

JIHOČESKÁ UNIVERZITA

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

ČESKÉ BUDĚJOVICE

Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky

Obor: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ověření vybraných vlastností vozidla při použití speciálních úprav

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Václav Vávra, Ph.D.

Autor:

Vladislav Hajný DiS.

2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vladislav HAJNÝ**
Osobní číslo: **Z12923**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Ověření vybraných vlastností vozidla při použití speciálních úprav.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cílem práce je popsat speciální úpravy vozidel, které se používají převážně v soutěžních vozidlech, které se nezdídkou využijí v určité období u sériově vyráběných vozidel a zároveň, na základě naměřených a vypočtených hodnot, posoudit vliv vybraných vlastností vozidla při použití speciální úpravy na podvozku vozidla.

Bez mobilních dopravních prostředků si dnes nelze představit prakticky žádný obor lidské činnosti. Neustálý vývoj, zdokonalování a v neposlední řadě také snaha o co nejmenší zatěžování životního prostředí vedou ke snaze o aplikaci nových systémů do většiny vozidel. Vyvíjené systémy se obvykle testují na závodních vozidlech a často se uplatní při výrobě nového modelu vozidla. Společnosti zabývající se výrobou automobilů nebo jejich komponentů vynakládají každoročně značné finanční prostředky na výzkum a vývoj. Většina komponentů je nejdříve testována v laboratořích a zkušebnách, které sice dokáží vhodně nasimulovat různé provozní režimy ale skutečný provoz jimi nahradit nelze. Řada komponentů je proto před zavedením do sériové výroby testována v závodních vozidlech. Přesto že se může zdát závodní automobil od sériového značně odlišný, byla již řada technologií využívaných nejprve v motoristickém sportu následně aplikována do sériových vozidel. Příkladem může být použití pohonu všech kol, který dnes nabízí řada výrobců a který byl poprvé použit a testován v závodním automobilu Audi Quattro. U automobilky Škoda se pak jedná např. o použití zadní nápravy s vlečenými rameny, která dříve než našla uplatnění u sériových vozidel 130/Rapid byla úspěšně provozována na dnes už legendární Škodě 130 RS.

Zásady pro vypracování:

1. vytvořit přehled speciálních úprav závodních vozidel,
2. posouzení jednotlivých systémů úprav a využití v sériově vyráběných vozidlech,
3. provést měření vybraných vlastností speciálních úprav v sériovém vozidle,
4. na základě naměřených a vypočtených hodnot zpracovat doporučení pro používání speciálních úprav na vozidle.

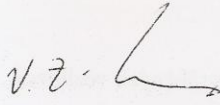
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

Vlk, F.: Stavba motorových vozidel, Nakladatelství a vydavatelství vlk, Brno 2001
Vlk, F.: Podvozky motorových vozidel, Nakladatelství a vydavatelství vlk, Brno 2001
Mackerle, J.: Motory závodních automobilů, Alfa, Praha 1980
Plšek, B.: Sportovní úpravy Škoda Favorit, Computer Press, Praha 2002
Růžička, B.: Jak na tuning automobilu, Computer Press, Praha 2002


Dle potřeby firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Vávra, Ph.D.
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 17. prosince 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 17. prosince 2012

Abstrakt

V práci se zabývám možnostmi aplikace speciálních závodních komponent u sériově vyráběných vozidel. Cílem práce je popsat možnosti úprav vybraných komponent sériových vozidel pro sportovní účely a na základě naměřených hodnot porovnat jízdní vlastnosti vozidla vybaveného sériovými a upravenými komponenty.

Abstrakt

The paper deals with the possibilities of application of special racing components for mass-produced vehicles. The aim is to describe the editing capabilities of selected components of serial vehicles for sporting purposes and on the basis of measured values to compare the handling characteristics of a vehicle equipped with serial and modified components.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma “ Možnosti aplikace speciálních závodních komponent u sériově vyráběných vozidel“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů v platném znění. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

.....

vlastnoruční podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval především vedoucímu práce panu Ing. Václavu Vávrovi, Ph.D. za pomoc a rady nutné pro zpracování této bakalářské práce. Dále pak mé rodině za podporu při studiu.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Legislativní předpisy týkající se závodních vozidel.....	2
3. Motor.....	4
3.1. Teoretické úvahy.....	4
3.1.1. Výpočet výkonu motoru.....	4
3.1.2. Výkonová charakteristika motoru.....	5
3.1.3. Metody zvyšování výkonu motoru.....	6
3.2. Úpravy motoru.....	9
3.2.1. Pevné části.....	9
3.2.2. Pohyblivé části.....	11
3.2.3. Ventilový rozvod.....	16
3.2.4. Příprava směsi a zapalování.....	20
3.2.5. Optimalizace software řídicí jednotky (chiptuning).....	22
4. Převodovka a rozvodovka.....	25
4.1. Standardní druhy převodovek používané u osobních automobilů.....	25
4.2. Sekvenční převodovky.....	26
4.3. Synchronizovaná převodovka.....	27
4.4. Bezsynchrónní převodovky.....	29
4.5. Diferenciál.....	29
5. Karoserie.....	32
5.1. Vyztužení skeletu karoserie.....	32
5.2. Odlehčení karoserie.....	35
5.3. Uchycení bezpečnostních prvků.....	35
6. Podvozek.....	38
6.1. Brzdy.....	38
6.1.1. Konstrukce.....	38
6.1.2. Regulace brzdného účinku přední a zadní nápravy.....	40
6.1.3. Ruční brzda.....	42
6.1.4. Brzdové vedení.....	43
6.1.5. Brzdová kapalina.....	43
6.2. Odpružení.....	43
6.2.1. Pružiny a tlumiče.....	43

6.2.2. Uložení tlumičů.....	46
6.3. Nápravy.....	47
7. Návrh úpravy spodního ramene přední nápravy.....	49
7.1. Možnosti úprav ramen přední nápravy.....	50
7.1.1. Vyztužení sériových ramen.....	50
7.1.2. Náhrada sériového uložení kloubovými hlavicemi Uniball.....	52
7.2. Spodní trubkové rameno.....	58
7.2.1. Návrh ramena.....	58
8. Cíl Práce.....	61
9. Metodika porovnání jízdních vlastností vozidla se sériovými a závodními komponenty.....	62
9.1. Zjištění polohy těžiště.....	64
9.2. Brzdná dráha a brzdné zpomalení.....	68
9.3. Úhel naklonění vozidla a velikost bočního zrychlení při jízdě zatáčkou.....	71
9.4. Měření charakteristiky tlumičů bezdemontážní metodou.....	74
10. Výsledky měření a diskuze.....	77
10.1. Poloha těžiště.....	77
10.2. Brzdná dráha a brzdné zpomalení.....	80
10.3. Úhel naklonění vozidla a velikost bočního zrychlení při jízdě zatáčkou.....	82
10.4. Měření charakteristiky tlumičů bezdemontážní metodou.....	85
11. Závěr.....	87
12. Přehled použité literatury.....	88
Seznam tabulek.....	90

1. Úvod

Výroba automobilů a pracovních strojů patří již řadu let k hnacím oborům ekonomiky v řadě vyspělých států, což bylo dokázáno tvrdým dopadem celosvětové ekonomické recese. Bez mobilních dopravních prostředků si dnes nelze představit prakticky žádný obor lidské činnosti. Neustálý vývoj, zdokonalování a v neposlední řadě také snaha o co nejmenší zatěžování životního prostředí vedou ke snaze o aplikaci nových systémů do většiny strojů a vozidel. Není proto žádnou novinkou, že např. palivový systém pro vznětové motory Common-rail je s jistými modifikacemi používán jak u osobních, tak nákladních automobilů, ale i v zemědělských, lesních a pracovních strojích. Podobným případem může být také použití palubní diagnostiky nebo dalších moderních zařízení a technologií. Vývoj a zdokonalování je technicky i finančně náročný proces, a proto se nelze divit, že jsou jednotlivé systémy přejímány jinými společnostmi, které se zabývají výrobou zdánlivě málo podobných zařízení.

Společnosti zabývající se výrobou automobilů nebo jejich komponentů vynakládají každoročně značné finanční prostředky na výzkum a vývoj. Většina komponentů je nejdříve testována v laboratořích a zkušebnách, ve kterých je možné vhodně nasimulovat různé provozní režimy, ale skutečný provoz jimi nahradit nelze. Řada komponentů je proto před zavedením do sériové výroby testována např. v závodních vozidlech. Přesto že se může zdát závodní automobil od sériového značně odlišný, byla již řada technologií využívaných nejprve v motoristickém sportu následně aplikována do sériových vozidel. Příkladem může být použití pohonu všech kol, který dnes nabízí řada výrobců a který byl poprvé použit a testován v závodním automobilu Audi Quattro. U automobilky Škoda se pak jedná např. o použití zadní nápravy s vlečenými rameny, která dříve než našla uplatnění u sériových vozidel 130/Rapid byla úspěšně provozována na dnes už legendární Škodě 130 RS.

V této práci bych chtěl čtenáře seznámit s možnostmi úprav jednotlivých komponentů, které mají za účel zvýšit spolehlivost a bezpečnost vozidel. Dále bych chtěl popsat návrh a výrobu upraveného ramene přední nápravy osobního automobilu Škoda Favorit a následně porovnat jízdní vlastnosti daného vozidla vybaveného nejprve sériovými a poté sportovními komponenty.

2. Legislativní předpisy týkající se závodních vozidel

Každé vozidlo provozované na pozemních komunikacích musí být pro tento účel schváleno a musí splňovat jisté podmínky dané platnými zákony. Sériová vozidla jsou opatřena registrační značkou, technickým průkazem a osvědčením o registraci vozidla. U závodních vozidel je technický průkaz nahrazen průkazem sportovním. Změna se týká rovněž registračních značek, které jsou pro všechny kraje značeny písmenem R a jejichž barva písma je oproti standardní černé zelená. Pro vozidla vybavená sportovním průkazem platí jiná pravidla provozování. Po pozemních komunikacích se smí pohybovat jen v případě konání závodu, vztahuje se na ně jiný výpočet zákonného pojištění apod.

Každý automobil, ke kterému má být vystaven sportovní průkaz, musí mít homologaci, tj. musí být schválen ke sportovnímu užívání. Ke každému homologovanému typu vozidla jsou vystaveny homologační listy, ve kterých je přesně uvedeno, jak má vozidlo vypadat a jaké úpravy jsou povoleny. Homologaci určuje výrobce vozidla v limitech daných technickými předpisy Mezinárodní automobilové federace (FIA). Homologace je buď národní, nebo mezinárodní. Homologace je časově omezena a po jejím vypršení lze vozidlo použít zpravidla pouze na závodech nižší úrovně nebo v rámci rallye historických vozidel. Pravidla FIA dále požadují výrobu určité série shodných vozidel, z nichž budou homologovaná vozidla vycházet.

Sportovní průkaz vydává Federace automobilového sportu (FAS) na základě testování vozidla. Toto testování probíhá každoročně na počátku roku v určených stanicích technické kontroly (STK) a jeho účelem je prověřit, zda vozidlo splňuje potřebné požadavky. Prvním z nich je shodnost testovaného vozidla s platnou homologací. Při stavbě závodního vozidla je tedy nutné dodržet předpisy dané homologačními listy. Úpravy a změny, které nejsou uvedeny v dané homologaci, ale jsou u vozidel požadovány, musí odpovídat přílohám homologací, které vydává FIA (bezpečnostní prvky řeší příloha J FIA). To se týká zejména bezpečnostních prvků, jako jsou sedadla včetně jejich uchycení, bezpečnostní pásy, ochranné vnitřní rámy apod. Všechny tyto prvky musí mít svojí platnou homologaci, která je časově omezena. Proto se během závodní kariéry vozidla v něm vystřídá více sedadel, pásů apod.

Vyhovuje-li vozidlo všem nárokům, přistupuje se v rámci testování k další operaci, kterou je měření hluku a emisí. Povolené limity jsou v tomto případě odlišné od sériových vozidel.

Na závěr testování je automobil kontrolován podobně jako na běžné stanici technické kontroly z hlediska technického stavu komponent. Všechny kontrolní úkony jsou definovány v příslušných předpisech pro STK. Jestliže automobil splňuje všechny podmínky, je po formálním schválení na dopravním inspektorátu vystaven sportovní průkaz a automobil může být používán na závodech.

Vozidla, kterým byl sportovní průkaz již vystaven, se musí každoročního testování účastnit také. Pohledka se kromě technického stavu zaměřuje pouze na odlišnosti dané přílohami FIA pro daný rok.

3. Motor

První částí vozidla, jejíž úpravy jsou v této práci popsány, je motor. U sériového vozidla jsou na pohonné jednotky kladeny nejrůznější požadavky, jako je tichý a klidný chod, hospodárnost, dlouhá životnost atp. U závodních motorů se většina těchto požadavků potlačuje a hlavním cílem úprav motoru je zvýšení jeho výkonových parametrů na co možná nejvyšší úroveň. I zde ovšem platí jistá omezení daná jednak konstrukcí motoru, ale také platnými předpisy.

3.1. Teoretické úvahy

3.1.1. Výpočet výkonu motoru

Efektivní výkon motoru je udáván v kilowattech, popř. v koňských silách (1 kW = 1,36 k) a pro čtyřdobý motor ho lze vypočítat podle vztahu (1):

$$P_e = \frac{V \cdot p_e \cdot n}{120} [kW] \quad (1)$$

V = zdvihový objem motoru [dm^3]

p_e = střední efektivní tlak [Mpa]

n = maximální otáčky motoru [$\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$]

Ze vztahu (1) vyplývá, že efektivní výkon motoru je závislý především na zdvihovém objemu, středním efektivním tlaku a na otáčkách motoru. Efektivní výkon odebraný ze setrvačnicku je vlivem ztrát nižší, než výkon vznikající spálením paliva ve válci. Tento výkon je označován jako indikovaný (P_i) a jeho přenos přes klikový mechanismus na setrvačnicku je spojen se ztrátami třením, pohonem rozvodu, vodního či olejového čerpadla, ventilátoru a ostatního příslušenství nutného pro chod motoru[1]. Celkové ztráty jsou souhrnně označovány jako účinnost motoru. Mezi jednotlivými veličinami platí níže uvedený vztah (2):

$$P_e = P_i \cdot \mu_m [kW] \quad (2)$$

P_i = indikovaný výkon [kW]

μ_m = účinnost motoru

V praxi se efektivní výkon motoru měří na výkonových brzdách různé konstrukce a provedení.

Pro objektivní porovnávání výkonů motorů je často podle vztahu (3) počítán i měrný (litrový) výkon P_m :

$$P_m = \frac{P_e}{V} [kW] \quad (3)$$

P_e = efektivní výkon motoru [kW]

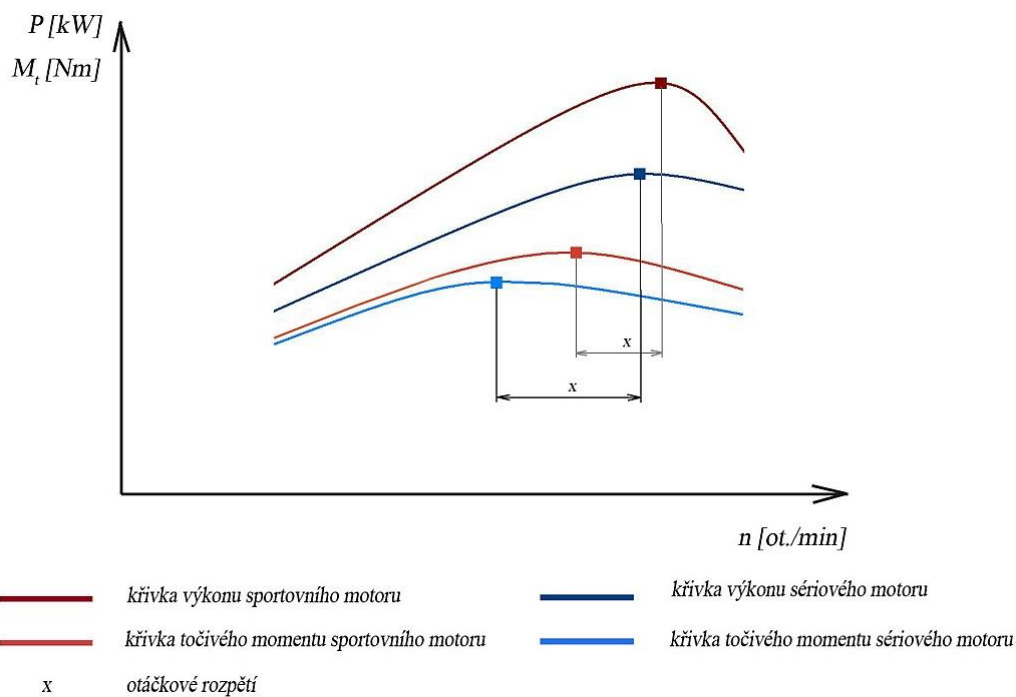
V = zdvihový objem motoru [dm³]

3.1.2. Výkonová charakteristika motoru

Tato charakteristika znázorňuje průběh výkonu a točivého momentu motoru v závislosti na jeho otáčkách.

U sériového motoru je průběh těchto dvou parametrů plynulý a vyznačuje se velkým otáčkovým rozpětím. Toto rozpětí značí rozdíl otáček, při kterých motor podává nejvyšší výkon a nejvyšší točivý moment. Sériový motor má tak pružnější projev a zachovává dostatečnou dynamiku i při překročení otáček nejvyššího výkonu nebo naopak poklesu otáček pod otáčky nejvyššího točivého momentu.

Sportovně upravený motor se vyznačuje vyššími maximy výkonu i točivého momentu, avšak malým otáčkovým rozpětím. Pokud se otáčky motoru dostanou mimo toto rozpětí, motor rychle ztrácí dynamiku. Tato vlastnost sportovních motorů vyžaduje nutnost použití adekvátně odstupňovaných převodovek, které pomohou udržovat otáčky motoru v požadovaném rozmezí. Porovnání charakteristik sériového a závodního motoru zobrazuje obrázek 1.



Obrázek 1- Výkonová charakteristika sériového a sportovního motoru [2]

3.1.3. Metody zvyšování výkonu motoru

Ze vztahů (1) a (2) vyplývá, že zvýšeného výkonu je možné docílit několika způsoby. První možností je snížení ztrát, které jsou u spalovacího motoru způsobeny především třením. Na tom se nejvíce podílí píst, pístní kroužky a ložiska. Použitá ložiska většinou není možno zaměňovat či upravovat a neúčinnější úpravy se tak týkají především pístů.

Úpravou spalovacího prostoru nebo sacích a výfukových kanálů a potrubí, lze také značně snížit hydraulické ztráty při plnění motoru.

Další veličinou přímo ovlivňující výkon motoru je objem válců, kterým je dáno maximum vzduchu či směsi, jenž bude možné do válce nasát. Čím větší bude objem válců, tím více směsi bude moci být využito na práci a tedy pro získání více výkonu. Zvýšení objemu motoru je možné zvětšením vrtání válců nebo výměnou klikové hřídele za hřídel s větším zdvihem.

Na výkon motoru má značný vliv také střední efektivní tlak, který působí na píst při konání jeho práce. Jeho zvýšení je možné zvýšením kompresního poměru nebo přeplňováním.

Kompresní poměr lze vypočítat použitím vztahu (4) a u zážehového motoru se pohybuje v rozmezí od 8:1 do 13:1.

$$\varepsilon_k = \frac{V_k + V_z}{V_k} \quad (4)$$

ε_k = kompresní poměr

V_k = objem kompresního prostoru [dm³]

V_z = zdvihový objem válce [dm³]

Ze vztahu (4) dále vyplývá, že kompresní poměr ε_k udává poměr mezi objemem směsi nasáté a objemem směsi stlačené [1]. Kompresní poměr tedy vzroste zmenšením objemu kompresního prostoru. Toho je docíleno např. úpravou hlavy válců nebo použitím pístů s jinak tvarovaným dnem – viz níže.

Další možností zvýšení středního efektivního tlaku je použití přeplňování, které lze podle principu činnosti rozdělit na přeplňování dynamické a přeplňování dmychadlem.

Při použití dynamického přeplňování je využíváno periodického kolísání tlaku, vznikajícího v sacím potrubí během zdvihu válce. Toto kolísání umožňuje zvětšit množství nasáté směsi nebo vzduchu a tak dosáhnout nejvyššího možného točivého momentu, úspory paliva a snížení emisí. Podle konstrukce sacího potrubí je možno rozlišovat dva způsoby dynamického přeplňování:

- pulzační přeplňování (využívá kmitů v sacím potrubí)
- rezonanční přeplňování

Při použití pulzačního přeplňování je každý válec opatřen samostatným sacím potrubím. V okamžiku sání pístu dochází k rozkmitání sloupce proudícího plynu. Volbou vhodné délky sacího potrubí dojde ke zrychlení proudící směsi nebo vzduchu. Díky vyšší rychlosti proudění je do válce nasáto větší množství směsi nebo vzduchu. V případě, že motor pracuje v nízkých otáčkách, je vhodné, aby sací potrubí bylo dlouhé a mělo malý průměr. Pracuje-li motor ve vysokých otáčkách, používá se naopak krátké sací potrubí s velkým průměrem.

Přeplňování rezonanční soustavou pro více válců, je tvořeno propojením válců krátkým potrubím s rezonanční komorou, která je pomocí potrubí propojena s okolní atmosférou. V případě, že je frekvence sání daná otáčkami stejná s frekvencí kmitů vln ve sloupci plynu, dochází k rezonanci. Vlivem rezonance je zajištěno další zvýšení tlaku

plnění. Rezonanční kmit vzniká pomocí impulsu vyvolaného uzavřením sacího ventilu. Oba způsoby dynamického přeplňování zvyšují dosažitelné plnění především v dolní oblasti otáček [3].

Další variantou přeplňování je použití dmyhadla. Dmyhadlo stlačuje vzduch před jeho nasátím do válce, díky čemuž je válec lépe plněn. V současné době jsou používány dva druhy konstrukce dmyhadla:

- kompresor
- turbodmyhadlo

Kompresor je poháněn přímo spalovacím motorem a díky tomu, že není zařazen do výfukového potrubí a nachází se na "studené" straně motoru, může být použit i pro velmi vysoké plnicí tlaky. Kompresor je mechanicky spojen s motorem, a proto reaguje na změny otáček bez zjevného zpoždění. Nevýhodou je jeho příkon, který snižuje účinnost motoru.

Častějším způsobem přeplňování je použití odstředivého dmyhadla poháněného turbínou výfukovými plyny motoru – turbodmyhadla. K pohonu se používá energie výfukových plynů, která by jinak odcházela bez dalšího využití. Spojení turbodmyhadla se spalovacím motorem je výhodné také proto, že s rostoucím zatížením motoru se zvětší tlak a teplota výfukových plynů. Tím se automaticky zvýší otáčky turbodmyhadla a stoupne plnicí tlak [3].

Poslední zásadní veličinou ovlivňující výkonové parametry motoru jsou otáčky motoru. Ty charakterizují, kolik pracovních cyklů bude schopen motor vykonat za jednotku času. Otáčky motoru nelze zvyšovat do nekonečna, jelikož společně s nimi klesá mechanická účinnost motoru, životnost dílů i hydraulická účinnost při výměně objemu válců. Pro dosažení vysokých otáček je výhodný nízký zdvih. Pro zachování maximální účinnosti a životnosti by však neměl poměr vrtání a zdvihu klesnout pod 0,75 [2]. Jelikož je zdvih většinou dán konstrukcí motoru, je možné dosáhnout zvýšení maximálních otáček motoru především snížením setrvačných hmot motoru.

3.2. Úpravy motoru

3.2.1. Pevné části

Úpravami pevných částí motoru lze dosáhnout vyššího kompresního poměru, většího objemu válců, zlepšení plnicích schopností motoru a také omezení mechanických zrát.

3.2.1.1. Hlava válců

Hlava válců je z hlediska výkonových parametrů nejdůležitějším komponentem celého motoru. Jeho výkon totiž přímo ovlivňuje především provedení hlavy válců (zejména tvary kanálů a spalovacích prostorů), popř. i druh rozvodu a geometrie vačkové hřídele, pokud jsou její součástí. Až od úprav hlavy válců se odvíjí další zásahy do motoru (jako například písty nebo kliková hřídel). Při úpravách hlavy válců jde především o zlepšení plnění válce a zvýšení kompresního poměru.

K základním úpravám hlavy válců, patří úprava přechodů mezi sacími a výfukovými kanály a sacím a výfukovým potrubím. Na těchto přechodech se často již z výroby nachází nerovnosti či dokonce hrany, kde poté dochází ke vzniku nežádoucích turbulencí. Pro zlepšení plnění jsou upravovány i samotné sací a výfukové kanály v hlavě válců. Jejich úprava spočívá především ve zvětšení průměrů a úpravě jejich tvaru. Zásadou je, že nejužší místo sacího kanálu by mělo být v sedle ventilu pro urychlení proudění do válce. V sériové podobě bývají kanály často velmi drsné a bývá doporučováno jejich leštění. Tato úprava má značný vliv nejen na rychlost proudění plynů či směsi, ale současně zamezuje usazování zbytků paliv a spalin na povrchu stěn. Zároveň však může leštěním dojít ke změně průtoku vzduchu či směsi, což může mít nevhodný vliv na rezonanci sání. Při otevřeném ventilu, se tak může nasávaný vzduch či směs pohybovat směrem od válce a to znamená snížení výkonu. Proto je nutné tuto úpravu předem uvážit.

Další možnou úpravou hlavy válců je její tzv. snížení, tj. odebrání materiálu na ploše dosedající na blok válců, čímž lze dosáhnout zvýšení kompresního poměru ϵ_k . Maximální hodnota snížení je dána konkrétním typem motoru a zpravidla činí 1,5 – 2 mm.[4] Při překročení této míry se mohou vyskytnout závažné problémy jako kontakt ventilů s pístem (vůle mezi ventilem a dnem pístu by neměla být menší než 0,5 mm) nebo výrazné snížení životnosti.

