



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

KONSTRUKCE PODVOZKU RC RALLY

CHASSIS DESIGN OF THE RC RALLY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN DĚRDA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. **VÁCLAV PÍŠTĚK, DrSc**

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Děrda

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

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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

Konstrukce podvozku RC rally

v anglickém jazyce:

Chassis design of the RC rally

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnout konstrukční řešení podvozku RC rally.

Cíle bakalářské práce:

Navrhnout koncepční uspořádání podvozku RC rally.

Navrhnout řešení hlavních komponent podvozku.

Provést základní výpočtovou kontrolu vybraných komponent.

Zpracovat výkresovou dokumentaci hlavních komponent podvozku.

Seznam odborné literatury:

- REIMPELL, Jornsén. The Automotive Chassis. 2nd edition. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2001. 444 s. ISBN 0 7506 5054 0.
- HANEY, P. The Racing & High-Performance Tire. 1st edition. Warrendale: TV Motor-sports and SAE, 2003. 286 s. ISBN 0-9646414-2-9.
- MORELLO, L., ROSTI ROSSINI, L., PIA, G., TONOLI, A. The Automotive Body. Springer Verlag, 2011. ISBN 978-94-007-0512-8.

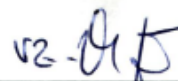
Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 27.10.2014



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katojický, Ph.D.
Děkan



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí šasi radiem řízeného modelu. Tento podvozek by měl splňovat všechny podmínky pro zařazení do seriálu rally závodů a být konkurence schopný s nejlepšími modely ostatních značek. Zároveň by měl být odolný vůči nečistotám, vlhkosti, snadno rozebíratelný a opravitelný.

KLÍČOVÁ SLOVA

Podvozek, šasi, RC, rádiem řízený, rally.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the chassis design of the radio-controlled model. This chassis should fulfil the conditions for the registration for the rally race series and be able to compete with the best models of other brands. At the same time it should be water and dirt resistant, be easily disassembled and amendable as well.

KEYWORDS

Car kit, Chassis, RC, radio control, rally



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DĚRDA, Martin. Konstrukce podvozku RC rally. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 41 s. 1 příloha. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 28. května 2015

.....

Martin Děřda



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu prof. Ing. Václav Píštěkovi, DrSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, a také mé rodině za podporu během psaní této bakalářské práce.



OBSAH

Úvod	9
1 Úvod do problematiky	10
1.1 Historie RC	10
1.2 Rozdělení podvozků	10
1.2.1 Onroad	10
1.2.2 Off-road	11
1.3 Základní části modelu	11
1.3.1 Podvozek	11
1.3.2 Karosérie	11
1.3.3 Elektronika	11
2 Cíle práce	12
2.1 Zadání práce	12
2.1.1 Základní parametry podvozku	13
3 Konstrukce jednotlivých částí	14
3.1 Plato šasi	14
3.1.1 Volba materiálu	14
3.2 Přenos výkonu	15
3.2.1 Čelní ozubené soukolí	16
3.2.2 Řemenový převod	18
3.2.3 Držák motoru a uložení ozubeného kola s řemenicí	19
3.3 Uložení diferenciálů	20
3.4 Planetový diferenciál	22
3.4.1 Kuželové soukolí	22
3.5 Kuličkový diferenciál	25
3.6 Pevná osa	26
3.7 Kryt	27
3.8 Tlumič	28
3.9 Řízení	30
3.10 Poloosy	32
3.11 Nastavení geometrie	32
Závěr	33
Seznam použitých zkratk a symbolů	37
Seznam příloh	38



ÚVOD

RC (radio control) modely jsou zařízení, která jsou ovládána rádiovým signálem. Jako předlohy jsou použity automobily, letadla, helikoptéry, lodě a stavební techniky. Jejich konstrukce je podobná, ale zjednodušená a zmenšená. Funkčně jsou ale velmi blízké předloze.

Modely aut jde rozdělit na dvě hlavní skupiny - hračky a plnohodnotné zmenšeniny. V první skupině jsou modely, které nejsou uživatelsky rozebíratelné, což znamená, že nelze dokoupit náhradní díly. To platí i pro elektroniku. Druhá skupina je kompletně uživatelsky rozebíratelná. Je možné koupit náhradní díly nebo vylepšení. Elektronika se kupuje zvlášť podle potřeb uživatele. Dále bývají kompletně nastavitelné, tak aby co nejvíce vyhovovaly potřebám řidiče, jeho jízdnímu stylu a způsobu použití.

Na trhu jsou k dostání různě zaměřené modely od onroadových po čistě offroadové. Liší se konstrukcí a použitými materiály. Je zde však malý výběr podvozků, které by se bez dalších úprav daly použít pro rally seriál. Většinou se jedná o modely nižší kvality především v použitých materiálech. Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením konkurenceschopného podvozku, u kterého není nutnost další úpravy.



1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

1.1 HISTORIE RC

První RC auta se začala vyrábět v 60. letech. Jednou z prvních firem byla italská společnost El-Gi (Elettronica Giocattoli). Do konce šedesátých let se další firma objevila v Británii a začátkem 70. let i v USA. Firmy ve Spojených státech se zaměřovaly především na modely v měřítku 1:8 poháněné benzínovým motorem. Konstrukce se zakládala na kovovém platu, na kterém byly namontovány další komponenty, a vše bylo přiklopené karoserií vyrobené z polykarbonátu nebo Lexanu. Na přelomu let sedmdesátých a osmdesátých se začaly objevovat první modely poháněné elektromotorem. Ty začaly získávat na oblibě, především proto, že je bylo možné provozovat v uzavřených prostorech a tak je bylo možné využít pro trénink. V roce 1976 se na trhu objevila Japonská firma Tamiya. Ta přišla s jednoduchými, ale detailně zpracovanými modely. Po velkém úspěchu začala vydávat podvozky, které byly více specializované. Tím dala vzniknout úplně nové kategorii offroadových modelů.[5]

V roce 1984 přišla firma Associated Electric Inc. s modelem RC10. Ten se vyznačoval tím, že byl navržen jako vysokovýkonnostní. Tělo bylo vyrobené z hliníku, tlumiče byly olejové a model byl kompletně nastavitelný. Poprvé zde byl použit kuličkový diferenciál, který dovozoval nastavení svornosti podle terénu. Dále jej pak bylo možné doplnit o kuličková ložiska. V této době se začala objevovat kola složená ze tří částí, a to umělohmotné disky, gumová kola a pěnové vložky. Tento podvozek položil základy pro současné moderní podvozky. [6] [7]

1.2 ROZDĚLENÍ PODVOZKŮ

RC modely se podle svých vlastností rozdělují do následujících kategorií [8]:

1.2.1 ONROAD

Touring a rally

Předlohou pro tuto kategorii jsou produkční auta nebo závodní speciály, které z nich vycházejí. Touring kategorie je konstruována na jízdu pouze na asfaltu, parketách nebo koberci.

Rally speciály jsou upravené pro jízdu na nerovných površích nebo nezpevněných cestách. Například hrubý asfalt, zámková dlažba, šotolina, hlína, případně bahno. Tyto úpravy se týkají především zvětšení světlé výšky, krytování a náhonu na všechny kola.

Formule

Tato třída byla vytvořena podle předlohy formulí. Modely mají poháněnou výhradně zadní nápravu a jejich konstrukce je zaměřená především na dosažení co nejvyšší rychlosti při zachování dobré ovladatelnosti.



1.2.2 OFF-ROAD

Buggy, Truggy, Monster Trucky

Třída buggy je spojením silničních a terénních vozidel. Zaměřuje se na maximální rychlost dosažitelnou v terénu. Nejčastěji se používá na jízdu mimo cesty nebo na speciálních okruzích s překážkami.

Crawling, trial, scale

Tyto modely vychází z off-roadových aut a pickupů jako jsou Mitsubishi Pajero nebo Toyota Hilux. Není zde kladen důraz na rychlost, ale na co nejlepší průchod terénem. Dále pak na věrnost zpracování a podobnost s předlohou.

1.3 ZÁKLADNÍ ČÁSTI MODELU

1.3.1 PODVOZEK

Podvozek obsahuje všechny mechanické části modelu. Může být vyroben z různých materiálů, jako jsou například plasty, kovy nebo kompozity.

1.3.2 KAROSÉRIE

Karosérie dává modelu tvar. Nejčastěji je vyrobena z polykarbonátu, ten se pak následně tepelně vytvaruje pomocí formy do potřebného tvaru. Výsledný produkt je čirý. V této podobě se pak následně distribuuje.

1.3.3 ELEKTRONIKA

Elektronika se skládá z vysílače, přijímače, akumulátoru, regulátoru, motoru a servomotoru.

Vysílač se používá pistolový, kde se ukazováčkem jedné ruky přidává plyn a druhou rukou se ovládá volant. Vysílače operují v pásmech 27 MHz, 40 MHz nebo 2,4 GHz. U prvních dvou pásem se kanály mění použitím krystalů a u třetího je to řešeno elektronicky. Přijímače bývají dvou a více kanálové. [9]

Akumulátory se používají nikel-metal-hydridový, nikel-kadmiový nebo lithium-polymerový o napětích 7,2 V. [10]

Elektronický regulátor otáček řídí otáčky elektromotoru a vytváří stabilizované napětí pro napájení servomotoru a přijímače. Skládá se z MOSFET tranzistorů s malým vnitřním odporem, dále pak může obsahovat ochranné obvody proti přepětí, stabilizátor napětí nebo automatické odpojení motoru při poklesu napětí. [11]

Servomotor je elektromotor, u kterého jde přesně nastavit polohu natočení osy. Proto se používá pro řízení modelů. [12]



2 CÍLE PRÁCE

Navrhnout koncepční uspořádání podvozku RC rally.

