

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh brzdové soustavy pro mototříkolku
Bc. David Řoutil

Diplomová práce
2009

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David ŘOUTIL**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**

Název tématu: **Návrh brzdové soustavy pro mototříkolku**

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

1. Úvod, cíl práce
2. Charakteristika mototříkolky
3. Návrh a možné varianty brzdové soustavy
4. Konstrukční řešení návrhu
5. Výpočty
6. Závěr a vyhodnocení

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- 1) Vala, M.; Tesař, M.; **Teorie a konstrukce silničních vozidel I**, vydavatelství Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002 ISBN 80-7194-503-X
- 2) Vlk, F.; **Podvozky motorových vozidel**, nakladatelství a vydavatelství Vlk, Brno 2000, ISBN 80-238-5274-4

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ivo Šefčík, Ph.D.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: **20. února 2009**

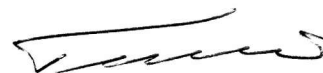
Termín odevzdání diplomové práce: **25. května 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 25. 5. 2009

Bc. David Řoutil

Poděkování

Rád bych touto formou poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Ivu Šefčíkovi za rady, konzultace a literární prameny. Dále chci poděkovat panu Zdeňku Šilerovi za cenné informace, které mi pomohli při psaní této diplomové práce.

ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá návrhem brzdové soustavy motorové tříkolky, konstrukčním řešením zvolené koncepce a homologováním..

KLIČOVÁ SLOVA

Brzdová soustava, kotoučová brzda, bubnová brzda, zavěšení kol, konstrukční řešení

TITLE

Concept brake system of cycle-car

ANNOTATION

The thesis do it concept brake system of cycle car, structural design and homologation.

KEYWORDS

Brake system, disk brake, shoe brake, wheel suspension, structural design

Obsah

1 Úvod	9
2 Charakteristika mototříkolky	10
2.1 Rám mototříkolky	10
2.2 Motor a převodové ústrojí	11
2.2.1 Motor	11
2.2.2 Spojka	13
2.2.3 Převodovka	13
2.3 Zavěšení kol	14
2.3.1 Přední zavěšení kol.....	14
2.3.2 Zavěšení zadního kola – hnacího kola	16
2.4 Řízení.....	18
2.5 Pneumatiky a kola.....	19
2.6 Přenos točivého momentu	21
2.7 Odpružení	22
2.8 Brzdy.....	23
3 Návrh brzdové soustavy	29
3.1 Výchozí parametry mototříkolky.....	30
3.2 Základní pojmy	31
3.2.1 Brzdění vozidla	31
3.3 Požadavky na brzdovou soustavu dle vyhlášky MDS ČR č. 341/2002 Sb.....	33
3.4 Homologace brzdové soustavy mototříkolky	34
3.5 Zkouška zabrzdění na suchém povrchu – působí se na jediný ovládací orgán brzd.....	37
3.6 Účinky brzdové soustavy vozidel kategorie L ₅ pro kombinovaný brzdový systém	38
3.7 Zkouška zabrzdění na suchém povrchu – působí se na všechny orgány provozního brzdění	38
3.8 Zkouška z vysoké rychlosti	39
3.9 Zkouška slábnutí brzdného účinku s ohřátými brzdami	40
3.9.1 Základní zkouška	40

3.10	Zkouška zabrzdění na suchém povrchu – působí se na jediný ovládací orgán brzd.....	41
3.11	Zkouška systému parkovací brzdou – u vozidel, která jsou parkovací brzdou vybavena	42
3.12	Návrh koncepce brzdové soustavy mototříkolky	43
3.12.1	Brzdová soustava s přední kotoučovou a zadní bubnovou brzdou	44
3.12.3	Brzdová soustava opatřena kotoučovou brzdou na všech kolech	45
3.13	Zhodnocení možných variant	46
3.14	Konstrukční řešení zvolené koncepce.....	48
3.14.1	Brzdy na přední nápravě	48
3.14.2	Brzda na zadním kole	49
3.15	Parkovací brzda.....	50
4	Konstrukční řešení návrhu	51
4.1	Hodnoty potřebné k výpočtu brzdové soustavy	51
4.2	Velikost brzdné síly a brzdného momentu na kolech mototříkolky.....	60
4.3	Výpočet ovládací síly na ruční a nožní páce brzdy	64
4.4	Výpočet minimálního součinitele adheze φ při parkování na svahu a do svahu	73
4.4.1	Výpočet minimálního součinitele adheze φ při parkování ze svahu	73
4.4.2	Výpočet minimálního součinitele adheze φ při parkování do svahu	76
4.5	Použití elektronických brzdných asistentů do mototříkolky	77
4.5.1	Přehled elektronických brzdných systémů	77
4.5.2	Elektronické brzdné systémy pro mototříkolku.....	78
4.5.3	Změny brzdové soustavy po aplikaci systému ABS a EPS.....	83
5	Závěr.....	84
	Použitá literatura	85
	Elektronické dokumenty	85
	Seznam tabulek	86
	Seznam obrázků	86
	Seznam grafů.....	87
	Seznam zkratk	88
	Seznam příloh	88

1 Úvod

Téma diplomové práce jsem si vybral, protože se mi naskytla příležitost stát se přímým účastníkem projektu, návrhu motorové tříkolky.

Na téma jsem se podíval z pohledu navrhování konstrukčního řešení a homologace brzdové soustavy, která by se mohla využít při návrhu jako nejvhodnější.

Jedním z rozhodujících podnětů pro napsání této práce je i skutečnost, že se nevyskytuje skoro žádná literatura a informace k danému tématu, které řeší tříkolové vozidlo z hlediska konstrukčního návrhu celého stroje a návrhu brzdové soustavy.

Cílem mé diplomové práce je navržení nejjednoduššího, nejvhodnějšího, cenově dostupného a samozřejmě funkčního řešení a následného vypočítání brzdové soustavy tříkolového vozidla z hlediska provozního brzdění, stání na svahu v obou směrech a zároveň i seznámení s homologačním procesem kategorie vozidel L₅ k možnému uvedení na pozemní komunikace.

V úvodu se zaměřuji na charakteristiku mototříkolky z pohledu možných použitých a navrhovaných komponentů, které by přicházely v úvahu. Mezi použité komponenty zahrnuji díly jak z automobilů tak určité díly z motocyklů, jenž by se dali po malých úpravách použít.

Následná kapitola je zaměřena na výchozí parametry mototříkolky a její další návrhy a vyhodnocení různých řešení brzdových soustav z hlediska účinnosti, spolehlivosti a jednoduchosti v provozu při montáži nebo demontáži. Kapitola už upřesňuje typ návrhu brzdové soustavy.

V další kapitole se zaměřuji na homologaci brzdové soustavy vozidel kategorie L₅ z hlediska brzdění, do které mototříkolka spadá a na zkoušky které je nutno podstoupit k uvedení vozidla na pozemní komunikaci.

Poslední kapitola už počítá s konstrukčním řešením zvolené brzdové soustavy. Výpočty jsou zaměřeny jak na homologaci brzdové soustavy tak na samotné výpočty a síly na kolech náprav a také připomínám elektronických brzdových systémů, jak jejich přehled tak jejich možné uplatnění a následné využití na mototříkolce.

V závěru se zaměřuji na vyhodnocení navrhované brzdové koncepce.

2 Charakteristika mototříkolky

Mototříkolka je navržena jako dvousedadlové dvoustopé vozidlo, jehož vlastnosti odpovídají silničnímu automobilu a motocyklu. Rozdělení kol je řešeno tak, že přední náprava má dvě kola a zadní hnací náprava je opatřena jedním kolem a uchycena na kyvném rameni.

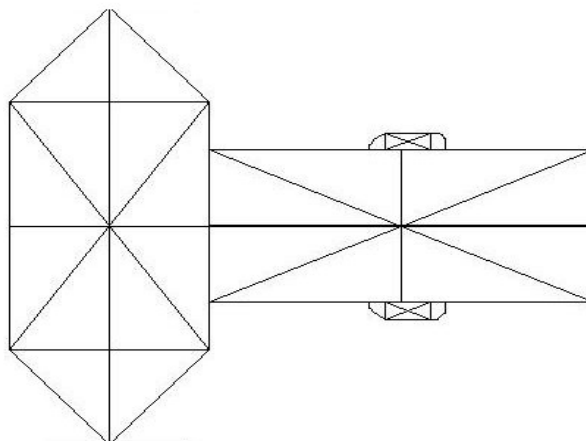
Navrhuji motor uložený za sedadlem před zadní výkyvnou vidlicí. Poháněno bude zadní samostatné kolo pomocí válečkového řetězu popřípadě může být i pomocí řemenu nebo kardanového hřídele.

Poháněcí jednotku bude zajišťovat motor Rotax 990 V-Twin o dostačujícím výkonu 79 kW. Je také možno použít jiný motor například z motocyklu Yamaha R1 motor o obsahu 1000 ccm, u kterého je motor uspořádán jako řadový čtyřválec a mnohem větším výkonu a točivém momentu, který by na mototříkolce už byl zbytečně předimenzovaný.

2.1 Rám mototříkolky

Rám je základní částí mototříkolky jejíž konstrukce má zásadní vliv na jízdní vlastnosti, čímž je bezprostředně spojena i bezpečnosti jízdy. Požadavky, které kladu na rám musí splňovat několik důležitých vlastností mezi které patří dostatečná tuhost a pevnost v jakékoliv jízdní poloze, nízká hmotnost rámu, masivní uložení ložisek pro přední řídicí nápravu a pro zadní kyvnou vidlici dále musí splňovat pevnost statické a dynamické síly při jízdě.

Pro tyto vlastnosti volím příhradový rám svařený z chrommolybdenových trubek o průměru 12 mm. Půdorys rámu mototříkolky je vyobrazen na obrázku číslo 1.



Obrázek č. 1: Půdorys rámu

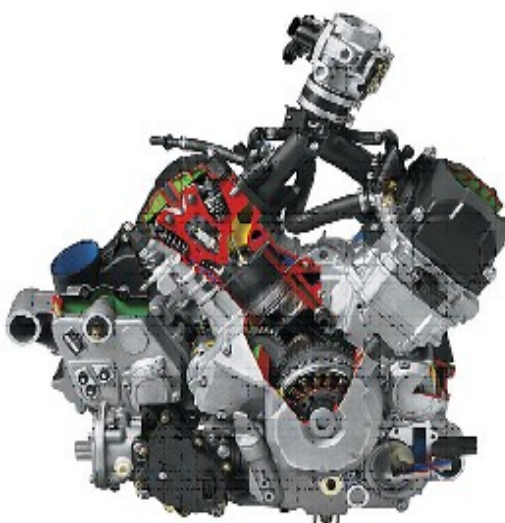
2.2 Motor a převodové ústrojí

2.2.1 Motor

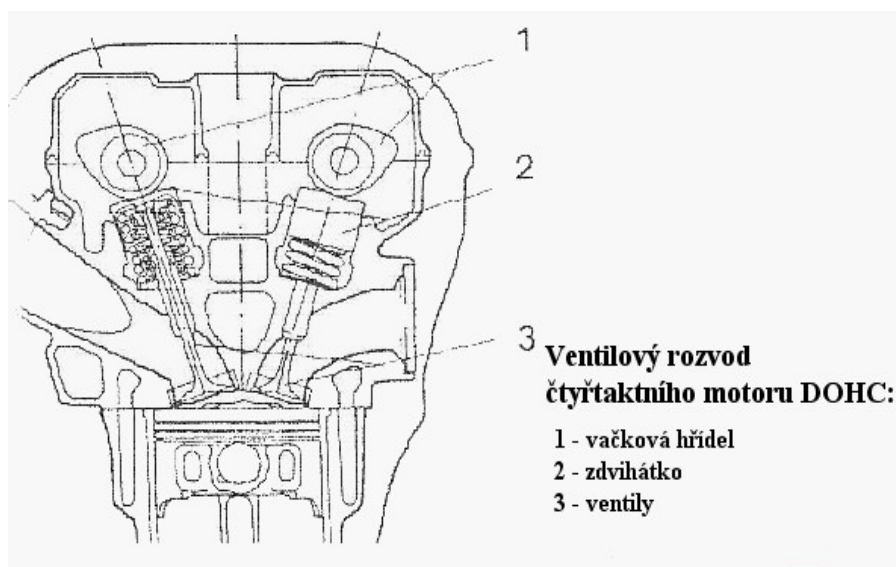
Jako pohonnou jednotku pro mototříkolku jsem si zvolil motor disponující dvěma válci od firmy BRP Rotax o objemu 998ccm a výkonu 79kW už při 8500 otáčkách za minutu a točivým momentem přesahující 104 Nm při 6500 otáčkách za minutu. Motor je kapalinou chlazený a poskytuje rychlou akceleraci v celém pásmu výkonu.