Úprava spalovacího prostoru se odvíjí od požadovaného kompresního poměru a tvaru použitých pístů. Zároveň má vliv na ideálním proudění a prohoření směsi. Pokud jde o motor upravovaný přesně podle homologačních listů existujícího motoru, je možné využít předem vytvořené šablony spalovacích prostorů, pokud jsou k dispozici. Ze spalovacího prostoru by měli být odstraněny všechny nežádoucí nerovnosti, které by mohli vést ke vzniku tzv. teplých míst, způsobujících detonační hoření (tzv. klepání motoru). Další součástí úpravy spalovacího prostoru je úprava ventilových sedel. Tvar ventilového sedla má velký vliv na proudění vzduchu do válce. Ostré hrany sériových ventilových sedel, mají za následek oddělení některých proudů vzduchu či směsi a vytváření turbulentního proudění. Je proto vhodné tyto hrany sedel zaoblit. Důležité je následné slícování sedla s ventilem aby byla zajištěna dokonalá těsnost ventilů.

3.2.1.2. Blok motoru

Úpravy bloku motoru jsou prováděny hlavně za účelem zvětšení vrtání válců. V některých případech, kdy nelze z konstrukčních důvodů např. kvůli tvaru spalovacího prostoru snížit hlavu válců, lze přistoupit také ke snížení bloku motoru, čímž dojde ke zvětšení kompresního poměru. Obdobně jako u hlavy válců je odebírán materiál na dosedací ploše bloku motoru s hlavou válců.

Jak již bylo uvedeno, má na výkon motoru zásadní vliv objem válců. Pro zvětšení tohoto objemu je nutné zvětšit vrtání válců. Tato úprava je prováděna vertikálními frézami s dostatečným zdvihem s následným honováním. Míra o jakou lze vrtání zvětšit závisí na konstrukčním provedení motoru. Při změně vrtání je vhodné vycházet z vyzkoušených variant a dostupných průměrů pístů pro daný motor.

Motory s vysokými kompresními poměry vyžadují použití speciálního těsnění hlavy válců. Běžné těsnění není schopno vysokým tlakům a teplotám odolávat. Jako těsnění vysokovýkonných motorů jsou tak nejčastěji používány měděné kroužky (mají velkou tepelnou roztažnost), které jsou montovány s přesahem do drážek na čelech válců. Hlava válců je poté dotažena vyšším utahovacím momentem. Vodní či mazací kanály lze utěsnit běžným těsněním.

3.2.2. Pohyblivé části

Pohyblivé části jsou upravovány především z důvodu zlepšení mechanické účinnosti motoru a zvýšení životnosti těchto částí při vysokém namáhání. Dalším důležitým parametrem je jejich hmotnost, která musí být co nejmenší, aby došlo ke zmenšení setrvačných sil.

3.2.2.1. Ojnice

Ojnice spojuje píst konající přímočarý vratný pohyb s otáčejícím se čepem klikového hřídele. Oko ojnice tedy spolu s pístem koná pohyb přímočarý vratný a hlava pohybu rotační. Standardní sériově používané ojnice znázorňuje obrázek 2. U závodních ojníc se vyžaduje především nízká hmotnost při zachování dostatečné tuhosti. Zvláště důležité je horní oko ojnice, které svou hmotností zvyšuje zrychlující síly při prudké změně směru pohybu.

Úpravy ojníc spočívají v odlehčování, leštění nebo záměně za závodní tzv. H-ojnice, jejichž příklad znázorňuje obrázek 3. Z tohoto obrázku je patrné, že tělo H-ojnice má oproti standardně používané ojnici jiný průřez a čelo je hladké. Tímto provedením dojde ke snížení hmotnosti ojnice při zachování pevnosti. Tyto ojnice jsou na rozdíl od standardních vyráběných litím kované, čímž je docíleno dalšího nárůstu pevnosti.



Obrázek 2- Standardně používaná sériová ojnice [5]



Obrázek 3 - Závodní H-ojnice motoru Ford Escort Cosworth [6]

Při odlehčování sériových ojnic odběr materiálu vždy sníží únavovou pevnost a současně tedy i životnost ojnice na počet ujetých km. Místa, kde je možné odstranit materiál, se nacházejí nejčastěji v hruběji opracovaných částech, vnějších plochách žeber dříku, různých předlitých nápisech, číslech apod. Stejně tak lze zakulatit všechny hrany. Je také možné odbrousit vývažky na oku i hlavě ojnice.

Ztenčování dříku ojnice je možné provádět jen po důkladném prověření na zhuštěná napětí a pevnost. Nesprávně provedený odběr materiálu vede k prasknutí ojnice s vážnými následky pro motor. Nikdy se také nesmí odebírat materiál v místech přechodu do oka ojnice. To by i přes výhodné odlehčení zásadně snížilo pevnost ojnice.

Častou úpravou je také leštění ojnic, které je důležité především pro maximální snížení rizika vzniku lomu. I minimální trhlínka může vést ke vzniku lomu a destrukci motoru. Nejlépe je celou ojnici vybrousit a vyleštit do zrcadlového lesku, což případné trhlinky eliminuje a sníží riziko jejich vzniku. Zvláště velký důraz je nutné klást na místa v okolí hlav šroubů a matic. Důležité je také použití nových šroubů a matic po každé demontáži.

3.2.2.2. Písty

Kvůli omezení vzniku setrvačných sil a dosažení vysoké střední pístové rychlosti, je nutné, aby měl píst co nejmenší hmotnost a co největší pevnost. Sériově používané písty většinou není možné nijak upravovat, a proto jsou nejčastěji zaměňovány za písty speciální. Příklad sériového pístu znázorňuje obrázek 4.

Všeobecně jsou používány kované písty, které se vyznačují vyšší pevností a proto je možné snížením tloušťky stěn dosáhnout nižší hmotnosti. Z pevnostního hlediska je dno pístu předimenzováno, protože přenáší nejen tlak na ojnici a klikový hřídel, ale zároveň odvádí největší díl tepla, které píst absorbuje. Proto musí být tloušťka dna dostatečná, aby bylo teplo rychle odváděno přes pístní kroužky do stěny válce. Zesílení pístu v místě uložení pístního čepu je co nejmenší, aby se zbytečně nezvyšovala jeho hmotnost.

U závodních motorů jsou nejčastěji používány tzv. T-písty, jejichž tvar je dobře patrný z obrázku 5. U těchto pístů je však nutné zvětšit vůli mezi válcem a pístem jinak je vysoké riziko jejich zadření. Pro maximální snížení tření se v některých případech používají písty se dvěma drážkami pro pístní kroužky. Polostírací kroužek je vynechán a montují se jen těsnicí kroužek (tvrdě chromovaný) a stírací kroužek. Tímto řešením je dosaženo snížení třecích ztrát, ovšem za cenu nižší životnosti. Tyto písty jsou proto používány většinou v disciplínách, při kterých není motor dlouhodobě zatěžován (sprinty, závody do vrchu apod.).

Pro zvyšování kompresních tlaků jsou používány písty s větší vzdáleností mezi dnem pístu a pístním čepem, případně písty s vypouklým dnem a příslušným vybráním pro talířky ventilů jak je patrné z obrázku 5. Pro použití těchto pístů je ale důležité nejdříve ověřit, zda nedojde ke kontaktu s ventily v případě, že je zvětšen jejich zdvih, změněno jejich časování nebo je snížena hlava válců. Kontakt pístu s ventily znamená zničení motoru. Došlo-li ke zvětšení vrtání válců, mají nově použité písty také větší průměr odpovídající upravenému válci.



Obrázek 4 - Sériové provedení pístu [7]



Obrázek 5 - T píst s vypouklým dnem a vybráním pro ventily [7]

3.2.2.3. Kliková hřídel

Úpravy na klikové hřídeli nejsou prováděny ani tak z důvodu zvýšení výkonu, jako spíše zvýšení spolehlivosti.

Základní úpravou klikové hřídele je její dokonalé vyleštění. Platí pro ni to samé jako pro ojnice. Čím hladší povrch, tím lépe se předchází vzniku trhlin, které mohou

vést k lomu a nevratnému poškození hřídele. Touto cestou lze částečně dosáhnout i odlehčení hřídele. Pro vysoce výkonné motory jsou používány pevnější kované hřídele. Vyleštěnou klikovou hřídel z motoru Škoda Favorit zobrazuje obrázek 6.

Dalším důležitým krokem, je přesné dynamické vyvážení. To je prováděno s veškerým příslušenstvím, tedy společně s písty, ojnicemi, řemenicí, rozvodovým kolem, setrvačником a přítlačným kotoučem spojky. Po výměně některé součásti (např. setrvačniku) by mělo dojít ke kontrole dynamického vyvážení.



Obrázek 6 - Leštěná kliková hřídel [7]

3.2.2.4. Setrvačnik

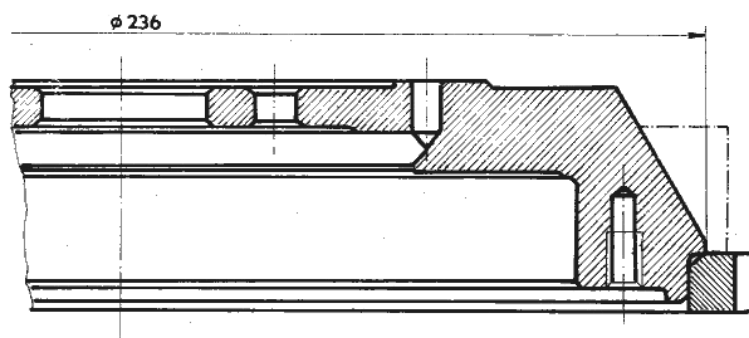
Setrvačnik převážně plní tři hlavní funkce. Je součástí spojky, nese ozubení, kterým otáčí spouštěč motoru a především svým setrvačným momentem udržuje klidný a pravidelný chod motoru. Právě tato třetí funkce je pro závodní motor nevhodná, protože jeho setrvačnost působí proti akceleraci motoru.

U závodního motoru lze tedy snížit jeho rotační hmoty. Čím menší tyto hmoty budou, tím menší bude moment setrvačnosti, který musí motor překonávat. Zároveň však platí, že čím lehčí setrvačnik bude, tím vyšší volnoběžné otáčky bude nutné nastavit, jelikož motor nebude schopen nízké otáčky udržet.

Odlehčit setrvačnik je možné dvěma způsoby. První je osoustružení přebytečného materiálu na jeho vnější straně tak, jak je patrné z obrázku 7. Druhou možností je odvrtávání materiálu po obvodu setrvačniku. V určitých případech je možné obě varianty zkombinovat. Při odebrání materiálu však nesmí dojít ke snížení jeho pevnosti. Obecně však záleží především na technických předpisech, kterým daný motor podléhá.

Po provedení všech úprav je nutné setrvačnick dynamicky vyvážit společně s klikovou hřídelí.

Naprosto stejné úpravy jako pro setrvačnick (jen v menším měřítku) jsou uplatňovány u řemenic klikové hřídele. Řemenice jsou odlehčovány odebráním materiálu nebo jsou vyráběny z lehčích materiálů (slitiny hliníku apod.).



Obrázek 7 - Výkres pro odlehčení setrvačnicku Škoda 130 L/A [8]

3.2.3. Ventilový rozvod

Účinnost resp. dobu plnění a vyplachování válce největší měrou ovlivňuje rozvodový mechanismus. Konkrétně potom časování ventilů, které je dáno vačkami vačkové hřídele. Nepříznivým faktem zůstává, že rozvod svou hmotností značně ovlivňuje velikost setrvačných hmot a tím pádem maximální dosažitelné otáčky motoru.

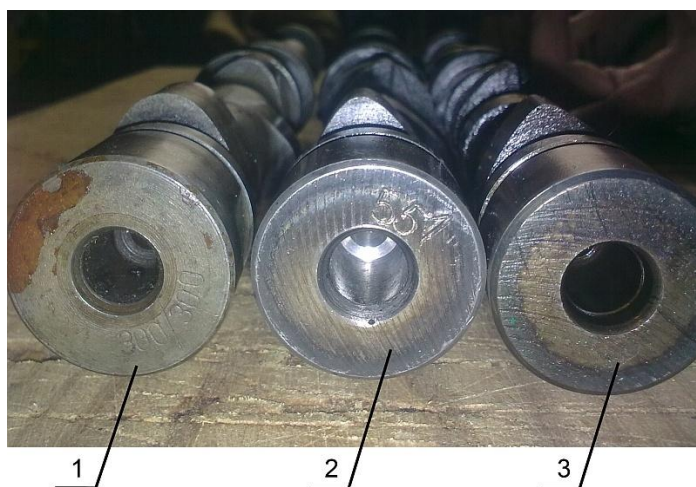
3.2.3.1. Vačková hřídel

U vačkové hřídele je důležitý především tvar a zdvih jednotlivých vaček. Ty určují rychlost, zrychlení a dobu otevření ventilu. Sériové vačky jsou navrhovány s ohledem na kultivovanost chodu motoru, spotřebu paliva a motorem produkované emise. Z hlediska dosaženého výkonu však není jejich časování ideální.

U závodních motorů je důležité zajistit maximální naplnění válce vzduchem či směsí, využít pohybu sloupce vzduchu v sacím potrubí a zajistit rychlé vyplachování válce při vysokých otáčkách, ve kterých závodní motor pracuje. Proto jsou používány vačky, které zaručují dlouhou dobu otevření. Tuto dobu charakterizují úhly otevření ventilů, které bývají na závodních vačkových hřídelích vyraženy (sací/výfukové).

Vačky některých hřídelí je možné do požadovaného tvaru brousit. Tato úprava je však limitována původními rozměry vačky a je nutné celou hřídel po broušení opět po-

vrchově upravit (kalením, nitridováním). Porovnání vačkových hřídelí je patrné z obrázku 8.



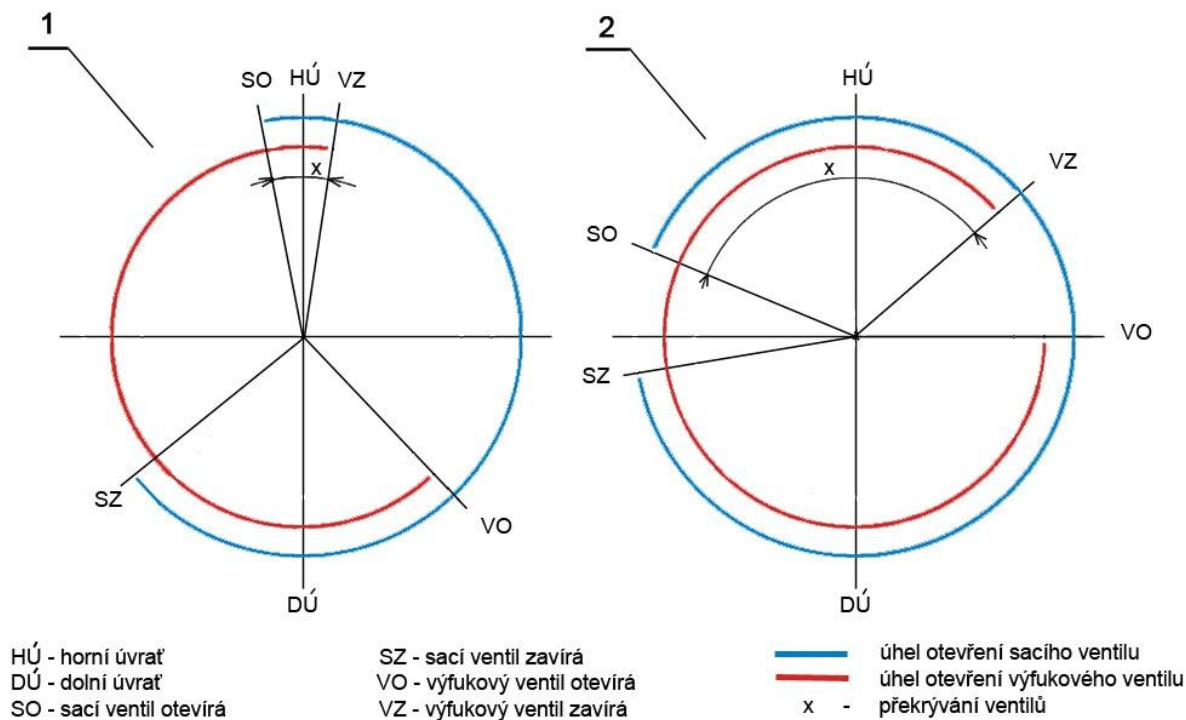
Obrázek 8 - Vačkové hřídele Škoda Favorit [9]

1 – závodní s úhlem otevření ventilů 300/300, 2 – broušená s úhlem otevření 280/280, 3 – sériová s úhlem otevření 240/230

3.2.3.2. Časování rozvodů

Časování rozvodů tj. okamžik a dobu otevření ventilu znázorňuje rozvodový diagram (obrázek 9). Vedle těchto veličin je důležitá také doba překrytí ventilů. Samotný návrh a konstrukce optimálního vačkového hřídele je časově a finančně poměrně náročný proces a proto se při úpravách motorů častěji používají již odzkoušené vačkové hřídele.

K požadovanému nárůstu výkonu dochází díky delší době otevření ventilu až při vyšších otáčkách. V nižších otáčkách je žádoucí jiné časování ventilů, jelikož rychlost proudění vzduchu v sacím potrubí je nižší a válec je tak nedokonale plněn i vyplachován. Dlouhá doba otevření zároveň prodlužuje dobu, kdy jsou ventily v tzv. stříhu. V nízkých otáčkách tak mohou proudit zplodiny při kompresním zdvihu do sacího potrubí či naopak čerstvá směs do výfukového potrubí při výfuku. To s sebou nese nevýhody v podobě nižšího výkonu při nižších otáčkách a problematického chodu naprázdno, který musí být z tohoto důvodu zvýšen.



Obrázek 9 - Rozvodové diagramy odlišných vačkových hřídelí [10]

1 – sériová vačková hřídel Škody Favorit (240/230), 2 – závodní vačková hřídel (320/320)

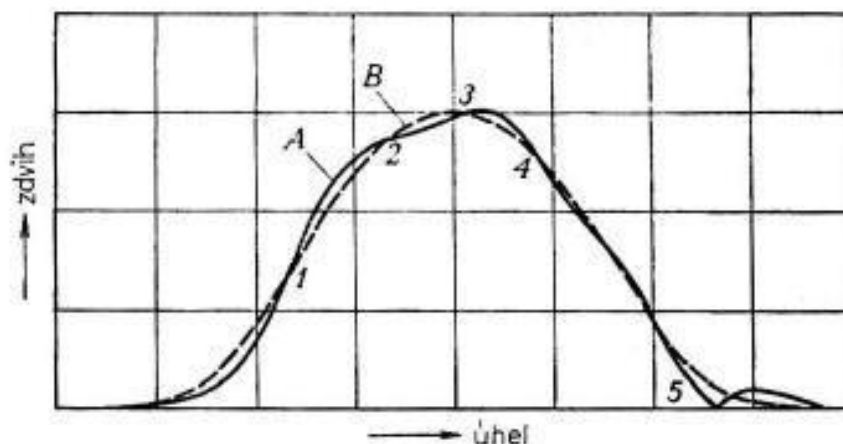
Jak již bylo zmíněno, hmotnost, resp. setrvačné síly rozvodu značně ovlivňují jeho funkci ve vysokých otáčkách. Velká hmotnost rozvodu může ve vysokých otáčkách vést k rozkmitání jednotlivých částí, což značně ovlivní ideální časování ventilů a při určitých otáčkách již není rozvod schopen plnit svou funkci. Tento problém je nejvíce patrný u rozvodu OHV, kde jeho hmotnost ovlivňuje nutnost použití rozvodových tyček.

Rozvodové tyčky je proto možné v některých případech odlehčit leštěním či použít tyčky z lehčího materiálu (slitiny hliníku), pokud již tyto tyčky nejsou v sériovém provedení použity.

Hmotnost rozvodu zvyšují i ventilová vahadla. Jsou vyráběny nejčastěji z tvrdších ocelí s kalenými styčnými plochami. U závodních motorů bývají někdy zaměňovány za kovaná vahadla z lehkých slitin.

Z obrázku 10 je patrné, že dalším problémem zejména u motorů s rozvodem OHV je pružnost rozvodu. Tato skutečnost značně narušuje plynulost pohybu ventilů. Při velkém zatížení rozvodu může dojít k deformaci rozvodových tyček či prohnutí va-

hadel, čímž je opožděno otevření ventilu. Jelikož z důvodu zachování co nejnižší hmotnosti rozvodu není možné tyto součásti nijak vyztužovat, je nutná alespoň častá kontrola, popř. výměna těchto dílů.



Obrázek 10 - Průběh zdvihu ventilu [11]

A – pružný rozvod, B – tuhý rozvod, 1, 2, 3, 4 a 5 – místa odskoku zdvihátka od vačky

3.2.3.3. Ventily

U ventilů je kladen důraz především na jejich tvar, který zaručí snadné proudění plynů okolo ventilu, dokonalé slícování s ventilovým sedlem a nízkou hmotnost.

Pro úpravy je vhodnější použít nové ventily, u kterých nehrozí přítomnost drobných skrytých vad. Pro odlehčení je možné z ventilu odebrat materiál v přechodu mezi talířkem a dříkem tak, aby již při malém otevření ventilu mohl vzduch či směs proudit do válce, popřípadě výfukové plyny z válce. To zaručí efektivnější plnění i vyplachování válce. Dále je vhodné zbavit talířek ventilu všech ostrých hran, ve kterých vznikají teplá místa a které zhoršují proudění plynů. Po dokončení úprav je doporučeno ventily po celé ploše vyleštit do zrcadlového lesku, aby se co nejvíce zabránilo usazování karbonu.

Další možností je použití ventilů s větším talířkem, pokud to však spalovací prostor, resp. vzdálenost mezi jednotlivými ventily umožňuje. Pro lepší tepelnou odolnost a ještě větší snížení hmotnosti rozvodu je možné použití ventilů s dutým dříkem, který je naplněn sodíkem.

3.2.3.4. Ventilové pružiny

Hlavní funkcí ventilových pružin je zajistit zavření ventilu přesně v závislosti na tvaru vačky. Základními parametry pružin je tuhost, rozměry a rezonanční kmitočet.

Tuhost pružin je volena s ohledem na velikost hmot, které musí zachytit, rychlost a zrychlení, které je dáno tvarem vačky, a které je tedy u sportovních vaček vyšší. U příliš slabých pružin hrozí riziko rozkmitání, které způsobí nesprávné zavírání ventilu či nižší životnost pružiny. Naopak použití příliš silných pružin může vést k poškození některých částí rozvodového mechanismu, jako jsou např. rozvodové tyčky.

Při volbě rozměrů pružin, zejména délky, platí některá pravidla zajišťující její delší životnost:

- 1) Při maximálním stlačení pružiny by na sebe jednotlivé závity neměli dosedat, výjimkou mohou být progresivní pružiny.
- 2) Nemělo by docházet k úplnému uvolnění pružiny. Velký rozdíl tlaků při úplném stlačení a uvolnění by mohlo vést k prasknutí pružiny [11].

Důležitým parametrem pružiny je také rezonanční kmitočet. Tento kmitočet charakterizuje při jaké frekvenci stlačování pružiny, která závisí na otáčkách motoru a tvaru vačky, dojde k jejímu rozkmitání. U sériových motorů je tento kmitočet volen s velkou rezervou vzhledem k otáčkám motoru (až 10-ti násobně vyšší).

U vysokootáčkových závodních motorů však nelze tento poměr zachovat a může tedy dojít k rozkmitání či při součinnosti působících sil a frekvence kmitání dokonce k prasknutí pružiny. Ke snížení rizika rozkmitání jsou používány progresivní pružiny (s různým stoupáním závitů) či pružiny kuželové. Tyto pružiny lépe zachycují přechod mezi zrychlením a zpomalením způsobené vrcholem vačky.

K úplnému potlačení kmitání je např. u motorů F1 běžná pružina nahrazena pneumatickým systémem, u kterého rozkmitání nehrozí [11].

3.2.4. Příprava směsi a zapalování

Úpravami systémů přípravy směsi a zapalování lze docílit především lepšího plnění válce, složení směsi a jejího správného zažehnutí a prohoření bez detonačního spalování, které jednak výkon omezuje a hlavně způsobuje nadměrné namáhání motoru.

3.2.4.1 Palivo

K dosažení maximálního možného středního efektivního tlaku přispívá i použité palivo, respektive schopnost paliva uvolnit potřebnou energii. I paliva podléhají požadavkům FIA. Především z hlediska chemických i fyzikálních vlastností, podílů některých přísad, biosložek apod. Vlastnosti paliv charakterizuje několik důležitých parametrů.

Oktanové číslo označuje schopnost paliva odolávat samozápalům při kompresním tlaku. Čím vyšší je oktanové číslo, tím vyššímu kompresnímu tlaku palivo odolá. Z důvodu vysokých kompresních poměrů závodních motorů jsou používána paliva s oktanovým číslem 100 a vyšším. Oktanové číslo vyjadřuje procentuální obsah izo-oktanu ve směsi s n-heptanem. Čistý izo-oktan má oktanové číslo 100, n-heptan 0. U nejčastěji používaného paliva zážehových motorů – benzínu, lze dosáhnout o něco vyššího oktanového čísla přísadami etanolu, metanolu, éteru, apod. (např. etanol má oktanové číslo 108).

Druhým nejdůležitějším parametrem paliva je výhřevnost. Udává množství energie, která se uvolní při spálení 1 kg paliva [MJ/kg]. Čím větší je výhřevnost paliva, tím více energie se uvolní, díky čemuž lze dosáhnout vyššího efektivního tlaku. Výhřevnost benzínu je 42,7 [MJ/kg] [12].

Pro zlepšení vlastností jsou do paliva přidávány další přísady – tzv. aditiva. Tyto složky slouží v palivu především pro snížení rizika vzniku usazenin. Usazeniny zhoršují hydraulické odpory ve spalovacím prostoru a aditiva zajišťují jejich rozpouštění .