Navrhnout řešení hlavních komponent podvozku.

Provést základní výpočtovou kontrolu vybraných komponent.

Zpracovat výkresovou dokumentaci hlavních komponent podvozku

2.1 ZADÁNÍ PRÁCE

Návrh šasi, které bude splňovat podmínky pro zařazení do seriálu RC rally. Tyto podmínky jsou uvedeny níže [13]:

- Model musí být v měřítku 1:10
- Karoserie musí být modelem reálného soutěžního vozidla rally. Pokud se nejedná o běžnou karoserii, je jezdec povinen doložit, že se jedná o rally karoserii – fotografie, informace kdy vůz startoval apod. Musí tak učinit nejpozději do termínu řádného přihlášení před startem závodu, aby bylo možné tuto informaci ověřit.
- Design vozu jezdce startujícího v šampionátu se nesmí shodovat s barevným provedením některého z registrovaných týmů. V opačném případě bude jeho karoserie před startem do soutěže označena černým nebo bílým křížem na střeše vozu.
- Maximální povolená šířka podvozku v jeho celé délce, včetně karoserie je 200mm (bez zrcátek)
- Pohon elektromotor
- Baterie NiCd, NiMh, LiPo, LiFe. Doporučuje se používání tzv. Hard Case (baterie v pevném obalu) a nabíjení v bezpečnostních nehořlavých obalech - LipoSafeBag!
- Pneumatiky max. šířka 28mm, max. průměr 74mm. Povolené jsou pouze komerčně dostupné pneumatiky. Povolena je úprava pneumatik prořezáním apod. Úprava je však zcela zakázána v kategorii Historik, kde jsou povoleny jen pneumatiky typu RallyBlock (výrobce ARP nebo Tamiya).
- Použití hřebů je zakázáno (pokud pořadatel neuvede jinak)
- Řízena může být pouze přední náprava
- Pohon jedné, nebo obou náprav. V případě bodování v kategorii dvoukolek (2WD) je nutný pohon nápravy dle skutečné předlohy vozu.
- V případě, že model nesplňuje výše uvedené parametry, nebude připuštěn na start.



2.1.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PODVOZKU

Šířka: max. 200 mm

Délka: max. 360 mm

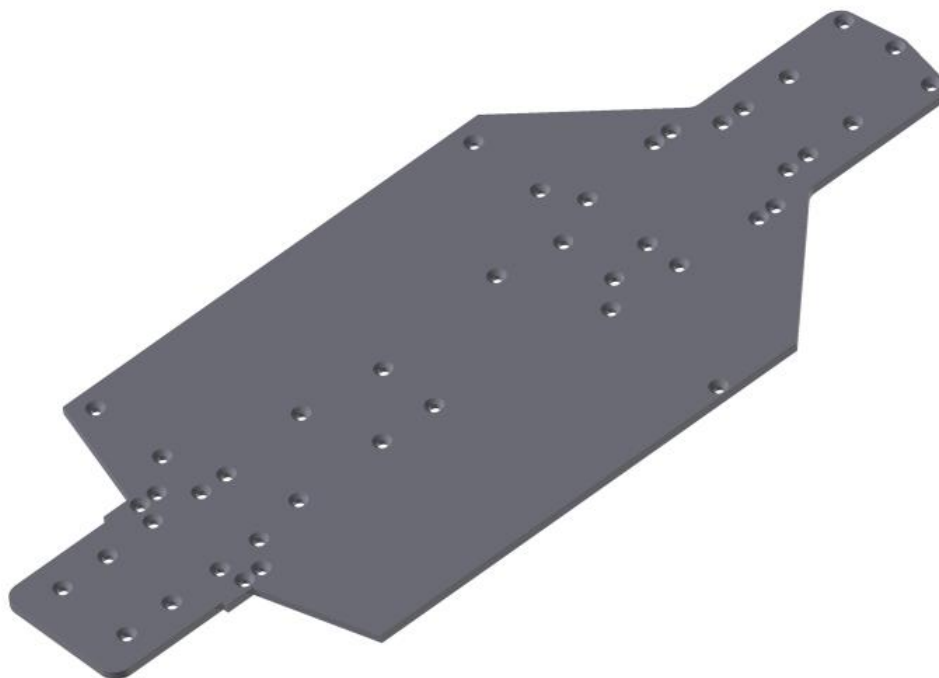
Rozvor: 257,5 mm

Krytování všech funkčních částí podvozku.



3 KONSTRUKCE JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ

3.1 PLATO ŠASI



Obr. 1 Plato

Plato tvoří základnu, na kterou se pak přichycují všechny ostatní komponenty podvozku. Plato musí splňovat požadavky na dostatečnou tvrdost a dobrou tuhost. Není žádoucí, aby se při jízdě kroutilo nebo jinak deformovalo.

3.1.1 VOLBA MATERIÁLU

Model bude provozován ve venkovních prostorách na nezpevněných cestách. Model se může pohybovat až padesátikilometrovou rychlostí. Materiál proto musí splňovat vysokou odolnost vůči poškození cizími předměty a povětrnostními vlivy. Pro výrobu plat podvozku se používají především dva materiály, a to ABS plast a desky vyrobené z uhlíkových vláken a pryskyřice.

ABS plast

Akryl-butadien-styren se používá především pro svoji vysokou pevnost v tahu, rozměrovou stálost, tvrdost povrchu, nízkou hmotnost a nízké výrobní náklady. Dále tento materiál vyniká v odolnosti proti šíření trhlin, oděru a odolává atmosférickým vlivům a UV záření. Díky těmto vlastnostem je používán i na jiné části podvozku, kde nejdou použít desky z karbonových vláken a výroba z hliníku by byla neúnosně drahá. [14]

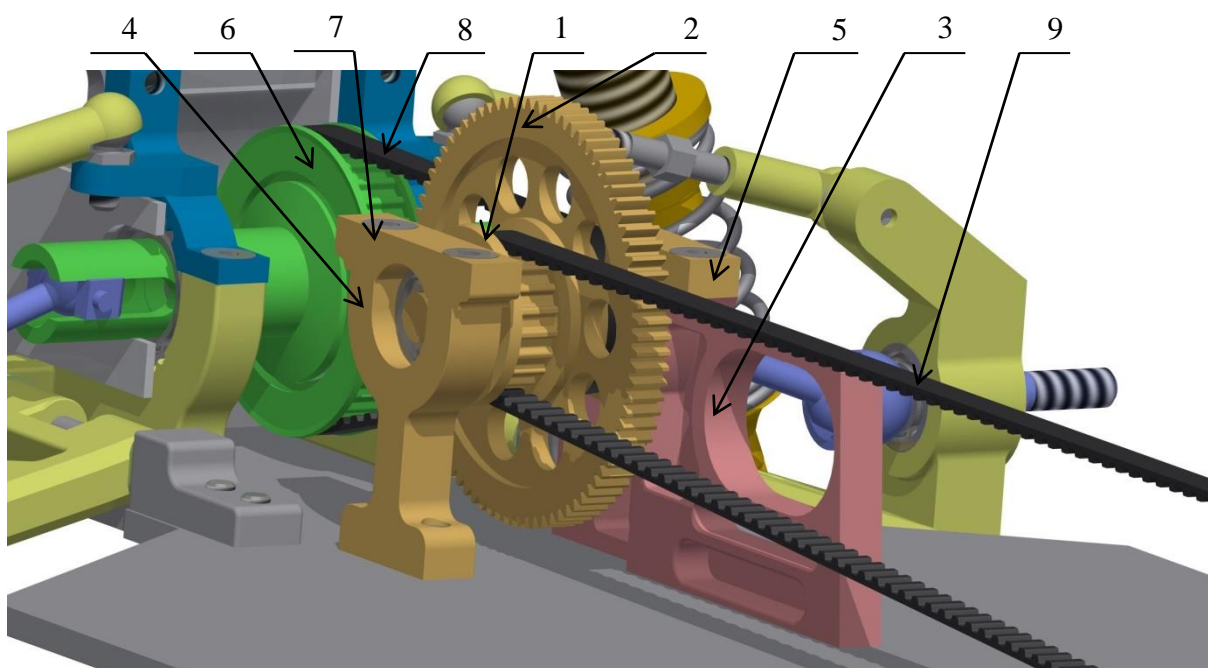


Karbonová deska

Kompozit se skládá z textilie vyrobené z karbonových vláken a pryskyřice, která tyto vrstvy spojí dohromady. Pro vytvrzování se používá vakuování nebo autokláv. Tento materiál vyniká v poměru pevnosti ke hmotnosti. Díky tomu je používán letectví, automobilismu a další odvětvích, kde je potřeba co největší pevnost při zachování nízké hmotnosti.[15]

Pro podvozek byla zvolena varianta s karbonovou deskou.

3.2 PŘENOS VÝKONU



Obr. 2 Pohonné ústrojí: 1 – malá řemenice, 2 – ozubené kolo, 3 – držák motoru, 4 – uložení osy motoru, 5 – víko, 6 – velká řemenice, 7 – víko, 8 – krátký řemen, 9 – dlouhý řemen

Pro přenos výkonu od motoru k diferenciálům se běžně používají dva způsoby. První je pomocí kardanu a druhý pomocí ozubeného řemene. Každá z těchto variant má několik výhod a nevýhod.