Konstrukce motoru je taková, že na jeden válec připadají čtyři ventily, kdy jsou dva ventily sací a dva výfukové. Ventily jsou poháněny rozvodem DOHC (Double OverHead Camshaft) nebo-li 2x OHC, to jsou dva vačkové hřídele v hlavě motoru, kdy jeden ovládá sací ventily a druhý výfukové ventily (*obrázek č. 3*). Vstřikování paliva je zajištěno řídicím systémem EFI se škrťací klapkou o průměru 57 mm.

Zapalování je elektronické pomocí zapalovací cívky s dvěma výstupy. Zapalování a vstřikování směsi do válců je řízeno řídicí jednotkou. Motor je vybaven tovární manuální 5-ti rychlostní sekvenční převodovkou se zpátečkou a také spojkou uloženou v mokrém prostředí opatřenou více kotouči ovládanou pomocí hydraulických pístků na levé straně řídítek.



Obrázek č. 2: Motor Rotax V-Twin



Obrázek č. 3: Ventilový rozvod DOHC

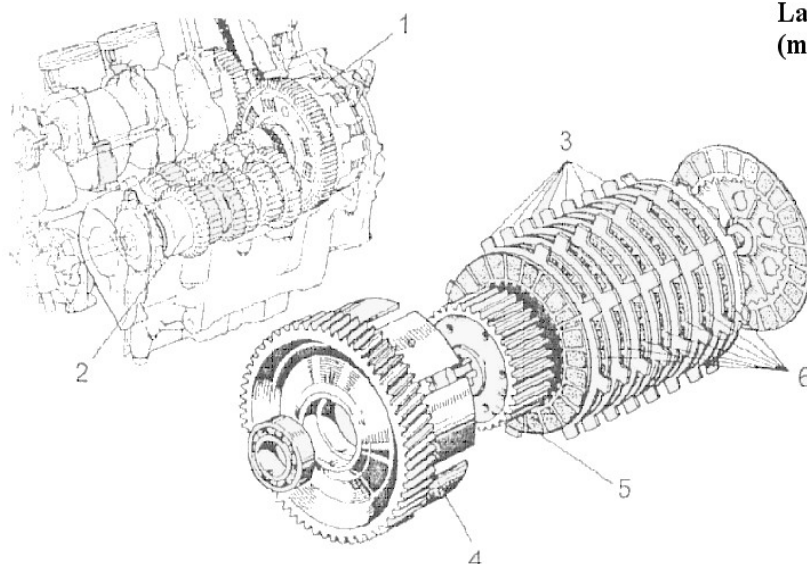
Údaje o použitém motoru pro mototříkolku se nacházejí v *tabulce číslo 1:*

Výrobce motoru	BRP-Rotax
Typové označení motoru	990 V-Twin
Zdvihový objem	998 cm ³
Konstrukce motoru	2 – válcový motor do V pod úhlem 77° 4 ventily na 1 válec
Vrtání	97 mm
Zdvih	68 mm
Kompresní poměr	10,8 : 1
Maximální výkon	79 kW při 8500 ot / min (106 hp při 8500 ot / min)
Maximální točivý moment	104,3 Nm při 6250 ot / min
Ventilový rozvod	DOHC
Vstříkovací systém	Vícebodový EFI se škrtkící klapkou o průměru 57mm a regulací lambda sondy
Typ zapalování	Elektronická zapalovací cívka s dvojným výstupem
Mazání motoru	5W40 BRP syntetický olej
Výfukový systém	s katalyzátorem
Převodovka	5-stupňová manuální převodovka se zpátečkou (SM5)
Spojka	V olejové lázni více kotoučová

Tabulka číslo 1: Použitý motor

2.2.2 Spojka

Použitá spojka odpovídá parametrům motoru Rotax 990 V-Twin. Spojka je více kotoučová v olejové lázni (obrázek 4). Lamely spojky jsou opatřeny drážkami, které rozdělují třecí obložení do jednotlivých polí a obíhají v olejové lázni. Tyto drážky zajišťují cirkulaci oleje. Olej v mokré spojce umožňuje plynulý záběr spojky a tím i jemnější rozjezd. Motorový olej ve spojce působí také jako tlumící médium a nereaguje rázovitě. Spojka se ovládá hydraulicky na levé straně řídítek pomocí hlavního hydraulického válce. Přes pancéřové hadičky je kapalina přesunuta do vypínacího válce. Hydraulická kapalina je použita stejná jako v brzdovém systému.



Lamelová spojka s olejovou lázní (mokrý spojka):

- 1 - spojka
- 2 - převodovka
- 3 - spojkový kotouč
- 4 - košík spojky s primárním ozubením
- 5 - buben spojky
- 6 - spojkové kotouče

Obrázek č.4: Lamelová spojka s olejovou lázní

2.2.3 Převodovka

S motorem Rotax 990 V-Twin o výkoně 79kW máme k dispozici 3 volby převodovek, které jsou schopny přenášet maximální točivý moment až 110 Nm. První volbou je sekvenční manuální převodovka s 5-ti rychlostními stupni a zpátečkou. Druhá volba zajišťuje řazení převodových stupňů pomocí elektroniky, tj. elektronická sekvenční převodovka také s 5-ti rychlostními stupni a zpátečkou.

Jako třetí volbu bych k řazení rychlostních stupňů mohl použít klasickou převodovku s „H“ opět s 5-ti rychlostními stupni a zpátečkou.

Pro můj návrh mototříkolky si volím manuální sekvenční převodovku s 5-ti rychlostními stupni a zpátečkou, na rozdíl od klasické převodovky s „háčkem“ se rychlostní stupně řadí postupně nahoru nebo dolů. Řazení pomocí sekvenční převodovky jsem si také zvolil proto, jelikož je rychlejší. Zařazení rychlostního stupně je vyřešeno na levé straně motoru nad levou opěrou nohy. Řazení zajišťuje levá noha, jedná se o tzv. „nožního řazení“.

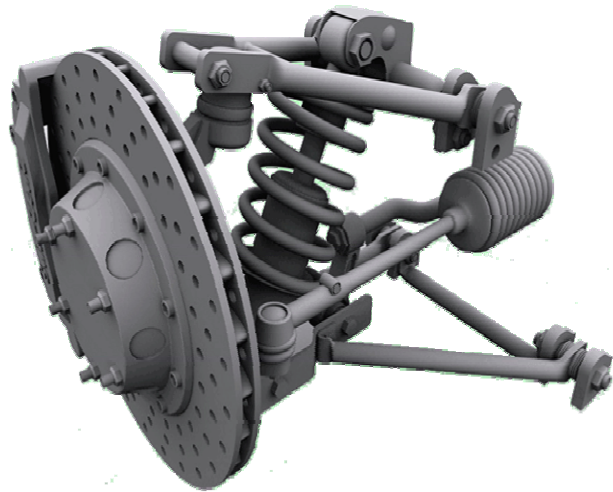
2.3 Zavěšení kol

2.3.1 Přední zavěšení kol

Zavěšení předního kola nebude a není řešeno jako u klasického motocyklu pomocí přední teleskopické vidlice. Využiji znalosti z teorie a konstrukce vozidel a použiji pro svůj návrh mototříkolky nezávislé zavěšení předních kol, tak jako je to použito u silničních vozidel. Volím si přímo nezávislé zavěšení kol, protože levé a pravé kolo na sebe nebudou závislé, tím zde nevznikne žádné třepetání. Náprava bude přenášet tíhu karosérie, brzdové a setrvačné síly. Svým pohybem umožňuje řízení a odpružení mototříkolky. Pro můj návrh připadají v úvahu dva typy nezávislého zavěšení kol.

a) Lichoběžníková náprava

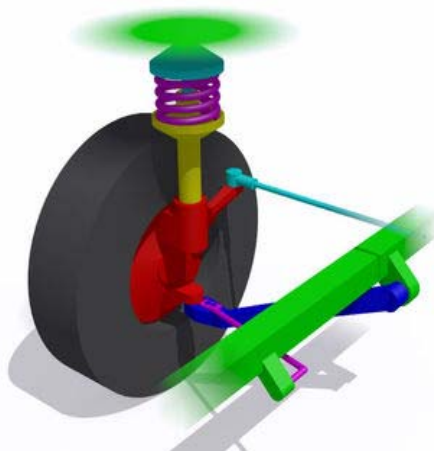
Prvním typem je lichoběžníková náprava s dvojitými příčnými rameny (*obrázek č.5*). Náprava je tvořena dvojicí nad sebou umístěných příčných ramen trojúhelníkového tvaru, kdy horní rameno bývá kratší než spodní. Pružina a tlumič jsou přes kloub spojeny s dolním ramenem tak, aby nezabíraly příliš místa.



Obrázek č. 5: Lichoběžníková náprava

b) Náprava Mc Pherson

Druhým typem, který by přicházel v úvahu je náprava McPherson (obrázek č. 6). Náprava je odvozena z lichoběžníkové nápravy, u které je horní rameno nahrazeno posuvným vedením. U tohoto zavěšení kol jsou kola ustavena příčným (většinou trojúhelníkovým) ramenem uchyceným pod osou kola, pružicí a tlumicí jednotkou a spojovací tyčí. Výhody této konstrukce jsou v malé neodpružené hmotě, robustní konstrukci spodního ramene a kompaktní stavbě.



Obrázek č.6: Náprava McPherson

S možnostmi, které se naskytly si volím lichoběžníkovou přední nápravu jelikož nezvyší přední nápravu tak jako by to udělala náprava McPherson.

2.3.2 Zavěšení zadního kola – hnacího kola

K zajištění vedení, odpružení, tlumení a přilnavosti zadního kola k vozovce se používá výkyvná vidlice s více nebo méně komplikovanými pákovými systémy. Zadní vidlice je součástí podvozku a slouží k uchycení zadního kola k rámu a k vedení zadního kola. Zavěšení zadního kola můžeme řešit pomocí jedné centrální pružící jednotky nebo kvalitní pružení a tlumení zajišťuje i konvenční vidlice s dvěma pružícími jednotkami, i když vidlice s jednou centrální pružící jednotkou má mnohem lepší jízdní vlastnosti. Hřídel zadní vidlice, někdy i dva čepy, okolo kterých se zadní vidlice otáčí, se vyskytují dole na zadní straně rámu. K uložení zadní vidlice použijí bronzové objímky nebo jehlová ložiska.

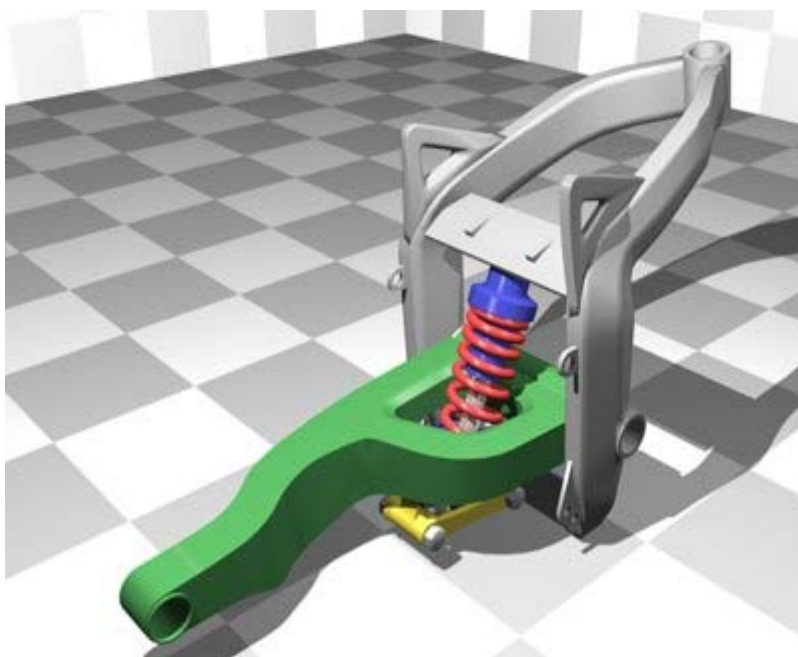
Pro svůj návrh mototříkolky mohu využít konvenční dvouramennou vidlici nebo vidlici s pákovým mechanismem a s centrální pružící a tlumící jednotkou, popřípadě jednoramennou vidlici (*obrázek č. 7*). V úvahu připadá také konvenční dvouramenná zadní vidlice je stále nejvíce rozšířená, skládá se ze dvou ramen, která jsou odpružena šikmo uchycenými tlumiči uchycenými vzadu na bocích rámu.