3.2.4.2. Karburátor

U karburátorových motorů, se kterými se setkáme již zpravidla u historických vozidel, záleží množství směsi, bohatost a rychlost jakou se směs dostane do válce právě na karburátoru, resp. na jeho jednotlivých součástech, kterými jsou difuzor, trysky a vzdušníky, a které svými rozměry tyto faktory přímo ovlivňují. Každý motor svými parametry či účelem použití vyžaduje adekvátně osazený karburátor, popř. karburátory. Ideálního osazení lze dosáhnout jen vytrvalým zkoušením, jelikož i dva „stejně“ motory mohou vyžadovat rozdílné osazení.

3.2.4.3. Vstřikování paliva

Vstřikování paliva umožňuje oproti karburátoru rychlejší a přesnější tvorbu směsi o správném směšovací poměru, čímž lze pochopitelně dosáhnout vyššího výkonu s lepším průběhem v celém spektru otáček. Řízení vstřikování probíhá podle elektronických map uložených v řídicí jednotce motoru, které jsou u sériových vozidel nastaveny tak, aby motor vykazoval příznivou spotřebu, nízkou hladinu emisí apod. Základními částmi regulačního okruhu jsou snímače (v tomto případě např. snímač otáček, teploty motoru, tlaku v sání apod.) elektronická řídicí jednotka (ŘJ) a akční členy (např. vstřikovací ventily, relé palivového čerpadla apod.), kterými ŘJ reguluje a ovládá jednotlivé procesy. Na základě signálů ze snímačů zjistí ŘJ, v jakém režimu motor právě pracuje. Tyto signály následně vyhodnotí a porovná s uloženými hodnotami a prostřednictvím akčních členů provede potřebné korekce.

3.2.4.5. Zapalování

Zapálení směsi ve správném okamžiku, doba jejího hoření a další faktory, které zapalování ovlivňuje, se přímo podílí na výkonových parametrech motoru. Dynamobateriové zapalování s mechanickými kontakty a rozdělovačem používané u starších vozidel skýtalo řadu nevýhod, týkajících se obtížné regulace, ztrát daných mechanickými součástkami apod. bylo postupem doby nahrazováno elektronickými bezkontaktními systémy různých provedení. Dnes jsou všechna moderní vozidla vybavena plně elektronickými systémy zapalování, které jsou řízeny řídicí jednotkou. Ta je ve většině případů společná i pro vstřikování a řídí tak kompletní management motoru. Úpravy zapalovacích systémů se v případě starších vozidel týkají převážně náhrady za elektronické systémy, je-li to ovšem umožněno platnými předpisy.

3.2.5. Optimalizace software řídicí jednotky (chiptuning)

V současné době jsou prakticky veškeré spalovací motory v osobních a nákladních automobilech, ale i v pracovních a speciálních strojích řízeny elektronicky. U zážehových motorů osobních automobilů je standardem elektronicky řízené nepřímé vícebodové vstřikování paliva s plně elektronickým zapalováním a snahou je přecházet na přímé vstřikování. U vznětových motorů je pak běžně používán systém Common-rail a u koncernu VW systém čerpadlo-tryska PD. Jak bylo uvedeno výše, jsou u těchto sys-

témů všechny děje, jako je doba vstřiku, předstih zapalování, obvod regulace turbodmychadla a další ovládány řídicí jednotkou na základě v ní uložených hodnot. Protože tyto hodnoty mají na výkon a točivý moment značný vliv, je jejich změnou a optimalizací možné dosáhnout opravdu velmi pozitivních výsledků v oblasti nárůstu výkonu a točivého momentu.

Základní princip spočívá ve změně hodnot, podle kterých ŘJ provádí řízení motoru. U starších vozidel bylo nutné vyměnit celý přeprogramovaný procesor. U novějších vozidel se optimalizace dat provádí přes standardní diagnostickou zásuvku CARB použitím speciálních programů umožňujícím přepisování paměti EPROM, v níž jsou jednotlivé hodnoty uloženy. Změna hodnot je pevně daná a v případě nutnosti musí znovu dojít k přeinstalování celé paměti.

Celé přečipování probíhá tak, že na jednom motoru jsou na základě měření na výkonové zkušebně zjištěny a odzkoušeny nové hodnoty, které jsou následně nahrávány do dalších ŘJ motorů stejného typu. Obecně lze říci, že je tato úprava oproti jiným výše uvedeným možnostem vyžadujícím velké zásahy do konstrukce motoru poměrně levná a technologicky nenáročná. K většímu nárůstu výkonu a točivého momentu obecně dochází při optimalizaci dat přepíňovaných motorů, protože hodnota plnicího tlaku je důležitou a snadno změnitelnou veličinou, která má na výkon motoru velký vliv [13].

Pro dosažení nejvyššího výkonu a točivého momentu jsou však používány speciální programovatelné řídicí jednotky, které umožňují změnu dat prakticky kdykoli a přesně podle úprav a požadavků konkrétního motoru, které se odvíjí od charakteru motoru, časování rozvodů a celkového nastavení a účelu motoru. Jsou zjišťovány a upravovány během jeho závěrečného ladění na výkonové brzdě nebo při jízdách zkouškách. Některé systémy umožňují rovněž přepínání mezi několika jízdními režimy (přejezd/různé tratě), čímž se částečně prodlouží životnost motoru. Výhodou u chipování závodních motorů je také fakt, že se na závodní speciály vztahují odlišné předpisy týkající se produkce emisí a hluku, což poskytuje širší možnosti naladění. Také zde platí, že požadovaných výsledků lze dosáhnout pouze s kvalifikovanými odborníky, kteří mají v tomto oboru dostatek zkušeností.

Z uvedených postupů vyplývá, že možnosti úprav motoru jsou značné. Při kvalitním provedení lze oproti sériovému dosáhnout i dvojnásobného výkonu, samozřejmě podle typu motoru. Zvyšování výkonu sebou ale nese také výrazně vyšší namáhání všech komponent a tím pádem snížení životnosti. Dalším faktorem je finanční stránka, protože ceny závodních komponent jsou oproti sériovým často několikanásobně vyšší a

také samotný provoz takto upraveného motoru přináší velkou finanční náročnost. Pro běžný provoz je proto kompletní přestavba motoru značně nevýhodná. S nástupem elektroniky se začal hojně rozšiřovat chiptuning, jehož aplikací lze docílit pozitivních výsledků, při zachování životnosti a přijatelných provozních nákladů.

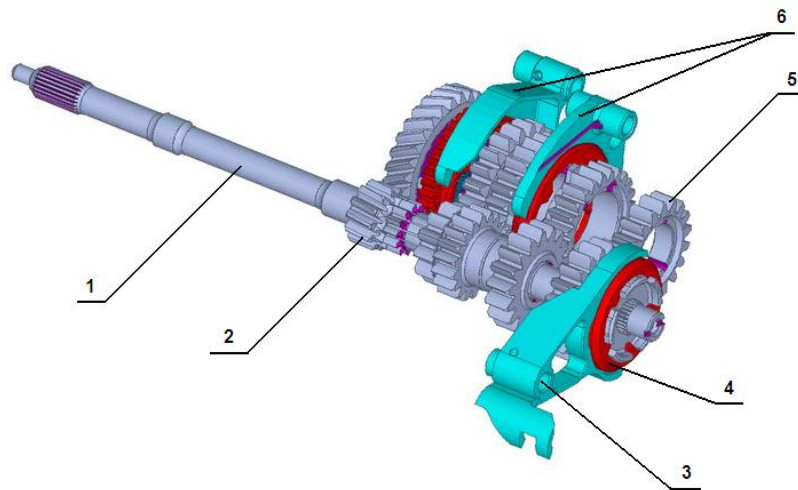
4. Převodovka a rozvodovka

Převodovka zajišťuje spolu s rozvodovkou a hnacími hřídeli přenos hnací síly z motoru na kola, a proto je nedílnou součástí pohonného ústrojí. V závodních vozech jsou na ni kladeny vysoké nároky z hlediska přesnosti, rychlosti řazení a především spolehlivosti, protože závodní převodovky musí zvládat přenos značných sil. U závodních převodovek je opět rozhodující stupeň povolených úprav. U vozidel s minimem úprav (skupina N, R1) je většinou možná pouze změna stálého převodu, čímž dojde ke zlepšení akcelerace na úkor maximální rychlosti. U vozidel s vyšším stupněm úprav je možné měnit odstupňování všech převodových stupňů. Původní kola se šikmým čelním ozubením bývají nahrazována koly s přímými zuby, která mají vyšší mechanickou účinnost. Někdy je možná také změna počtu převodových stupňů. Pro zrychlení řazení se používají převodovky sekvenční, u kterých se neřadí dle klasického schématu H, ale postupně za sebou, podobně jako u motocyklů. Řazení bývá mechanické nebo hydraulické, ovládané buď joystickem v podobě řadicí páky, nebo páčkami pod volantem a bývá doplněno o elektronický systém, který v případě řazení na velmi krátký okamžik vypne motor, což umožňuje řadit bez použití spojky. Konstrukce převodovky může být synchronní nebo bezsynchronní (systém Hewland).

4.1. Standardní druhy převodovek používané u osobních automobilů

U konvenčních vozidel jsou používány dvou nebo tříhřídelové převodovky. Na jedné z hřídelí jsou kola uložena pevně na dalších volně otočně. Všechna kola jsou ve stálém záběru. Řazení probíhá posouváním řadicích objímek, které fungují jako zubové spojky mezi jádrem a kolem rychlostního stupně. Posun objímek je zajištěn řadicími vidlicemi. Přesunutím objímky dojde ke spojení hřídele a ozubeného kola, které bylo dosud volně otočné. Tím dojde k zařazení rychlostního stupně a převod koná svou funkci. Kvůli tichému a pohodlnému přeřazení je mechanismus doplněn synchronizací, která při přeřazování vyrovnává rozdílné otáčky ozubených kol.

Řadicí vidlice jsou uchyceny na posuvných hřídelích. Jedna řadicí objímka umožňuje řazení dvou převodových stupňů. Pohybem řadicí páky dopředu a dozadu se řadí jednotlivé rychlostní stupně (1. a 2. RS, 3. a 4. RS atd.), vychýlením do stran se pak volí jednotlivé řadicí hřídele. Hlavní části konvenční dvouhřídelové převodovky jsou dobře vidět na obrázku 11.



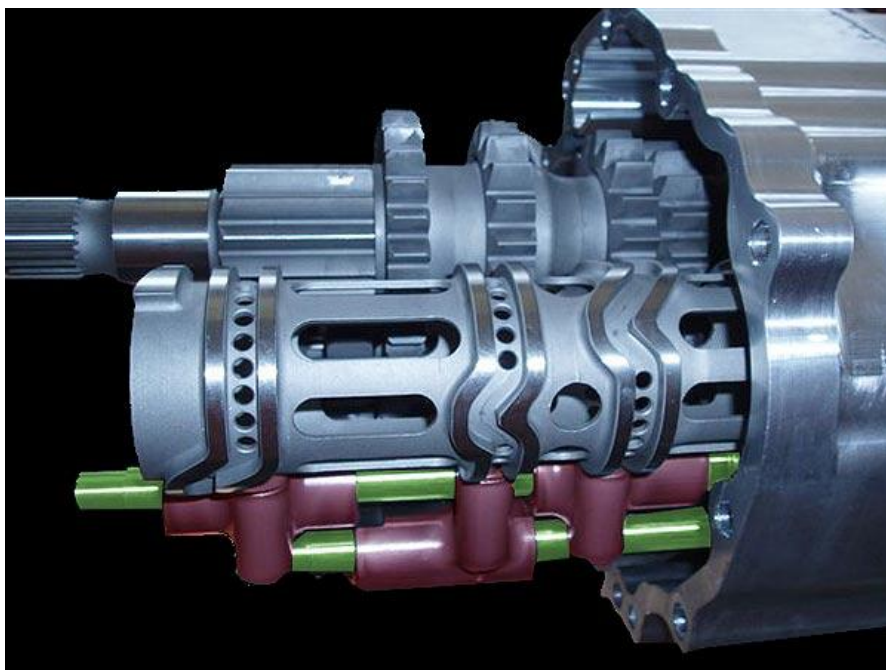
Obrázek 11 - Hlavní části dvouhřídelové převodovky [14]

1 – hnací hřídel, 2 – pevně uložené ozubené kolo, 3 – vedení řadicí vidlice po hřídeli,
4 – řadicí objímka, 5 – volně uložené ozubené kolo, 6 – řadicí vidlice

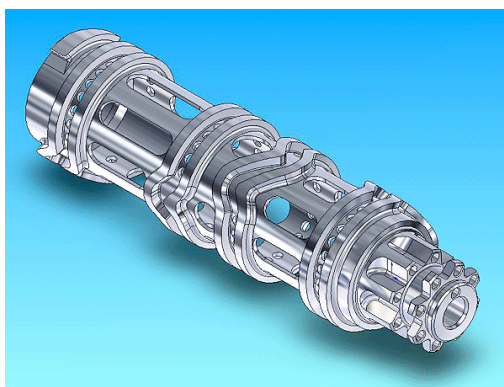
4.2. Sekvenční převodovky

U sekvenčních převodovek je pohyb řadicích vidlic obstaráván natáčením řadicího válce, který zobrazují obrázky 12 a 13. Tento válec má na svém obvodu vytvořené zakřivené drážky, ve kterých jsou vidlice uchyceny. Pootočením válce do úhlu odpovídajícího vybranému rychlostnímu stupni dojde zároveň k natočení vodící drážky a vlivem jejího zakřivení posunu vidlice po své ose. Zakřivení je navrženo tak, aby v mezních vychýleních došlo k posunutí ozubené spojky do polohy nutné k zařazení nebo naopak vyřazení rychlosti. Při každém natočení válce dojde k pohybu pouze jedné řadicí vidlice. Jedna vidlice spíná 2 rychlostní stupně – v každé krajní poloze jeden.

Jednotlivé převody jsou chráněné proti vyřazení pomocí speciálních zámků. Ty drží zařazenou rychlost uzamčenou, dokud je motor v záběru. Aby sekvenční převodovka mohla vyřadit, je potřeba aby došlo ke snížení točivého momentu a tím i k uvolnění těchto zámků. To je řešeno tak, že řadicí mechanismus (přímo v převodovce nebo u řadicí páky) je vybaven snímačem, který během přeřazení zajistí krátké vypnutí motoru. To je realizováno přerušením vstřikování paliva a popřípadě i odpojením zapalování.



Obrázek 12 - sekvenční převodovky Kaps Transmissions [14]
 zelená barva - hřídele řadicích vidliček, červená barva - řadicí vidličky

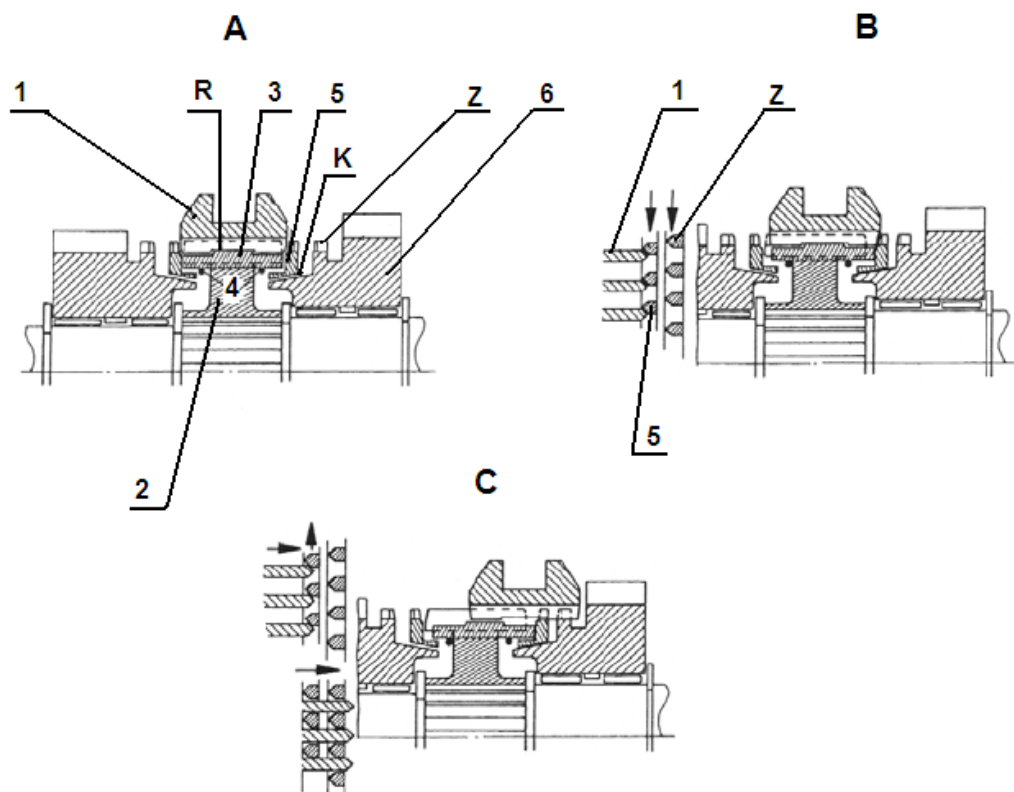


Obrázek 13 - Řadicí válec převodovky Kaps Transmissions [14]

4.3. Synchronizovaná převodovka

Pro plynulé a snadné řazení jsou automobilové převodovky vybaveny synchronizací jednotlivých stupňů. Tím je ozubení chráněno proti nárazům a poškození. Synchronizace pracuje ve dvou rovinách a je detailně zobrazena na obrázku 14. V první fázi vyrovnává otáčky dvou součástí, hnaného a hnacího kola. Toho je dosaženo brzdou synchronizace. Po vyrovnání otáček dojde v 2. fázi k přesunutí řadicí objímky na ozubení vytvořené na boku jádra synchronizace. Zajištění polohy objímky je řešeno pojistným ústrojím. Do činnosti je synchronizace uváděna posuvem objímky řadicí vidlicí. Když začnou dosedat brzdy synchronizace na kuželové plochy, které jsou na bocích

jádra synchronizace, dojde k brzdění otáček hnaného kola. Po vyrovnání otáček klesne třecí síla mezi kuželovou plochou a brzdou synchronizace. To umožní přesunutí objímky s vnitřním ozubením na boční ozubení příslušného kola. Takto synchronizace pracuje při vysokých i nízkých otáčkách. Jištění polohy je provedeno kuličkou přitlačovanou do drážek pružinou nebo jisticími tělísky zajištěnými opěrným kroužkem [15].

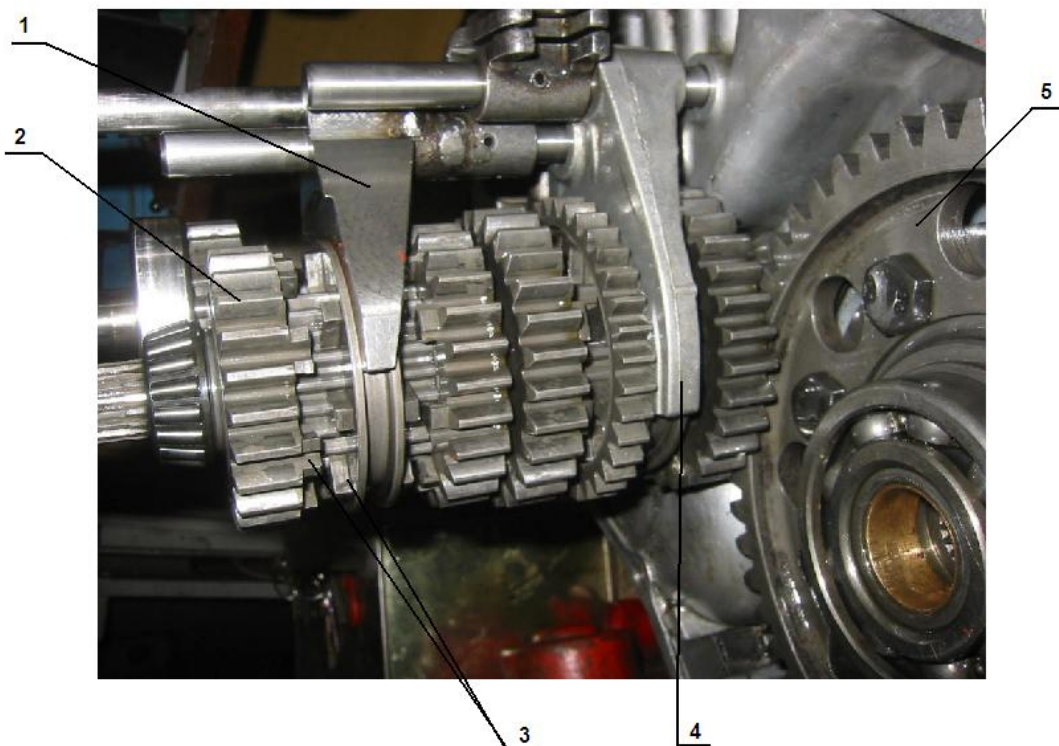


Obrázek 14 - Konstrukce a princip funkce synchronizace [15]

1 – řadicí vidlice, 2 – jádro synchronizace, 3 – jisticí tělíska, 4 – opěrný kroužek, 5 – synchronizační kroužek, 6 – ozubené kolo rychlostního stupně, K – třecí kužel ozubeného kola, R – drážka v řadicí objímce, Z – ozubení unášeče ozubeného kola, A – řadicí objímka je ve středové poloze – neutrální, B – řadicí objímka je vysunuta doprava a přes jisticí tělíska synchronizačního kroužku je nasunuta na třecí kužel ozubeného kola; synchronizační kroužek je pootočen až do své krajní polohy, čímž začíná působit jisticí zařízení; dalšímu posunutí objímky brání ozubení synchronizačního kroužku, C – účinkem tření mezi kroužkem a třecím kuželem se vyrovnají otáčky synchronizačního jádra a ozubeného kola; řadicí objímka se posunuje dále, otáčí kroužkem ve středové poloze zpět (šipky na obr. vlevo) a dostává se do záběru v ozubení unášeče – rychlostní stupeň je zařazen

4.4. Bezsynchronní převodovky

Je-li homologací umožněno, může být v závodních automobilech použita bezsynchronní převodovka. Její výhodou je zkrácení doby řazení. Převodovka však vyžaduje poměrně specifické zacházení a řidič si na její obsluhu musí určitým způsobem navyknout. Spojení ozubeného kola rychlostního stupně s hřídelí je realizováno axiálními zubovými spojkami, podobně jako u motocyklových převodovek. Tento systém lze zpravidla zastavět do jakékoli převodovky. Nejčastěji bývá používán systém pojmenovaný podle svého vynálezce Mika Hewlanda a který znázorňuje obrázek 15.



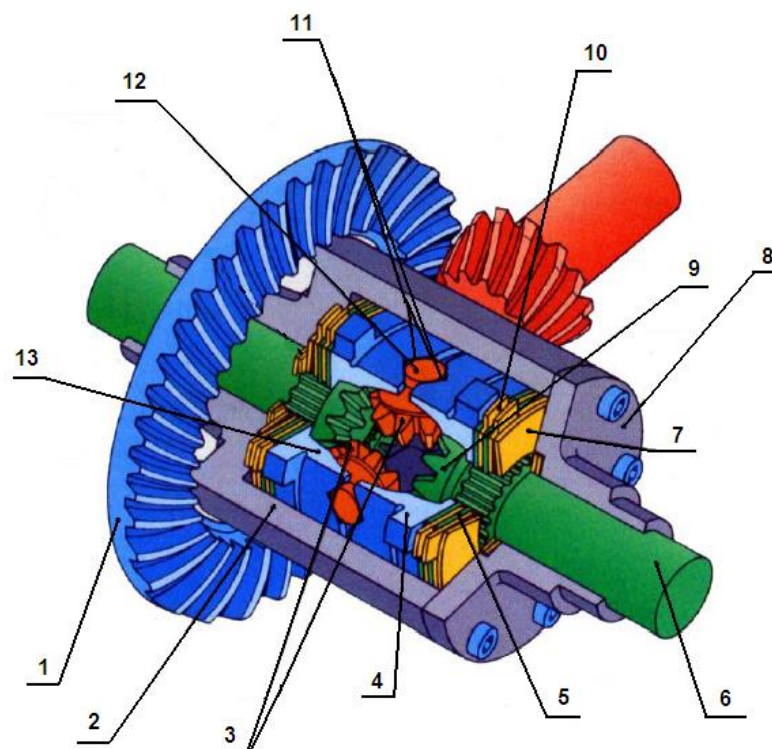
Obrázek 15 - Pohled na bezsynchronní převodovku [16]

1 - řadicí vidlice 3. a 4. rychlostního stupně, 2 - ozubené kolo rychlostního stupně, 3 - axiální zubové spojky, 4 - řadicí vidlice 1. a 2. rychlostního stupně, 5 - talířové kolo stálého převodu

4.5. Diferenciál

Diferenciál umožňuje rozdílné otáčky kol při jízdě zatáčkou. Nevýhodou běžného (nesamosvorného) diferenciálu je přenos sil na tu stranu vozidla, kde je menší odpor proti otáčení kola. Proto je u sériového vozidla problém s rozjezdem a akcelerací např. v případě, že jedno kolo bude na kluzkém povrchu a druhé na asfaltu. Kolo na kluzkém

povrchu se bude protáčet, protože diferenciál na něj bude přenášet většinu hnací síly a druhé kolo bude stát. U závodních vozidel se tento efekt projeví také při výjezdu ze zatáčky, kdy se jedno kolo dostane na štěrk a začne prokluzovat, čímž dojde ke zhoršení akcelerace. Aby se tomuto jevu zabránilo, používají se u závodních vozidel samosvorné diferenciály (tzv. „špéra“). Nejpoužívanější je lamelový diferenciál, který je vybaven lamelovými brzdami a který je znázorněn na obrázku 16. V případě prokluzu tyto brzdy svým odporem přibrzdí hnací hřídel kola, která se otáčí vyššími otáčkami, čímž dojde k částečnému přenosu hnací síly i na druhé neprokluzující kolo. Lamely mohou být po obou stranách – symetricky, nebo pouze na jedné straně – nesymetrický diferenciál. Použití samosvorného diferenciálu rovněž vyžaduje zkušenosti řidiče, protože na řízení je nutné vlivem rozdělování sil na obě kola vyvinout značnou ovládací sílu.