Pohon pomocí kardanu se snadněji krytuje. Stačí zde zakrýt pouze ozubené převody a zbytek kardanu může být obnažený. Je však složitější. Přenos krouticího momentu je řešen kuželovým soukolím. Jestliže je tento převod vyroben z plastu, tak nemá dlouhou životnost a když je použitý kov, tak výroba je finančně náročná. Při použití výkonnějších motorů může dojít k torquesteeringu, tedy vybočování z přímého pohybu způsobené gyroskopickým efektem rotujících částí.



Převod pomocí řemínku dobře tlumí rázy. Dochází zde k mnohem menšímu opotřebení ozubených převodů. Je jednodušší a levnější. Motor je zde uložen napříč a tím je omezen torquesteering. Nevýhodou je náchylnost na nečistoty, kdy může dojít k poškození řemenu nebo jeho svlečení z řemenice a složitější nastavení předpjetí. Kryt musí být po celé délce řemenů.[16]

Hnací ústrojí je tvořeno dvěma stupni, a to ozubeným soukolím složeným z pastorku, který je nasazen na osu motoru, a ozubeného kola, které je pevně spojeno s řemenicemi. Tyto řemenice tvoří druhý stupeň převodového ústrojí. Odtud se pomocí ozubených řemenů kroticí moment přenáší na přední a zadní diferenciál. Převod obsahuje dvě řemenice, kratší přenáší výkon na zadní diferenciál a delší na přední diferenciál.

3.2.1 ČELNÍ OZUBENÉ SOUKOLÍ

Prvním stupněm je soukolí tvořené pastorkem a ozubeným kolem. Tato kola jsou vyrobena z hliníku.

Výpočet dle [17]:

Převodový poměr:

$$i = \frac{z_{o1}}{z_{o2}} = \frac{25}{84} = 0,398 \quad (1)$$

kde: z_{o1} [-] počet zubů pastorku
 z_{o2} [-] počet zubů ozubeného kola

Šířka ozubení:

$$b = 5 \text{ mm}$$

Součinitel trvání záběru kola:

$$\varepsilon_{\beta} = 2$$

Sklon zubu:

$$\beta = 0^{\circ}$$

Výpočet roztečných průměrů kol a osových vzdáleností

Průměr pastorku:

$$d_{o1} = z_{o1}m = 25 \cdot 0,5 = 12,5 \text{ mm} \quad (2)$$

kde: m [mm] modul

Průměr ozubeného kola:

$$d_{o2} = z_{o2}m = 84 \cdot 0,5 = 42 \text{ mm} \quad (3)$$



Osová vzdálenost:

$$a = \frac{(d_{o1} + d_{o2})}{2} = \frac{(25 + 78)}{2} = 27,25 \text{ mm} \quad (4)$$

Výpočet rozměrů základního profilu ozubeného hřebene pro čelní ozubená kola

Hlavová vůle:

$$h_a = m = 0,5 \text{ mm}$$

Výška paty zubu:

$$h_f = 1,25m = 1,25 \cdot 0,5 = 0,625 \text{ mm} \quad (5)$$

Výška zubu:

$$h = h_a + h_f = 1,125 \text{ mm} \quad (6)$$

Hlavová vůle:

$$c = 0,25m = 0,25 \cdot 0,5 = 0,125 \text{ mm} \quad (7)$$

Tloušťka zubu:

$$s_n = \frac{\pi m}{2} = \frac{\pi \cdot 0,5}{2} = 0,785 \text{ mm} \quad (8)$$

Šířka zubové mezery:

$$e = s_n = 0,785 \text{ mm}$$

Z konstrukčních důvodů je možné použít převody, které mají osovou vzdálenost větší jako 26,5 mm a zároveň ozubené kolo je menší jako 45 mm. V tabulce níže jsou uvedené převody a jejich převodové poměry, které lze použít.



Tab. 1 Převodové poměry ozubené soukolí, modul 0,4 mm

		Pastorek											
		26	27	30	31	32	33	34	35	37	39	46	47
Ozubené kolo	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,534
	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,511	0,522
	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,500	0,511
	94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,489	0,500
	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,406	0,479	0,490
	98	-	-	-	-	-	-	-	-	0,378	0,398	0,469	0,480
	100	-	-	-	-	-	-	0,340	0,350	0,370	0,390	0,460	0,470
	102	-	-	-	-	0,314	0,324	0,333	0,343	0,363	0,382	0,451	0,461
	104	-	-	0,288	0,298	0,308	0,317	0,327	0,337	0,356	0,375	0,442	0,452
	106	-	-	0,283	0,292	0,302	0,311	0,321	0,330	0,349	0,368	0,434	0,443
	108	0,241	0,250	0,278	0,287	0,296	0,306	0,315	0,324	0,343	0,361	0,426	0,435

Tab. 2 Převodové poměry ozubené soukolí, modul 0,5 mm

		Pastorek				
		23	25	27	29	32
Ozubené kolo	76	-	-	-	-	0,421
	78	-	-	-	0,372	0,410
	80	-	-	0,338	0,363	0,400
	82	-	0,305	0,329	0,354	0,390
	84	0,274	0,298	0,321	0,345	0,381
	86	0,267	0,291	0,314	0,337	0,372

3.2.2 ŘEMENOVÝ PŘEVOD

Pro druhý stupeň převodového ústrojí byl vybrán pohon pomocí ozubených řemenů. Tento způsob byl zvolen pro svoji jednoduchost, nižší cenu, delší životnost a pohlcování rázů. Tyto výhody převýšily nad nevýhodami, jako jsou složitější nastavení a nutnost krytování celého převodu. [16]

Tento převod je tvořen ozubenými řemeny a řemenicemi. První řemenice je pevně spojená s ozubeným kolem a další je součástí diferenciálů. Obě řemenice jsou spojeny ozubenými řemeny a jejich specifikace jsou uvedeny níže.

Řemenice byly navrženy podle normy ISO 5294.



Použité řemeny [23]:

Přední řemen

Ozubený řemen PHG T2.5-500-4 od firmy SKF CZ a.s.

Zadní řemen

Ozubený řemen PHG T2.5-170-4 od firmy SKF CZ a.s.

3.2.3 DRŽÁK MOTORU A ULOŽENÍ OZUBENÉHO KOLA S ŘEMENICÍ

Motor je k držáku přišroubován dvěma šrouby ve spodní části. Díra pro šrouby je podlouhlá, díky tomu je možno pohonnou jednotku posouvat a tím nastavovat vhodnou osovou vzdálenost pro kombinaci pastorku a ozubeného kola. Jako materiál byl použit hliník. Kvůli snížení hmotnosti jsou v držáku udělány perforace.

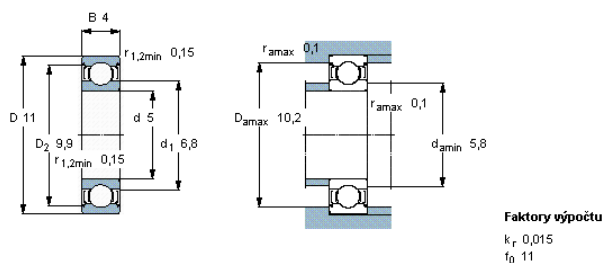
Ozubené kolo je nasazeno na ose, jejíž konce jsou uloženy v kuličkových ložiscích. Pravý konec je uložen v držáku motoru a levý ve stojanu uložení ozubeného kola. Ložiska jsou fixována víky uložení. Ozubené kolo je k ose připevněno pomocí čtyř šroubů. Na ose jsou dále nasazeny řemenice, které jsou jištěny pojistnými kroužky, a přenos výkonu je řešen pomocí osičky, která je usazena v díře osy a v drážce řemenice.

Použité ložiska

Kuličkové ložisko, jednořadé, nerezová ocel [18]

Tab. 3 Parametry ložiska držáku motoru

Základní rozměry			Základní hodnoty zatížení		Hodnoty rychlosti		Označení
d	D	B	dynamické	statické	Referenční rychlost	Omezující rychl.	
mm			kN	C0	ot/min		-
5	11	4	0,403	0,143	120000	60000	W 628/5-2z



Obr. 3 ložisko W 628/5-2z [18]

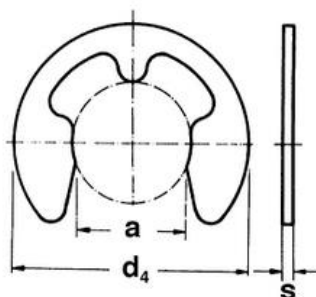


Pojistné prvky

Pojistný třmenový kroužek [22]