S pohonem pomocí válečkové řetězu je zadní vidlice opatřena mechanismem pro posouvání zadního kola, kterým lze seřadit napnutí právě válečkového řetězu. Vidlice musí být dostatečně tuhá, aby čep zadního kola měl ve výřezech bezpečné vedení. Nevýhodou je nedostatečná stabilita při nestejném zahřátí oleje a nestejném opotřebení dochází k rozdílné účinnosti a tím ke kroucení zadní vidlice.

Z možností které se nabízejí volím právě jednoramennou vidlici s centrální pružící jednotkou s nastavitelnou tuhostí, která bude zajišťovat dostatečné odpružení zadního kola.

Jednoramenná vidlice (*obrázek č. 7*), konstrukce této vidlice musí být velmi silná a mohutná, aby byla schopna zachytit všechny síly působící na zadní kolo.

Mezi síly, které působí na vidlici jsou boční síly při projíždění zatáčkou a brzdící síly. Vidlice je většinou odpružená klasickým způsobem pomocí jednoho tlumiče a vinuté pružiny upevněného v zadní části rámu jejich výhodou je úspora hmotnosti oproti vidlicím dvouramenným a jednak jednoduchost demontáže a montáže zadního kola. I přes obavy, že na první pohled působí jednoramenná výkyvná vidlice nestabilně tak opak je pravdou. Je vždy tak stabilní jako odpovídající vidlice dvouramenná.



Obrázek č. 7: Jednoramenná vidlice

2.4 Řízení

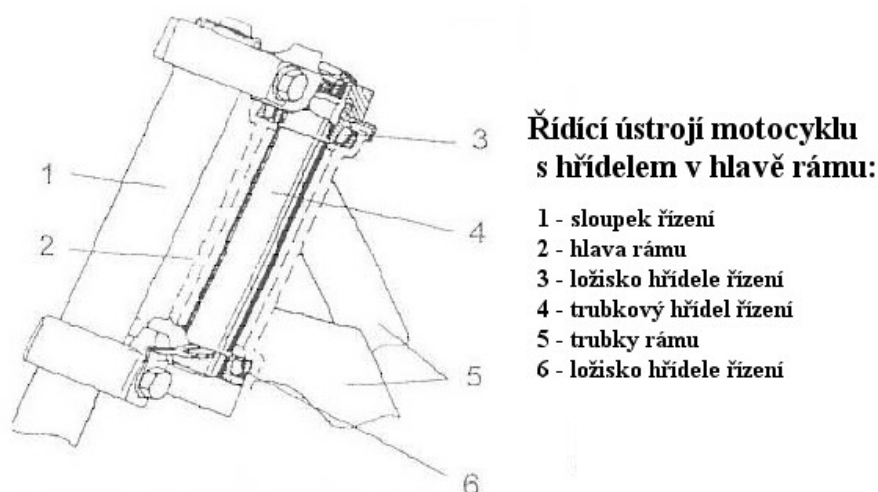
Řízení navrhuji tak, aby bylo zajištěno bezpečné a kontrolované projíždění zatáček s pokud možno malým silovým působením na řídítka. Mototříkolka musí přiměřeně reagovat a samočinně se stabilizovat při přiosťření zatáčky, posunutí těla jezdce na sedačce i při různých výkyvech.

Celé řízení navrhuji s ohledem na fyzickou sílu. Jestliže použiji v návrhu krátká řídítka, potřeboval bych při zatáčení vynaložit větší sílu a to by mělo za následek únavu paží a výkyvy v držení řídítek. Naopak pokud použiji široká řídítka, tím pádem nevnaložím takové úsilí k zatočení a může dojít ke ztrátě citu v řízení a špatnému odhadu jízdních režimů v důsledku nerovností na vozovce. Důsledkem toho jsou opožděné reakce na výkyvy, což je za jízdy nebezpečné.

Při návrhu řízení mohu použít dva druhy řízení. První návrh řízení je konstrukčně určen pro motocykly a druhý je určen pro čtyřkolky.

U motocyklů se můžeme setkat s řízením s hřídelem uloženým v hlavě rámu *obrázek č. 8*.

Druhý návrh, který se naskytuje je konstrukčně utvořen pro čtyřkolky s názvem EPS (electronic power steering) *obrázek č. 9*.



Obrázek č. 8: Řídicí ústrojí motocyklu v hlavě rámu

Řízení pomocí elektrického mechanismu s posilovačem (EPS) se využívá elektrický motor a to bez jakýchkoli hydraulických systémů. Má funkci Variable Assist umožňující snadnější zatáčení v pomalejších rychlostech a větší citlivost řízení ve vyšších rychlostech.

Součástí je i odolný bezakumulátorový motorek s nízkou spotřebou energie, který dodává více kroutícího momentu. Senzory pro detekci pohybu a točivého momentu sloupku řízení a počítačový modul je napájen pomocí elektromotoru.

Celá konstrukce posilovače je z jednoho vnějšího kusu zapouzdřená a má tedy dlouhou životnost a spolehlivost.



Obrázek č. 9: Řídící ústrojí ovládané elektrickým mechanismem

2.5 Pneumatiky a kola

Kolo s pneumatikou je spojovacím článkem mezi vozidlem a vozovkou. Kola nesou hmotnost celého vozidla, jezdce, spolujezdce a zavazadel, přenášejí hnací a brzdící momenty a boční síly. Dalším důležitým činitelem jsou kola s pneumatikou využity v pružící soustavě ke zvětšení jízdního pohodlí a bezpečnosti jízdy.

Na přední nápravu použijí dvě bezdušové pneumatiky s označením 185/60 R 15 60 V. Pneumatika je radiální o tloušťce 185 mm a profilovým číslem 60 a průměrem ráfku 15". Označení 70 indikuje maximální přípustné zatížení pneumatiky 250 kg, index V značí maximální rychlost pneumatiky nesmí přesáhnout 240 km/h.

Kola na přední nápravě navrhuji litá. Označení ráfku 5,5Jx15", 5/100, ET35, NB57,1. Kde je šířka disku v palcích 5,5", J označuje tvar okraje disku, 15" znamená průměr disku v palcích. 5 vyjadřuje počet upevňovacích šroubů. 100 je průměr roztečné kružnice upevňovacích děr v milimetrech.

ET je vzdálenost mezi rovinou procházející středem disku a rovinou dosedací plochy disku. NB je průměr středicí díry disku.

Na zadním výkyvné jednoramenné vidlici použijí bezdušovou pneumatiku s označením 245/40 R17 50 V. Označení číslem 245 vyjadřuje, že pneumatika disponuje tloušťkou 245 mm s profilovým číslem 40. Průměr ráfku je 14" a jednotky jsou palce a pneumatika je radiální. Číslo 50 vyjadřuje index nosnosti pneumatiky, která nesmí přesáhnout maximálně 190 kg. Symbol V vyjadřuje index rychlosti, která nesmí přesáhnout 240 km/h.

Tak jako na přední nápravě tak na zadní nápravě použijí lité kolo s označením ráfku 8Jx17", 5/100, ET35, NB57,1. Kde je šířka disku v palcích 8", J označuje tvar okraje disku, 17" znamená průměr disku v palcích. 5 vyjadřuje počet upevňovacích šroubů. 100 je průměr roztečné kružnice upevňovacích děr v milimetrech.

ET je vzdálenost mezi rovinou procházející středem disku a rovinou dosedací plochy disku. NB je průměr středicí díry disku.



Obrázek č. 10: *Lité kolo*

2.6 Přenos točivého momentu

Přenos točivého momentu může být uskutečněn pomocí řetězu, ozubeného řemenu nebo kloubového (kardanového) hřídele.

Přenos hnací síly z převodové skříně na zadní kolo mototříkolky s jednoramennou vidlicí a centrální pružící jednotkou bych mohl realizovat pomocí kloubového hřídele. Na zadním kole pak musí být ještě jedna rozvodovka, která slouží k přenosu hnací síly z hřídele na kolo.

Výhoda kardanového hřídele je v tom, že je zcela celý zapouzdřený a není náchylný k povětrnostním podmínkám, další výhodou je jeho přizpůsobivost pohybům zadní vidlice při propružení. kardanový hřídel se nemusí mazat, je plynule napínán a nevyžaduje pečlivou údržbu.

Nevýhodou proč si nevolím tuhle variantu pro svůj návrh je, že kardanový hřídel je nákladný, výrobně náročný a jeho hmotnost je velká.

Dále bych mohl zvolit pohon pomocí ozubeného řemene. Má tichý chod, malou hmotnost a nepotřebuje žádné mazání. Ozubený řemen potřebuje velmi malé předpětí a malou a jednoduchou údržbu. Na výstupním hřídeli převodovky je hnací pastorek s vhodně tvarovanými zuby a na zadním kole je odpovídající druhé ozubené kolo.

Výhodou proč bych mohl použít ozubený řemen je v jeho tichém chodu, bezúdržbovost, dlouhé životnosti a neznečišťování mototříkolky.

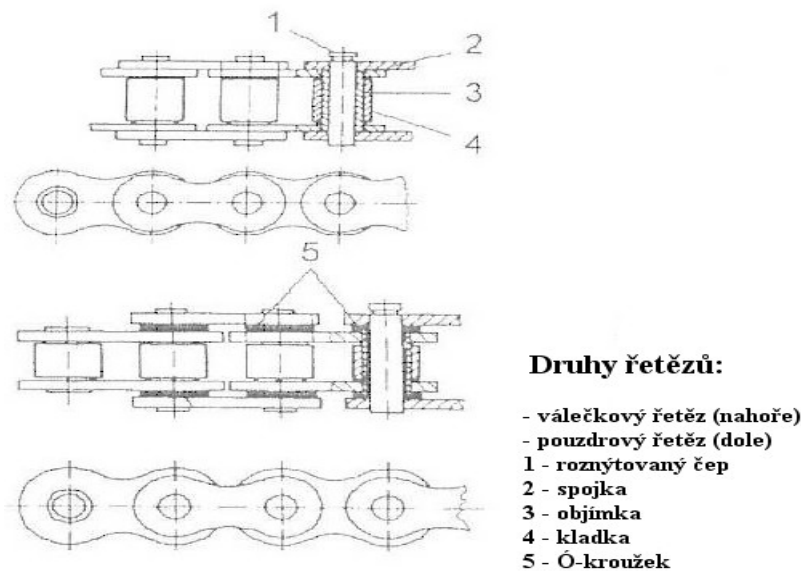
Bohužel nevýhodou bývá použití materiálu, který časem zteří a ztrácí pevnost. Při zapouzdření se řemen přehřívá. Sporná je i otázka životnosti při vysokém přenášeném výkonu.

Řetězový pohon zadního kola má válečkový nebo pouzdrový řetěz (obrázek č. 11). Řetěz spojuje výstup převodovky přímo na zadním kole. Spojení je zajištěno přes sekundární řetězové kolo (pastorek) na převodovce, články řetězu a končí na řetězovém kole, které pohání zadní kolo mototříkolky.

Válečkový řetěz má narozdíl od pouzdrového řetězu v jednotlivých člancích volně otočné válečky, které kladou při pohybu menší odpor a znatelně snižují tření.

Volím si pro pohon zadního kola válečkový řetěz. Řetězové kolo a unášec s tlumičem rázů.

Má to své výhody ve snadné údržbě, lehké a snadné montáži a demontáži, volím jej také pro svou malou hmotnost a cenové dostupnosti.