Obrázek 16 - Symetrický samosvorný lamelový diferenciál [17]

1 - talířové kolo, 2 - klec diferenciálu, 3 - satelity, 4 - přítlačné kotouče, 5 - vnější lamely, 6 - hnací hřídel, 7 - talířová pružina, 8 - víko klece diferenciálu, 9 - centrální kolo diferenciálu, 10 - vnitřní lamely, 11 – klínové výřezy, 12 – čep satelitů, 13 – klec diferenciálu

Diferenciály mohou být buď nápravové, nebo u vozidel s poháněnými oběma nápravami mezinápravové. U některých vozidel, často používaných k přestavbě na závodní speciály (Mitsubishi Lancer EVO, Subaru Impreza STi) jsou již v sériové výbavě aktivní mezinápravové diferenciály. Ty umožňují v závislosti na provozních podmínkách regulaci přenášeného momentu mezi přední a zadní nápravu a tím zlepšení jízdnicích vlastností. Svornost diferenciálu je regulována elektronickou řídicí jednotkou, která ovládá tlak hydraulické kapaliny na lamelové spojky, takže rozdělení výkonu na nápravy je řízeno pomocí elektronických map. Změnou těchto hodnot lze docílit optimálních jízdnicích vlastností na všech površích.

Stejně jako u motoru platí při úpravě převodovky skutečnost, že např. použití závodní bezsynchronní sekvenční převodovky v běžném provozu je díky technickým a finančním požadavkům značně nevhodné. Běžně používanou úpravou převodového ústrojí u civilních vozidel je např. výměna převodovky za vícestupňovou např. z vozidla stejného typu osazeného výkonnějším motorem, nebo změna stálého převodu hnací nápravy.

5. Karoserie

Většina současných vozidel (kromě terénních apod.) používá samonosnou karoserii. Jedná se zpravidla o svařenec ocelových výlisků, na který jsou připevněny povrchové panely, jako je plato střechy, zadní blatníky atd. Proto je tato součást nejdůležitějším komponentem vozidla. Její stav má značný vliv jednak na jízdní vlastnosti vozidla, ale hlavně na bezpečnost. Volbě vhodné karoserie je proto potřeba věnovat náležitou pozornost. Měla by být ve stoprocentním stavu bez koroze a jakýchkoli vad jako jsou trhliny, praskliny poškozené svary apod., neměla by být poškozena havárií atd. Toto se týká zejména úprav starších vozidel, u soudobých speciálů stavěných z nových vozidel tyto problémy odpadají.

5.1. Vyztužení skeletu karoserie

Úpravy skeletu karoserie se týkají zejména jeho vyztužení. To se provádí doplněním popř. zesílením stávajících bodových svarů nebo doplnění výztuh v nejvíce namáhaných místech. Nejdůležitější změnou pak je instalace bezpečnostního ochranného rámu. Jeho montáž je jednou z nejdůležitějších operací při stavbě závodního automobilu. Všechny podmínky týkající se jeho zástavby do vozidla jsou uvedeny v příloze J Mezinárodních sportovních řádů FIA. V praxi se používá několik druhů materiálů, vyžadující specifické podmínky při svařování:

- 1) Slitiny titanu (např.: $TiAl_6V_4$) – nejvhodnější materiál pro výrobu ochranného rámu, výhodou je vysoká pevnost, nízká hmotnost a dobrá odolnost proti korozi, nevýhodou však je vysoká cena. Pro svařování slitiny $TiAl_6V_4$ se používá metoda TIG (obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu).
- 2) Chrom-molybdenová ocel $25CrMo_4$ (ČSN 15 130) – nejpoužívanější materiál na výrobu ochranných rámu. Mechanické vlastnosti této slitiny jsou velmi dobré, největší předností oproti slitinám titanu je nižší cena. Svařování tohoto materiálu se provádí metodou MIG/MAG v ochranné atmosféře Ar 82% CO_2 18% s měděným vinutím.
- 3) Nelegovaná uhlíková ocel – v příloze J FIA jsou uvedeny tyto požadavky: nelegovaná uhlíková ocel bežešvá, tažená za studena s obsahem max. 0,3% C, max. obsah Mn 1% a ostatních přísad do 0,5%. Minimální pevnost v tahu 350 Mpa. Při volbě konkrétního materiálu je nutné dále věnovat pozornost tažnosti a vhodnosti pro svařování.

Základní prvky stavební struktury rámu:

- oblouk – trubkový prvek tvořící oblouk upevněný na dvou deskách
- hlavní oblouk – trubkový jednodílný příčný oblouk, téměř vertikální, situovaný ve voze napříč, za předními sedadly
- přední oblouk – stejné vlastnosti jako přední oblouk, ale kopíruje oblasti sloupků čelního skla a horní okraj čelního skla
- boční oblouk – jednodílný trubkový prvek, umístěný prakticky podélně a svisle, situovaný na pravé a levé straně vozu. Jeho přední sloupek kopíruje oblast sloupku čelního skla a jeho zadní sloupek je prakticky svislý a situovaný za předními sedadly
- boční půloblouk – shodný s bočním obloukem, ale bez zadního sloupku
- podélná vzpěra – prakticky podélně umístěna trubka spojující horní části předního a hlavního oblouku
- příčná vzpěra – příčně umístěná trubka spojující horní oblast bočních půloblouků nebo bočních oblouků
- diagonální vzpěra – diagonálně umístěná trubka spojující jeden z horních rohů hlavního oblouku, nebo jeden z okrajů příčné vzpěry v případě bočního oblouku s dolní upevňovací deskou
- demontovatelné vzpěry – vzpěra v bezpečnostní konstrukci, kterou je možno odstranit
- upevňovací deska – deska přivařená k okraji trubky oblouku umožňující její přišroubování nebo přivaření ke skeletu k výstužné desce
- výstužná deska – kovová deska upevněná ke skeletu karoserie pod kotevní deskou oblouku z důvodu lepšího rozložení zatížení na karoserii; její minimální tloušťka jsou 3 mm a obsah plochy min. 120 cm²

Doplňující prvky:

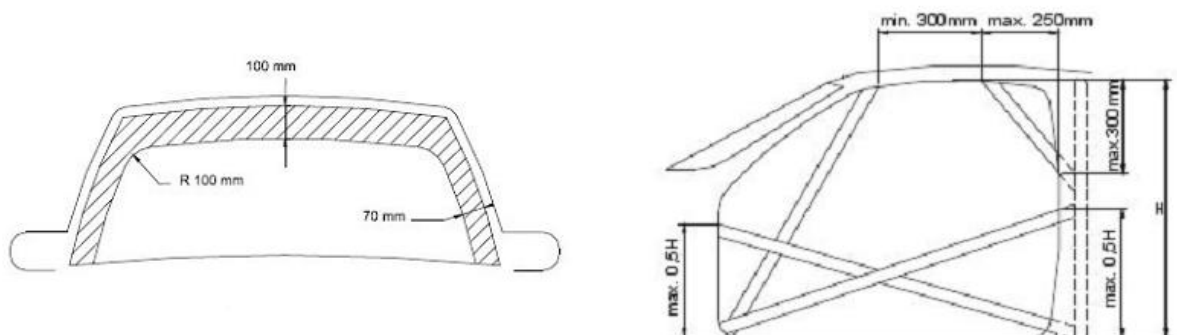
- podélné, příčné, diagonální vzpěry
- dveřní výztuhy
- výztuhy střechy
- upevňovací body předního zavěšení
- zesílení úhlů a spojů
- rohové výztuhy – výztuha ohybu nebo spoje z plechů ohnutých do tvaru U. Tloušťka plechu musí být minimálně 1 mm. Okraje těchto výztuh musí být umístěny ve vzdále-

nosti rovnající se 2 až 4 násobku největšího průměru spojených trubek vzhledem k vrcholu úhlu.

Zásady pro výrobu bezpečnostního rámu:

Pro dosažení maximální účinnosti bezpečnostního rámu je při výrobě nutné dodržet základní zásady:

- každý z ochranných oblouků musí být z jednoho kusu a bez spojek
- konstrukce oblouků musí být jednotná a musí být bez boulí a trhlin
- svislá část hlavního oblouku musí být rovná v minimální vzdálenosti od vnitřního obrysu skeletu
- přední sloupek předního nebo bočního oblouku musí co nejpřesněji kopírovat sloupky čelního skla a ve své dolní svislé části může být nejvýše jeden ohyb (viz obrázek 17)
- každý z oblouků musí být z jednoho dílu a v ohybu nesmí být žádné poruchy
- spoje s příčnými vzpěrami s bočními oblouky, nebo spojení podélných vzpěr s předním a hlavním obloukem, nebo spoje mezi bočním půlobloukem a hlavním obloukem musí být na úrovni střechy
- aby bylo dosaženo co nejlepšího upevnění ke karoserii, je dovoleno provést na potřebných místech zásahy do sériového čalounění, zejména kolem bezpečnostní klece a jejího upevnění vystřížením nebo deformací
- ve všech případech mohou být na úrovni střechy nejvýše 4 rozebíratelné spoje
- zadní vzpěry musí být upevněny u střechy a u horních rohů hlavního oblouku po obou stranách vnitřního prostoru vozidla, zároveň musí se svislicí svírat minimální úhel 30° , dále musí být rovné a umístěné co nejbližší k vnitřnímu obrysu skeletu



Obrázek 17 – Zásady pro výrobu ochranného rámu [18]

Provedení bezpečnostního rámu je dobře vidět na níže uvedeném obrázku 18.



Obrázek 18 - Příklad provedení bezpečnostního rámu závodního automobilu [19]

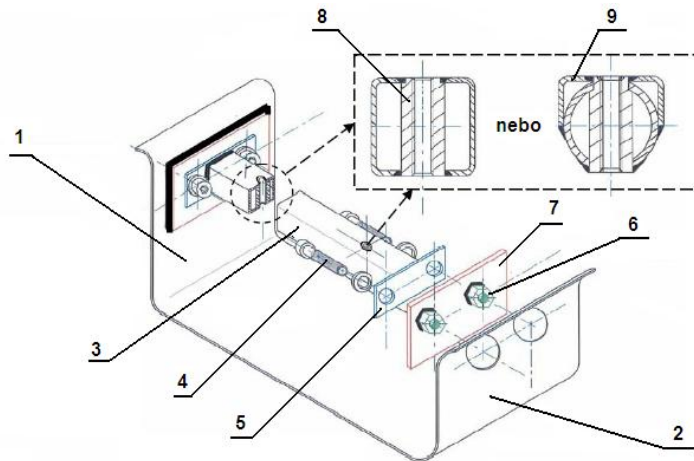
5.2. Odlehčení karoserie

U závodního vozidla je důležitá také jeho hmotnost. Dle homologací je předepsána určitá minimální hodnota hmotnosti, kterou musí daná vozidla splňovat. Odlehčení je možné demontáží některých součástí (zpravidla interiérové díly, jako jsou zadní sedačky, čalounění apod., které v případě závodů přestávají plnit svoji funkci. U některých vozidel je možné snížit hmotnost vozidla použitím jiných materiálů povrchových panelů karoserie. Pro tyto účely se nejčastěji používá hliník, nebo kompozitní materiály (nejčastěji karbon). Ke snížení hmotnosti dojde také záměnou zasklení. Původní skla kromě čelního jsou nahrazována speciální netříštivým plastem Makrolon.

5.3. Uchycení bezpečnostních prvků

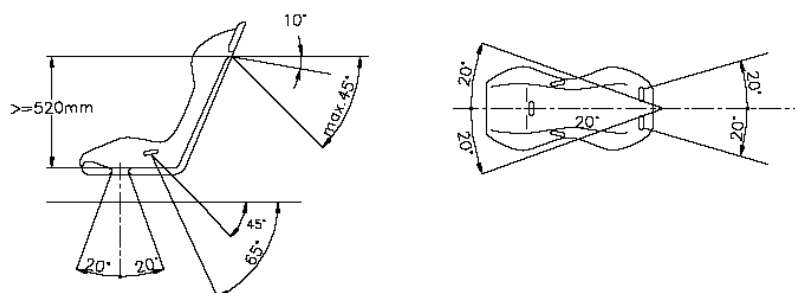
Uchycení sedadel, bezpečnostních pásů a dalších prvků (např. hasicí systém, palivová nádrž) je z hlediska bezpečnosti při havárii zásadní. I nejkvalitnější, ovšem špatně uchycené součásti by v případě havárie mohly způsobit vážná nebo dokonce smrtelná zranění. Proto jsou všechny možnosti upevnění uvedeny v příloze J FIA a důsledně kontrolovány. Vzor pro držák sedadla je zobrazen na obrázku 19. Bezpečnostní pásy mohou být uchyceny buď v podlaze, která musí být k tomuto účelu vyztužena nebo na

rámu. Je zakázáno pásy připevňovat k sedadlu nebo jeho držáku. Rovněž je nutné dodržet doporučené sklony jednotlivých pásů vůči sedadlu. Doporučené upevnění bezpečnostních pásů znázorňují obrázky 20 a 21. Správné uchycení je nutné také u palivové nádrže, která musí být dvojitá a vyplněná speciální pěnou a palivového vedení. To musí být dvojité – nejčastěji opletená hadička a vedené tak, aby nedošlo k jeho poškození a ztrátě těsnosti. Navíc je doporučena montáž bezpečnostního ventilu, který v případě úniku paliva uzavírá potrubí.

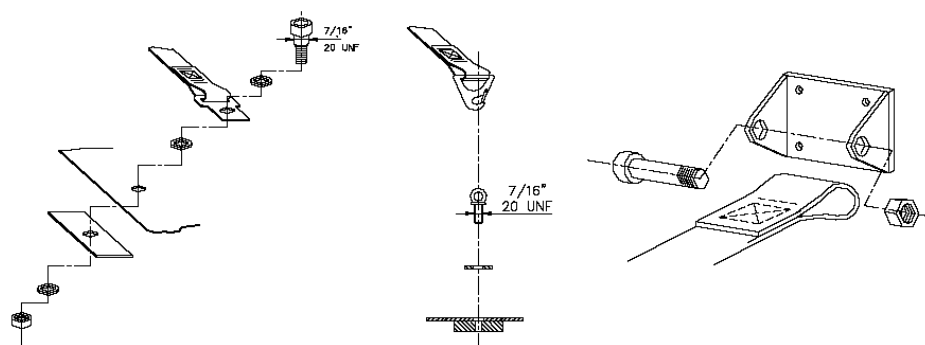


Obrázek 19 - Vzor pro uchycení sedadel [20]

1 - středový tunel, 2 - vnitřní část prahu, 3 – příčník (čtvercový uzavřený profil o straně min 35 mm a tloušťce stěny min. 2,5 mm nebo bezešvá trubka o průměru min. 35 mm a tloušťce stěny min. 2,5 mm), 4 – šroub M8 pevnosti 8.8, 5 – koncová deska o ploše min 40 cm² a tloušťce min. 2 mm, 8 – navařená vložka se závitem M8, 9 – U profil navařený na příčníku o stěně min. 2,5 mm



Obrázek 20 - Doporučené úhly uchycení bezpečnostních pásů [20]



Obrázek 21 - Možnosti upevnění bezpečnostních pásů [20]

6. Podvozek

Ovladatelnost, stabilita a další jízdní vlastnosti sportovního nebo závodního automobilu jsou zásadní jak z hlediska bezpečnosti, tak z důvodu dosažení co nejlepších výsledků. Úpravám podvozkových skupin je věnována náležitá pozornost, protože i sebevýkonnější automobil je na závody prakticky nepoužitelný, jestliže je špatně ovladatelný nebo neumožňuje přenést výkonnostní potenciál hnacího ústrojí na vozovku. Ztížená ovladatelnost extrémně výkonných vozidel byla také jednou z příčin zrušení skupiny B.

Skupina B vznikla v roce 1981 a znamenala jistý průlom ve světě automobilových soutěží. Od roku 1982 FIA zrušila omezení a umožnila automobilkám stavbu speciálů určených přímo pro rallye. Tyto automobily dosahovali technické úrovně tehdejší formule 1. Konstrukce však byla upravena pro použití na nezpevněných površích. Zpravidla se jednalo o vozy s prostorovým rámem, povrchovými panely karoserie z kevlaru a přeplňované motory o výkonu často přesahujícím 500 koní. Problém však byl v zajištění bezpečnosti posádek i diváků. V sezoně 1986 došlo k sérii tragických nehod, při nichž byli usmrceni jak diváci tak také talentovaná posádka Henri Toivonen – Sergio Cresto, která se svou Lancií Delta S4 havarovala na Rallye Tour de Corse 86' a následně ve voze uhořela. Po těchto tragických událostech se FIA rozhodla od sezony 1987 tuto skupinu zrušit a pokračovat dále pouze s produkčními vozy skupin A a N.

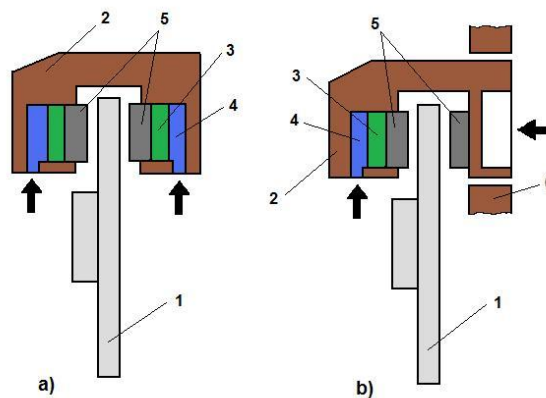
Stupeň úprav podvozku je opět určen homologací. V rámci skupiny N bývají povoleny menší zásahy do podvozku, jako je výměna tlumičů a pružin pérování, montáž sportovního brzdového obložení apod. V rámci skupin umožňujících širší škálu úprav (A, R4...) je pak možné měnit jednotlivé díly podvozku, jako jsou ramena, pružná lůžka, kompletní brzdová soustava apod. U vozidel nejvyšších kategorií (WRC, S2000), jsou pak místo sériových náprav použity speciální komponenty vyráběné z lehkých a pevných materiálů jako je karbon, slitiny titanu apod.

6.1. Brzdy

6.1.1. Konstrukce

Brzdy jsou jedním z nejdůležitějších komponent každého vozidla, a proto musí být v bezvadném stavu. Jejich úpravám je potřeba věnovat náležitou pozornost. U zá-

vodních vozidel jsou kvůli lepšímu brzdnému účinku zpravidla používány brzdy kotoučové. Nejjednodušší úpravou je výměna obložení za součásti s vyšším součinitelem tření. Zde je potřeba dávat pozor, aby nebylo obložení tvrdé příliš, čímž by docházelo k nadměrnému opotřebení brzdového kotouče. Výhodnější je tedy výměna obložení spolu s kotoučem. Pro stálý a nevadnoucí účinek musí být brzdy dostatečně chlazeny. Většina moderních vozidel je již vybavována vnitřně chlazenými kotouči. U starších nebo historických vozidel, která byla vybavena jednoduchými kotouči je pak možná výměna právě za kotouče chlazené. Jejich montáž je však podmíněna úpravou (rozšířením) nebo výměnou původního brzdového třmenu. Dovolují li to předpisy, jsou často původní třmeny nahrazovány většími, zpravidla 4 a více pístkovými třmeny. To umožní použití větších brzdových destiček a kotoučů čímž pochopitelně dojde ke zlepšení účinnosti brzd. Výhodou vícepístkových pevných třmenů oproti častěji používaným plovoucím je rovnoměrněji rozložený tlak na brzdovou destičku, takže je ke kotouči přitlačována celou plochou a nedochází k její deformaci. U těchto brzdových kitů bývá také používán tzv. plovoucí (dělený) kotouč, který je složený ze samotného rotoru kotouče a středu. Jeho výhodou je snadnější výměna kotouče a při použití středu vyrobeného např. z duralu také snížení hmotnosti. Porovnání pevného a plovoucího třmenu znázorňuje obrázek 22 a možné provedení kompletního brzdového kytu obrázek 23.



Obrázek 22 - Porovnání pevného a plovoucího třmenu [21]

1 – kotouč, 2 – třmen, 3 – pístek, 4 – pracovní prostor naplněný kapalinou, 5 – brzdové destičky



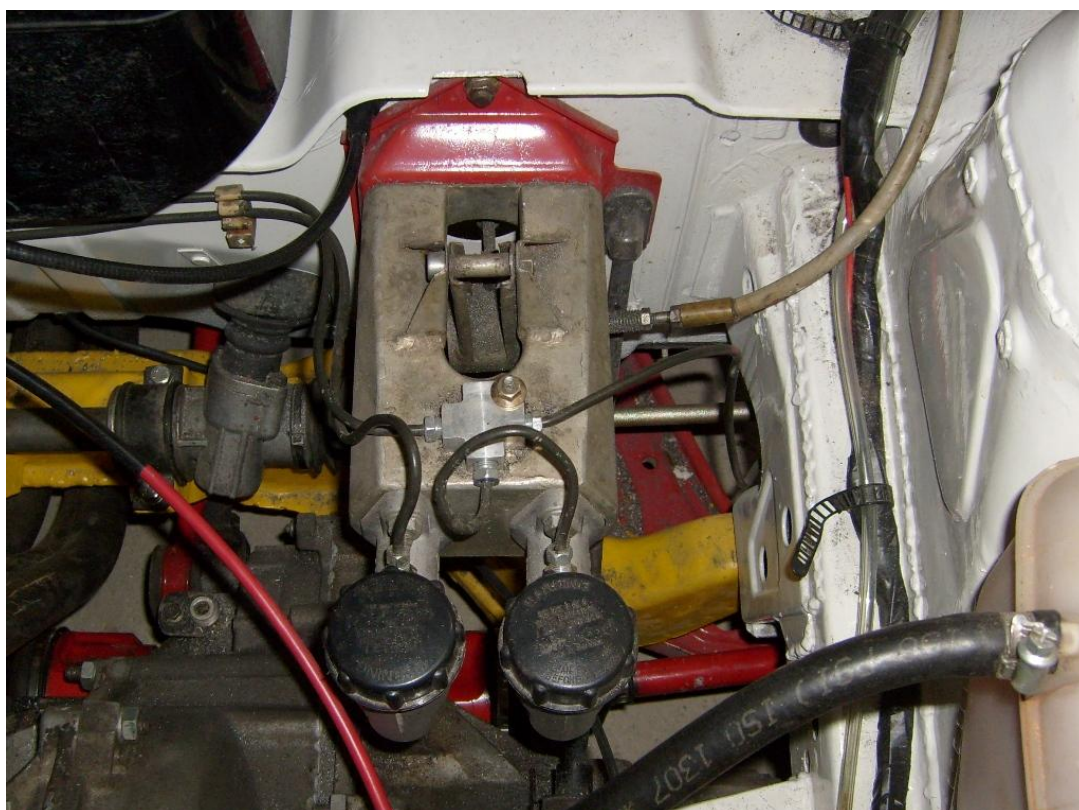
Obrázek 23 - Pevný 4 pístkový třmen a dělený kotouč [22]

6.1.2. Regulace brzdného účinku přední a zadní nápravy

Při brzdění vozidla dochází vlivem působících sil k přenesení části hmotnosti vozidla na přední nápravu. Proto jsou na přední nápravě používány výkonnější brzdy. Účinek zadních brzd je ale stejně nutné regulovat, aby nedocházelo k přebrzdění zadní nápravy, které by mělo za následek zablokování zadních kol a nepředvídatelné chování vozidla. U sériových vozidel je účinek zadních brzd omezován automaticky použitím zátěžového regulátoru, omezovače tlaku nebo systémem ABS zpravidla podle zatížení vozidla. U závodních vozidel je ale nutné regulovat brzdný účinek v závislosti na povrchu trati, použitých pneumatikách apod. K tomuto účelu jsou používány ruční pákové nebo kolečkové omezovače tlaku, díky kterým může posádka regulovat účinek zadních brzd dle aktuální potřeby (viz obrázek 24). Další variantou je použití tandemových brzdových válců (viz obrázek 25), které jsou s pedálem spojeny nastavitelným vahadlem, jehož pohybem lze měnit poměr brzdné síly mezi přední a zadní nápravou.



Obrázek 24 - Pákový omezovač tlaku v zadních brzdách [22]

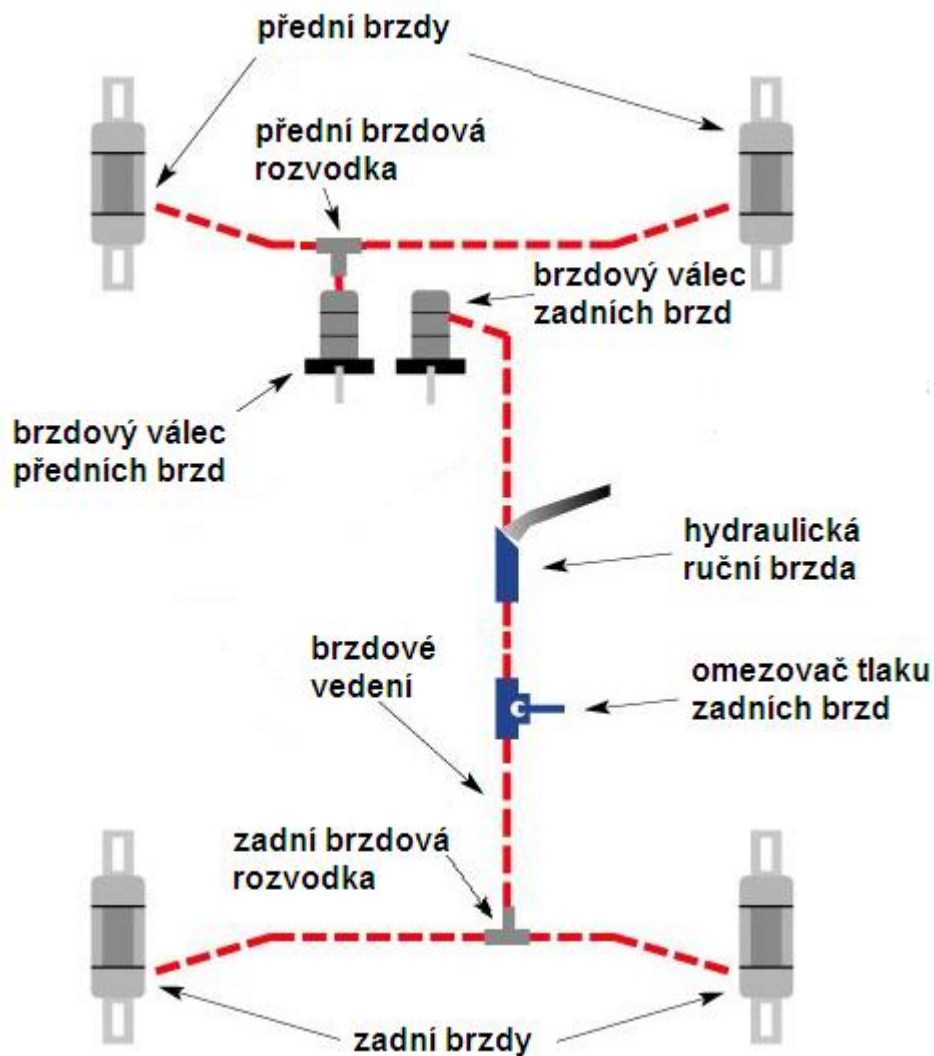


Obrázek 25 - Brzdový pedál s vahadlem [22]

6.1.3. Ruční brzda

Poměrně častou úpravou je montáž hydraulické ruční brzdy. Náhradou původních lanovodů hydraulickým převodem se docílí rychlejšího a přesnějšího ovládání. V praxi se používají dvě varianty zapojení:

Jsou li na zadní nápravě použity plovoucí třmeny, je do odvodu zadních brzd vsazen další brzdový váleček, který ovládá pouze zadní kola. Schéma tohoto provedení znázorňuje obrázek 26. Jsou li však na zadní nápravě použity pevné, většinou čtyřpístkové třmeny, je možné jeden pár protilehlých pístků zapojit na provozní brzdu a další pár na ruční brzdu. Výhodou tohoto řešení je zcela oddělený okruh ruční brzdy, takže při poruše provozních brzd zůstane funkce ruční brzdy zachována.