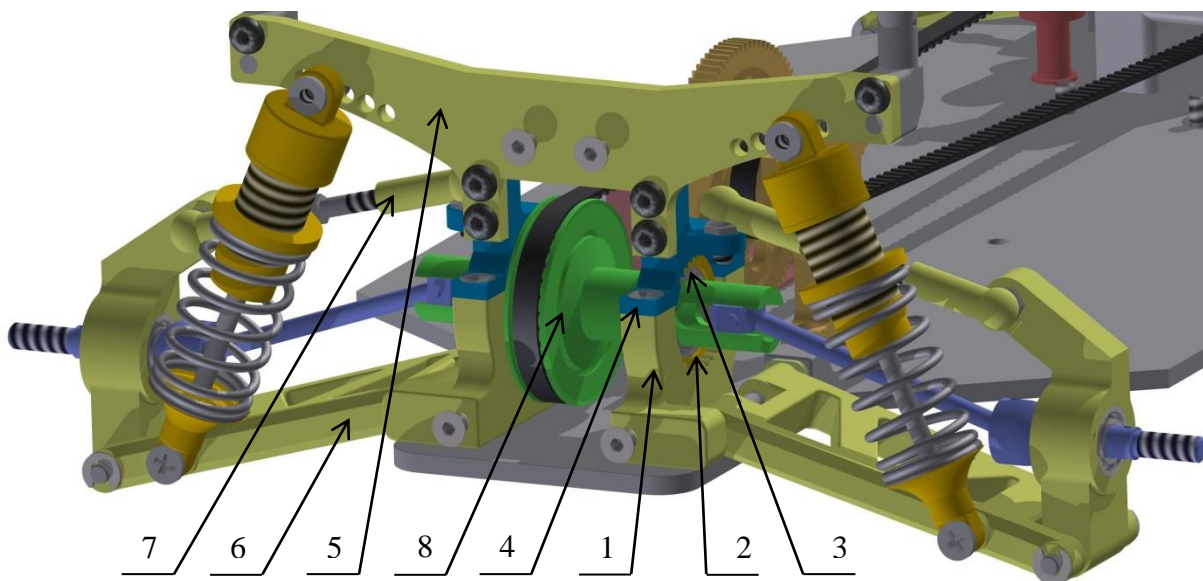
Tab. 4 Parametry pojistného kroužku řemenice

Základní rozměry				Norma	Výrobce	Kód
d2	a	d4	s			
mm				-	-	-
5	4,11	10,85	0,7	DIN 6799	Seeger	RA 2,3



Obr. 4 Pojistný kroužek Seeger [22]

3.3 ULOŽENÍ DIFERENCIÁLŮ



Obr. 5 Zadní uložení diferenciálu: 1 – domek diferenciálu, 2 – excentrické uložení ložiska, 3 – ložisko, 4 – víko, 5 – parohy, 6 – rameno, 7 – stavitelné spojovačky, 8 - diferenciál

Přední a zadní uložení je stejné, jen stranově převrácené. Šetří se tím náklady na výrobu. Jsou vyrobeny z hliníku.



Domek diferenciálu souží k jeho uložení a plní i další funkce. Nejdůležitější je možnost nastavení předpětí ozubeného řemenu pomocí excentrického uložení. Toho je docíleno pomocí uložení ložiska. Osy vnějšího a vnitřního válce jsou od sebe vzdáleny o 0,5 mm. Otáčením můžeme povolit nebo dotáhnout řemen. Fixování v určité poloze je dosaženo pomocí drážek v těle domku a víka.

Dále pak slouží k uchycení předních a zadních ramen, nastavitelných spojovaček a parohů. Osa ramen je uložena v domcích vyrobených z ABS plastu a lze pomocí nich nastavovat sbíhavost a rozbíhavost zadní nápravy. To je řešeno otvorem pro osu ramene, který je vyvrtán mimo střed domku a pod úhlem.

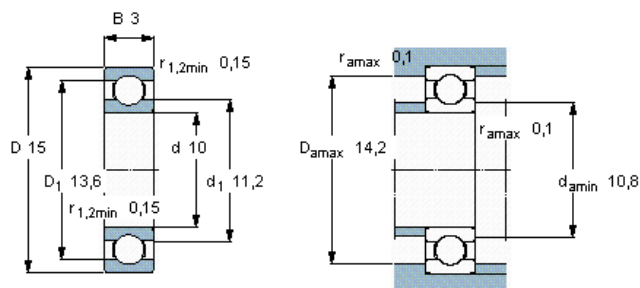
Použitá ložiska:

Ložisko 1

Kuličkové ložisko s hlubokou drážkou, jednořadé, nerezová ocel. [29]

Tab. 5 Parametry ložiska uložení diferenciálu

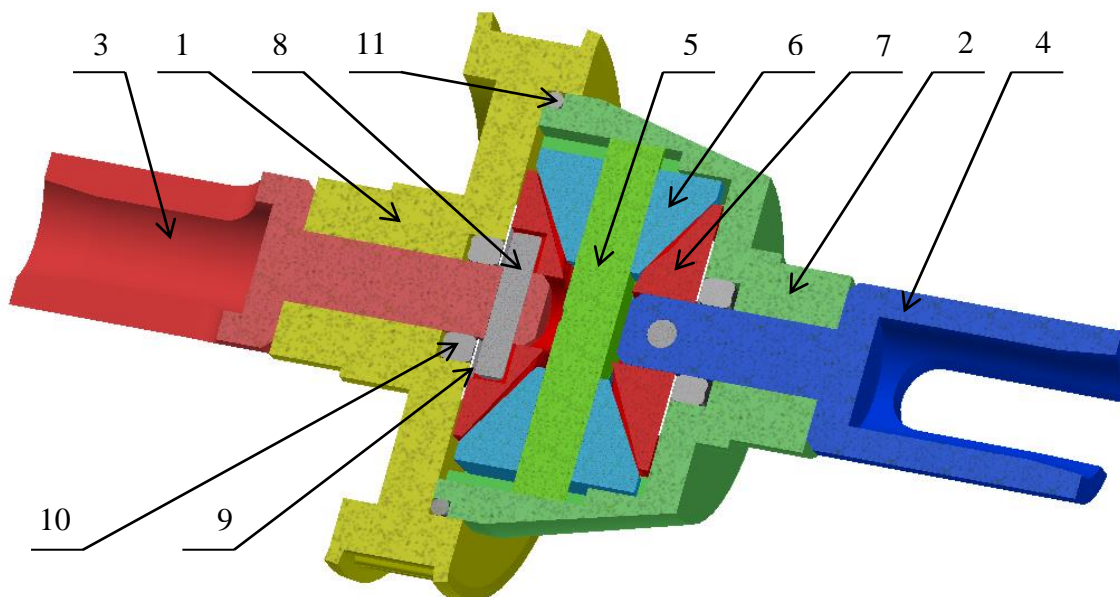
Základní rozměry			Základní hodnoty zatížení		Hodnoty rychlosti		Označení
d	D	B	dynamické	statické	Referenční rychlost	Omezující rychl.	
mm			C	C0	ot/min		-
10	15	3	0,488	0,22	85000	56000	W 61700



Obr. 6 Rozměry ložiska W 61700 [29]



3.4 PLANETOVÝ DIFERENCIÁL



Obr. 7 Planetový diferenciál: 1 – víko, 2 – tělo, 3 – unašeč dlouhý, 4 – unašeč krátký, 5 – hvězdice, 6 – planetka, 7 – planeta, 8 – osička, 9 – podložka, 10 – X-kroužek

Základním funkčním prvkem je převod pomocí kuželového soukolí. Tento převod rozděljuje otáčky mezi kola. Tento diferenciál je vhodný na přenášení větších kroticích momentů. Stejná konstrukce se používá i v automobilech. Je méně náročný na údržbu. Je však těžší a svornost se dá nastavit pouze změnou viskozity oleje. Úniku oleje zabraňují dva X-kroužky umístěné na poloose a jeden O-kroužek umístěný mezi víkem a tělem diferenciálu. Unašeče jsou zajištěny pomocí osiček a podložky, která je umístěna mezi planetou a tělem diferenciálu, příp. víkem. Je vyrobená ze železa a tím snižuje tření. [26] str. 13

3.4.1 KUŽELOVÉ SOUKOLÍ

Toto soukolí tvoří čtyři malé planetky, které jsou umístěny na hvězdici. Ta je spojena s tělem diferenciálu. Dalším stupněm jsou dvě planetky, které jsou spojené s unašeči pomocí osiček. Planetky a hvězdice jsou vyrobené z hliníku.

Vlastnosti ozubení dle [20]:

Výška hlavy zubu:

$$h_{ae} = 1m = 1 \cdot 0,7 = 0,7 \text{ mm} \quad (9)$$

kde: m_k [mm] modul planetového soukolí

Výška paty zubu:

$$h_{fe} = 1,2m = 1,2 \cdot 0,7 = 0,84 \text{ mm} \quad (10)$$



Výška zubu:

$$h_e = h_{ae} + h_{fe} = 0,7 + 0,84 = 1,54 \text{ mm} \quad (11)$$

Šířka ozubení zvolena:

$$b_k = 5,5 \text{ mm}$$

Úhel roztečného kužele planetky:

$$\delta_1 = \arctan\left(\frac{z_{k1}}{z_{k2}}\right) = \arctan\left(\frac{10}{20}\right) = 26,6^\circ \quad (12)$$

kde: z_{o1} [-] počet zubů planetky
 z_{o2} [-] počet zubů planety

Úhel roztečného kužele planety:

$$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1 = 90^\circ - 26,6^\circ = 63,4^\circ \quad (13)$$

Průměr roztečné kružnice planetky:

$$d_{e1} = z_1 m = 10 * 0,7 = 7 \text{ mm} \quad (14)$$

Průměr roztečné kružnice planety:

$$d_{e2} = z_2 m = 20 * 0,7 = 14 \text{ mm} \quad (15)$$

Průměr hlavové kružnice planetky:

$$d_{a1} = d_{e1} + 2h_{ae} \cos(\delta_1) = 7 + 2 * 0,7 * \cos(26,6^\circ) = 8,3 \text{ mm} \quad (16)$$

Průměr hlavové kružnice planety:

$$d_{a2} = d_{e2} + 2h_{ae} \cos(\delta_1) = 14 + 2 * 0,7 * \cos(63,4^\circ) = 14,6 \text{ mm} \quad (17)$$