Obrázek č.11: Druhy řetězů

2.7 Odpružení

Jestliže chci zajistit co nejlepší styk kol s vozovkou při brzdění, akceleraci a zvýšit komfort jízdy nesmím dovolit přílišnému odskakování během jízdy po nerovnostech způsobených od vozovky na celý rám mototříkolky.

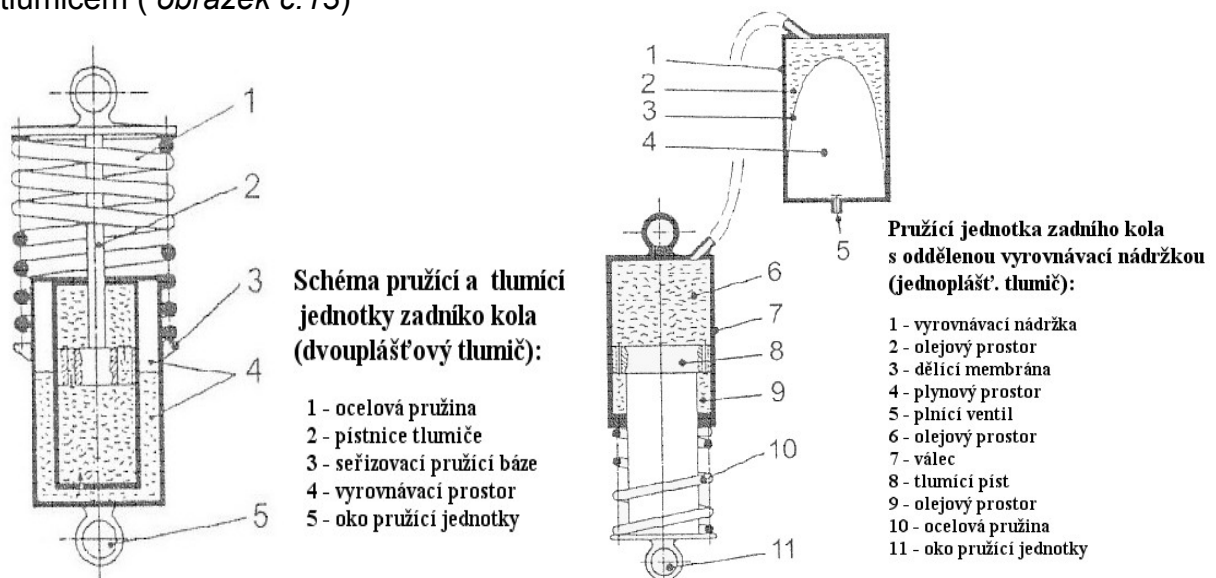
Výborné zvolení pružících a tlumících prvků jak na přední tak na zadní nápravě bude mít celkový výsledný komfort během jízdy.

Odpružení přední lichoběžníkové nápravy zajistím pomocí dvou vzduchokapalinových pružících jednotek (obrázek č.12).



Obrázek č. 12: Vzduchokapalinové pružící jednotky

Zadní odpružení bude zajišťovat zadní centrální pružící a tlumící jednotka s dvouplášťovým tlumičem umístěná na jednoramenném výkyvném rameni nebo lze také použít pružící jednotku s oddělenou vyrovnávací nádržkou a jednoplášťovým tlumičem (*obrázek č. 13*)



Obrázek č.13: Pružící jednotky zadního kola

2.8 Brzdy

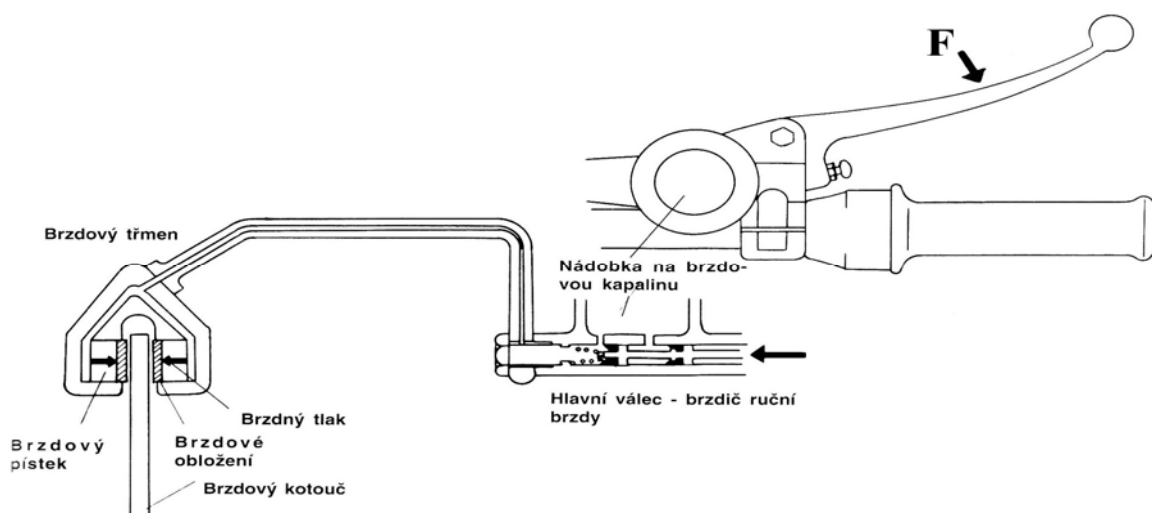
Provozní brzdy na mototříkolce fungují na principu tření pohyblivých částí o nepohyblivé. Pro svůj návrh mám na výběr brzdové kotouče s brzdovými destičkami a brzdové bubny s brzdovými čelistmi.

Mototříkolu jsem si navrhl jako dvoustopé vozidlo, to znamená dvě kola na přední nápravě a pouze jedno kolo na zadní výkyvné nápravě. Při brzdění se přední náprava přitíží a zadní odlehčí.

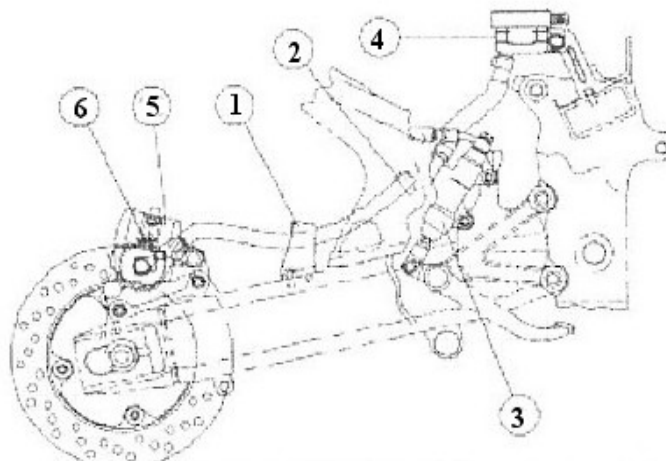
Brzdový systém na mototříkolce navrhuji s odděleným ovládním pro přední kola a pro zadní kolo, kdy jednotlivá použitá síla závisí na jezdcí.

Brzdění přední nápravy zajišťuje ruční páka brzdy na pravé straně řídítek opatřena vlastní zásobovací a vyrovnávací nádobkou s brzdovou kapalinou hlavním brzdovým válcem. Tato kapalina je tlačena z hlavního brzdového válce přes hydraulické pancéřové hadičky a potrubí přímo do brzdového třmenu. Hlavní brzdový válec u přední brzdy je dimenzován silněji než hlavní válec u zadní brzdy (obrázek č.14).

Zadní kotoučová nebo bubnová brzda je ovládána nožní pákou brzdy na pravé dolní straně rámu (obrázek č.15). U kotoučové brzdy je vyvozena pomocí ovládacího zařízení a dále je přenášena pomocí hydraulické kapaliny, která má svou nádržku umístěnou a pevně přichycenou na rámu nebo nad hlavním válcem nožní brzdy. U bubnové brzdy je síla přenášena mechanicky přes ocelové lanko nebo táhla a účinnost je obdobná jako u kotoučové brzdy.



Obrázek č. 14: Ovládání přední brzdy



Hydraulický brzdový systém zadního kola:

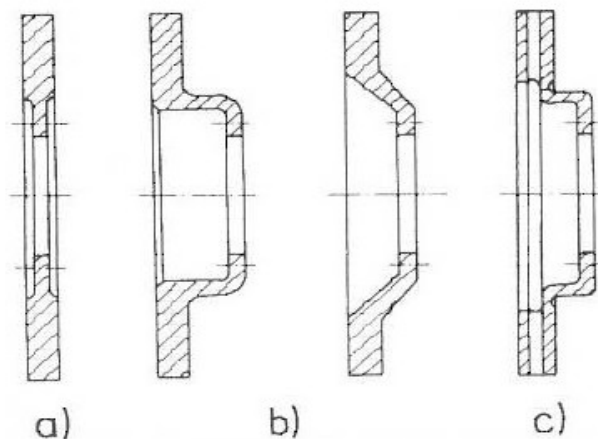
- 1 - svorka, 2- svorka (namontovaná k vnitřku rámu),
- 3- hlavní brzdový válec, 4 - nádržka s brzdovou kapalinou,
- 5 - třmen zadní brzdy, 6 - značka pro montáž brzdové hadice

Obrázek č. 15: *Brzdový systém zadního kola*

a) Kotoučová třecí brzda

Pro brzdy předních i zadních kol se nejčastěji používají kotoučové třecí brzdy pro jejich vysokou účinnost (*obrázek č.16*). Brzdový kotouč může být hladký s vnitřním chlazením nebo opatřený drážkami případně různými tvary otvorů pro odvádění vody při jízdě za deště. U kotoučové brzdy je jediným otáčejícím se prvkem kotouč jehož boky tvoří třecí plochy.

Při brzdění jsou pomocí hydraulické kapaliny přitlačovány desky s třecím obložením na boky kotouče. Hlavní součástí kotoučové brzdy je brzdový kotouč, který je upevněný na náboji kola. Po stranách kotouče jsou v brzdovém třmenu, který je pevně spojený s vidlicí umístěny brzdové segmenty s obložením. Tyto segmenty se na kotouč přitlačují právě pomocí ovládacího zařízení umístěném respektive hydraulické brzdové kapaliny a tím kotouč brzdí. Při jízdě se brzdový kotouč spojený s nábojem kola otáčí mezi brzdovými destičkami a ty ho při brzdění svírají mezi sebe. Brzdové destičky jsou k brzdovému kotouči přitlačovány jedním, dvěma až šesti pístky, které se pohybují v brzdovém třmenu.



Druhy brzdových kotoučů:

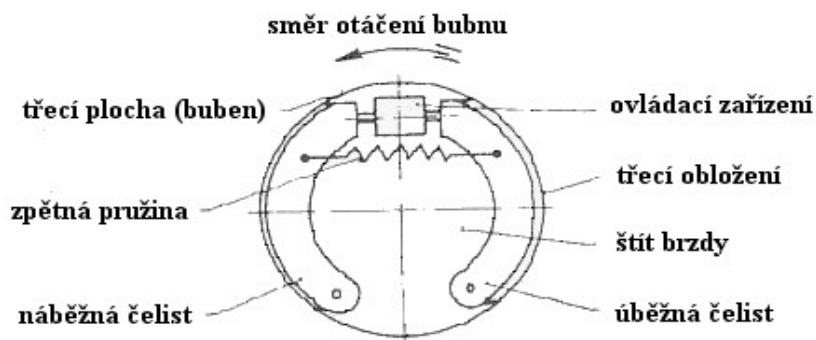
a) plochý kotouč, b) miskové kotouče, c) odvětrávaný kotouč

Obrázek č.16: *Druhy brzdových kotoučů*

b) Mechanická bubnová brzda

Brzda pro zadní kolo může být použita i mechanická bubnová brzda (obrázek č.17) .