Obrázek 26 - Schéma zapojení brzdové soustavy se zadními plovoucími třmeny [23]

6.1.4. Brzdové vedení

U sériových vozidel je brzdová kapalina vedena trubičkami a hadičkami, umístěnými pod podlahou vozidla, v podběžích atp. Při sportovním použití však hrozí poškození tohoto vedení např. o kámen nebo jiný předmět na nezpevněné vozovce. Z tohoto důvodu je vedení brzd stejně jako paliva nebo chladicí kapaliny umísťováno do interiéru vozidla. Tato úprava však vyžaduje použití speciálních, kovem opletených (tzv. pancéřovaných) hadiček, nebo trubiček s dvojitou ochranou, aby bylo zajištěno, že při havárii vozidla, nebude vedení poškozeno a nedojde tak k úniku kapaliny do interiéru. Samozřejmostí je umístění vedení do míst, kde nebude náchylné k poškození a jeho řádné uchycení ke karoserii.

6.1.5. Brzdová kapalina

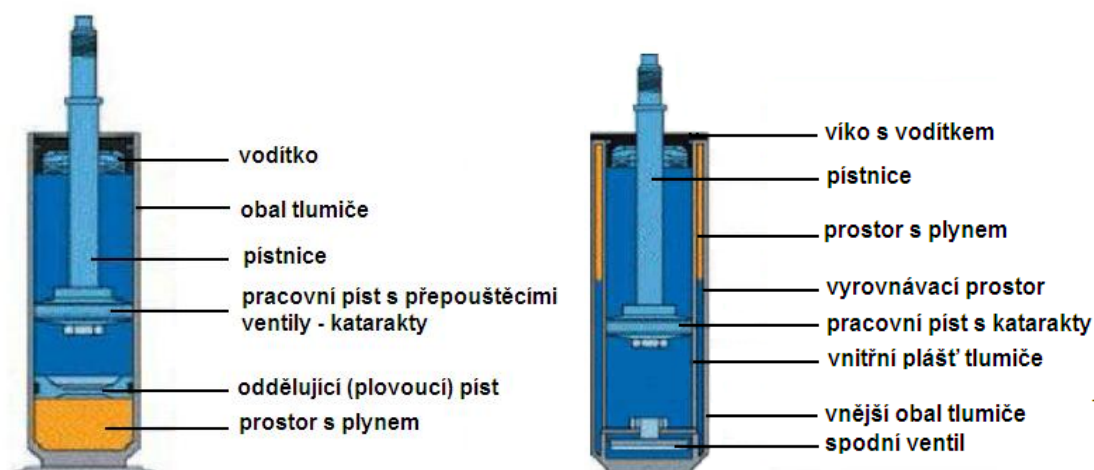
Jako náplň hydraulického okruhu brzd je používána brzdová kapalina. Tyto kapaliny jsou posuzovány podle suchého bodu varu, tj. teploty, při které se začne kapalina odpařovat. Tento stav ale nesmí v provozu nastat, protože by došlo k zavzdušnění systému a tím ke ztrátě jeho funkce, což by mělo za následek nefunkčnost brzd. U běžných vozidel se používají kapaliny se specifikací DOT 3 nebo DOT 4 (bod varu 205 resp. 230 °C). Protože jsou u závodních vozidel na brzdovou kapalinu kladeny vyšší nároky, jsou používány kapaliny specifikace DOT 5 nebo DOT 5.1 (bod varu 260 resp. 270 °C). Kapalina DOT 5.1 je vyrobena stejně jako DOT 3 a 4 na bázi glykolu a při jejím použití není na systému nutné nic měnit. Brzdová kapalina s označením DOT 5 je ale vyrobena na bázi silikonu a při jejím použití je nutné vyměnit všechny těsnicí prvky systému za nové, vhodné pro tuto kapalinu.

6.2. Odpružení

6.2.1. Pružiny a tlumiče

Odpružení vozidla je jednou z hlavních složek rozhodujících o jízdních vlastnostech vozidla. Proto této oblasti věnují náležitou pozornost jak samotní výrobci, tak jezdci a technici závodních týmů. Správná funkce odpružení zajišťuje stálý styk kola s vozovkou a tím značně zvyšuje bezpečnost posádky. Do odpružení jsou řazeny tlumiče a pružiny. U osobních automobilů jsou nejčastěji používány kapalinové nebo plyno-

kapalinové, jedno nebo dvouplášťové tlumiče (viz obrázek 27) pracující na principu kataraktu (protlačování kapaliny malým otvorem) a vinuté pružiny. Pro zabezpečení progresivity pérování (s rostoucím zatížením roste velikost utlumení) se používají pružiny s nestejnou délkou závitů, soudečkové pružiny apod. nebo doplnění pružin o pryžový doraz. Přestože se v případě tlumiče a pružiny jedná o dvě samostatné součásti, obě spolu velmi úzce souvisí a požadovaných vlastností podvozku lze dosáhnout pouze použitím vhodné kombinace těchto prvků. Proto jsou většinou brány jako celek.



Obrázek 27 - Řez jednoplášťovým (vlevo) a dvouplášťovým (vpravo) tlumičem [24]

U sériového vozidla jsou charakteristiky odpružení voleny jako kompromis mezi bezpečností, jednoduchou konstrukcí, jízdním komfortem a často také finanční nákladností. U závodních vozidel je vše podřízeno jízdním vlastnostem a ovladatelnosti vozidla. Spolu se změnou pneumatik je výměna tlumičů a pružin základní úpravou prováděnou u závodních vozidel. Na trhu je k dispozici celá řada výrobců, kteří nabízejí mnoho variant od nejlevnějších pevně snížených pružin a tužších tlumičů až po špičkové závodní systémy, využívající pro optimalizaci své funkce elektronických systémů. Nejjednodušší a nejlevnější systémy nabízejí pouze pevné snížení použitím pružin s kratší volnou délkou, které mohou být navíc pro zvýšení tuhosti vyrobeny z drátu s větším průměrem. Tlumiče pak mají zpravidla stejnou konstrukci jako sériové a jsou opět pouze přitvrzeny. Dražší, ale lepší variantou je pořízení nastavitelného podvozku. U některých je na tlumiči vytvořen závit nebo drážka, takže spodní uložení pružiny je nastavitelné, čímž je možné měnit světlou výšku vozidla a předpětí pružiny. Pro jemnější doladění bývají používány dvě sériově řazené pružiny. Tlumiče jsou pevnější konstrukce

s větší pístnicí, aby lépe odolávali zvýšenému namáhání v závodních podmínkách. Tlumiče některých výrobců lze rozebrat a repasovat, což bývá levnější než pořízení nových. Regulace tuhosti tlumičů je umožněna buď odlišnou vnitřní konstrukcí tlumiče např. s regulačním šroubem měnícím polohu membrány s katarakty, nebo u plynokapalinných tlumičů použitím zásobních nádobek na plyn, jejichž použitím lze upravit tlak plynu v tlumičích. Toto provedení tlumičů znázorňuje obrázek 28.



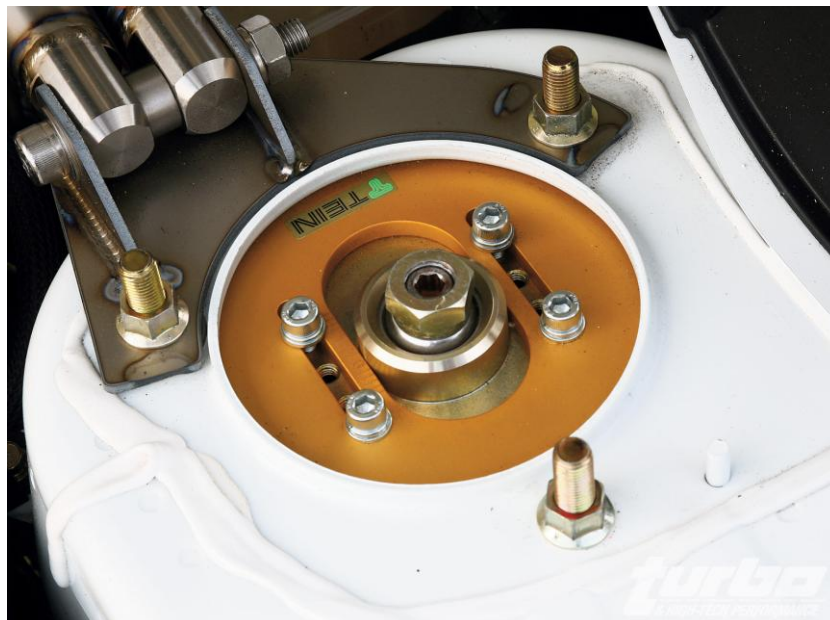
Obrázek 28 - Závodní podvozek Protlum pro automobil Škod Favorit 136 L/A [25]

Špičkovou technologii představují např. tlumiče používané u vozidel specifikace WRC. Nevýhodou kapalinou plněných tlumičů zůstává skutečnost, že protlačováním kapaliny přes katarakty se vyvine poměrně velké množství energie, která se převede na teplo, čímž dochází k ohřívání kapaliny, která tak mění své složení. Viskozita tlumičového oleje se zvyšuje nebo snižuje podle způsobu zatěžování. V průběhu soutěže se zatížení mění. Z tohoto důvodu je vyvíjena snaha udržet viskozitu neměnnou. Na těchto speciálních tlumičích je připevněna řada snímačů, které monitorují teplotu oleje a okolí. Naměřené hodnoty jsou pak odesílány do řídicí jednotky (ŘJ), která se stará o ochlazení (mixování kapaliny) tlumiče. ŘJ se snaží udržet celou dobu konstantní teplotu a vyhovět tak požadavkům řidiče. Nastavení tlumiče je možné regulovat změnou režimu palubním počítačem, ovládaným posádkou z kokpitu vozidla i během jízdy. U těchto tlumičů je dále možné měnit rychlost zdvihu. Tyto režimy ovlivňují celý chod tlumiče a jeho reakce. Pokud bude tlumení nastaveno tzv. „do rychla“, tlumič lépe reaguje na větší nerovnosti. Vozidlo je ale hůře ovladatelné, protože je naladěno tvrději a pomalu rea-

guje. Při nastavení „do pomala“ je vůz ovladatelný lépe, ale odolává menším otřesům. Problémem však zůstává teplota kapaliny a proto je u tlumiče umístěna nádobka, která umožňuje zvětšit její objem. Tím lze dosáhnout lepšího odvodu tepla při podmínkách, které mají za následek zvýšené ohřívání kapaliny a změnu vlastností tlumiče.

6.2.2. Uložení tlumičů

U sériového vozidla jsou tlumiče upevněny v karoserii popř. u starších vozidel v rámu a v nápravách pomocí pružných pryžových lůžek. Tím se zvýší komfort posádky (pérování je měkčí) a také se omezí namáhání upevňovacích prvků. Nevýhodou je ale určitá nepřesnost při ovládní vozidla. Z důvodu přesného a jistého ovládní a stability vozidla jsou původní pryžová uložení nahrazována zpravidla kloubovými hlavicemi Uniball. Speciální případ nastává u horního uložení předních tlumičů nápravy typu McPherson. To musí umožňovat jednak upevnění tlumiče, ale také otáčení celé tlumící jednotky. U sériových vozidel je toto uložení ke karoserii připevněno bez možnosti seřízení příklonu rejdového čepu nebo odklonu kola. Tím je přesně stanovena geometrie přední nápravy. U závodních vozidel bývá tento systém nahrazován speciálním držákem (tzv. Pillow Ball), který je upevněn bez použití pryžových členů a navíc lze měnit jeho polohu, čímž je umožněna změna příklonu rejdového čepu popř. odklonu kola dle individuálních požadavků jezdce a trati. Takovýto držák je znázorněn na obrázku 29.

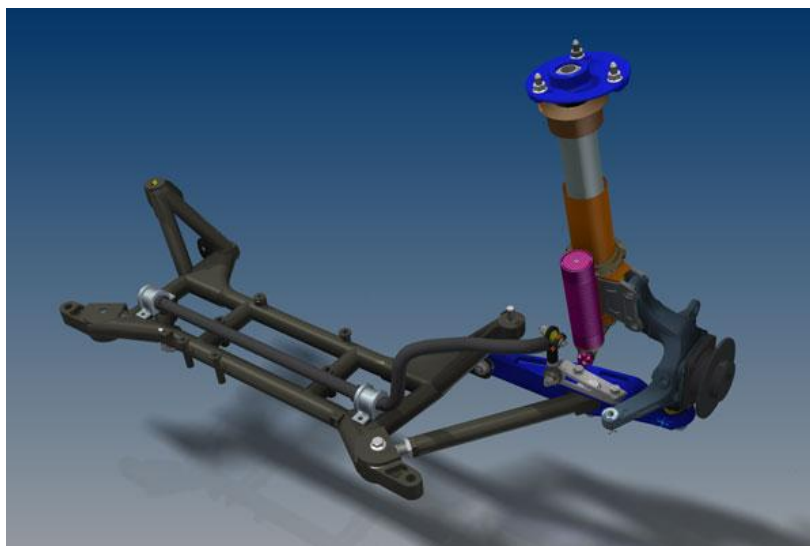


Obrázek 29 - Nastavitelné horní uložení tlumičů [26]

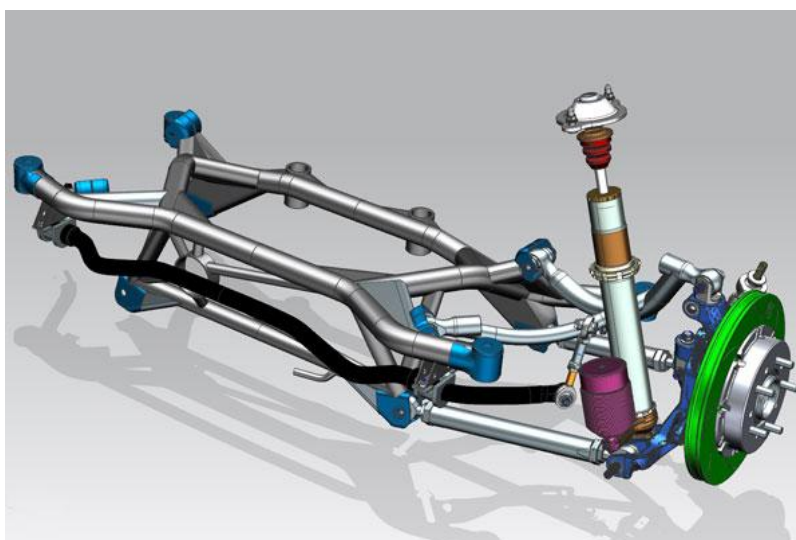
6.3. Nápravy

Náprava je část podvozku, jejímž prostřednictvím jsou dvě protilehlá kola automobilu zavěšena na jeho nosné konstrukci nebo na nosných částech podvěsu. Tato konstrukce musí umožňovat přesné a dostatečně pevné vedení všech kol a musí zabezpečit přenos všech sil mezi vozovkou a automobilem. Náprava musí být dostatečně pevná a přitom co nejlehčí, protože patří k neodpruženým hmotám. Velikost setrvačných sil působících na nápravu při jízdě v nerovném terénu se zvyšuje úměrně s její hmotností. Proto má velká hmotnost nápravy nepříznivý vliv na jízdní vlastnosti automobilu. Základem dobrého podvozku je tedy pevnost a tuhost jak samotné nápravy, tak jejího uložení. U sériového uložení náprav v pryžových silentblocích nastává stejný problém jako u uložení tlumičů. Je-li uložení příliš měkké, dochází při brzdění, průjezdu zatáčkou nebo při projetí výmolu ke změně geometrie čímž je zhoršena stabilita vozidla v mezních situacích.

Úpravy náprav tedy spočívají ve změně uložení a vyztužení dílů za účelem zvýšení jejich tuhosti a pevnosti. V případě uložení je možná jeho náhrada za díly z tvrdší pryže, polyuretanu nebo v některých případech silonu, anebo použití kloubových hlavic Uniball. Vyztužení dílů se provádí buď dodatečným provařením, nebo přivařením různých výztužných plechů, profilů apod. Značnou nevýhodou tohoto řešení je ale zvýšení hmotnosti. Jak již bylo uvedeno, bývají u některých vozidel jednotlivé díly nápravy, jako jsou ramena a nápravnice vyměňovány za zcela nové díly, vyrobené z ocelových (kvůli hmotnosti nejlépe z CrMo), titanových nebo kompozitních materiálů. Nejčastěji používaným profilem je kruhový průřez. Takováto náprava je znázorněna na obrázcích 30 a 31. Výměna uložení sebou nese ještě jeden problém, a to zvýšené namáhání upevňovacích míst v karoserii, která jsou dimenzována na použití měkčích pryžových dílů, které částečně utlumí a zmenší rázy. Vyztužení těchto míst bývá často prováděno spolu s montáží ochranného rámu.



Obrázek 30 - Přední náprava automobilu Mitsubishi Lancer EVO 9 skupiny R4 [27]



Obrázek 31 - Zadní náprava automobilu Mitsubishi lancer EVO 9 skupiny R4 [27]

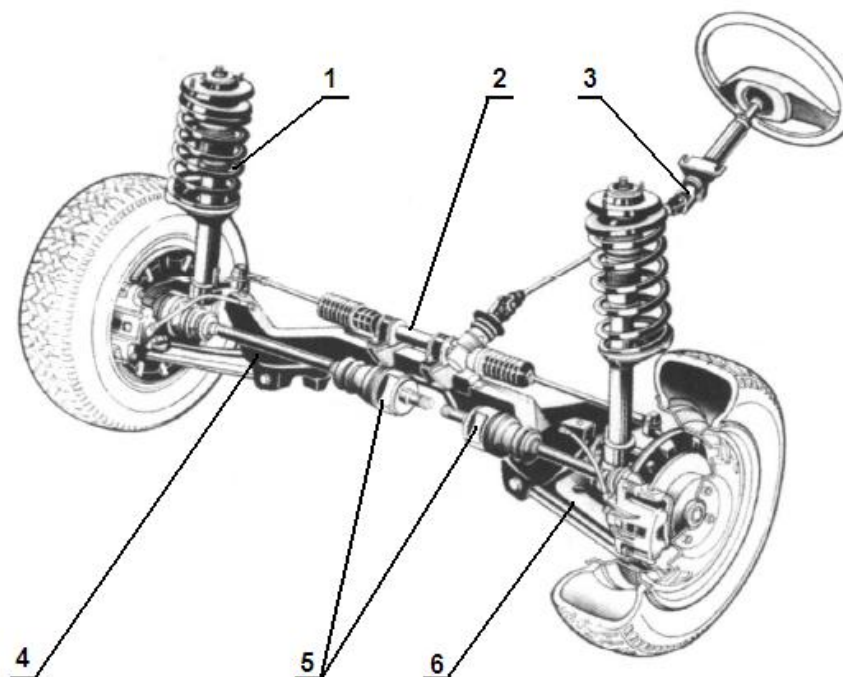
Při úpravách podvozku sériových vozidel používaných v běžném provozu je vždy volen kompromis mezi zlepšením stability a dalších jízdních vlastností a jízdním komfortem. Pro většinu vozidel jsou vyráběny schválené a odzkoušené komponenty, které je možné použít, aniž by docházelo k extrémnímu namáhání dalších součástí, jako je uložení náprav v karoserii apod. Pro civilní využití jsou často používány komponenty brzd vyráběné z kvalitnějších materiálů renomovaných firem, které se sice svou účinností nevyrovnají závodním brzdovým kitům, ale přinesou jisté zlepšení brzdného účinku. Další často používanou úpravou je záměna pružin a tlumičů, které se opět svými vlastnosti nevyrovnají závodním, ale zlepší jízdní vlastnosti při zachování určitého pohodlí.

7. Návrh úpravy spodního ramene přední nápravy

Tato část práce popisuje možnosti úprav spodního ramene přední nápravy osobního automobilu Škoda Favorit. Tento automobil byl na počátku 90. let homologován ve skupinách N a A. I když se jedná o starší automobil, je stále používán jak v soutěžích nižší úrovně, tak v rámci závodů historických vozidel. Největší výhodou jsou nízké provozní náklady, dostupnost sériových i závodních dílů a jednoduchá konstrukce celého vozidla.

Tento automobil je vybaven přední nápravou s nezávislým zavěšením typu Mc Pherson, která je dodnes u osobních vozidel nejrozšířenější (viz obrázek 32). Přední náprava Mc Pherson je často používána pro svou levnou a jednoduchou konstrukci. Pro závodní účely není však příliš vhodná. Prvním problémem je tuhost zejména nápravnice a spodních ramen, která jsou konstruována pro běžný provoz a při závodním použití hrozí jejich poškození deformací nebo prasknutím. Dalším prvkem nevhodným pro závodní účely je uložení ramen v pryžových silentblocích, jejichž tuhost je volena jako kompromis mezi pohodlím a optimálními jízdními vlastnostmi. Poslední nevýhodou této nápravy je omezená možnost seřízení geometrie. U sériového provedení lze seřizovat pouze sbíhavost kol a další veličiny, jako je odklon kola a záklon rejdového čepu, jsou dány pevně konstrukcí nápravy.

Existuje několik možností úprav spodních ramen, kterými lze stávající nedostatky potlačit. Vzhledem k omezeným možnostem skupiny N byla na těchto vozidlech používána ramena sériová. Větší rozsah úprav poskytovala skupina A, kde předpisy umožňovali dodatečné vyztužení ramen, náhradu původního pružného silentbloku kloubovými hlavicemi Uniball nebo použití zcela nového ramene vyrobeného z bezešvých trubek. Protože kvalita podvozkových dílů má značný vliv na ovladatelnost a tím i bezpečnost vozidla, je potřeba veškeré úpravy provádět promyšleně a pečlivě. Přestože se na starší vozy vyskytuje mnoho levných, ale neoriginálních náhradních dílů, které jsou vyráběny z jiných materiálů nebo jinou technologií, je často vhodné použít původní, byť použité díly. To samozřejmě platí pro díly, jako jsou ramena, přední a zadní nápravnice apod. Součásti opotřeбенé provozem např. spodní čepy přední nápravy, kulové čepy řízení je nutné vždy nahrazovat originálními náhradními díly.



Obrázek 32 - Přední náprava Mc Pherson vozidla Škoda Favorit [28]

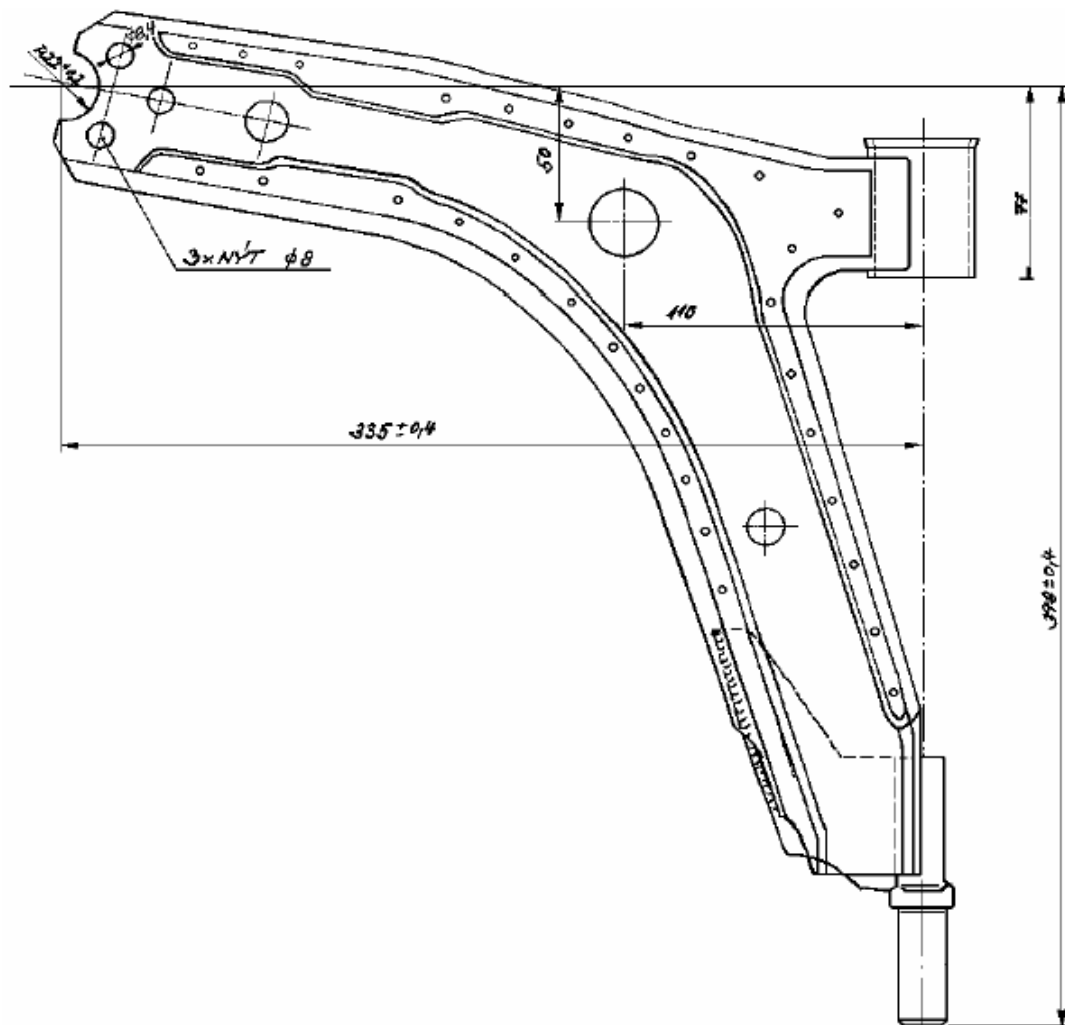
1 – pružina s tlumičem, 2 – řízení, 3 – sloupek řízení, 4 – nápravnice, 5 – klouby hnacích hřídelí, 6 – spodní rameno nápravy

7.1. Možnosti úprav ramen přední nápravy

7.1.1. Vyztužení sériových ramen

Sériová spodní ramena jsou svařena bodovými svary po celém obvodu z výlisků ocelového plechu ČSN 4211523. Do svařence je u kola připevněn kulový čep, kterým je rameno připojeno k hlavě kola. V oku přední části ramena je nalisováno pružné lůžko, v zadní části je na čep nalisován pryžový člen s objímkou, která připevňuje rameno k nápravnici a karoserii.