Průměr patní kružnice planetky:

$$d_{f1} = d_{e1} + 2h_{fe} \cos(\delta_1) = 7 + 2 * 0,7 * \cos(26,6^\circ) = 8,5 \text{ mm} \quad (18)$$

Průměr patní kružnice planety:

$$d_{f2} = d_{e2} + 2h_{fe} \cos(\delta_2) = 14 + 2 * 0,7 * \cos(63,4^\circ) = 15,5 \text{ mm} \quad (19)$$

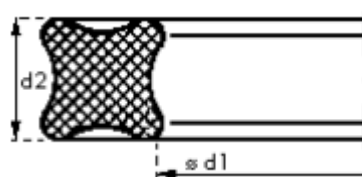

Těsnící prvky:

Těsnění 1 a 3

X - Kroužek 3,68 x1,78 NBR 70 [19]

Tab. 6 Parametry těsnícího kroužku planetového diferenciálu

Základní rozměry		Materiál	Norma	Výrobce	Kód
d1	d2				
mm		-	-	-	-
3,68	1,78	NBR70	DIN3770	Rubena a.s.	54007

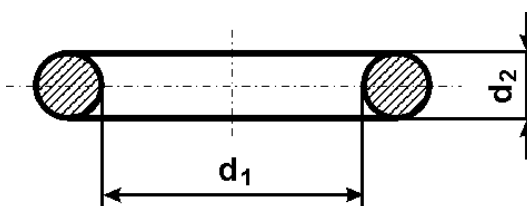

Obr. 8 Rozměry těsnícího kroužku [19]

Těsnění 2

O-kroužek 23x 1,2 NBR70 [33]

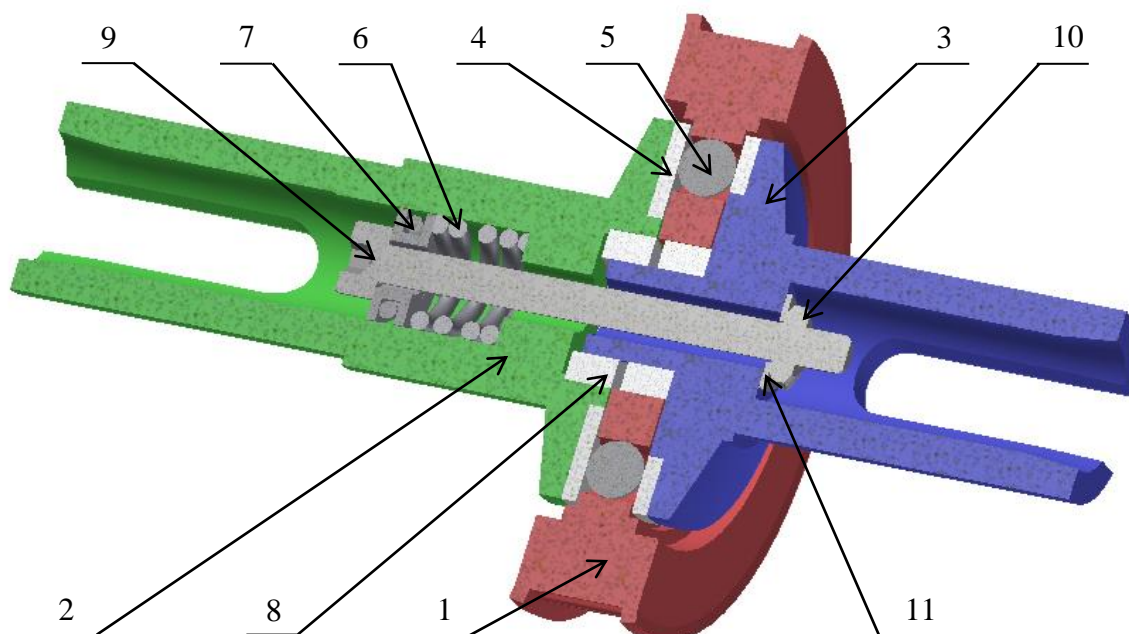
Tab. 7 Parametry těsnícího kroužku planetového diferenciálu

Základní rozměry		Materiál	Norma	Výrobce	Kód
d1	d2				
mm		-	-	-	-
23	1,2	NBR70	DIN3770	Rubena a.s.	51833


Obr. 9 Rozměry těsnícího kroužku [33]



3.5 KULIČKOVÝ DIFERENCIÁL



Obr. 10 Kuličkový diferenciál: 1 – řemenice, 2 – unašeč dlouhý, 3 – unašeč krátký, 4 – podložka, 5 – kulička, 6 – pružina, 7 – axiální ložisko, 8 – kuličkové ložisko, 9 – šroub, 10 – matka, 11 - podložka

Hlavní funkční část se skládá z 2 mm ocelových kuliček zasazených v dírách ve středové části a dvou podložek spojených s pravou a levou částí diferenciálu. Tyto části jsou spojené šroubem, pomocí kterého lze nastavovat svornost. Pod hlavičkou tohoto šroubu je umístěno axiální ložisko, díky kterému nedojde k ukroucení šroubu. Pod ložiskem je umístěna pružina, která zajišťuje lineární nastavení svornosti. [25]

Při dotahování šroubu vzniká tlak a díky tomu i tření mezi kuličkami a podložkami. Toto tření zabraňuje prokluzu a je zajištěn přenos krouticího momentu ke kolům. Mezeru mezi funkčními částmi vyplňuje silikonové mazivo, které pomáhá vytvoření dostatečného tření. Vzájemné natáčení a tím i splnění funkce diferenciálu je zajištěné odvalováním kuliček po podložkách. [25]

Použitá ložiska:

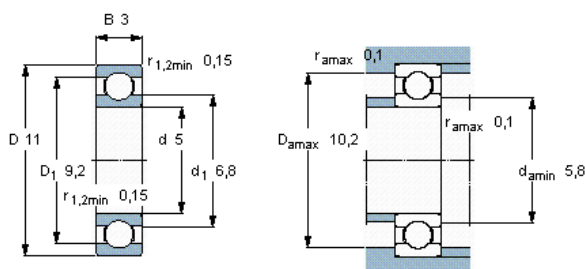
Ložiska 1 a 2

Kuličkové ložisko s hlubokou drážkou, jednořadé, nerezová ocel, výrobce SKF a.s. [30]



Tab. 8 Parametry kuličkového ložiska

Základní rozměry		Základní hodnoty zatížení			Hodnoty rychlosti	Omezující rychlost	Označení
d	D	B	C	statické	Referenční rychlost		
mm			kN	C0	ot/min		-
5	11	3	0,403	0,143	120000	75000	W 618/5



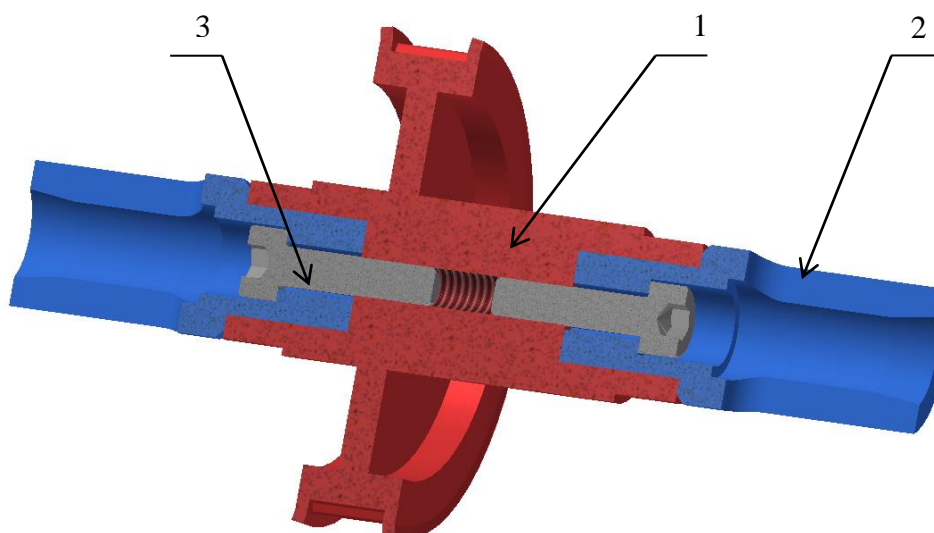
Obr. 11 Rozměry kuličkového ložiska W 618/5 [30]

Ložisko 3

Axiální kuličkové ložisko.

Toto ložisko se ve velkých objemech vyrábí pouze na zakázku. V malých objemech je ho možné koupit ve specializovaných obchodech pro modeláře.

