele s rychlospojkou. Tyto dvě části umožňují přenos natáčení volantu přes hřídel řízení k hřebenové převodce. Světle modrá část společně s částí žlutou, zabezpečují volant proti axiálnímu pohybu a k jeho snadnému vyjmutí.

Tato nová rychlospojka je s volantem spojena díky třem šroubům M5 x 8 ISO 2010 – 4.8 a třem maticím M5 x 1 ISO 4032 – 05, jak lze vidět na obr. RN. Šrouby s matkami voleno dle [11].



Obr. 4.2 Detailní znázornění rychlospojky volantu

4.2 ŘÍDÍCÍ HŘÍDEL

Otáčení volantu se přenáší na hřebenovou převodku a dále na kola díky řídicí hřídeli. Použitá řídicí hřídel ve Formuli Ford, jež je zobrazena na obrázcích 4.3, 4.4, se skládá ze dvou spojených částí. Řídicí hřídel začíná pevným spojením přímo s volantem, jak lze vidět na obr. PM. Dále je tato hřídel upevněná k rámu formule pomocí plastové úchytky, která jí udává směr. Pevné uchycení volantu řídicí hřídeli je ve 2/3 celkové délky spojeno předložkou s hřebenovou převodkou. A ta je díky drážkové hřídeli spojen s hřebenovou převodkou.



Obr. 4.3 Uchycení řídicí hřídele k volantu



Obr.4.4 Uchycení řídicí tyče s hřebenovou převodkou

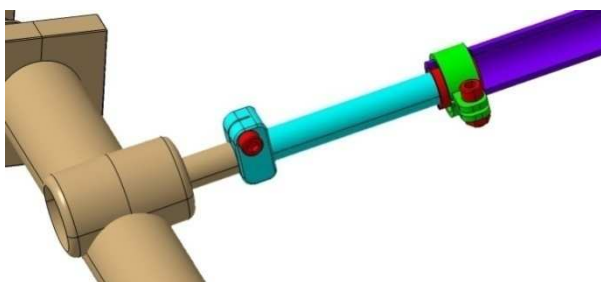
Tímto způsobem je uchycen volant Formule Ford s hřebenovou převodkou.

4.3 NOVÉ UCHYCENÍ VOLANTU

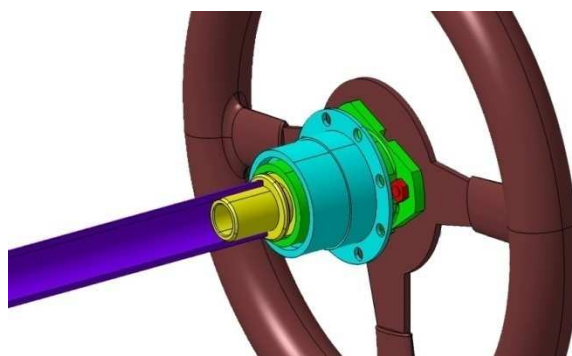
Nový návrh uchycení volantu Formule Ford je znázorněn na obrázku 4.5. Uchycení volantu s řídicí hřídelí je provedeno prostřednictvím rychlospojky. Ta je na řídicí hřídel nalisovaná a uložena s přesahem a tolerancí H6/p5. Řídicí hřídel je vyrobena z materiálu: ocel třídy 11 523, která je vhodná součásti strojů, automobilů, motocyklů a jízdních kol.

Materiálové vlastnosti mají hodnoty meze kluz R_e v rozmezí 441÷667 MPa a mez pevnosti $R_m = 289÷490$ MPa. K výrobě této součásti je použit polotovár s označením TR Ø 25 x 2.9 – ČSN 42 5715.01 – 11 523 – ČSN 42 0250.11, dle [11]. Tato trubka je na jedné straně upravena na vnitřní průměr 20mm, do hloubky 40mm s tolerancí povrchu H6. Na druhém konci je zajištěna proti axiálnímu posunutí šroubovou pojistkou.

Předložka, která spojuje řídící hřídel s hřebenovou převodkou, je na straně převodky opatřena vnitřním drážkováním a zajištěním proti axiálnímu pohybu šroubem. Na protilehlé straně je na ní nalisovaný vymezovací kroužek, který zajišťuje různé průměry součástí. Tento kroužek je na předložku nalisován a uložen se stejným přesahem a tolerancí H6/p5. Detail uložení je znázorněn na obr. 4.6.