Jak již bylo uvedeno, je pro sportovní využití vozidla vhodné tuto součást vyztužit, aby lépe odolávala nadměrnému kroucení a aby došlo ke zvýšení její pevnosti. Výrobní výkres předního ramene znázorňuje obrázek 33.



Obrázek 33 - Tovární výkres ramene přední nápravy [29]

Nejjednodušší metoda spočívá v navaření doplňkových výstužných plechů z horní i spodní strany. Tím se rameno vyztuží proti krutu a zároveň se zpevní. Tato úprava se však používá pouze ojediněle. Častější je vyztužení ramen navařením pásů plechu po obvodu ramene tak, jak je uvedeno na obrázku 34. Oproti předchozímu postupu má tato úprava výhodu zejména v menší hmotnosti při stejné výsledné tuhosti. Nadměrným zvyšováním hmotnosti neodpružených hmot dochází ke zhoršení jízdních vlastností vozidla a ke zvýšenému namáhání ostatních součástí, jako jsou tlumiče a pružiny. U vozidel používaných na volných podnikách, kde není nutná homologace, se často používají ramena ze Škody Felicia. Jsou stejné konstrukce, ale již v sériovém provedení jsou tužší a navíc umožňují montáž stabilizátoru přední nápravy.



Obrázek 34 – Vyztužená ramena přední nápravy [30]

7.1.2. Náhrada sériového uložení kloubovými hlavicemi Uniball

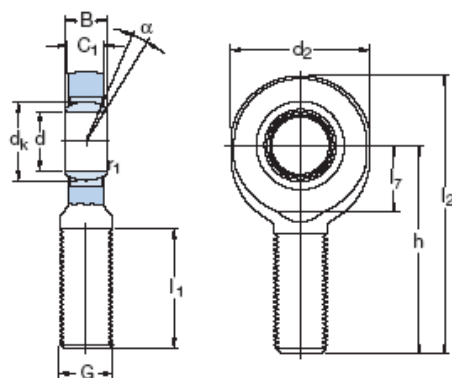
Další možná úprava ramena pro jeho použití na závodech spočívá v záměně sériových silentbloků za kloubové hlavice – Unibally. Touto úpravou dojde ke zlepšení stálosti geometrie přední nápravy, díky čemuž se vozidlo stane „jistější“ a lépe ovladatelné. Původní pryžové uložení ramen je poměrně měkké a málo přesné. Další nevýhodou je stárnutí a možné vytržení pryže. Další výhodou použití uniballů je možnost seřizování geometrie. Touto úpravou je proto možné docílit přesného a spolehlivého ovládní vozidla.

Oproti předchozí úpravě, která spočívala ve vyztužení ramen, je příprava ramen na montáž uniballů poměrně složitá. Kloubové hlavice se vyrábí ve dvou základních provedeních a to s vnitřním nebo vnějším závitem. Pro úpravy ramen je používán typ s vnějším závitem, kterým je hlavice našroubována do ramene (viz obrázek 35).



Obrázek 35 - Kloubová hlavice s vnějším závitem [31]

Protože se jedná o poměrně namáhaný díl, při jehož poškození dojde ke ztrátě ovladatelnosti vozidla, je nutné volit pouze osvědčené výrobky kvalitních značek (např. Aurora, SKF). Kloubové hlavice jsou vyráběny v různých rozměrech podle průměru závitu a průměru oka. Pro vozidla Škoda favorit se osvědčily klouby o průměru oka 16 – 17 mm a s vnějším závitem M16x2. Příklad rozměrů a vlastností kloubových hlavic znázorňuje obrázek 36.

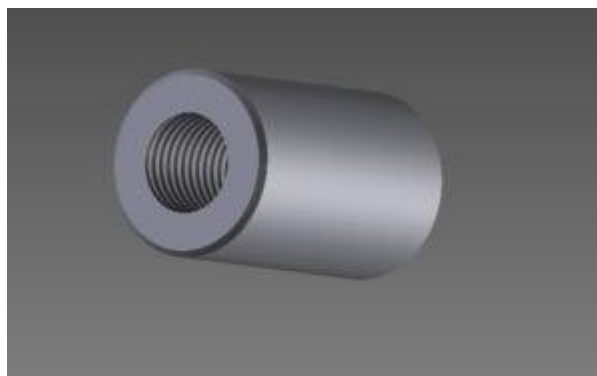


SA .. E

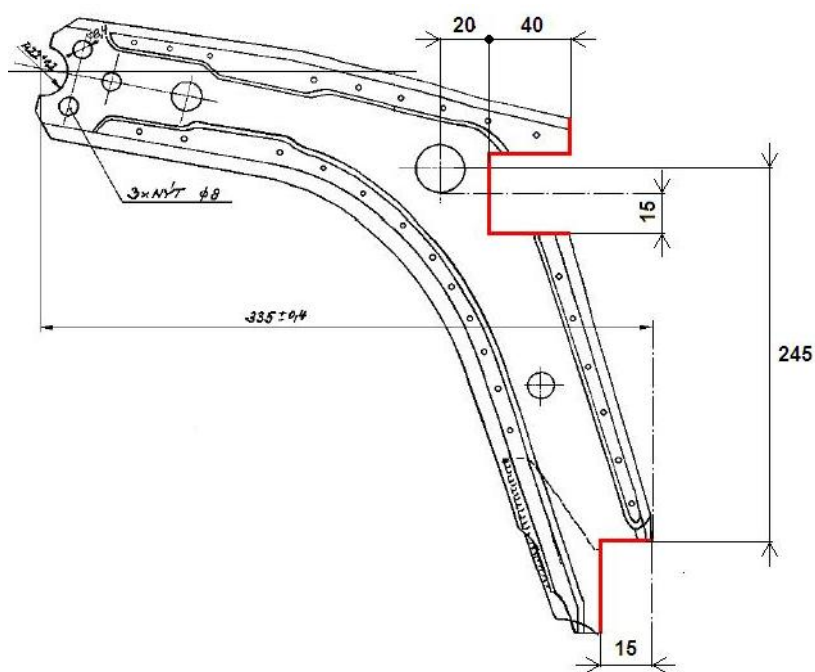
Principal dimensions						Angle of tilt α	Basic load ratings		Mass	Designations	
d	d ₂ max	G 6g	B	C ₁ max	h		dynamic	static		Rod end with right-hand thread	left-hand thread
mm						degrees	kN		kg	-	
6	22	M 6	6	4,5	36	13	3,4	8,15	0,017	SA 6 E	SAL 6 E
8	25	M 8	8	6,5	42	15	5,5	12,9	0,029	SA 8 E	SAL 8 E
10	30	M 10	9	7,5	48	12	8,15	18,3	0,053	SA 10 E	SAL 10 E
12	35	M 12	10	8,5	54	10	10,8	24,5	0,078	SA 12 E	SAL 12 E
15	41	M 14	12	10,5	63	8	17	28	0,13	SA 15 ES	SAL 15 ES
17	47	M 16	14	11,5	69	10	21,2	31	0,19	SA 17 ES	SAL 17 ES
20	54	M 20x1,5	16	13,5	78	9	30	42,5	0,32	SA 20 ES	SAL 20 ES

Obrázek 36 - Katalog kloubových hlavic firmy SKF [32]

Pro upevnění uniballu v rameni je nutné nejprve vyrobit lůžka (viz obrázek 37), která jsou následně do ramene navařena. Jedná se v podstatě o váleček s vnitřním závitem odpovídající závitu uniballu – zpravidla M16x2. Zhotovený závit musí být dostatečně tuhý, aby se hlavice nepovolovala nebo neviklala a je proto vhodné použít k jeho vyřízení soustružnický nůž místo běžných ručních sadových závitníků. Místo předního silentbloku je navařeno lůžko o průměru 30 mm a délce 40 mm. Místo zadního silentbloku je navařeno lůžko o průměru 30 mm a délce 50 mm. Koubková hlavice je v lůžku zajištěna maticí. Jako materiál je možné použít např. zatepla válcované kruhové tyče z oceli 11 523. Před samotným navařením lůžek je nutné provést úpravu ramene podle obrázku 37.

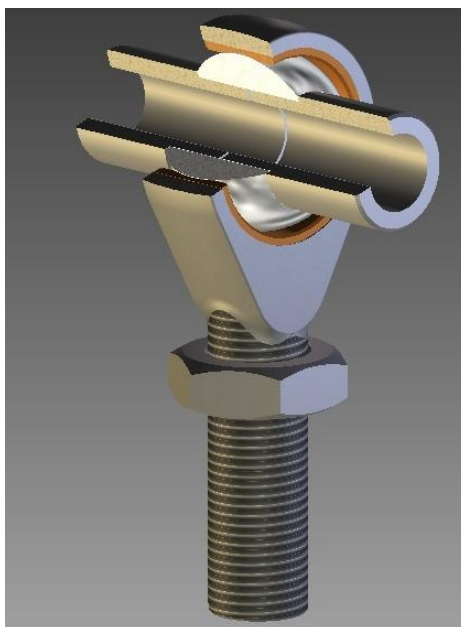


Obrázek 37 - Lůžko pro upevnění uniballu v rameni [33]



Obrázek 38 - Hlavní rozměry pro úpravu ramene potřebnou k navaření lůžek [33]

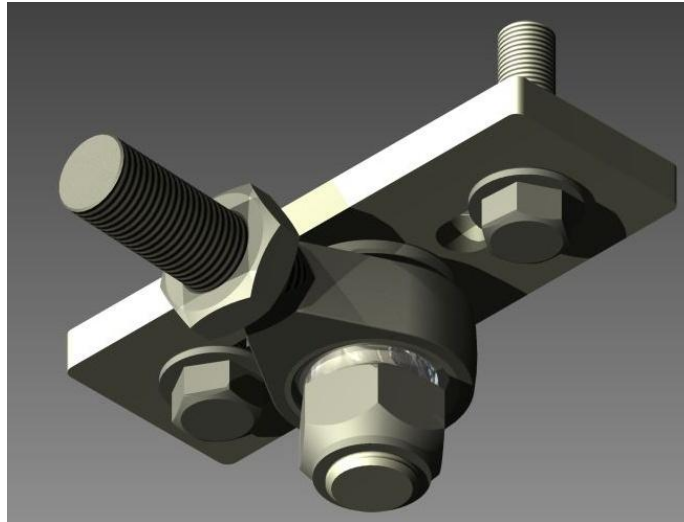
V přední části je originální rameno upevněno v nápravnici pevnostním šroubem s tělem se závitem M12x1, jehož tělo odpovídá vnitřnímu průměru ocelové vložky sériového silentbloku – 12 mm. Protože průměr oka uniballu je větší (dle výrobce, zpravidla 16 – 17 mm), je nutné vyrobit pouzdro, které vůli vymezení (viz obrázek 39). Kvůli montáži je pouzdro rozděleno na 2 části. Délku pouzdra je nutné volit přesně podle rozměrů držáku v nápravnici. Běžným provozem, neodbornou montáží, nebo vyztužením držáku, může dojít ke změně rozměru a vyrobené pouzdro by mělo vůli, nebo by nešlo do držáku namontovat. Materiál je shodný s předešlým závitovým lůžkem, tedy za tepla válcovaná kruhová tyč z oceli 11 523.



Obrázek 39 - Sestava uniballu s pouzdry [33]

Další součástí, kterou je potřeba vyrobit je zadní držák ramene znázorněný na obrázku 40. Jedná se v podstatě o desku s čepem umožňujícím upevnění uniballu. Ten nahrazuje původní pryžový člen a je dvěma šrouby uchycen přes nápravnici do karoserie. Z důvodu kompenzace možných nepřesností při přivařování lůžek do ramen a kvůli možnosti seřízení geometrie jsou upevňovací díly oválné. Čep se závitem je v držáku přivařen a jeho průměr odpovídá průměru oka uniballu. Pro jeho zajištění je vhodné použít samozajišťovací matici se silonem s vhodnou povrchovou úpravou proti korozi. Kvůli zvětšení úhlu naklonění je mezi uniball a upevňovací desku vložena ještě ocelová podložka, jejíž vnější průměr odpovídá vnějšímu průměru kloubu uniballu. Jako mate-

riál desky lze použít běžnou plochou tyč požadovaných rozměrů např. z oceli 11 500. Na výrobu čepu je ale vhodné použít kvalitnější materiál s mezí pevnosti okolo 800 MPa.



Obrázek 40 - Sestava zadního uložení [33]

Posledním dílem je čep (viz obrázek 41) umožňující upevnění ramene k těhlici předního kola. Jeho výroba je nejnáročnější, protože musí být vyroben z kvalitního materiálu a je nutné dodržení rozměrů radiusu pro upevnění čepu v těhlici. V praxi se osvědčil materiál 42CrMo4, zušlechtěný na mez kluzu okolo 900 MPa, nebo 16MnCr5 bez cementace zušlechtěný na mez kluzu cca. 800 MPa. Oba materiály jsou dostatečně houževnaté, čímž nehrozí křehký lom a ani nedochází k otlacení, takže není nutná tvrdá povrchová vrstva. Právě z důvodu vysokých výrobních nákladů bývá při úpravě ramen zachováván původní spodní čep nápravy, který je i v sériovém provedení dostatečně dimenzovaný a odolný proti poškození i při sportovním použití. I zde však platí zásada použití kvalitních značkových náhradních dílů.



Obrázek 41 - Spodní čep přední nápravy [33]

Také takto upravená ramena je vhodné dodatečně vyztužit výše popsanou metodou, tj. navaření výstužných plechů po obvodu ramene. Použitím delších výstužných plechů je navíc možné zpevnit také uchycení lůžek pro upevnění uniballů. Výhodou je kromě zvýšení pevnosti ramen také zlepšení stability vozidla a možnost nastavování geometrie přední nápravy. Nevýhodou zůstává poměrně značná pracnost s požadavkem na přesnost výroby spolu se zvětšením hmotnosti neodpružených hmot. Porovnání sériového ramena a ramena upraveného pro použití kloubů uniball je vidět na obrázku 42.



Obrázek 42 – Porovnání sériového a upraveného ramena [33]

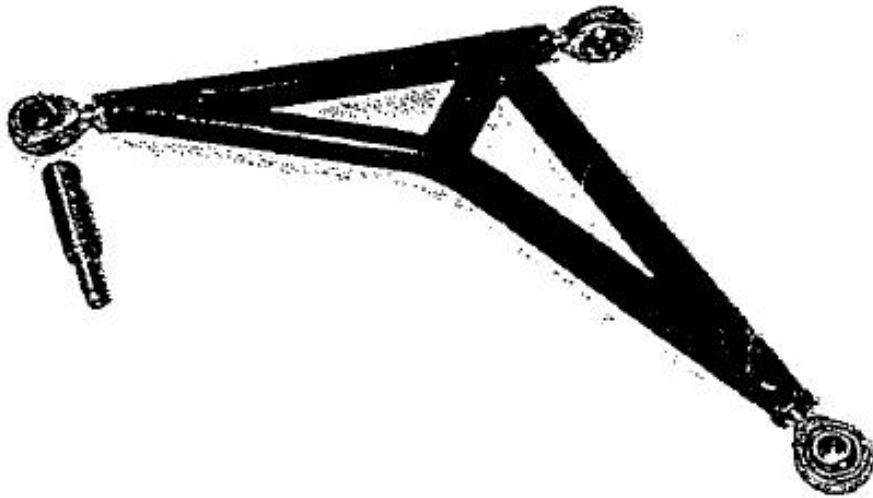
7.2. Spodní trubkové rameno

7.2.1. Návrh ramena

Obě předchozí úpravy vycházely ze sériových ramen. Nejnákladnější a nejsložitější úpravou je pak výroba zcela nových ramen. Jako materiál se zpravidla používá bežešvá trubka, pro svou vysokou pevnost, tuhost a nízkou hmotnost. U nejvýkonnějších vozidel (S2000, WRC) je jako materiál používána chrom-molybdenová ocel (např. 25CrMo4) nebo dražší, ale lehčí a pevnější slitiny titanu. Levnější variantou zůstává použití nelegované uhlíkové oceli. Pro Škodu Favorit bylo povoleno použití trubkových ramen v rámci skupiny A. Základní tvar ramena bylo možné získat z homologačních listů. Přesné rozměry však v homologačních listech uvedeny nejsou a je obtížné je získat, protože původních závodních vozidel se dochoval pouze omezený počet.

U tohoto typu ramen jsou používány téměř výhradně unibally místo silentbloků. Uniball je použit rovněž jako náhrada spodního čepu. Je proto nutné vyrobit výše zmiňovaný čep umožňující spojení ramene s těhlicí kola. Upevnění uniballů je opět pomocí lůžek s vnitřním závitem, jejichž průměr odpovídá průměru závitu uniballu. Uchycení ramen je shodné s předchozím provedením a nevyžaduje proto žádné úpravy nápravnice. Je však možné provést její vyztužení např. zesílením upevňovacích bodů nebo provařením stávajících bodových svarů.

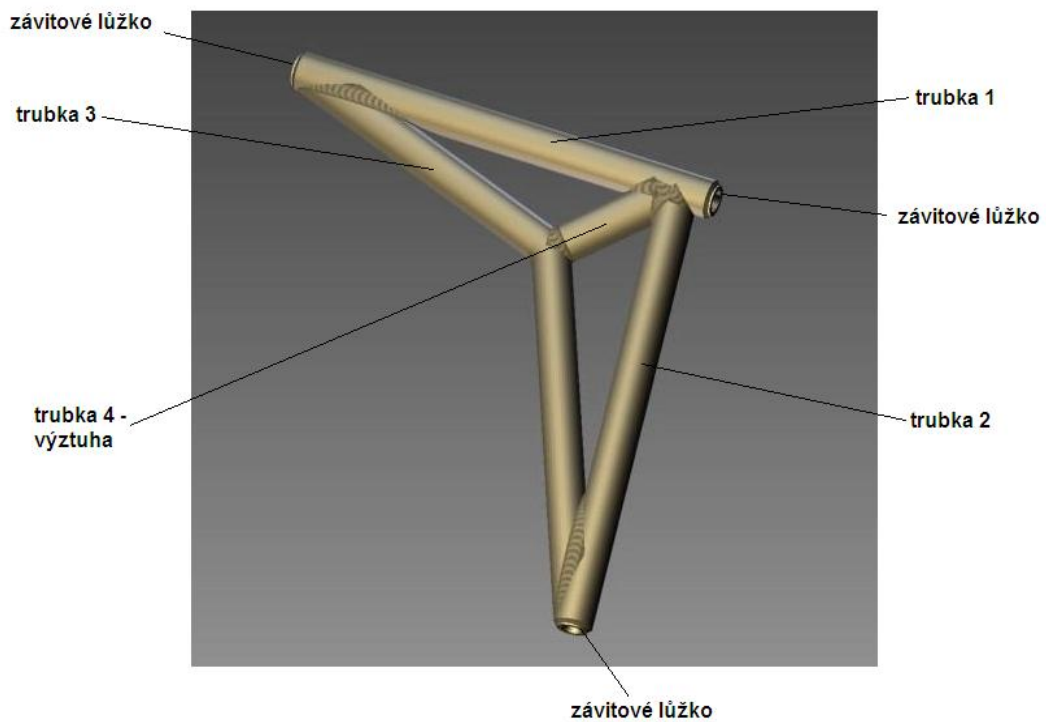
Při návrhu se vycházelo ze základního tvaru ramene zobrazeného v homologačním listu (viz obrázek 43), kde však nebyly uvedeny rozměry, které byly určeny podle sériově používaného ramene. Problém nastal při volbě délky pomocné vzpěry a radiusu ohnutí spojovací trubky. Tyto hodnoty byly zvoleny podle poměru délek zbývajících trubek.



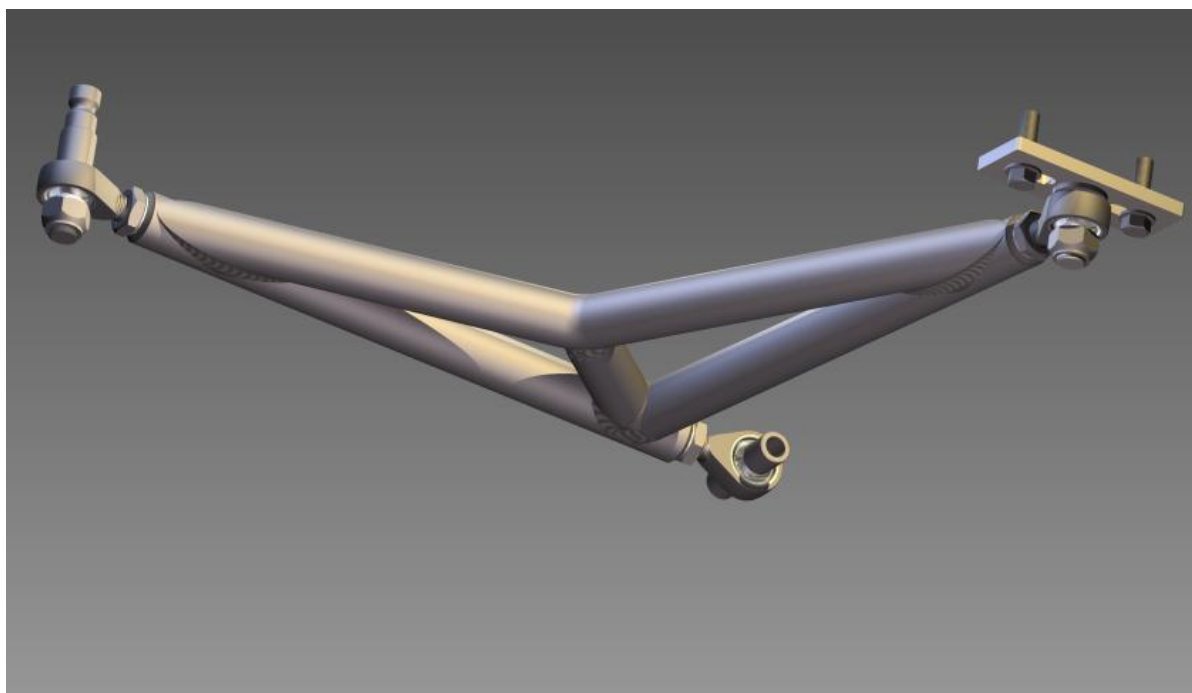
Obrázek 43 - Fotografie továrního ramene [34]

Spodní rameno zobrazené na obrázcích 44 a 45 bylo navrženo v programu Autodesk Inventor 2010. Základem ramena je svařenec ze 4 trubek. Jako jejich materiál byla zvolena bezešvá trubka o průměru 30 mm a tloušťce stěny 2 mm. Materiálem je ocel ČSN 11 353.1. Jedná se o levný a dostupný materiál, který vyhovuje požadavkům při použití vozidla v rámci rallye historických vozidel. V trubce 1 jsou na obou koncích navařena lůžka s vnitřním závitem pro upevnění uniballů spodního čepu těhlice a předního držáku nápravnice. Jeden konec trubky 2 je opět opatřen závitovým lůžkem pro upevnění uniballu zadního uchycení ramene a druhým koncem je trubka přivařena k 1.trubce.

Trubka 3 spojuje 1 a 2 a uzavírá tak svařenec do tvaru trojúhelníku. Krátká trubka 4 pak slouží jako výztuha tělesa ramene.



Obrázek 44 - Navržené trubkové rameno [35]



Obrázek 45 - Kompletní sestava spodního ramene včetně uložení [35]

8. Cíl Práce

Cílem práce je popsat speciální úpravy vozidel, které se používají převážně v soutěžních vozidlech, které se nezdávka využijí v určité době u sériově vyráběných vozidel a zároveň, na základě naměřených a vypočtených hodnot, posoudit vliv vybraných vlastností vozidla při použití speciální úpravy na podvozku vozidla.

Pro splnění cíle bylo provedeno porovnání polohy těžiště, délky brzdové dráhy, naklonění vozidla v zatáčce a charakteristiky tlumičů u vozidla, které bylo postupně vybavováno závodními komponenty.

9. Metodika porovnání jízdních vlastností vozidla se sériovými a závodními komponenty

Pro porovnání jízdních vlastností osobního automobilu vybaveného sériovými a závodními komponenty podvozku byl zvolen automobil Škoda Favorit 135 L. Jedná se sice o starší, ale stále poměrně rozšířený typ. Vzhledem k tomu, že byl v 90. letech na automobilových závodech hojně zastoupen, existuje dodnes řada speciálních závodních komponent s poměrně snadnou dostupností.