3.6 PEVNÁ OSA

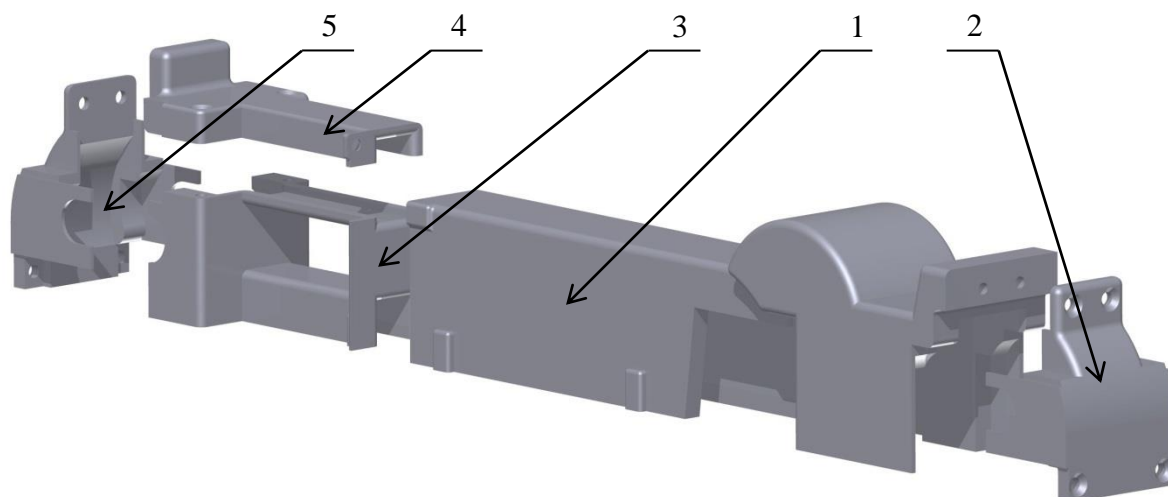


Obr. 12 Pevná osa: 1 – tělo, 2 – unašeč, 3 - šroub



Pevná osa nedovoluje rozdělení otáček mezi kola. Je složena ze tří částí. Prostřední část, kde je umístěná řemenice, je vyrobená z jednoho kusu hliníku. Unašeče jsou k prostřední části přišroubovány. Toto řešení zvětšuje nedotáčivost a zlepšuje jízdní vlastnosti při brzdění. Jako materiál byl použit hliník.

3.7 KRYT



Obr. 13 Kryt: 1 – střed, 2 – zadní díl, 3 – H, 4 – poklop, 5 – přední díl,

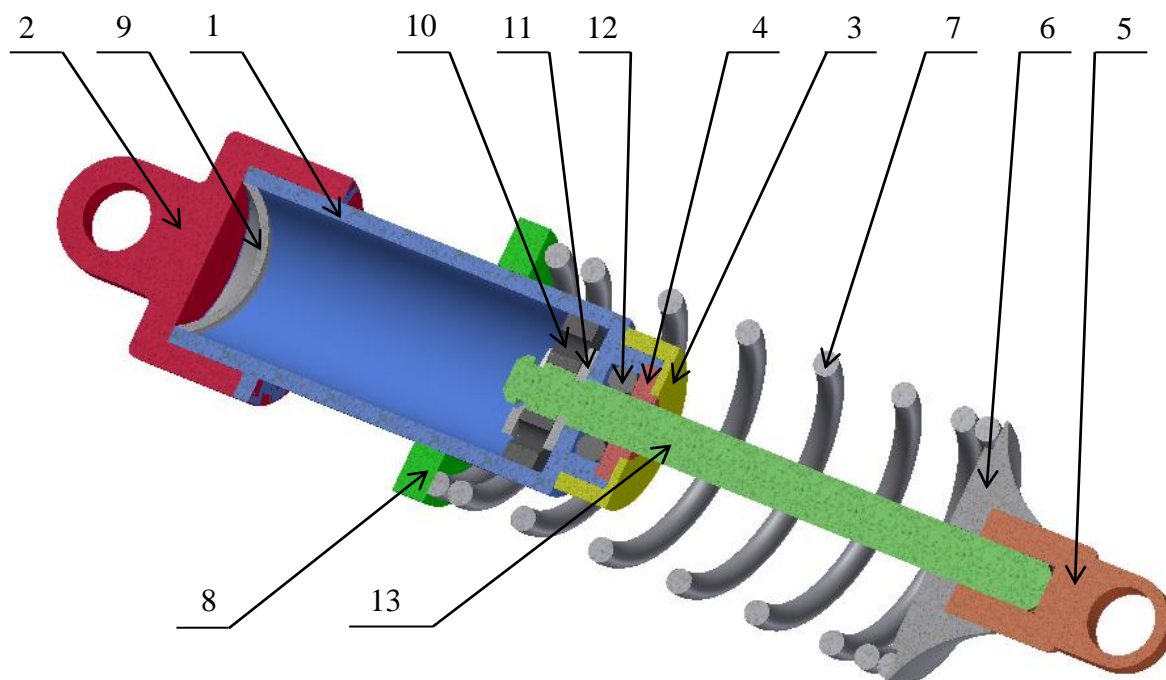
Kryt chrání důležité prvky převodů před vniknutím vody a nečistot. Tyto nečistoty by mohly způsobit svlečení řemínek z řemenic či jejich poškození. Dále pak slouží jako výztuha, která zabraňuje ohybu a krutu podvozku.

Kryt se skládá ze tří částí. Přední a zadní část jsou podobné, liší se pouze délkou bočnic. Prostřední část je složena ze tří dílců. Zadní zakrývá zadní diferenciál a ozubené kolo s pastorkem. Pak pokračuje směrem k přednímu uložení, kde se napojuje na přední dílec. Přední spodní dílec ve tvaru „H“ vytváří prostor pro řízení. Díky tomuto řešení je řízení kompletně oddělené od prostoru řemínek a není nutné řešit pružné krytování mezi spojovacími řízení a krytem. Ten je pak z vrchu přiklopen vrchním dílem.

Jako materiál byl použit ABS plast, který je dobře tvarovatelný, odolný vůči mechanickému poškození a houževnatý.



3.8 TLUMIČ



Obr. 14 tlumič: 1 – válec, 2 – víko, 3 – víčko, 4 – držák o – kroužku, 5 – očko, 6 – držák pružiny, 7 – pružina, 8 – kroužek, 9 – čepička, 10 – píst, 11 – pojistný kroužek, 12 – o – kroužek, 13 – pístnice

Konstrukce vychází z automobilových tlumičů. Funkce je stejná, ale konstrukce je zjednodušená. Tlumič je vyplněn olejem, který protéká přes díry v pístnici. Zvenku je vedena pružina o standardizované vnitřní šířce, aby byla možnost případné výměny za pružinu o jiné tuhosti. [27]

Míru tlumení můžeme ovlivnit viskozitou oleje a použitím pístů s různým počtem děr. Platí zde, že čím vyšší viskozita, tím dochází k většímu tlumení a čím více děr, tím více kapaliny může proudit z jedné části tlumiče do druhé a nedochází k takovému útlumu. [27] str. 7-8

Výběr pružin je omezen pouze maximální délkou, která činí 40 mm, a vnitřním průměrem 13 mm. Předpětí můžeme nastavit pomocí stavicího kroužku. Tento kroužek je našroubován na závit s malým stoupáním, aby nedocházelo k povolování, a zároveň bylo umožněno přesnější nastavení.

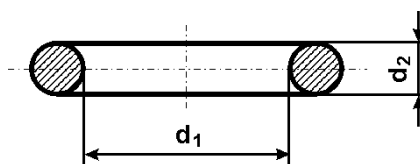


Těsnící prvky

O-kroužek 2,9x17,8 NBR70 (DIN3770) [34]

Tab. 9 Parametry těsnícího kroužku tlumiče

Základní rozměry		Materiál	Norma	Výrobce	Kód
d1	d2				
mm		-	-	-	-
2,9	1,78	NBR70	DIN3770	Rubena a.s.	50014



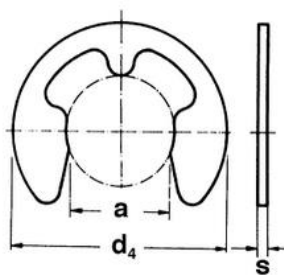
Obr. 15 Rozměry těsnícího kroužku [34]

Pojistné prvky

Pojistný třmenový kroužek [22]

Tab. 10 Parametry pojistného kroužku tlumiče

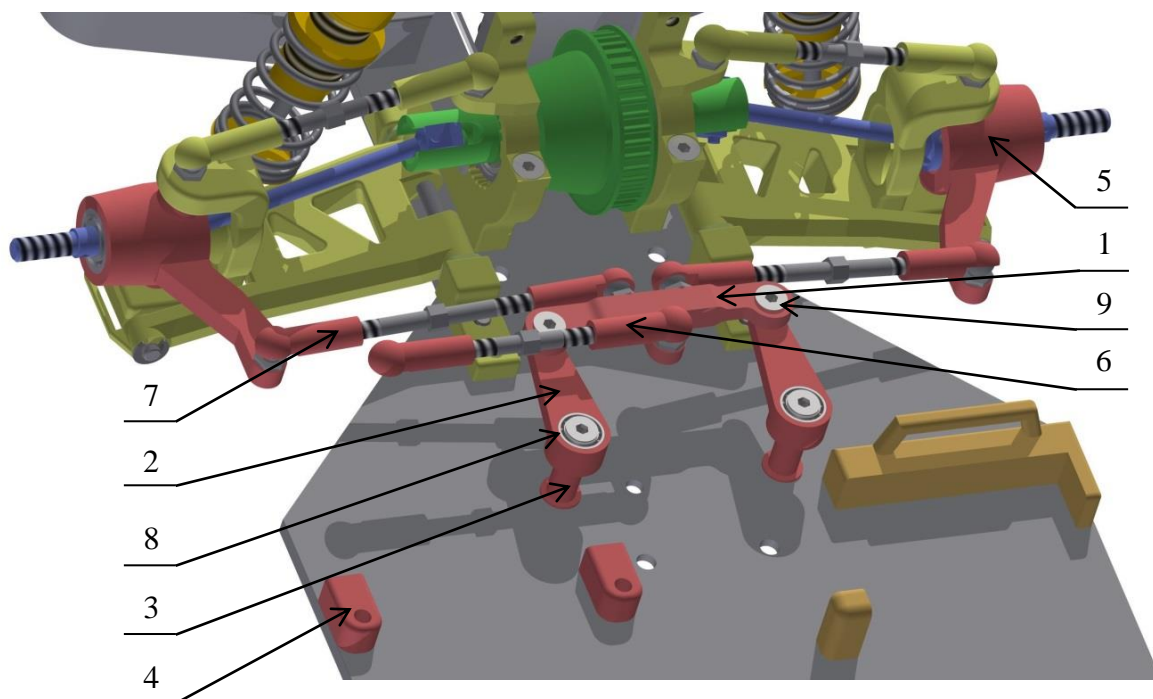
Základní rozměry				Norma	Výrobce	Kód
d2	a	d4	s			
mm				-	-	-
2,3	1,94	5,9	0,6	DIN 6799	Seeger	RA 2,3



Obr. 16 Rozměry pojistného kroužku [22]



3.9 ŘÍZENÍ



Obr. 17 Řízení

Řízení je tvořeno střední částí, na kterou jsou připevněné spojovačky. Jedna spojovačka s kratším stavitelným šroubem vede k servomotoru, další dvě vedou k ramenům řízení, jsou připevněné pomocí šroubu s kulovou hlavou a slouží k nastavení sbíhavosti kol. Mezi střední částí a ramenem řízení se nachází ložiska 1 a 2 a vše je spojené šroubem M3x8. Páky jsou s platem spojeny sloupkem. Toto spojení je řešené ložisky 3 až 6.