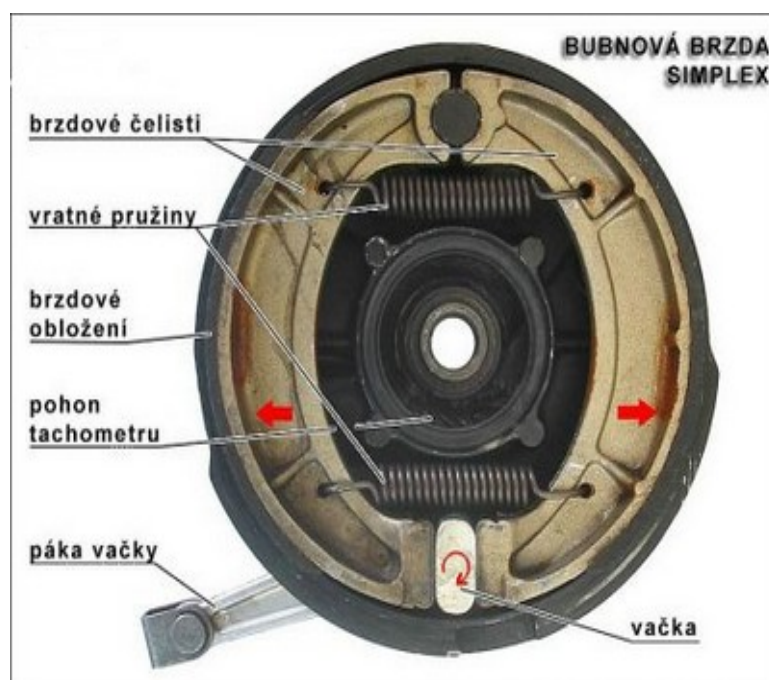
Čelisti a ovládací mechanismus bubnové brzdy je uchycen na desce pevně spojené se zadní vidlicí tzv.štitem brzdy. Brzdové čelisti při brzdění působí na brzdový buben, který je součástí náboje kola a otáčí se s kolem. Přes lanko nebo táhlo se při brzdění rozevírají brzdové čelisti, které tlačí na vnitřní povrch brzdového bubnu a tímto vzniká tření, které má za následek zpomalování kola. Při povolení brzdy jsou pak přes pružinky brzdové čelisti vráceny zpět do původní polohy před brzděním.



Obrázek č.17: *Mechanická bubnová brzda*

Konstrukčně nejjednodušší ze všech typů bubnových brzd jsou jednočinné bubnové brzdy simplex (obrázek č. 18). Při brzdění vyvozují relativně malou brzdovou sílu, což je výhoda oproti kotoučovým brzdám, kdy nemůže dojít k přebrzdění a následném dostání smyku na mokré vozovce nebo na povrchu se sníženým adhezním součinitelem.

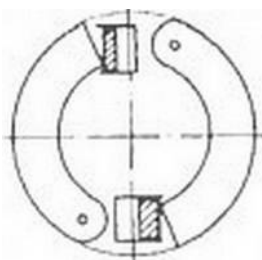
U bubnových jednočinných brzd se rozlišuje náběžná a úběžná brzdová čelist. Náběžná čelist je ta, která se na brzdový buben přitlačuje předním koncem proti směru otáčení bubnu. Mezi třecími obloženími brzdových čelistí a vnitřním povrchem brzdového kotouče je vůle, která umožňuje volné otáčení kola. Jakmile zmáčknu páku brzdy, pohyb se pomocí lanka nebo táhla přenesou na páku spojenou s hřídelem, na kterém je vačka. Hřídel s vačkou se pootočí a vačka odtlačí brzdové čelisti v bubnové brzdě od sebe. Brzdové čelisti opatřené brzdovým obložení se přitisknou na vnitřní povrch brzdového bubnu a pomocí třecí síly začnou brzdit.



Obrázek č.18: *Bubnová brzda Simplex*

Dalším typem bubnových brzd jsou dvojčinné bubnové brzdy duplex (obrázek č.19).

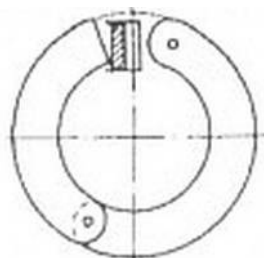
Při brzdění jsou brzdové čelisti od sebe roztahovány a přitlačovány na vnitřní povrch brzdového bubnu působením dvou otočných vaček. Brzdové čelisti jsou díky těmto dvěma vačkám od sebe roztahovány na obou koncích a tím se zajistí, že brzdové obložení tlačí na větší povrch brzdového válce a kolo rychleji brzdí.



Obrázek č.19: *Bubnová brzda Duplex*

Posledním typem, který mohu zahrnout do svého návrhu je bubnová brzda se spřaženými čelistmi servo (obrázek č. 20). Jedná se o reakce uložení náběžné čelisti, která se přenáší pomocí rozpěrného čepu na úběžnou čelist, čímž na ni vznikne přitlačná síla větší než ovládací síla.

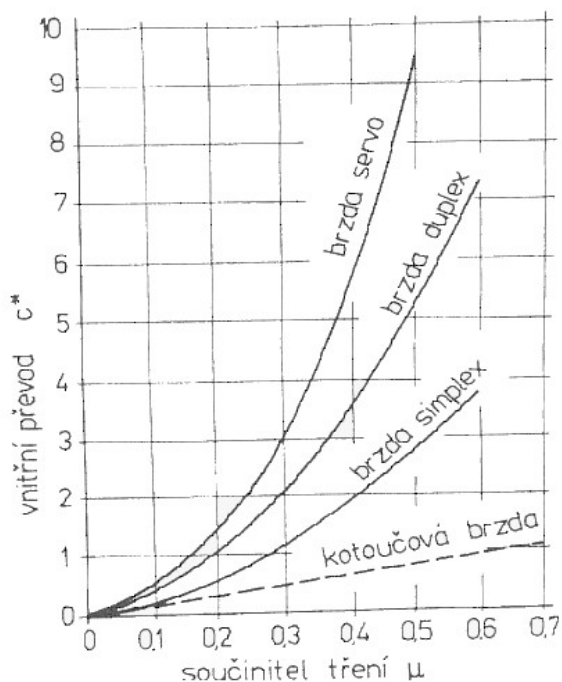
Tato čelist pracuje také jako náběžná čelist s větším účinkem. K přitlačování obou čelistí slouží jedno společné ovládací zařízení.



Obrázek č.20: *Bubnová brzda Servo*

Charakteristika brzd závislá na vnitřním převodu a součiniteli tření je znázorněna v grafu číslo 1 .

Z grafu je patrné a dá se vyčíst, že bubnová brzda simplex se vyznačuje nejmenším vnitřním převodem, který je nejméně závislý na součiniteli tření. Dále graf vypovídá o brzdě se spřaženými čelistmi servo, kdy je vnitřní převod největší a velikost součinitele tření nejvíce závislý.



Graf č.1: Charakteristika brzd

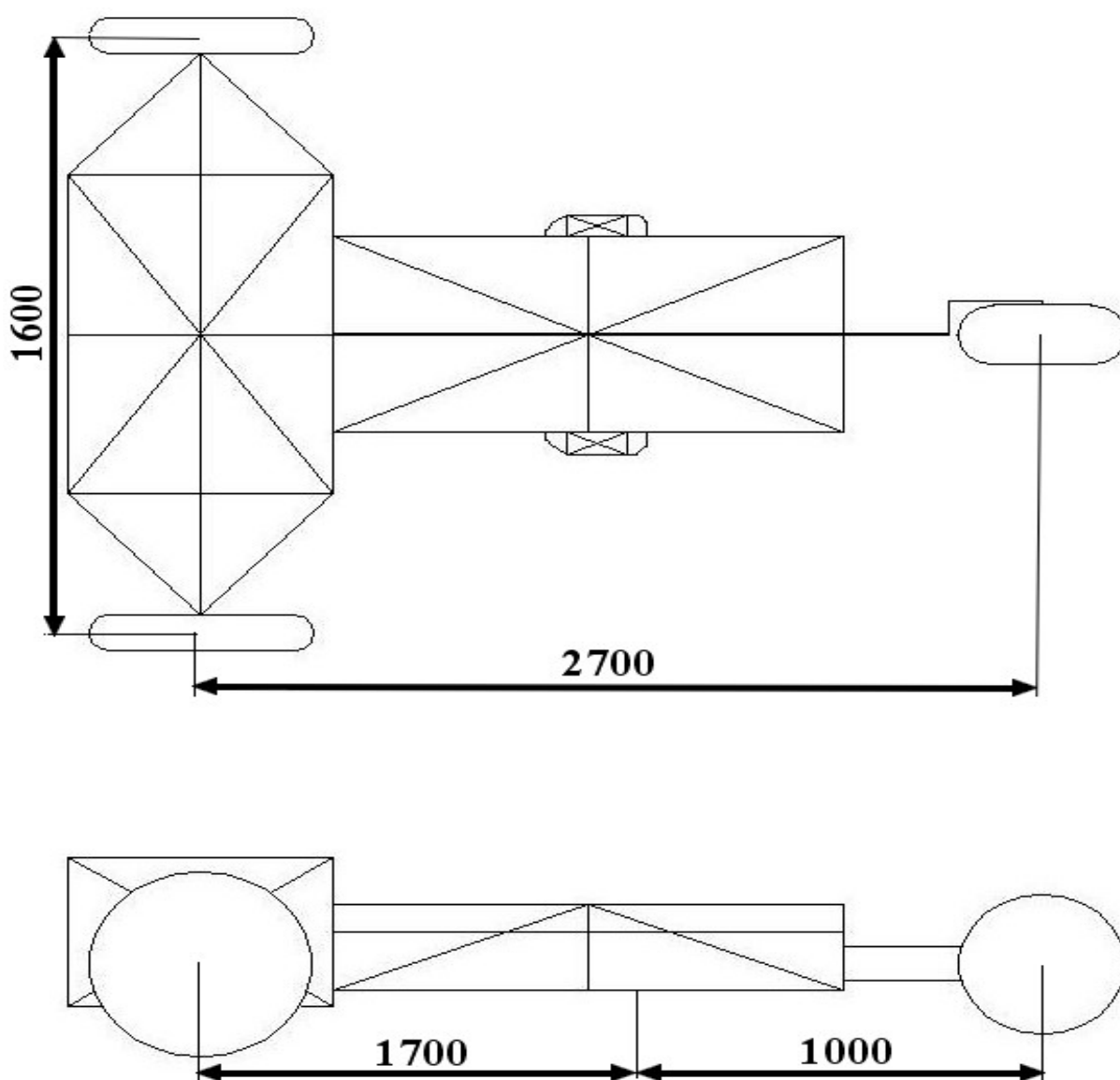
3 Návrh brzdové soustavy

Brzdový systém navrhuji pro dvoumístnou mototříkolku, která je vybavena pohonem zadního kola pomocí válečkového řetězu a řízenou přední nápravou pomocí řídítek.

3.1 Výchozí parametry mototříkolky

Mototříkolku je zařazena do kategorie vozidel L, přesný název ve vyhlášce č.341/2002 Sb. je uveden jako tříkolové vozidlo podskupiny L₅.

Celková hmotnost mototříkolky nebude přesahovat 330 kg. Motor bude uložen před zadní výkyvnou jednoramennou vidlicí a poháněno bude pouze zadní kolo pomocí válečkového řetězu. Základní rozměry vyplývají z obrázku č.21.



Obrázek č.21: Základní parametry mototříkolky

3.2 Základní pojmy

Brzdová soustava je soubor ústrojí, která slouží ke snižování rychlosti jedoucího vozidla (zpomalování), popřípadě až k jeho zastavení, nebo která slouží k zajištění stojícího vozidla.

Brzdná síla je vyvozena účinkem brzdové soustavy a působí proti pohybu vozidla.

Brzdicí síla je síla vznikající na brzdových elementech.

Ovládací síla je síla, kterou člověk působí na ovládací mechanismus brzdové soustavy.

3.2.1 Brzdění vozidla

Brzděním rozumíme záměrné snižování rychlosti vozidla, popřípadě jeho úplné zastavení.

Doba brzdění je doba, která uplyne od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdu vozidla (brzdovou soustavu), až do okamžiku, kdy účinek brzdy pomine nebo kdy se vozidlo zastaví viz. *graf č. 2*.