Na jízdní vlastnosti automobilu má vliv řada veličin, jejichž přesné určení je složité a vyžaduje použití řady speciálních měřících zařízení. Pro účely této práce byly zvoleny následující parametry, které jsou i pro běžného řidiče poměrně snadno představitelné:

- 1) Poloha těžiště
- 2) Brzdná dráha a brzdné zpomalení
- 3) Úhel naklonění vozidla a velikost bočního zrychlení při jízdě zatáčkou
- 4) Měření charakteristiky tlumičů bezdemontážní metodou

Pro účely porovnání jízdních vlastností byly zvoleny 3 varianty, při kterých byla prováděna jednotlivá měření:

- Varianta 1 - vozidlo se sériovými tlumiči, rameny a běžnými letními pneumatikami Barum Brillantis 2 165/70 R13 79T
- Varianta 2 - vozidlo se sériovými tlumiči, rameny a závodními pneumatikami Toyo Proxes R888 185/60 R14 82V (viz obrázek 46)



Obrázek 46 - Pneumatika Toyo Proxes R888 [35]

- Varianta 3 - vozidlo se sportovními tlumiči HP Sporting znázorněnými na obrázku 47 (tuhost odpovídá nastavení pro skupinu N), závodními vyztuženými rameny a závodními pneumatikami Toyo Proxes R888 185/60 R14 82V



Obrázek 47 - Závodní tlumiče firmy HP Sporting [35]

Při měření jednotlivých parametrů bylo nutné zabezpečit určité podmínky měření. Přesné definice podmínek a postupů měření jsou uvedeny v normě ČSN 30 0556 - Silniční vozidla. Rychlostní vlastnosti. Metody zkoušek.

9.1. Zjištění polohy těžiště

Při měření byly použity následující pomůcky a nástroje:

- Váha s rozsahem 0 – 300 kg, přesnost 1 kg
- Svinovací metr, přesnost 1 mm
- Hydraulický zvedák
- 3 podložky o stejné výšce jako váha

Základním úkonem při zjišťování polohy těžiště je určení hmotnosti, která připadá na každé kolo vozidla. Nejprve byla tedy zvednuta přední náprava, pod levé přední kolo se umístila váha a pod pravé přední kolo podložka o stejné výšce jako váha. Následně byla přední část spuštěna na váhu a podložku. Poté byla zvednuta zadní náprava a podložkami o stejné výšce podepřena i zadní kola. Po odečtení hodnoty hmotnosti připadající na levé přední kolo m_{pL} se měření stejným způsobem opakovalo postupně na všech kolech. Postup byl dodržen i 2. a 3. varianty. Pro dosažení správných výsledků je nutné, aby podlaha, na které je vážení prováděno byla rovná.

Po změření jednotlivých hmotností byla podle vztahu (4) určena výsledná hmotnost připadající na přední nápravu m_p :

$$m_p = m_{pp} + m_{pl} [kg] \quad (4)$$

A podle vztahu (5) výsledná hmotnost připadající na zadní nápravu m_z :

$$m_z = m_{zp} + m_{zl} [kg] \quad (5)$$

Celková hmotnost vozidla m byla spočtena ze vztahu (6):

$$m = m_p + m_z [kg] \quad (6)$$

m_{pp} = hmotnost připadající na pravé přední kolo [kg]

m_{pl} = hmotnost připadající na levé přední kolo [kg]

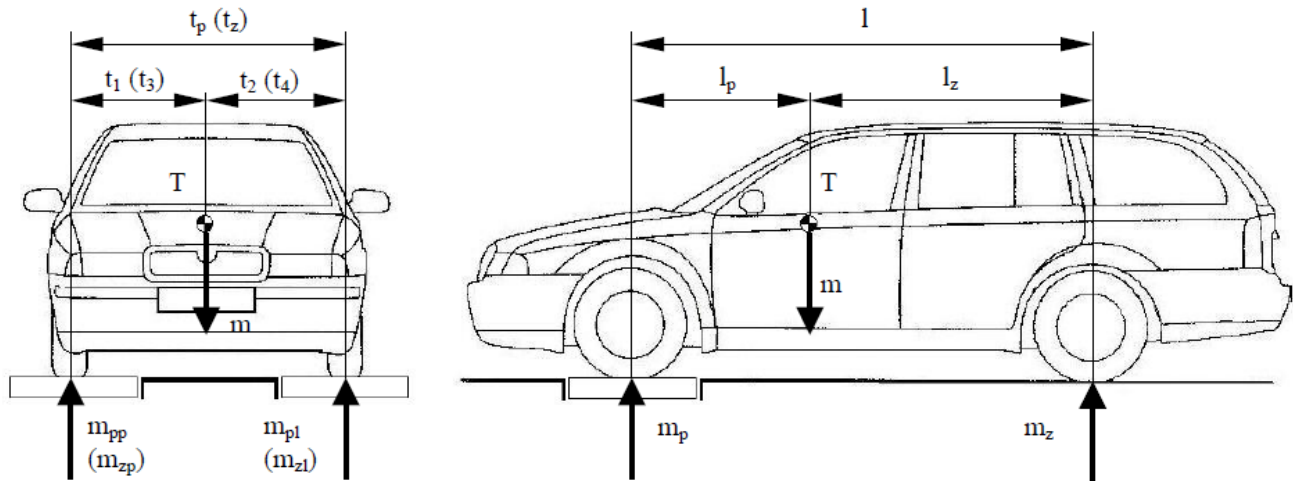
m_{zp} = hmotnost připadající na pravé zadní kolo [kg]

m_{zl} = hmotnost připadající na levé zadní kolo [kg]

m_p = hmotnost připadající na přední nápravu [kg]

m_z = hmotnost připadající na zadní nápravu [kg]

m = celková hmotnost vozidla [kg]



Obrázek 48 - Grafické zobrazení sil působících na vozidlo [36]

Z obrázku 48 plyne vztah (7) pro určení vzdálenosti těžiště od přední nápravy l_p :

$$l_p = \frac{m_z}{m} \cdot l = \frac{m_z}{m_p + m_z} \cdot l = \frac{1}{1 + m_p/m_z} \cdot l \text{ [m]} \quad (7)$$

Pro vzdálenost těžiště od zadní nápravy l_z platí vztah (8):

$$l_z = \frac{m_p}{m} \cdot l = \frac{m_p}{m_p + m_z} \cdot l = \frac{m_p/m_z}{1 + m_p/m_z} \cdot l \text{ [m]} \quad (8)$$

l_p = vzdálenost těžiště od přední nápravy [m]

l_z = vzdálenost těžiště od zadní nápravy [m]

l = rozvor vozidla [m]

Pro určení hodnot t_1 a t_3 (viz obr. 48) platí vztahy (9) a (10):

$$t_1 = \frac{m_{pl}}{m_p} \cdot t_p \text{ [m]} \quad (9)$$

$$t_3 = \frac{m_{zl}}{m_z} \cdot t_z \text{ [m]} \quad (10)$$

t_1 = vzdálenost těžiště od pravého předního kola [m]

t_3 = vzdálenost těžiště od levého zadního kola [m]

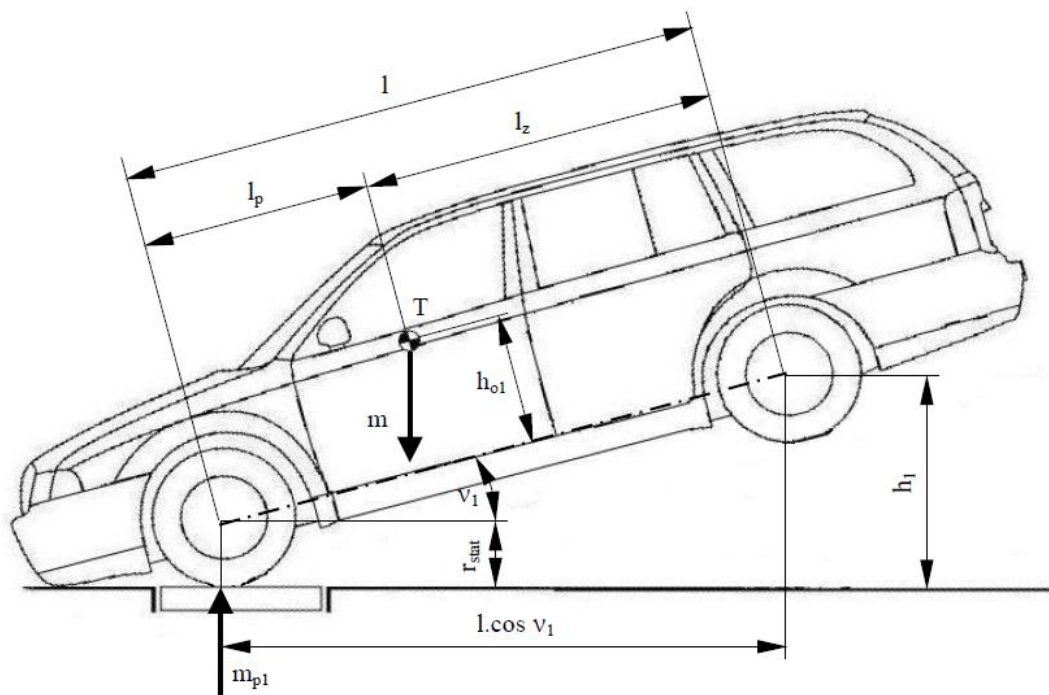
t_p = rozchod kol přední nápravy [m]

t_z = rozchod kol zadní nápravy [m]

Pro zjištění výškové polohy těžiště vozidla bylo nutné zvednout zadní část vozidla o úhel naklonění ϑ_1 a zjistit přírůstek hmotnosti na přední nápravě.

Z obrázku 49 vyplývá vztah (11) pro statickou rovnici rovnováhy momentů vzhledem k ose zadní nápravy:

$$m_{pl} \cdot l \cdot \cos \vartheta_1 - m \cdot (h_{o1} \cdot \sin \vartheta_1 + l_z \cdot \cos \vartheta_1) = 0 \quad (11)$$



Obrázek 49 - Grafické zobrazení působících sil při naklonění vozidla [36]

Sinus úhlu naklonění $\sin \vartheta_1$ byl určen ze vztahu (12):

$$\sin \vartheta_1 = \frac{h_1 - r_{stat}}{l} \quad (12)$$

Pro hmotnost připadající na přední nápravu platí vztah (13):

$$m_{pl} = \frac{m \cdot h_{01}}{l} \cdot tg \vartheta_1 + \frac{m \cdot l_z}{l} = \frac{m \cdot h_{01}}{l} \cdot tg \vartheta_1 + m_p [kg] \quad (13)$$

Okamžitá hmotnost připadající na přední nápravu při zvednutí vozidla je větší o hodnotu Δm_p , proto platí vztah (14):

$$m_{pl} = m_p + \Delta m_{p1} [kg] \quad (14)$$

Po úpravě vztahu (14) platí vztah (15):

$$\Delta m_{p1} = m_{p1} - m_p = \frac{m \cdot h_{01}}{l} \cdot tg \vartheta_1 [kg] \quad (15)$$

Úpravou předešlého vzorce (15) lze určit vztah pro kolmou vzdálenost h_{01} od spojnice středů předních a zadních kol (16):

$$h_{01} = \frac{\Delta m_{p1}}{m} \cdot \frac{l}{tg \vartheta_1} [m] \quad (16)$$

Pro výšku těžiště vodorovně stojícího vozidla h_v pak platí vztah (17):

$$h_v = h_{01} + r_{stat} [m] \quad (17)$$

ϑ_1 = úhel naklopení vozidla [°]

h_{01} = kolmá vzdálenost těžiště od spojnice středů předních a zadních kol [m]

Δm_{p1} = přírůstek hmotnosti na přední nápravě [kg]

h_1 = výška středu zadního kola od podlahy [m]

r_{stat} = statický poloměr kola [m]

h_1 = výška těžiště [m]

9.2. Brzdná dráha a brzdné zpomalení

Brzdná dráha byla změřena podle níže uvedeného postupu. Ze změřených hodnot bylo následně vypočteno brzdné zpomalení.

Pro porovnání délky brzdné dráhy a brzdného zpomalení byly využity všechny 3 varianty, protože i použitím kvalitních pneumatik by mělo dojít ke zkrácení brzdné dráhy.

Potřebné pomůcky a nástroje:

- Stopky (přesnost 0,01 s)
- Barva ve spreji (kvůli označení bodu začátku brzdění)
- Pásma (přesnost 1 mm)

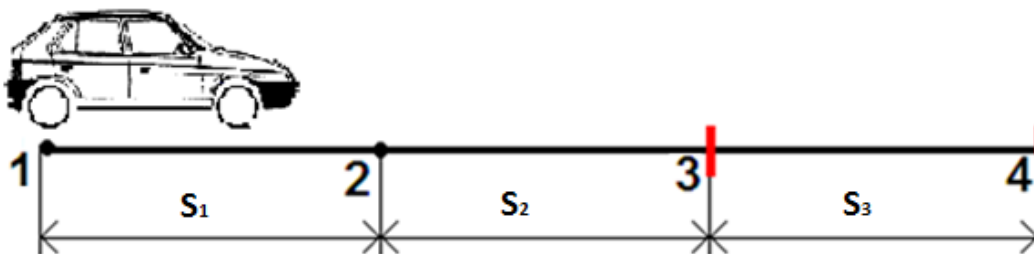
Jako testovací dráha byl zvolen rovný úsek silnice mezi obcemi Markvartice a Zubčická Lhotka (viz obrázek 50), protože se jedná o málo frekventovanou komunikaci s rovným přímým povrchem.



Obrázek 50 - Fotografie testovací dráhy [37]

Schéma postupu měření brzdné dráhy zobrazuje obrázek 51. Pro uskutečnění měření je potřeba nejméně pěti osob. 1. je řidič zkoušeného vozidla, 2. je spolupracovník, který se nachází v místě označeném jako bod 2, 3. spolupracovník se nachází v bodě 3, 4. je spolujezdec ve vozidle, 5. osoba se pak musí nacházet v dostatečné vzdálenosti před měřícím úsekem, aby mohla včas upozornit ostatní motoristy o probíhající měření. Nejprve musí být zvoleny dráhy s_1 a s_2 a označeny body 1, 2 a 3. Dráha s_1

slouží k rozjetí vozidla na zvolenou rychlost a musí být dostatečně dlouhá. Dráha s_2 je ohraničena body 2 a 3 a slouží k udržování a následné početní kontrole dosažené rychlosti. V tomto případě byla zvolena dráha $s_2 = 60$ m. Při jízdě zkoušce řidič rozjede vozidlo na stanovenou rychlost, která v tomto případě činí $v = 50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a je kontrolována pomocí rychloměru vozidla. Tato rychlost je udržována. V okamžiku, kdy osa předních kol dosáhne bodu 2, zapne spolupracovník nacházející se na tomto místě stopky. Řidič dále udržuje zvolenou rychlost. V okamžiku, kdy osa předních kol vozidla dosáhne bodu 3, dá spolupracovník na tomto místě pokyn. Na základě tohoto pokynu, vypne spolupracovník na 2. bodě stopky a řidič sešlápne pedály spojky a brzdy. Brzdění musí probíhat tak, aby nedošlo k zablokování kol. Zároveň musí spolujezdec zahájit měření času stopkami. Po úplném zastavení vozidla musí spolujezdec ihned ukončit měření času. Následně se změní brzdná dráha s_3 od bodu 3 na vozovce po bod styku předních kol stojícího vozidla s vozovkou (bod 4). Po zaznamenání hodnot časů t_2 (doba udržování stanovené rychlosti), t_3 (doba brzdění ze zvolené rychlosti do zastavení) a změření brzděné dráhy s_3 se měření může opakovat. Aby došlo k vyloučení vlivu sklonu vozovky na měřené hodnoty, byla v tomto případě provedena 3 měření v jednom směru a 3 měření v druhém směru.



Obrázek 51 - Schéma postupu při měření brzděné dráhy [37]

1 – pevný start, 2 – dosažení předem určené rychlosti, 3 – začátek brzdění (začátek měření času), 4 – úplné zastavení vozidla (konec měření času), s_1 – dráha potřebná na dosažení stanovené rychlosti, s_2 – dráha jízdy konstantní rychlostí, s_3 – brzděná dráha vozidla

Kontrolu rychlosti v_2 , ze které bylo brzděno lze provést použitím vztahu (18)

$$v_2 = \frac{s_2}{t_2} [m \cdot s^{-1}] \quad (18)$$

v_2 = vypočtená rychlost vozidla mezi body 2 a 3 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

s_2 = dráha jízdy konstantní rychlostí mezi body 2 a 3 [m]

t_2 = čas jízdy konstantní rychlostí mezi body 2 a 3 [s]

Dráhu u rovnoměrně zpomaleného pohybu lze určit použitím vztahu (19):

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_3^2 [\text{m}] \quad (19)$$

s = dráha pohybu [m]

a = brzdné zpomalení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]

t_3 = čas potřebný k úplnému zastavení (změřený stopkami) [s]

Úpravou předcházejícího vztahu (19) získáme vztah (20) potřebný pro výpočet brzdného zpomalení a :

$$a = \frac{2s_3}{t_3^2} [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (20)$$

a = brzdné zpomalení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]

s_3 = změřená brzdná dráha [m]

t_3 = čas potřebný k úplnému zastavení (změřený stopkami) [s]

9.3. Úhel naklonění vozidla a velikost bočního zrychlení při jízdě zatáčkou

K účelu měření úhlu naklonění vozidla bylo vyrobeno registrační zařízení (viz obrázek 52), které se umístí do vozidla, se kterým budou zkoušky prováděny. Jedná se o kyvadlo, k němuž je v dolní části připevněn fix (zaznamenává vychýlení kyvadla na podklad) a závaží o hmotnosti 70 g. V horní části je umístěna libela, aby bylo možné seřízení stavěcími šrouby do vodorovné polohy.



Obrázek 52 - Kyvadlové měřidlo bočního náklonu [37]

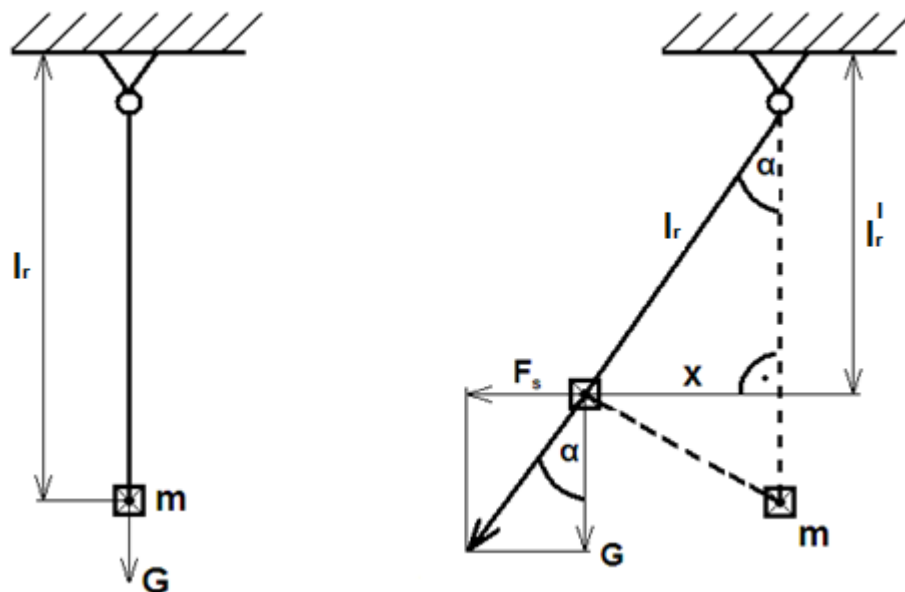
Pro porovnání naklápění karoserie v zatáčce byla provedena měření u všech tří variant. Před samotným měřením je nutné do vozidla na podlahu spolujezdce umístit výše uvedené měřidlo náklonu.

Pro testování byla zvolena zatáčka v obci Zubčická Lhotka, protože se jedná o málo frekventovanou komunikaci s poměrně kvalitním povrchem.

Pro uskutečnění měření je vhodné využít pomoci spolujezdce, který sleduje měřidlo a řidič tak může plně věnovat řízení.

Pro měření byla nejprve stanovena rychlost $v = 50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Po projetí daného úseku bez měřidla ale došlo ke smýkání kol a proto byla následně zvolena rychlost průjezdu zatáčkou $v = 40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, která se jevila jako dostatečně bezpečná i pro zcela sériové vozidlo. Po instalaci kyvadla do vozidla, se s testovaným automobilem akcelerovalo na výše uvedenou rychlost, která byla následně udržována po celou dobu průjezdu zatáčkou. Po jejím projetí bylo vozidlo bezpečně zastaveno a zaznamenána hodnota vychýlení kyvadla x [m] (viz obrázek 53). Aby došlo k vyloučení vlivu sklonu vozovky na měřené hodnoty, byla v tomto případě provedena 3 měření v jednom směru a 3 měření v druhém směru.

Princip kyvadlového měřidla náklonu je graficky znázorněn na obrázku 53:



Obrázek 53 - Princip kyvadlového měřidla náklonu [37]

Po změření veličin následoval výpočet hodnoty bočního zrychlení podle níže uvedeného postupu:

Pro hodnotu l_r^l platí dle obrázku 51 vztah vyjádřený vzorcem (21):

$$l_r^l = \sqrt{l_r^2 - x^2} \text{ [m]} \quad (21)$$

Úhel vychýlení α lze určit ze vztahů (22) a (23):

$$\tan \alpha = \frac{F_s}{G} = \frac{m \cdot a_b}{m \cdot g} = \frac{a_b}{g} \quad (22)$$

$$\tan \alpha = \frac{x}{\sqrt{l_r^2 - x^2}} \quad (23)$$

Pro hodnotu bočního zrychlení a_b platí podle vztahů (22) a (23) vztah (24):

$$\frac{a_b}{g} = \frac{x}{\sqrt{l_r^2 - x^2}} \quad (24)$$

Po úpravě předchozího vztahu (24), získáme vztah (25) pro výpočet bočního zrychlení a_b :

$$a_b = \frac{x \cdot g}{\sqrt{l_r^2 - x^2}} [m \cdot s^{-2}] \quad (25)$$

α = úhel vychýlení ramene kyvadla [°]

F_s = odstředivá síla [N]

G = tíha závaží [N]

m = hmotnost závaží [kg]

a_b = boční zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]

g = tíhové zrychlení = $9,81 m \cdot s^{-2}$

x = hodnota vychýlení kyvadla [m]

l_r = délka ramene kyvadla [m]

9.4. Měření charakteristiky tlumičů bezdemontážní metodou

Jako poslední byla měřena charakteristika tlumičů použitím testeru tlumičů SDT 2000/U, který je znázorněn na obrázku 54. Jedná se o bezdemontážní metodu, při níž jsou tlumiče a pružiny namontovány na vozidle a jsou zjišťovány vlastnosti celé soustavy, tedy včetně pružné vlastnosti pneumatik, pružných členů uložení náprav apod. Pro toto měření je nutné, aby vozidlo stálo na vodorovném podkladu.



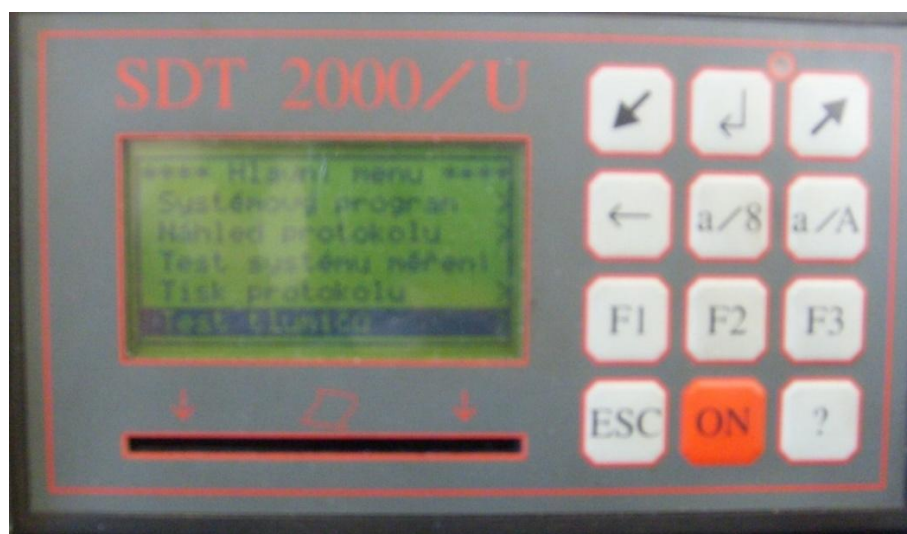
Obrázek 54 - Tester tlumičů SDT 2000/U [37]

Vozidlo musí být na vodorovném podkladu, zajištěno proti pohybu parkovací brzdou. Přístroj se podle obrázku 55 připevnil na blatník nad levým předním kolem a na podlahu se umístil snímač propojený s přístrojem. Po zapnutí přístroje se postupovalo dle návodu výrobce.



Obrázek 55 - Připevnění testeru na vozidlo [37]

a) v menu vybrat „test tlumičů“ - viz obrázek 56



Obrázek 56 – Fotografie hlavního menu přístroje [37]

b) vyplnit požadované údaje (SPZ, počet najetých kilometrů, jméno zákazníka) - viz obrázek 57



Obrázek 57 - Fotografie testeru po vyplnění údajů o vozidle [37]

c) vybrat v menu typ testovaných tlumičů (sportovní, běžné, komfortní) - viz obrázek 58



Obrázek 58 - Fotografie testeru po výběru typu tlumičů [37]

d) krátce a silně prouhoupnout vozidlo tak, aby měřicí přístroj zaznamenal výchylku

e) odečíst naměřené hodnoty

f) stejným postupem pokračovat podle pokynů přístroje na ostatních kolech

10. Výsledky měření a diskuze

10.1. Poloha těžiště

Zjištěné hodnoty jednotlivých veličin byly zaznamenány do tabulky 1 [38].