Ramena řízení jsou umístěna v C-hubech a jsou v nich zasazena ložiska s ořechem kola. Ramena se dokážou vyklonit o 27° od osy.

Kuličková ložiska jsou použité z důvodu zajištění minimálního tření, což se nám projeví v rychlosti vyklonění.

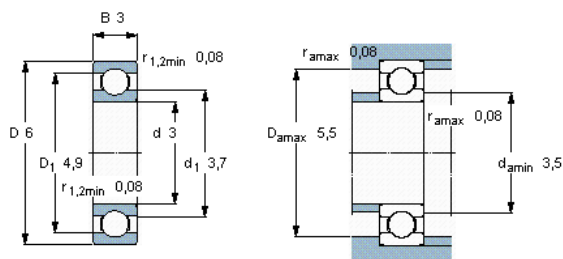
Použitá ložiska:

Ložiska 1 a 2

Kuličkové ložisko, jednořadá, nerezová ocel, výrobce SKF a.s. [31]

Tab. 11 Parametry kuličkového ložiska řízení

Základní rozměry			Základní hodnoty zatížení		Hodnoty rychlosti		Označení
d	D	B	dynamické C	statické C0	Referenční rychlost	Omezující rychlost	
mm			kN		ot/min		-
3	6	3	0,216	0,085	160000	100000	W 637/3



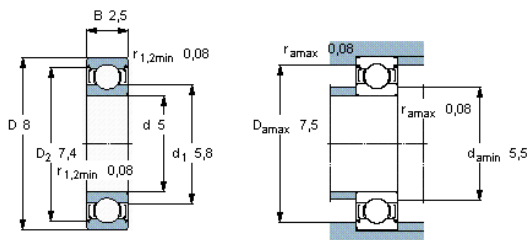
Obr. 18 Rozměry kuličkového ložiska W 637/3 [31]

Ložiska 3 až 6

Kuličkové ložisko, jednořadé, nerezová ocel, výrobce SKF a.s. [32]

Tab. 12 Parametry kuličkového ložiska řízení

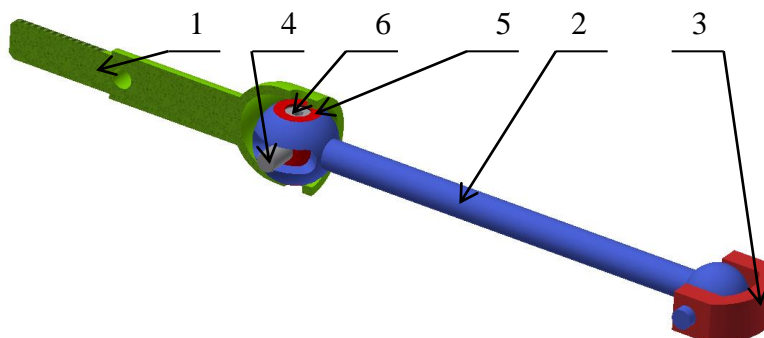
Základní rozměry			Základní hodnoty zatížení		Hodnoty rychlosti		Označení
d	D	B	dynamické C	statické C0	Referenční rychlost	Omezující rychl.	
mm			kN		ot/min		-
5	8	2,5	0,121	0,045	140000	70000	W 627/5-2Z



Obr. 19 Rozměry kuličkového ložiska W 627/5-2Z [32]



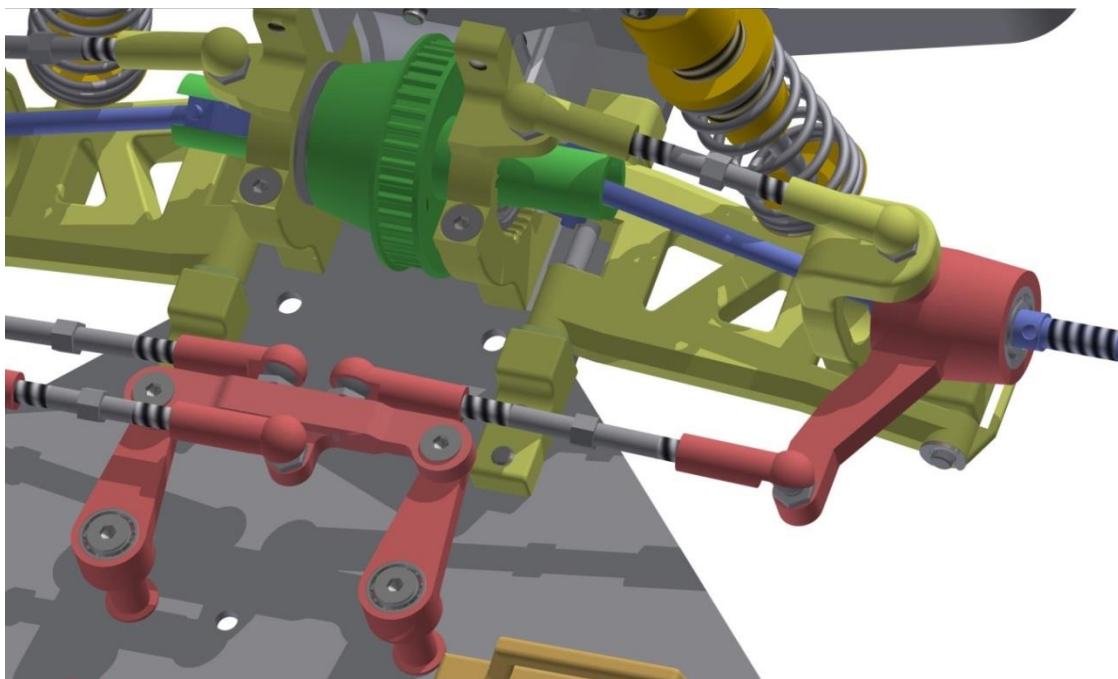
3.10 POLOOSY



Obr. 20 Poloosa: 1 – ořech, 2 – poloosa, 3 – C, 4 – osička, 5 – oříšek, 6 – šroub

Konstrukce poloos vychází z kardanova kloubu [28]. Osička je pevně spojena s oříškem pomocí šroubku v oříšku. Díky tomu se může poloosa pouze naklánět vůči ořechu kola. Tím je zajištěn přenos krouticího momentu i při pohybu ramen nahoru a dolů. C je umístěno v unašečích diferenciálu. Chrání je před vymačkáním tím, že zvětšuje dotykovou plochu.

3.11 NASTAVENÍ GEOMETRIE



Obr. 21 Nastavitelné spojovačky ramen a řízení: 1 – nastavitelná spojovačka řízení, 2 – nastavitelná spojovačka ramen

Nastavení geometrie podvozku je řešeno pomocí nastavitelných spojovaček. Ty jsou tvořeny stavěcím šroubem, který má pravý a levý závit. Díky tomu je možné dotahováním nebo povolováním zvětšovat příp. zmenšovat délku. Tímto řešením můžeme nastavovat odklony předních a zadních kol a sbíhavost nebo rozbíhavost přední nápravy. Pro nastavení se používá klíč číslo 4.



ZÁVĚR

Obsahem této bakalářské práce je návrh konstrukčního řešení podvozku pro RC model tak, aby splnil technické specifikace pro přijetí do seriálu RC rally. To zahrnuje především splnění rozměrových norem, použití elektromotoru a krytování důležitých funkčních částí podvozku.

Pro plato podvozku byla zvolena varianta s použitím karbonové desky. Tento materiál byl vybrán především pro svoji vysokou pevnost při zachování co nejnižší hmotnosti. Negativem tohoto řešení je vyšší cena.

Přenos výkonu od motoru ke kolům se skládá ze dvou stupňů hnacího převodu. Prvním je čelní ozubené soukolí složené z pastorku, který je umístěn na hřídeli motoru, a ozubeného kola, které je umístěno na hřídeli společně s řemenicemi. Pro čelní ozubené soukolí byl proveden výpočet základních parametrů a byla vytvořena tabulka s převodovými poměry. Druhý stupeň tvoří řemenice a ozubený řemen. Menší řemenice jsou pevně spojeny s ozubeným kolem a větší řemenice jsou součástí diferenciálů a pevné osy. Tvar zubů řemenic byl vytvořen na základě normy ISO 5294. Řemeny byly vybrány s profilem T2,5, délkami 500 mm a 170mm a šířce 4 mm. Jako materiál pro ozubená kola a řemenice byl použit hliník.