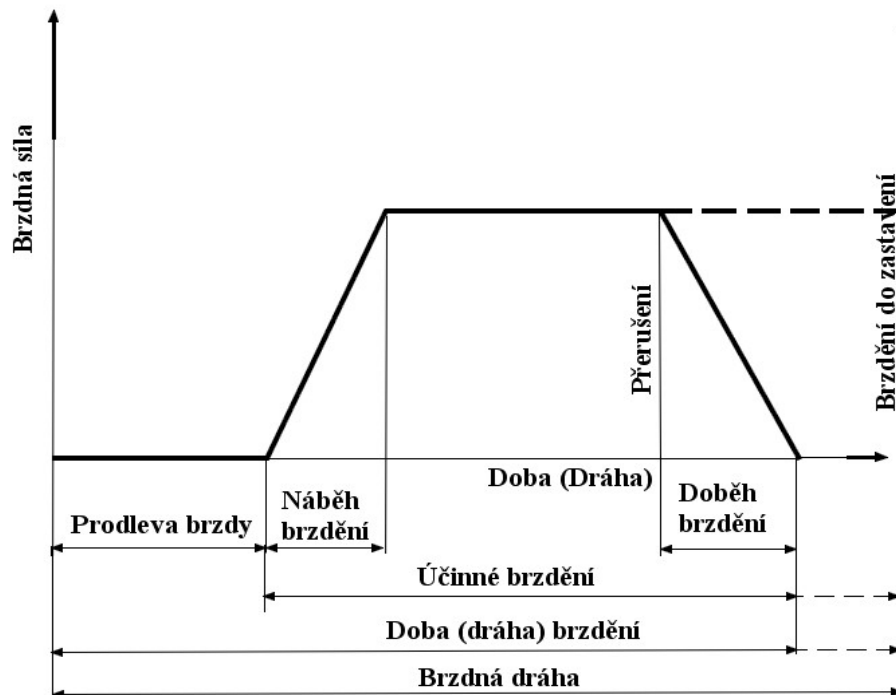
Doba brzdění má tyto složky:

a) doba prodlevy brzdy je doba od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdu vozidla, až do okamžiku, kdy se účinek brzdy začne projevovat;

b) doba náběhu brzdění je doba, která uplyne od okamžiku, kdy se účinek brzdy začne projevovat, až do okamžiku, kdy dosáhne plné výše;

c) účinná doba brzdění je doba, která uplyne od okamžiku, kdy se účinek brzdy začne projevovat, až do okamžiku, kdy pomine nebo kdy se vozidlo zastaví;

d) doba doběhu brzdění je doba, která uplyne od okamžiku, kdy řidič přestane působit na brzdu vozidla, až do okamžiku, kdy účinek brzdy pomine.



Graf č.2: Doba brzdění

Dráha brzdění (m) je dráha, kterou vozidlo ujede v době brzdění.

Dráha brzdění má tyto složky:

- a) dráha prodlevy brzdy je dráha, kterou vozidlo ujede v době prodlevy brzdy;
- b) dráha náběhu brzdění je dráha, kterou vozidlo ujede v době náběhu brzdění;
- c) dráha účinného brzdění je dráha, kterou vozidlo ujede v účinné době brzdění;
- d) dráha doběhu brzdění je dráha, kterou vozidlo ujede v době doběhu brzdění.

Brzdná dráha (účinné brzdění) je dráha, kterou vozidlo ujede od okamžiku, kdy nastane účinné brzdění pomocí přední a zadní brzdy navzájem, je to doba, do které nezahrnujeme reakční dobu řidiče a dobu prodlevy brzdění.

Celková brzdná dráha je dána součtem reakční doby řidiče, dobou prodlevy brzdění a dráhou, na které vozidlo je schopno z určité rychlosti bezpečně zastavit.

Reakční doba je čas, který uplyne od okamžiku, kdy řidič zpozoruje blížící se nebezpečí, do okamžiku, kdy zareaguje a začne působit na brzdový mechanismus.

Doba prodlevy brzdění jsou to desetiny sekundy, je čas který uplyne mezi zmáčknutím přední páčky a zadní páky brzdění a následným působením brzd.

Reakční doba a zároveň doba prodlevy prodlužují celkovou brzdnou dráhu až o několik desítek metrů [1].

3.3 Požadavky na brzdovou soustavu dle vyhlášky MDS ČR č. 341/2002 Sb.

Brzdová soustava mototříkolky musí splňovat požadavky vozidel kategorie L₅, do které mototříkolka jako tříkolové vozidlo spadá. Jedná se o požadavky dle vyhlášky MDS ČR č. 341/2002 Sb., O schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích.

Provozní brzdění musí umožňovat ovládání pohybu vozidla a jeho spolehlivé, rychlé a účinné zastavení při jakékoli rychlosti, při každé okamžité hmotnosti a na všech svazích (ve stoupání i klesání), které při provozu vozidla přicházejí v úvahu. Účinek provozního brzdění musí být odstupňovatelný. Řidič musí mít možnost ovládat orgán pro provozní brzdění beze změny polohy trupu ze svého sedadla, aniž by sejmul ruce z řízení vozidla.

Brzdění se pokládá za odstupňovatelné, pokud v normálním rozsahu činnosti zařízení, a to jak při brzdění, tak i odbrzdování:

- řidič může v každém okamžiku plynule zvětšit nebo zmenšit brzdnou sílu působením na ovládací orgán;
- brzdná síla se mění ve stejném smyslu jako působení na ovládací orgán;
- je možné snadno regulovat dostatečně jemně brzdnou sílu.

Nouzové brzdění musí umožňovat zastavit vozidlo na přiměřené vzdálenosti při poruše provozního brzdění. Musí být odstupňovatelné. Řidič musí mít možnost ovládat nouzové brzdění ze svého sedadla beze změny polohy trupu, přičemž musí ovládat řízení vozidla nejméně jednou rukou.

Pro účely tohoto ustanovení se předpokládá, že se současně nemůže vyskytnout více než jedna porucha v soustavě provozního brzdění.

Parkovací brzdění musí umožňovat udržet vozidlo nebo jízdní soupravu (nebo přípojně vozidlo odpojené od tažného vozidla) v nehybném stavu (ve stoupání i klesání) i za nepřítomnosti řidiče. Činné elementy vlastního brzdového ústrojí pro parkovací brzdění musí být přitom udržovány v zabrzděné poloze výhradně mechanickými částmi. Brzdění musí působit nejméně na jedno kolo z každé strany vozidla podél jeho podélné střední roviny.

Řidic musí mít možnost ovládat parkovací brzdění ze svého sedadla beze změny polohy trupu. [5]

3.4 Homologace brzdové soustavy mototříkoly

Aby mohla být mototříkolka provozována na pozemních komunikacích musí mít brzdovou soustavu odpovídající právním předpisům a požadavkům kladenou na její funkci. Dále se brzdová soustava musí podrobit přísné homologaci, tj. že brzdová soustava musí být účinná ve všech režimech jízdy.

Homologaci vozidel kategorie L, do které mototříkola spadá zajišťuje právní předpis Evropské hospodářské organizace a Organizace spojených národů č.78 dále jen OHK OSN č.78 s názvem: „Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel kategorií L₁, L₂, L₃, L₄ a L₅ z hlediska brzdění“ [6].

Mototříkola je v předpisu značena jako tříkolové vozidlo kategorie L₅.

Tento předpis zajišťuje, aby každé vozidlo skupiny L splňovalo technické předpisy a poté až mohlo vjet na pozemní komunikaci.

Tato celá dohoda má název „Dohoda o přijetí jednotlivých technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části, které se mohou montovat a/nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách pro vzájemné uznávání homologací, udělených na základě těchto pravidel“ [6], které vstoupily v platnost dne 16.října 1995.

Předpis EHK OSN č.78 upravuje specifikaci brzdové soustavy pro kategorii vozidla L₅ takto:

- a) systémem parkovacího brzdění a
- b) systémem provozního brzdění, který působí na brzdy všech kol buď:
 - kombinovaným brzdovým systémem, který působí na všechna kola, a systémem nouzového brzdění, který může být systémem parkovacího brzdění;
 - víceokruhovým brzdovým systémem [6].

Z předpisu č.78 pro návrh brzdové soustavy pro kategorii vozidel L₅ navrhuji brzdovou soustavu, kdy bude použita při stání do svahu a ze svahu i na rovině parkovací brzda a jako provozní brzdění použiji kombinovaný brzdový systém.

Kombinovaný brzdový systém chápu jako jeden a více brzdových okruhů. V mém případě tak, že navrhuji jeden brzdový okruh pro přední dvě kola a jeden brzdový systém pro zadní kolo mototříkolky.

„ Měření dynamických brzdných účinků“ předpisu EHK OSN č.78 určuje tři způsoby měření brzdných účinků:

1) Střední plné brzdné zpomalení:

$$d_m = \frac{V_b^2 - V_e^2}{25,92 \cdot (S_e - S_b)} \quad [\text{m/s}^2] \quad (3.1)$$

kde:

d_m = střední plné brzdné zpomalení,

V_1 = rychlost vozidla v okamžiku, kdy řidič začíná působit na ovládací orgán

V_b = rychlost vozidla při $0,8V_1$ v km/h,

V_e = rychlost vozidla při $0,1V_1$ v km/h,

S_b = dráha, kterou vozidlo ujede mezi V_1 a V_b , v metrech,

S_e = dráha, kterou vozidlo ujede mezi V_1 a V_e , v metrech,

2) Brzdná dráha:

$$S = 0,1 \cdot V + (X) \cdot V^2 \quad [m] \quad (3.2)$$

kde:

S = brzdná dráha v metrech,

V = rychlost vozidla v km/h,

X = proměnná, založená na požadavcích příslušné zkoušky.

K výpočtu korigované brzdné dráhy ze skutečné rychlosti vozidla při zkoušce se použije následující vzorec:

$$S_s = 0,1 \cdot V_s + (S_a - 0,1 \cdot V_a) \cdot \frac{V_s^2}{V_a^2} \quad [m] \quad (3.3)$$

kde:

S_s = korigovaná brzdná dráha v metrech,

V_s = rychlost vozidla stanovená pro zkoušku v km/h,

S_a = skutečná brzdná dráha v metrech,

V_a = skutečná rychlost vozidla v km/h.

3) Průběžný záznam zpomalení:

U záběhu a u zkoušek, jako jsou zkouška mokrých brzd a postup ohřívání pro zkoušku slábnutí brzdného účinku s ohřátými brzdami, se průběžně zaznamenává zpomalení vozidla od okamžiku, kdy se začne působit na ovládací orgán, až do okamžiku zastavení vozidla [6].

3.5 Zkouška zabrzdění na suchém povrchu – působí se na jediný ovládací orgán brzd

1) Podmínky pro vozidlo:

- a) zkouška se provede u všech kategorií vozidel;
- b) naložený stav.

U vozidel s kombinovaným brzdovým systémem nebo s víceokruhovým brzdovým systémem se vozidlo zkouší ve stavu lehce zatíženém, navíc ke zkoušce v naloženém stavu.

- c) motor je odpojen.

2) Podmínky a postup zkoušky:

- a) počáteční teplota brzd: $\leq 55^{\circ}\text{C}$ a $\leq 100^{\circ}\text{C}$,
- b) zkušební rychlost:
 - vozidla kategorií L₃ L₅ a L₄: 60 km/h nebo 0,9 V_{max}, volí se nižší z obou;
- c) použití brzd:
 - na každý ovládací orgán systému provozního brzdění se působí odděleně;
- d) síla, kterou se působí na ovládací orgán:
 - ruční ovládací orgán: $\leq 200\text{ N}$,
 - nožní ovládací orgán: $\leq 500\text{ N}$ u vozidel kategorie L₅
- e) počet zabrzdění: do dosažení požadovaných brzdících účinku, nejvýše 6 zabrzdění;
- f) pro každé zabrzdění se vozidlo zrychlí na zkušební rychlost a pak se působí na ovládací orgán za podmínek stanovených v tomto odstavci [6].

3.6 Účinky brzdové soustavy vozidel kategorie L₅ pro kombinovaný brzdový systém

Soustava pro provozní brzdění vozidel kategorie L₅ musí odpovídat hodnotám uvedených v *tabulce číslo 2* [6].

Kategorie vozidel	Brzdná dráha (S) (V je stanovená zkušební rychlost v km/h a S je požadovaná brzdná dráha v metrech)	Střední plné brzdné zpomalení m/s ²
Vozidla s kombinovaným nebo s víceokruhovým brzdovým systémem: naložené a lehce zatížené vozidlo		
L ₅	$S \leq 0,1 V + 0,0077V^2$	$\geq 5,0\text{m/s}^2$

Tabulka č.2: Požadavky na brzdné účinky

3.7 Zkouška zabrzdění na suchém povrchu – působí se na všechny orgány provozního brzdění

1) Podmínky pro vozidlo:

- zkouška se použije u kategorií vozidel L₅ ;
- vozidlo je lehce zatíženo;
- motor je odpojen.