Obr. 4.6 Detail uchycení předložky



Obr. 4.5 Nové uchycení volantu s řídící hřídelí

Nové vyjímatelné uchycení volantu pomocí rychlospojky umožní řidiči Formule Ford bezproblémový nástup i výstup z kokpitu. Obsluha této rychlospojky je rychlá a snadná. Zabezpečuje rychlé vyjmutí volantu v krizových situacích na trati.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce je přestavba experimentálního vozidla Formule Faster. Hlavním úkolem této přestavby byla výměna stávajícího agregátu Ford Kent za motor Škoda 1,4 MPI z vozidla Škoda Fábia.

Zástavba motoru Škoda 1,4 MPI vyžadovala vytvoření 3D modelu z důvodu přesného vložení motoru do rámu formule. Model byl vytvořen pomocí bezkontaktních systémů TRITOP a 3D skeneru ATOS. Následně byl tento model exportován do programu Catia, kde byl společně s vytvořenými úchyty upevněn do rámu Formule Ford. Tato zástavba probíhala bez komplikací, až u konečného uložení motoru, byla zjištěna kolize mezi rámem formule a sacího potrubí motoru Škoda. Návrh a optimalizace nového sacího potrubí, může být možným tématem pro další diplomovou práci. Jelikož návrh sacího potrubí patří mezi náročné a přesné operace a jeho řešení je nad rámec této diplomové práce.

Následující úkol zahrnoval analýzu kinematických vlastností přední nápravy, zejména změna sbíhavosti na propružení. Analýza těchto vlastností byla provedena na modelu nápravy ve výpočtovém systému ADAMS/View, kde byla naměřena sbíhavosti a odklon kola vůči propružení. První měření bylo provedeno na stávajícím nastavení nápravy. Díky zjištěným výsledkům se optimalizovalo uchycení řídicí tyče, která zlepšila celkovou sbíhavost náprav při propružení.

V posledním úkole, bylo zapotřebí navrhnout nové připojení volantu k převodce řízení tak, aby byl usnadněn nástup a výstup do vozidla. K této přestavbě uchycení volantu bylo využito rychlospojky. Návrhem uložení rychlospojky a připojení k řídicí hřídeli se tato diplomová práce dostala do samého závěru.

Veškeré použité materiály pro výrobu vytvořených modelů, byli navrženy podle norem ze strojnických tabulek.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] PŘIKRYL, Karel. *Kinematika*. 4. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. , červen 2005. 142 s. ISBN 80-214-2951-8.
- [2] RAUSCHER, J. *Spalovací motory*. Brno 2005. 235 s.
- [3] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 1. vydání. Brno : [s.n.], 2006. 464 s. ISBN 80-239-6464-X.
- [4] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. 1. vydání. Brno : [s.n.], 2003. 580 s. ISBN 80-238-5274-4.
- [5] PILÁRIK, Milan; PABST, Jirí. *Automobily I*. Praha : INFORMATORIUM, 2000. 160 s. ISBN 80-86073-63-7.
- [6] *Lichoběžníková náprava* [online]. 2011 [cit. 2011-02-24]. Vaše encyklopedie technických výrazů z automobilového prostředí. Dostupné z WWW: <Lichoběžníková náprava>.
- [7] ČUPERA, Jiří; ŠTĚRBA, Pavel. *Automobily 7*. 1. vydání. Brno: Avid, 2007. 195 s. ISBN 978-809-0367-197.
- [8] *Lichoběžníková náprava* [online]. 2011 [cit. 2011-02-24]. Vaše encyklopedie technických výrazů z automobilového prostředí. Dostupné z WWW: <Lichoběžníková náprava>.
- [9] GSCHIEDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2001. 629 s. ISBN 80-85920-76-X
- [10] *3D Digitální technologie* [online]. 2009 [cit. 2011-03-30]. MCAE Systems. Dostupné z WWW: <<http://www.mcae.cz/data/files/atos-final-25.pdf>>.
- [11] LEINVEBER, Jan; ŘASA, Jaroslav; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 3. doplněné vydání. Brno : Scientia, spol. s.r.o., 2000. 984 s. ISBN 80-7183-164-6.
- [12] *British Formula Ford | Formula Ford Racing* [online]. 2010 [cit. 2011-01-15]. Formula Ford. Dostupné z WWW: <<http://www.britishformulaford.com/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[mm]	vzdálenost vnitřního okraje ráfku na přikloněné straně
b	[mm]	vzdálenost vnitřního okraje ráfku na odkloněné straně
d_k	[mm]	průměr okraje ráfku
HB	[-]	hmotný bod
ŘJ	[-]	řídící jednotka
δ_o	[°]	úhel sbíhavosti