Diferenciál byl zkonstruován ve dvou variantách. První varianta je planetový diferenciál. Hlavní funkční částí je planetový převod. Druhá je kuličkový diferenciál, který využívá tření mezi kuličkami a podložkami.

Kryt je tvořen pěti dílci. Přední a zadní zakrývají diferenciály a jsou téměř shodné. Liší se pouze délkou bočnic. Zbylé tři části zakrývají prostřední část, kde chrání čelní ozubené soukolí, diferenciály a celou délku řemenů. Kryt slouží i jako výztuha a zabraňuje kroucení a jiné deformaci podvozku. Jako materiál byl použit ABS plast pro svoji dobrou tuhost a odolnost vůči poškození.

Konstrukce tlumiče je velmi podobná těm, které se používají u automobilů. Hlavním prvkem tlumení je olej ve válci. Vnější vinutá pružina má vnitřní standardizovanou šířku, aby bylo možné použít pružiny jiných tuhostí a délek. Tlumič je vyroben z hliníku.

Dále pak byl vytvořen návrh konstrukce řízení a poloos.

Podvozek je kompletně nastavitelný. Je možné změnit odklony a sbíhavost přední a zadní nápravy, upravit svornost diferenciálu a tuhosti tlumičů.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Editor Miloš Vlk. Překlad Martin Hartl. V Brně: VUTIUM, 2010, xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [2] SVOBODA, Pavel. Základy konstruování. Vyd. 3., upr. a dopl. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 234 s. ISBN 978-80-7204-633-1.
- [3] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. Výběry z norem pro konstrukční cvičení. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 223 s. ISBN 978-80-7204-636-2.
- [4] ISO 5296, Synchronousbeltdrives — Beltswithpitchcodes MXL, XXL, XL, L, H, XH and XXH — Metric and inchdimensions.
- [5] CLASSIC AND VINTAGE RC CARS. *Classic and Vintage RC Cars* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://www.classic.rc-junkies.net/?page_id=637
- [6] ASSOCIATED ELECTRICS, INC. *Evolutionofrc10buggy* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.teamassociated.com/downloads/evolution-of-rc10-buggy.html>
- [7] AIR AGE MEDIA. *TheHistoryof RC* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.rcaraction.com/blog/2011/07/26/the-history-of-rc/>
- [8] RC AUTA. *Kupujeme první RC auto* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.rc-auta.eu/uzitecne-odkazy/80-kupujeme-prvni-rc-auto>
- [9] RC AUTA. *RC soupravy* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.rc-auta.eu/uzitecne-odkazy/90-rc-soupravy>
- [10] RC AUTA. *Akumulátory* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.rc-auta.eu/uzitecne-odkazy/88-akumulatory>
- [11] RC AUTA. *Elektronické regulátory otáček* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.rc-auta.eu/uzitecne-odkazy/87-elektronicke-regulatory-otacek>
- [12] RC AUTA. *Serva* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.rc-auta.eu/uzitecne-odkazy/93-serva>
- [13] RC RALLY BRNO. *Pravidla* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.rallybrno.cz/pravidla.php>
- [14] PLASTIC SYSTEMS S.R.O. *ABS plast* [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://tiefziehen.com/cz/ABS/>
- [15] THE CREATIVE-ZONE. *Technologie výroby kompozitů* [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.havel-composites.com/clanky/0-home/76-Tecnologia-su-descripcion-y-esquemas.html>



- [16] WALTHER FLENDER S.R.O. *Převod ozubeným řemenem* [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.walther-flender.cz/catalogs/Prevody-ozubenymi-remeny.pdf>
- [17] STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA NOVÉ MĚSTO NAD METUJÍ. *Ozubené převody* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://dum.spsnome.cz/2011/tp/sr/sr-tp-sps-03-02-Ozubene-prevody.pdf>
- [18] SKF. *Kuličkové ložisko W 628/5-2Z* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/stainless-steel-deep-groove-ball-bearings/single-row-stainless-steel/index.html?prodid=1010476285&imperial=false>
- [19] RUBENA. *X-kroužek 3,68x1,78 NBR 70* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.rubena.cz/x-krouzek-368-x178-nbr-70/d-157566-c-2253/>
- [20] Antonín Pártl. *Výpočet ozubeného soukolí* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.ozubeni.cz/ozubeni/kuzel.html>
- [21] HOŇKA S.R.O. *Spojovací materiál* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/>
- [22] TRACEPARTS. *RA Ringsforshafts DIN 6799* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://www.tracepartsonline.net/\(S\(r3mininl035r0jiz0lewn4gb\)\)/partdetails.aspx?PartID=32-07092009-102879&class=SEEGER&clsid=/F_SEEGER/SEEGER.3/](http://www.tracepartsonline.net/(S(r3mininl035r0jiz0lewn4gb))/partdetails.aspx?PartID=32-07092009-102879&class=SEEGER&clsid=/F_SEEGER/SEEGER.3/)
- [23] SKF. *SKF PowerTransmission* [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.skfftp.com/CategorySearch/Index/1>
- [24] ALCOM ALVAL S.R.O. *Kruhové tyče* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.hlinik.cz/media/files/product/item/files-5/hlin%C3%ADkov%C3%A9%20kruhov%C3%A9%20ty%C4%8De%20CZ.pdf>
- [25] RCTEK. *BallDifferentials* [online]. [cit. 2015-05-26]. http://web.archive.org/web/20070817125815/http://rctek.com/general/differential_ball_description.html
- [26] HERKA, M. *Současný stav a vývojové tendence v konstrukci diferenciálů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ondřej Blat'ák.
- [27] PRAŽÁK, František. *Tlumič odpružení jako prvek ovlivňující jízdní vlastnosti automobilu* [online]. Brno, 2006 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=57. Dizertační práce.
- [28] THE CRANKSHAFT PUBLISHING. *Universal Joints (Automobile)* [online]. [cit. 2015-05-26]. <http://what-when-how.com/automobile/universal-joints-automobile/>
- [29] SKF. *Kuličkové ložisko W 61700* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/stainless-steel-deep-groove-ball-bearings/single-row-stainless-steel/index.html?prodid=1010421700&imperial=false>



- [30] SKF. *Kuličkové ložisko W 618/5* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z:
<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/stainless-steel-deep-groove-ball-bearings/single-row-stainless-steel/index.html?prodid=1010426185&imperial=false>
- [31] SKF. *Kuličkové ložisko W 637/3* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z:
<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/stainless-steel-deep-groove-ball-bearings/single-row-stainless-steel/index.html?prodid=1010426373&imperial=false>
- [32] SKF. *Kuličkové ložisko W 627/5-2Z* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z:
<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/stainless-steel-deep-groove-ball-bearings/single-row-stainless-steel/index.html?prodid=1010476275&imperial=false>
- [33] RUBENA. *O-kroužek 23x1,2 NBR 70* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z:
<http://www.rubena.cz/o-krouzek-23x-12-nbr70din3771/d-156462-c-2214/>
- [34] RUBENA. *O-kroužek 2,9x1,78 NBR 70* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z:
<http://www.rubena.cz/o-krouzek-29x-178-nbr70din3770/d-154651-c-2214/>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

a	[mm]	osová vzdálenost
b	[mm]	šířka ozubení
c	[mm]	hlavová vůle čelního ozubeného soukolí
d _{a1}	[mm]	průměr hlavové kružnice planetky
d _{a2}	[mm]	průměr hlavové kružnice planety
d _{e1}	[mm]	průměr roztečné kružnice planetky
d _{e2}	[mm]	průměr roztečné kružnice planety
d _{f1}	[mm]	průměr patní kružnice planetky
d _{f2}	[mm]	průměr patní kružnice planety
d _{o1}	[mm]	průměr pastorku
d _{o2}	[mm]	průměr ozubeného kola
h	[mm]	výška zubu čelního ozubeného soukolí
h _a	[mm]	hlavová vůle čelního ozubeného soukolí
h _{ae}	[mm]	výška hlavy zubu planetového soukolí
h _e	[mm]	výška zubu planetového soukolí
h _f	[mm]	výška paty zubu čelního ozubeného soukolí
h _{fe}	[mm]	výška paty zubu planetového soukolí
i	[-]	převodový poměr
l	[mm]	šířka zubové mezery
m	[mm]	modul čelního soukolí
m _k	[mm]	modul planetového soukolí
s _n	[mm]	tloušťka zubu čelního ozubeného soukolí
z _{k1}	[-]	počet zubu planetky
z _{k1}	[-]	počet zubů planety
z _{o2}	[-]	počet zubů pastorku
z _{o2}	[-]	počet zubů ozubeného kola
β	[°]	sklon zubu
δ ₁	[°]	úhel roztečného kužele planetky
δ ₂	[°]	úhel roztečného kužele planety
ε _β	[-]	součinitel záběru kola



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Obrazová dokumentace 3D modelu

Seznam výkresů

Výkresy sestav

01-01-A2	Podvozek
02-01-A3	Kuličkový diferenciál
03-01-A3	Planetový diferenciál
04-01-A3	Tlumič
05-01-A4	Poloosa

Kusovníky

01-01-A2-K	Podvozek (4 listy)
02-01-A3-K	Kuličkový diferenciál
03-01-A3-K	Planetový diferenciál
04-01-A3-K	Tlumič
05-01-A4-K	Poloosa

Příloha 1

Obrazová dokumentace 3D modelu