Tabulka 1 Zjištěné hodnoty jednotlivých veličin pro určení polohy těžiště

Zjištěná veličina	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
m_{PL} [kg]	239	239	238
m_{PP} [kg]	278	279	273
m_{ZL} [kg]	175	175	177
m_{ZP} [kg]	201	200	205
m_p [kg]	517	518	511
m_z [kg]	376	375	382
m [kg]	893	893	893
t_p [m]	1,4	1,4	1,4
t_z [m]	1,365	1,365	1,365
r_{stat} [m]	0,258	0,258	0,258
l [m]	2,45	2,45	2,45
Δm_{p1} [kg]	4	4	6
h_1 [m]	0,388	0,388	0,417
v_1 [°]	3,04	3,04	3,73

Z hodnot uvedených v tabulce 1 byly vypočteny údaje o poloze těžiště, které jsou uvedené v tabulce 2.

Tabulka 2 Vypočtené hodnoty udávající polohu těžiště vozidla u všech variant měření

Výsledné hodnoty	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
l_p [m]	1,032	1,029	1,048
l_z [m]	1,418	1,421	1,402
t_1 [m]	0,647	0,646	0,652
t_3 [m]	0,635	0,637	0,633
h_{01} [m]	0,207	0,207	0,253
h_v [m]	0,465	0,465	0,511

Z naměřených a vypočtených hodnot uvedených v tabulkách 1 a 2 je patrné, že rozdíl vzdáleností těžiště od přední nápravy l_p byl 3 mm mezi 1. a 2. variantou a 16 mm mezi 1. a 3. variantou. Vzdálenost těžiště od pravého předního kola t_1 se mezi 1. a 2. variantou změnila o 1 mm a mezi 1. a 3. variantou o 5 mm. Při porovnání výšky těžiště nebyl mezi 1. a 2. variantou naměřen žádný rozdíl. Po montáži sportovních tlumičů a vyztužených ramen (varianta 3) se výška těžiště zvýšila o 46 mm. To je dáno celkově tužší charakteristikou závodního podvozku. Použité tlumiče umožňují změnu světlé výšky vozidla (posouváním spodních misek uložení). Světlá výška vozidla se po jejich montáži oproti sériovému snížila na zadní nápravě o cca 15 mm a na přední nápravě o cca 9 mm.

V tabulce 3 jsou uvedeny údaje polohy těžiště sériového automobilu Škoda Felicia [39]. Jedná se o konstrukčně stejný automobil, který má stejné hodnoty rozvoru a rozchodu jako testovaný automobil Škoda Favorit. Odlišnosti zjištěných hodnot jsou dány rozdílným zatížením, protože u všech třech variant měření bylo v palivové nádrži cca 30 l benzínu a automobil byl vybaven povinnou výbavou v zavazadlovém prostoru. Měření u automobilu Škoda Felicia probíhalo s téměř prázdnou palivovou nádrží a zavazadlovým prostorem. K dalšímu ovlivnění mohlo dojít také díky rozdílnému typu pružin a tlumičů obou automobilů.

Tabulka 3 Hodnoty usávající polohu těžiště automobilu Škoda Felicia

l_p [m]	0,99
l_z [m]	1,46
t_1 [m]	0,68
t_3 [m]	0,74
h_{01} [m]	0,506

Poloha těžiště má vliv na přetáčivost nebo nedotáčivost vozidla a snahou je, aby těžiště bylo co nejbližší středu vozidla, které by pak mělo neutrální jízdní vlastnosti. Důležitá je také výška těžiště, která má mj. vliv na naklápění vozidla v zatáčkách. Výška těžiště by proto měla být co nejnižší. Její snižování je však omezeno nutností zachování určité průchodnosti vozidla.

U sériového vozidla jsou možnosti změny polohy těžiště značně omezené vzhledem k různému obsazení vozidla posádkou, nutnosti co největší využitelnosti zavazadlového prostoru a dalším faktorům. U závodního vozidla, u kterého hrají jízdní vlastnosti hlavní roli, bývá optimální polohy těžiště dosahováno např. přemístováním palivové nádrže nebo akumulátoru, odstraněním vnitřního čalounění a zadních sedadel apod.

10.2. Brzdná dráha a brzdné zpomalení

Změřený čas t_2 byl zaznamenán do tabulky 4.

Tabulka 4 Změřený čas t_2 [s]

Číslo měření	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
1.	4,29	4,37	4,28
2.	4,41	4,32	4,19
3.	4,45	4,25	4,32
4.	4,37	4,30	4,26
5.	4,50	4,19	4,23
6.	4,48	4,31	4,27
Průměr	4,42	4,29	4,26

Na základě hodnot uvedených v tabulce 4 byla podle vztahu (18) vypočtena hodnota rychlosti v_2 [m·s], kterou se vozidlo skutečně pohybovalo po dráze s_2 . Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Vypočtená hodnota rychlosti v_2 [m·s]

Číslo měření	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
1.	50,35	50,58	50,47
2.	48,98	50	51,55
3.	48,54	50,82	50
4.	49,4	50,23	50,7
5.	48	51,55	51,06
6.	48,21	50,12	50,58
Průměr	48,91	50,55	50,73

Změřená délka brzdné dráhy s_3 a čas t potřebný k zastavení vozidla byly zaznamenány do tabulky 6. U měření označených červeně došlo při brzdění k zablokování kol, a proto nebyly tyto hodnoty uvažovány při výpočtu průměrů jednotlivých variant.

Tabulka 6 Změřené hodnoty brzdné dráhy s_3 [m] a času t_3 [s]

Číslo měření	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3	
	Brzdná dráha s_3 [m]	Čas t_3 [m]	Brzdná dráha s_3 [m]	Čas t_3 [m]	Brzdná dráha s_3 [m]	Čas t_3 [m]
1.	23,04	3,38	20,17	2,41	17,86	2,15
2.	16,34	2,39	17,60	2,18	14,35	2,08
3.	15,22	3,56	13,48	2,12	14,76	2,17
4.	16,67	2,13	13,13	2,55	12,96	2,02
5.	16,28	2,36	11,20	2,32	11,48	1,69
6.	17,03	2,29	10,72	1,98	13,34	1,81
Průměr	17,87	2,51	15,50	2,17	14,65	2,05

Na základě hodnot uvedených v tabulce 6 byly podle vztahu (20) vypočteny hodnoty brzdného zpomalení a [$m \cdot s^{-2}$], které jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 Vypočtené hodnoty brzdného zpomalení a [$m \cdot s^{-2}$]

Číslo měření	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
1.	4,03	6,95	7,73
2.	5,72	7,40	6,63
3.	4,64	5,99	6,27
4.	7,35	4,04	6,35
5.	5,85	4,16	8,04
6.	6,50	5,49	8,14
Průměr	5,89	6,46	7,02

Při měření brzdné dráhy byla jako výchozí rychlost stanovena hodnota $v = 50$ km/h, což je maximální přípustná rychlost vozidel v obci. Z tabulek 6 a 7 je patrné, že u 2. varianty došlo oproti 1. variantě ke zkrácení brzdné dráhy v průměru o 2,37 m a zkrácení času potřebného k úplnému zastavení o 0,34 sekundy. U varianty 3 se oproti variantě 1 zkrátila brzdná dráha v průměru o 0,85 m a doba potřebná k zastavení průměrně o 0,12 s.

Oproti variantě 1 vzrostla hodnota brzdného zpomalení u varianty 2 průměrně o $0,57 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ a o $1,14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ u varianty 3.

Minimální hodnota brzdného zpomalení je dle platné vyhlášky $5,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ [40]. Tato hodnota byla podle výsledků dodržena. U sériového vozidla Škoda Favorit 136L vybaveného pneumatikami Barum OR 34 o rozměru 165/70 R13 je v odborné literatuře udávána hodnota brzdné dráhy 16 m [41], což je cca o 1,8 m více, než bylo naměřeno u varianty 1. Rozdílné hodnoty mohou být způsobeny odlišným povrchem vozovky, technickým stavem vozidla nebo rozdílnou reakční dobou řidiče.

Z těchto výsledků je patrné, že správná volba pneumatik u závodních, ale i sériových automobilů má na ovladatelnost vozidla a tím i bezpečnost provozu značný vliv. Předpokladem je, že s nárůstem rychlosti se rozdíly mezi jednotlivými variantami ještě více zvětšují.

10.3. Úhel naklonění vozidla a velikost bočního zrychlení při jízdě zatáčkou

Změřené hodnoty úhlu naklonění vozidla α [°] a vychýlení ramene kyvadla x [m] byly zaznamenány do tabulek 8 a 9.

Tabulka 8 Zjištěné hodnoty úhlu naklonění vozidla α [°]

Číslo měření	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
1.	36°	27°	24°
2.	40°	24°	27°
3.	39°	31°	20°
4.	43°	35°	18°
5.	42°	34°	19°
6.	46°	32°	14°
Průměr	41,0°	30,5°	20,3°

Tabulka 9 Změřené hodnoty vychýlení ramene kyvadla x [m]

Číslo měření	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
1.	0,103 m	0,077 m	0,068 m
2.	0,111 m	0,070 m	0,076 m
3.	0,108 m	0,090 m	0,059 m
4.	0,122 m	0,103 m	0,059 m
5.	0,120 m	0,100 m	0,056 m
6.	0,132 m	0,096 m	0,041 m
Průměr	0,116 m	0,089 m	0,060 m

Na základě naměřených hodnot uvedených v tabulce 9 byly podle vzorce (25) vypočteny hodnoty bočního zrychlení a_b [$m \cdot s^{-2}$], které jsou včetně průměrů jednotlivých variant uvedené v tabulce 10

Tabulka 10 Vypočtené hodnoty bočního zrychlení a_b [$m \cdot s^{-2}$] u jednotlivých variant

Číslo měření	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
1.	7,47	4,98	4,28
2.	8,46	4,43	4,90
3.	8,07	6,12	3,63
4.	10,11	7,47	3,63
5.	9,78	7,14	3,42
6.	12,09	6,71	2,44
Průměr	9,33	6,14	3,72

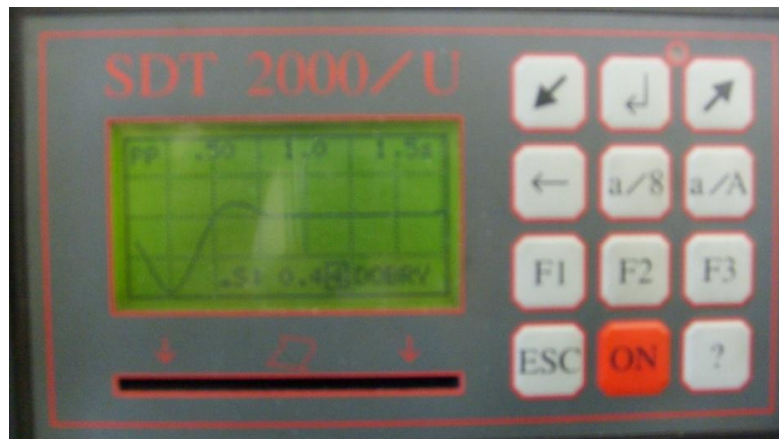
Měření bočního náklonu a bočního zrychlení ukázala, že nejen závodní tlumiče a ramena, ale i pneumatiky ovlivňují stabilitu vozidla. U 1. varianty, tedy v podstatě sériového vozidla, byla naměřena hodnota bočního náklonu 41° a vypočtená hodnota bočního zrychlení $9,33 \text{ m/s}^2$. U varianty 2 došlo k omezení bočního náklonu na $30,5^\circ$ a zmenšení bočního zrychlení na $6,14 \text{ m/s}^2$. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u 3. varianty, kdy došlo ke snížení hodnot na $20,3^\circ$ u bočního náklonu, respektive $3,72 \text{ m/s}^2$ u bočního zrychlení.

Vlivem působení odstředivé síly na kyvadlo záznamového zařízení pro měření bočního náklonu, byly naměřeny větší hodnoty bočního náklonu. Při skutečném naklonění vozidla o 41° by došlo k jeho převrácení. Pro objektivní měření sil působících na vozidlo při jízdě zatáčkou by bylo nutné upravit použité záznamové zařízení tak, aby hodnota bočního náklonu nebyla ovlivněna působící odstředivou silou. Rychlost průjezdu zatáčkou byla u všech variant shodná a vzhledem k neměnné hmotnosti kyvadla a jeho umístění byly naměřené hodnoty bočního náklonu vyšší o stejnou hodnotu u všech variant. Účelem měření bylo dokázat, že použitím závodních komponent dojde k omezení bočního náklonu. Tuto skutečnost naměřené výsledky potvrdily. Mezi 2. a 1. variantou byl naměřen rozdíl bočního náklonu 25,6% a mezi 3. a 1. variantou rozdíl 50,5%.

Snahou konstruktérů automobilů je omezit boční náklon na minimum, protože při příliš velkém bočním náklonu může dojít ke ztrátě adheze mezi pneumatikami a vozovkou, což má za následek jejich smýkání nebo omezení přenosu výkonu motoru na vozovku. Naklápění vozidla v zatáčce je spolu s dalšími veličinami posuzováno také při tzv. losím testu, kdy musí daný automobil projíždět stanovenou rychlostí mezi kužely. Se splněním podmínek tohoto testu měli problém např. automobily Mercedes-Benz třídy A, jejichž výrobce musel po zhodnocení výsledků tohoto testu provést určité změny v konstrukci podvozku [43].

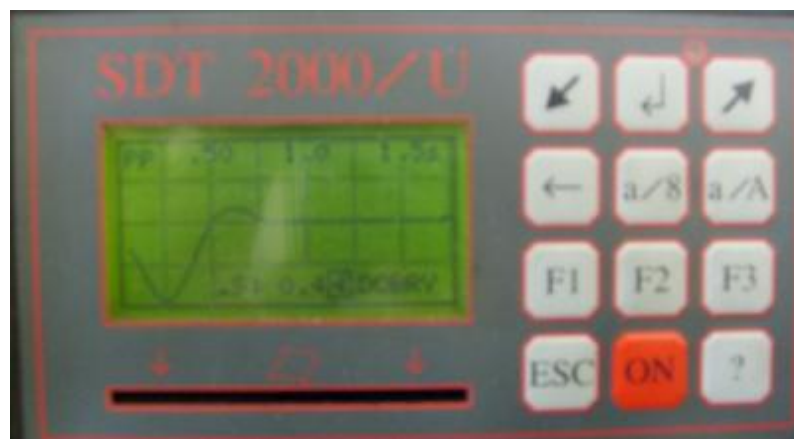
Podstatný vliv na naklápění vozidla při jízdě zatáčkou, ale i při brzdění a zrychlení mají tlumiče a pružiny, respektive jejich charakteristika, která bývá u závodních komponentů mnohem tužší. Vedle odpružení mají na naklápění vozidla v menší míře vliv také použité pneumatiky, protože při jízdě zatáčkou dochází vlivem působících sil k deformaci jejich bočnic. Dnes se u sériových vozidel používají výhradně nízkoprofilové pneumatiky (u testovaného vozidla o rozměru 165/70 R 13), u kterých je deformace bočnic díky jejich nižší výšce menší. U pneumatik určených pro závodní účely bývají bočnice dále vyztužovány nebo se používají pneumatiky s ještě nižším profilem.

10.4. Měření charakteristiky tlumičů bezdemontážní metodou

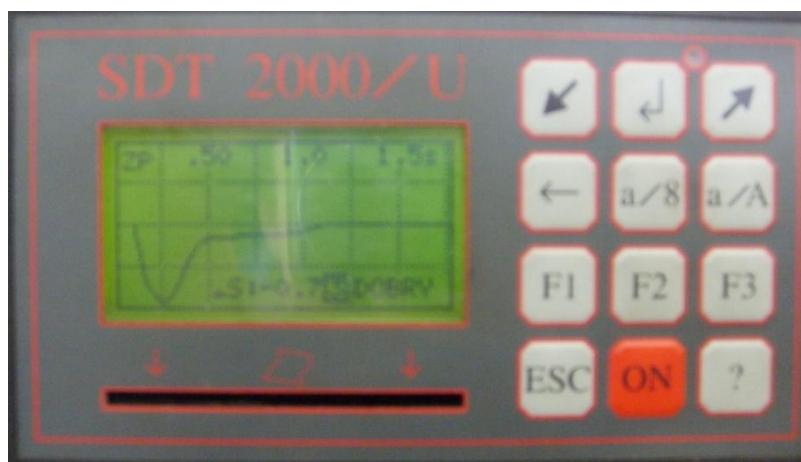


Obrázek 59 - Grafický záznam utlumení u varianty 1 [42]

U varianty 2 nezaznamenal přístroj žádnou změnu v utlumení a graf průběhu je prakticky shodný s variantou 1.

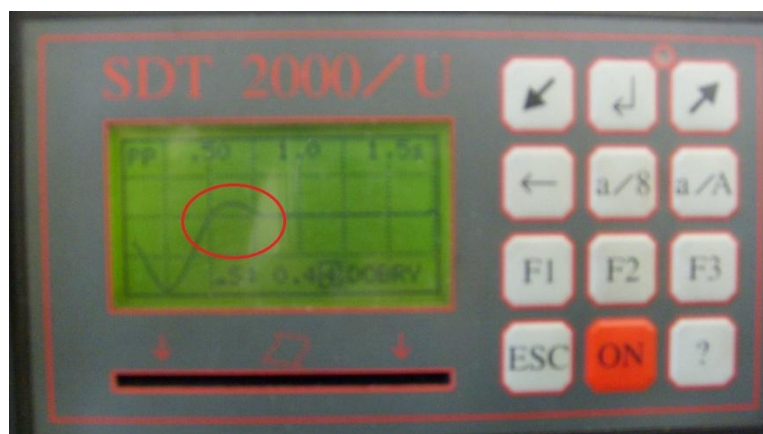


Obrázek 60 - Grafický záznam utlumení u varianty 2 [42]



Obrázek 61: Grafický záznam utlumení u varianty 3 [42]

Uvedená metoda měření charakteristiky tlumičů je primárně určena pro vyhodnocení stavu tlumičů, protože vadný tlumič pérování obtížně utlumuje rozkmitanou pružinu, což se projeví na křivce průběhu tlumení. Ze změřených průběhů utlumení u 1. a 3. varianty měření, které jsou zobrazeny na obrázcích 59 a 61 je patrné, že použité sportovní komponenty podvozku mají oproti sériovým znatelně vyšší tuhost a utlumení kmitů pružiny je bez horní výchylky, která nastává u sériových tlumičů. Ta je označena červeným kroužkem na obrázku 62. Tato skutečnost je patrná již při samotném zkoušení, neboť na prohoupání vozidla je potřeba mnohem větší síly.



Obrázek 62 - Znázornění rozdílu křivek průběhu utlumení [42]

Tuhost podvozku značně ovlivňuje jízdní vlastnosti a stabilitu vozidla. U běžně provozovaných vozidel je volem optimální kompromis mezi tuhostí a jízdním komfortem. Oproti tomu u závodních vozidel bývá tuhost odpružení zvyšována, aby nedocházelo k nežádoucím pohybům karoserie. Nevýhodou „tvrdého“ podvozku je kromě zmíněného omezení komfortu také zvýšené namáhání ostatních nosných součástí, jako je karoserie, nápravy atd.

11. Závěr

Cílem práce bylo posoudit vliv aplikace speciálních závodních komponent na jízdní vlastnosti zvoleného sériového automobilu určením polohy těžiště, brzdné dráhy a brzdného zpomalení, bočního náklonu a bočního zrychlení a charakteristiky tlumičů. Pro porovnání byly zvoleny celkem tři varianty. 1. Variantou bylo sériové vozidlo. 2. variantou bylo sériové vozidlo vybavené závodními pneumatikami. 3. variantou bylo vozidlo vybavené sportovními tlumiči, pneumatikami a vyztuženými rameny přední nápravy.

Z výsledků měření vyplývá, že montáž speciálních závodních komponent podvozku má příznivý vliv na jízdní vlastnosti vozidla. Použitím těchto komponent došlo k posunutí polohy těžiště blíže do středu vozidla, což se pozitivně projevilo na stabilitě vozidla. Došlo ke zkrácení brzdné dráhy a omezení naklápění vozidla při jízdě zatáčkou. Z naměřených hodnot je dále patrné, že ačkoliv montáž jednotlivých komponent zlepšuje jízdní vlastnosti vozidla, nejlepších výsledků lze dosáhnout pouze kompletní úpravou celého vozidla. Tato úprava je však technicky a finančně značně nákladná a u automobilu používaném v běžném silničním provozu prakticky nemá význam. Celková cena takto upraveného vozidla několikanásobně přesahuje cenu sériového vozidla v dobrém technickém stavu.

Použitím sportovních komponent v sériovém vozidle dojde ke snížení jízdního komfortu, což může vést ke zvýšení únavy řidiče. Tím se může snížit jeho pozornost a zvyšuje se riziko vzniku dopravní nehody. Při sportovních úpravách se často nahrazuje pružné uložení náprav pevným, což způsobuje vyšší namáhání karoserie a snížení její životnosti. Řada těchto speciálních komponent navíc není určena pro běžný provoz a smí být použita pouze na závodních vozidlech pohybujících se po uzavřených tratích.

12. Přehled použité literatury

- [1] Jan, Z., Ždánský, B.: Automobily 3 – motory, Brno 2003, Avid s.r.o. Brno
- [2] Fazekaš, M.: Zvyšování výkonu motoru závodního automobilu – absolventská práce, České Budějovice 2010
- [3] <http://www.forum.ford-club.cz/viewtopic.php?f=29&t=1506>
- [4] Plšek, B.: Sportovní úpravy Škoda Favorit, Praha 2002, Computer Press
- [5] <http://www.autodilycz.cz/zbozi/ojnice-xs-047105401a/188722/?a=vyskyt>
- [6] Fazekaš, M.: Zvyšování výkonu motoru závodního automobilu – absolventská práce, České Budějovice 2010
- [7] vlastní fotografie
- [8] Plšek, B.: Sportovní úpravy Škoda 105/120/130, Praha 2001, Computer Press
- [9] vlastní fotografie
- [10] Fazekaš, M.: Zvyšování výkonu motoru závodního automobilu – absolventská práce, České Budějovice 2010
- [11] Mackerle, J.: Motory závodních automobilů, Praha 1980, Alfa
- [12] Motejl, V., Horejš, K.: Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů, Brno 2001, Litera
- [13] Růžička, B.: Jak na tuning automobilu, Praha 2002, Computer Press
- [14] <http://www.ewrc.cz/ewrc/show.php?id=3441>
- [15] Motejl, V., Horejš, K.: Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů, Brno 2001, Litera
- [16] <http://www.tuning-forum.org/viewtopic.php?f=33&t=32131>
- [17] Gscheidle, R. a kol.: Příručka pro automechanika, Praha 2001, Sobotáles
- [18] <http://www.autoklub.cz/dokument/1892-cl-253-bezpecnostni-vybava-skupina-n-a.html>
- [19] <http://www.competizione.cz/0/0/0/bezpecnostni-ram-omp-ab106156a-802.html>
- [20] <http://www.autoklub.cz/dokument/1892-cl-253-bezpecnostni-vybava-skupina-n-a.html>
- [21] <http://auto-pc.webnode.cz/automobily/kotoucova-brzda/>
- [22] vlastní fotografie
- [23] <http://www.speedpro.eu/speedpro-easy-brake-hydraulicka-rucni-brzda-parkovaci-aretaci-p-4022.html>
- [24] Gscheidle, R. a kol.: Příručka pro automechanika, Praha 2001, Sobotáles

- [25] <http://posting.org/image/1apvbr4w4/>
- [26] http://www.turbomagazine.com/features/0709_turp_2006_mitsubishi_evo_ix
- [27] <http://www.ewrc.cz/ewrc/show.php?id=18926>
- [28] Cedrych, M.: Jezdíme automobilem Škoda Favorit, Praha 1990, Nadas
- [29] <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2006-03-162-166.pdf>
- [30] http://fsrallyteam.rajce.idnes.cz/Skoda_Favorit_136L/#P1020337.JPG
- [31] <http://www.kipp.cz/App/WebObjects/XSeMIPSKIPP.woa/cms/page/locale.csCZ>
- [32] <http://loziska.hledej ceny.cz/skf-sakb-22-f-lozisko-kloubove-hlavice-s-plastovou-vystelkou-vnejsi-zavi>
- [33] vlastní fotografie
- [34] Homologační listy Škoda Favorit
- [36] Vlk, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel, Brno 2001, Nakladatelství a zasílatelství Vlk
- [37] vlastní fotografie
- [38] Jozíf, M., Gregora, O.: Škoda Favorit vyjíždí, Praha 1988, SNTL Nakladatelství technické literatury
- [39] Rucker, Jan., Měření hmotnostních parametrů vozidel, Diplomová práce, VUT Brno, Ústav soudního inženýrství, Brno 2012
- [40] http://k622.fd.cvut.cz/downloads/BK_kocian_2010.pdf
- [41] Cedrych, M.: Jezdíme automobilem Škoda Favorit, Praha 1990, Nadas
- [42] vlastní fotografie
- [43] <http://cs.autolexicon.net/articles/losi-test/>

Seznam tabulek

Tabulka 1 Zjištěné hodnoty jednotlivých veličin pro určení polohy těžiště.....	77
Tabulka 2 Vypočtené hodnoty udávající polohu těžiště vozidla u všech variant měření	78
Tabulka 3 Hodnoty usávající polohu těžiště automobilu Škoda Felicia.....	79
Tabulka 4 Změřený čas t_2 [s]	80
Tabulka 5 Vypočtená hodnota rychlosti v_2 [m·s].....	80
Tabulka 6 Změřené hodnoty brzdné dráhy s_3 [m] a času t_3 [s].....	81
Tabulka 7 Vypočtené hodnoty brzdného zpomalení a [m·s ⁻²].....	81
Tabulka 8 Zjištěné hodnoty úhlu naklopení vozidla α [°]	82
Tabulka 9 Změřené hodnoty vychýlení ramene kyvadla x [m]	83
Tabulka 10 Vypočtené hodnoty bočního zrychlení a_b [m·s ⁻²] u jednotlivých variant	83