2) Podmínky a postup zkoušky:

- počáteční teplota brzd: $\geq 55^\circ \text{C}$ a $\leq 100^\circ \text{C}$;
- zkušební rychlost: 100 km/h nebo 0,9 V_{max}, volí se nižší z obou;
- působení na ovládací orgán brzd:
současné působení na oba ovládací orgány brzd, jestliže je vozidlo jimi vybaveno, nebo na jediný ovládací orgán brzd v případě systému provozního brzdění, který působí na všechna kola;

- d) síla, kterou se působí na ovládací orgán:
- ruční ovládací orgán: $\leq 250 \text{ N}$,
 - nožní ovládací orgán: $\leq 500 \text{ N}$ u vozidel kategorie L₅;
- e) počet zabrzdění: do dosažení požadovaných brzdných účinku, nejvýše 6 zabrzdění;
- f) pro každé zabrzdění se vozidlo zrychlí na zkušební rychlost a pak se působí na ovládací orgán za podmínek stanovených v tomto odstavci [6].

3.8 Zkouška z vysoké rychlosti

1) Podmínky pro vozidlo:

- a) zkouška se použije u kategorií vozidel L₅
- b) zkouška se nepožaduje u vozidel s $V_{\max} \leq 125 \text{ km/h}$
- c) vozidlo je lehce zatíženo;
- d) motor je zapojen a v převodovce je zařazen nejvyšší rychlostní stupeň

2) Podmínky a postup zkoušky:

- a) počáteční teplota brzd: $\geq 55^\circ \text{ C}$ a $\leq 100^\circ \text{ C}$;
- b) zkušební rychlost:
0,8 V_{\max} u vozidel s $V_{\max} > 125 \text{ km/h}$ a $< 200 \text{ km/h}$,
160 km/h u vozidel s $V_{\max} > 200 \text{ km/h}$;
- c) použití brzd:
současné působení na oba ovládací orgány brzd, jestliže je vozidlo jimi vybaveno, nebo na jediný ovládací orgán brzd v případě systému provozního brzdění, který působí na všechna kola;
- d) síla, kterou se působí na ovládací orgán:
ruční ovládací orgán: $\leq 250 \text{ N}$,
nožní ovládací orgán: $\leq 500 \text{ N}$ u vozidel kategorie L₅;
- e) počet zabrzdění: do dosažení požadovaných brzdných účinku, nejvýše 6 zabrzdění;

f) pro každé zabrzdění se vozidlo zrychlí na zkušební rychlost a pak se působí na ovládací orgán za podmínek stanovených v tomto odstavci [6].

3.9 Zkouška slábnutí brzdného účinku s ohřátými brzdami

- a) zkouška sestává ze tří částí, které se provedou postupně za sebou pro každý brzdový systém
- základní zkouška, kterou je zkouška zabrzdění na suchém povrchu - s působením na jediný ovládací orgán brzd
 - postup ohřátí, který je tvořen sérií opakovaných zabrzdění určených k ohřátí brzdy (brzd),
 - zabrzdění s ohřátými brzdami zkouškou zabrzdění na suchém povrchu - s působením na jediný ovládací orgán, aby se změřily brzdné účinky po ohřátí
- b) zkouška se použije u vozidel kategorií L₅
- c) zkouška se nepoužije u systému parkovacího brzdění a systému nouzového brzdění;
- d) všechna zabrzdění se provedou s naloženým vozidlem;
- e) postup ohřívání vyžaduje, aby bylo vozidlo vybaveno přístroji, které zajišťují průběžný záznam síly působící na ovládací orgán a zpomalení vozidla. Údaje změřeného středního plného brzdného zpomalení a brzdné dráhy nejsou pro postup ohřívání potřebné. Základní zkouška a zkouška s ohřátými brzdami, ale vyžaduje měření buď středního plného brzdného zpomalení nebo brzdné dráhy [6].

3.9.1 Základní zkouška

1) Podmínky pro vozidlo:

a) motor je odpojen.

2) Podmínky a postup zkoušky:

a) počáteční teplota brzd: $\geq 55^{\circ}\text{C}$ a $\leq 100^{\circ}\text{C}$;

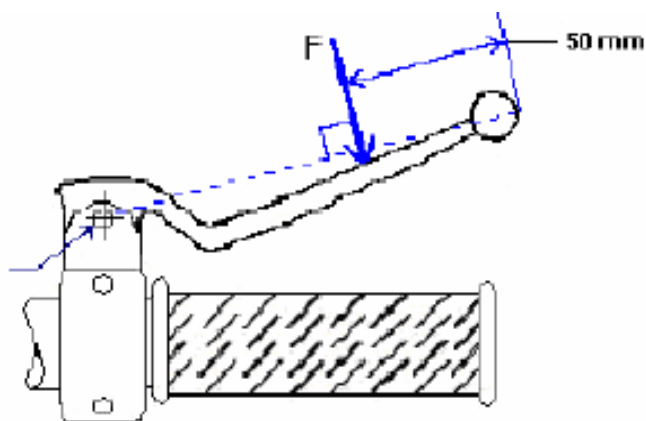
- b) zkušební rychlost: 60 km/h nebo 0,9 V_{max}, volí se nižší z obou;
- c) použití brzdy:
na každý ovládací orgán systému provozního brzdění se působí odděleně;
- d) síla působící na ovládací orgán brzdění:
ruční ovládací orgán: ≤ 200 N,
nožní ovládací orgán: ≤ 500 N u vozidel kategorie L₅;
- e) vozidlo se vozidlo zrychlí na počáteční rychlost a pak se působí na ovládací orgán za stanovených podmínek a zaznamenává se síla působící na ovládací orgán, která je potřebná k dosažení brzdných účinků stanovených v *tabulce č.2* [6].

3.10 Zkouška zabrzdění na suchém povrchu – působí se na jediný ovládací orgán brzd

Místa a směr působení na ovládací orgán:

U páky ovládacího orgánu se vstupní silou F působí na přední plochu páky ovládacího orgánu kolmo na spojnici osy čepu, okolo kterého se páka otáčí, a nejbližšího bodu páky, a to v rovině, ve které se páka ovládacího orgánu otáčí viz *obrázek č.22*.

Vstupní síla působí v bodu vzdáleném 50 mm od krajního bodu páky ovládacího orgánu, měřeno podél spojnice osy otočného čepu páky ovládacího orgánu a krajního bodu této páky.



Obrázek č. 22: Ovládací síla na páce

U nožního ovládacího orgánu působí vstupní síla na střed ovládacího pedálu a kolmo na pedál.

3.11 Zkouška systému parkovací brzdy – u vozidel, která jsou parkovací brzdou vybavena

1) Podmínky pro vozidlo:

- a) zkouška se použije u vozidel kategorií, L₅
- b) naložený stav;
- c) motor je odpojen.

2) Podmínky a postup zkoušky:

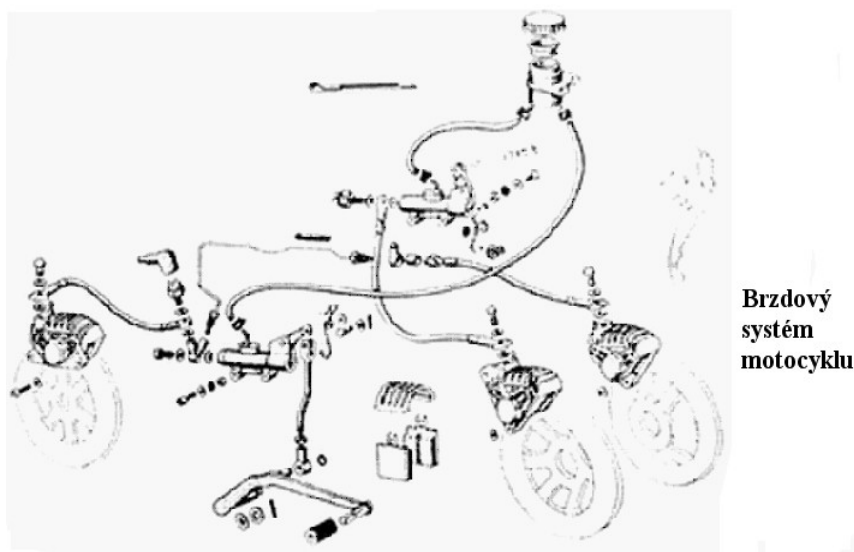
- a) počáteční teplota brzdy: ≤ 100 ° C;
- b) sklon zkušebního povrchu = 18 %;
- c) síla působící na ovládací orgán:
 - ruční ovládací orgán: ≤ 400 N,
 - nožní ovládací orgán: ≤ 500 N;
- d) v první části zkoušky se vozidlo zaparkuje na zkušebním povrchu skloněném nahoru s použitím systému parkovacího brzdění za podmínek stanovených v tomto odstavci. Pokud se vozidlo udrží ve stojícím stavu, začne se merit doba zkoušky;
- e) po dokončení zkoušky s vozidlem na sklonu směrem nahoru se opakuje stejná zkouška s vozidlem na sklonu směrem dolů.

3) Požadavky na brzdny účinek:

- a) Při zkoušce postupem podle odstavce 2 musí systém parkovacího brzdění udržet vozidlo ve stojícím stavu po dobu 5 minut na sklonu jak směrem nahoru tak směrem dolů. [6]

3.12 Návrh koncepce brzdové soustavy mototříkolky

K sestavení brzdové soustavy použijí kompletní brzdovou soustavu jenž se používá u motocyklů a některé součásti z automobilů. Soustava disponuje dvěma na sobě nezávislými hydraulickými okruhy bez jakýchkoliv elektronických asistentů (obrázek č. 23). Přední říditelná náprava je brzděna třecí kotoučovou brzdou stejně jako zadní kolo.



Obrázek č. 23: Brzdový systém motocyklu

Mezi hlavní znaky mototříkolky patří, že je řízena přední náprava říditky a je opatřena dvěma koly a zadní kolo je jedno a je hnací.

Jako možné varianty které mohu při návrhu brzdové soustavy použít jsou:

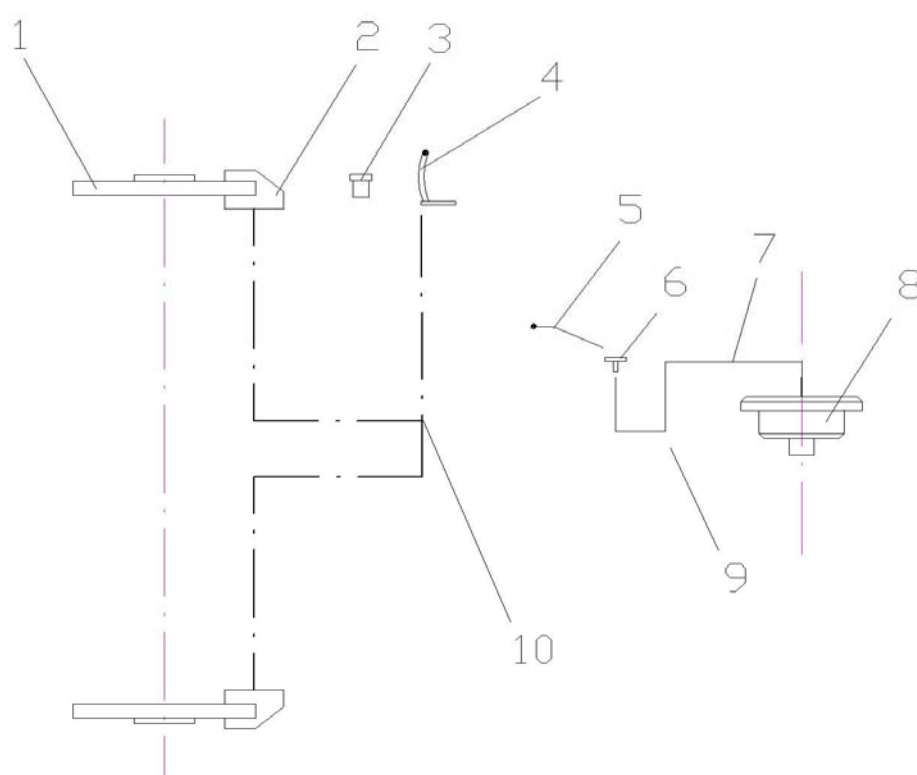
- Brzdová soustava s přední kotoučovou a zadní bubnovou brzdou
- Brzdová soustava opatřena kotoučovou brzdou na všech kolech

3.12.1 Brzdová soustava s přední kotoučovou a zadní bubnovou brzdou

Jedna z možných variant jak docílit brzdění mototříkolky je použití všech částí brzdové soustavy z motocyklů. Přední náprava bude osazena na každém kole kotoučovou brzdou a zadní kolo bude vybaveno bubnovou brzdou.

Řešení této situace ilustruje *obrázek č.24*, kdy tedy využijeme celý brzdový systém z motocyklů.

Řešení je tedy výhodné ohledně nákladu na pořízení potřebných dílů. Použité bubnové brzdy v sobě již navíc mají integrovaný mechanismus parkovací brzdy.



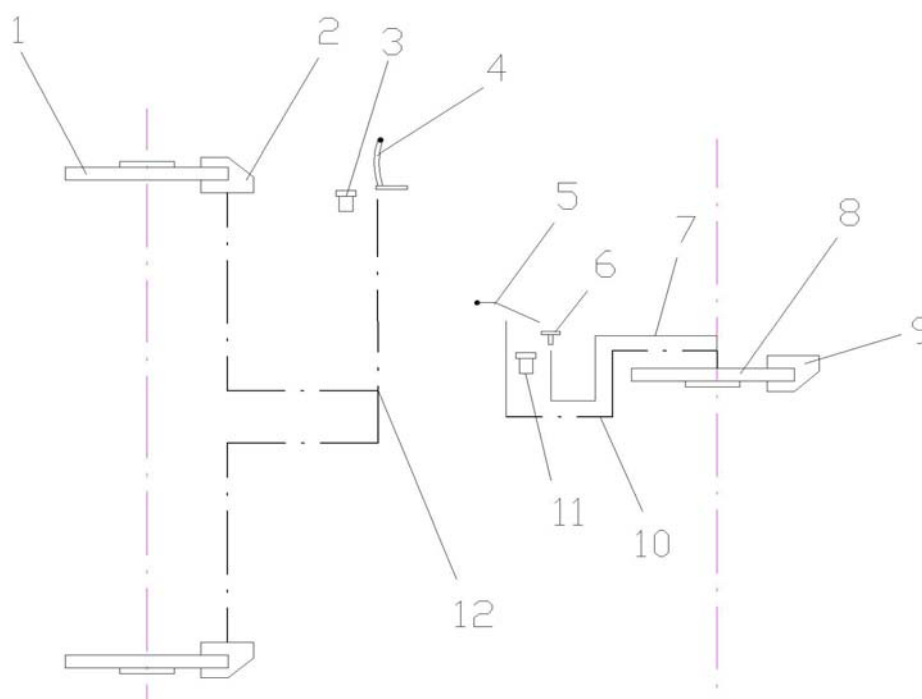
Obrázek č.24: *Brzdová soustava s přední kotoučovou a zadní bubnovou brzdou*

1 – přední kotoučová brzda, 2 – brzdový třmen, 3 – nádržka s brzdovou kapalinou pro přední kola, 4 – páčka pro přední brzdy s hlavním brzdovým válcem, 5 – páčka pro zadní bubnovou brzdou, 6 – parkovací brzda, 7 – vedení lanka, 8 – zadní bubnová brzda, 9 – hydraulický okruh přední brzdy ke kotoučům

3.12.3 Brzdová soustava opatřena kotoučovou brzdou na všech kolech

Další řešení, které přichází v úvahu je použití kotoučových brzd jak na přední nápravě tak na zadním kole (obrázek č.25). Brzdy na přední nápravě zůstanou beze změn.

Kotoučová brzda na zadním kole musí brzdový třmen opatřen integrovaným mechanismem parkovací brzdy, který je vyráběn u sériových automobilů.



Obrázek č. 25: Brzdová soustava opatřena kotoučovou brzdou na všech kolech

1 – přední brzdový kotouč, 2 – brzdový třmen, 3 – nádržka s brzdovou kapalinou pro přední kotoučové brzdy, 4 – páčka přední brzdy a hlavním brzdovým válcem, 5 – páka zadní brzdy s hlavním brzdovým válcem, 6 – parkovací brzda, 7 – vedení lanka k parkovací brzdě,

8 – zadní brzdový kotouč, 9 – brzdový třmen, 10 – hydraulický okruh pro zadní brzdu, 11 – nádržka s brzdovou kapalinou pro zadní brzdu, 12 – hydraulický okruh pro přední brzdu

3.13 Zhodnocení možných variant

V tabulkách číslo 3 a 4 vyhodnocuji, zvolené koncepce z hlediska nejvhodnějšího řešení, a které brzdy disponují lepšími vlastnostmi.

Koncepce brzdové soustavy	I	II	III	IV	V	Σ
Přední kotoučová a zadní bubnová brzda	1	1	1	3	3	9
Kotoučové brzdy na všech kolech stejné	3	2	2	3	2	12
Přední kotoučová, zadní s třemenem s parkovací brzdou	1	2	2	2	2	9

Tabulka číslo 3: Návrh brzdové koncepce

Vysvětlivky k tabulce číslo 3:

- I - řešení parkovací brzdy
- II - dostupnost potřebných dílů – z motocyklů
- III - cenová dostupnost soustavy
- IV - konstrukční náročnost
- V - hmotnost neodpérovovaných prvků

1 ÷ 3 ohodnocení nejvhodnějšího ÷ nejméně vhodné

Z tabulky číslo 3 vyplývá, že vhodnější ze všech navrhovaných tří koncepcí je, jestliže bude na přední nápravě použita kotoučová třecí brzda a na zadní nápravě použita bubnová brzda, nebo použití kotoučových třecích brzd na všechna kolech nápravy přední a zadní.

Kotoučové brzdy X Bubnové brzdy	
Výhody	Nevýhody
Malá citlivost na změnu součinitele tření – stabilita brzdného účinku	Použití posilovače brzdění kvůli malému vnitřnímu převodu
Menší slábnutí brzdového účinku při delším brzdění	Ohřátí brzdného kotouč až na 500°C
Výborný odvod tepla	Obtížnost při řešení parkovací brzdy
Stále stejný tvar (bez ovalit)	-
Rychlá demontáž a výměna brzdového obložení	-
Pomocí brzdové kapaliny se seřizuje automaticky vůle	-
Malá hmotnost (až o 20%)	-

Tabulka číslo 4: Výhody a nevýhody kotoučových brzd oproti bubnovým brzdám

V tabulce číslo 4 srovnávám hlavní výhody a nevýhody kotoučových brzd oproti brzdám bubnovým. Tabulka jasně ukazuje, které brzdy jsou nejvhodnější k použití pro návrh mototříkolky.

Ohodnocení jednotlivých koncepcí návrhu brzdové soustavy pro mototříkolku má pouze informační význam. Každá z uvedených koncepcí má svoji důležitost.

Pro návrh mototříkolky má hlavní význam cenová dostupnost dílů a jednoduché montáže a popřípadě demontáže.

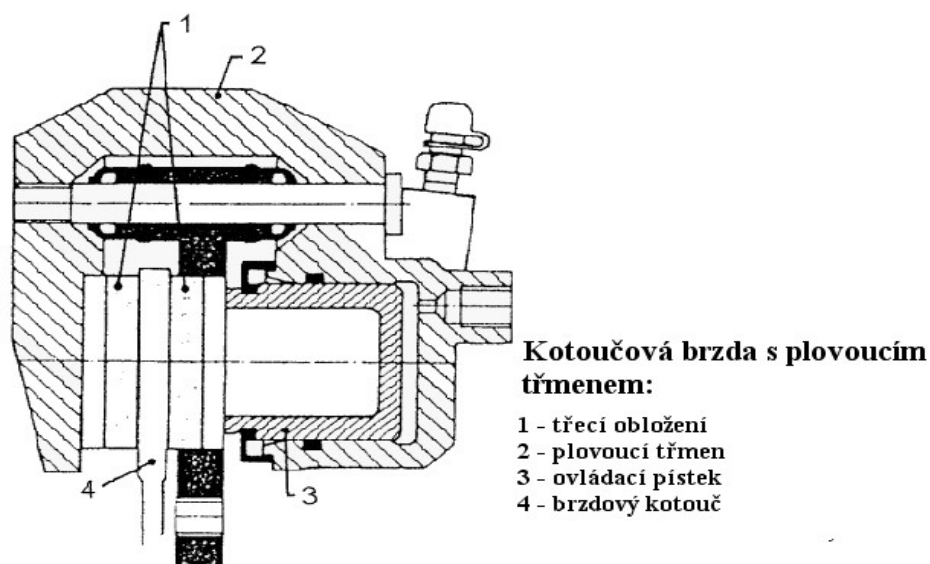
Po vyhodnocení a zhodnocení variant a jejich plusů a mínusů navrhuji, aby na mototříkolce byly použity na přední nápravě třecí kotoučové brzdy a na zadním kole kotoučová třecí brzda se zabudovaným mechanismem parkovací brzdy.

3.14 Konstrukční řešení zvolené koncepce

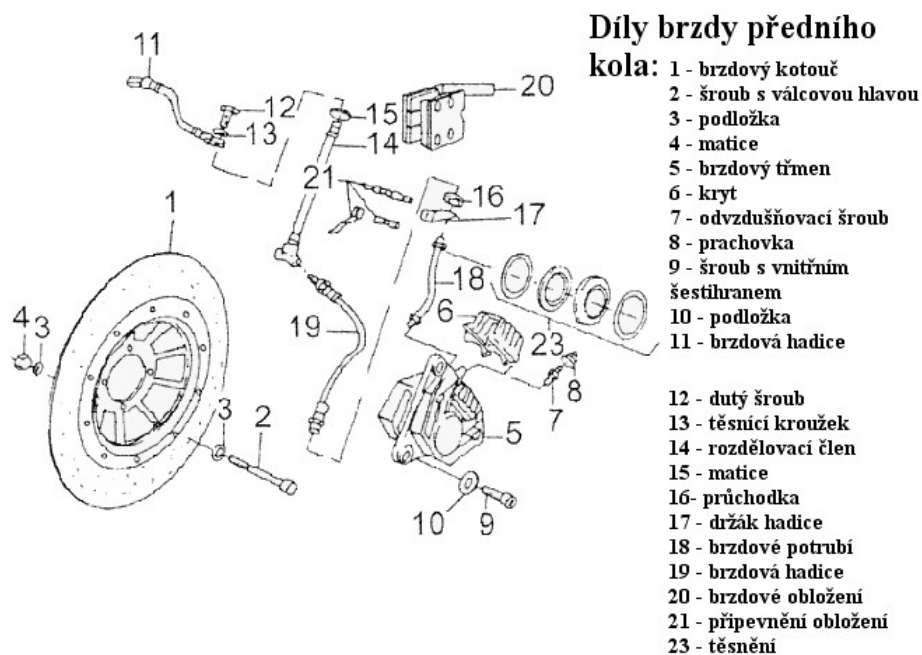
Pro svůj návrh brzdové soustavy na mototříkolku použiji koncepci brzdové soustavy opatřenou třecími kotoučovými brzdami na všech kolech (*obrázek č.25*). Na zadním kole bude brzdový třmen s integrovaným parkovacím mechanismem a k němu zvolený třecí kotouč.

3.14.1 Brzdy na přední nápravě

Přední náprava bude lichoběžníková s dvojitými příčnými rameny. Brzdy budou kotoučové s plouvoucím třmenem (*obrázek č.26*). Třecí kotouč bude s vnitřním chlazením a děrováním pro lepší odvod vody za jízdy v dešti. Samostatný brzdový třmen je uchycen, aby se nemohl hnout během jízdy a při brzdění jsou v pohybu pouze pístky a brzdové destičky. Na třecí kotouč bude působit brzdový třmen opatřený 3-mi pístky z jedné strany pro výkonnější brzdění. Díly brzdy předního kola jsou vyobrazeny na *obrázku č.27*.



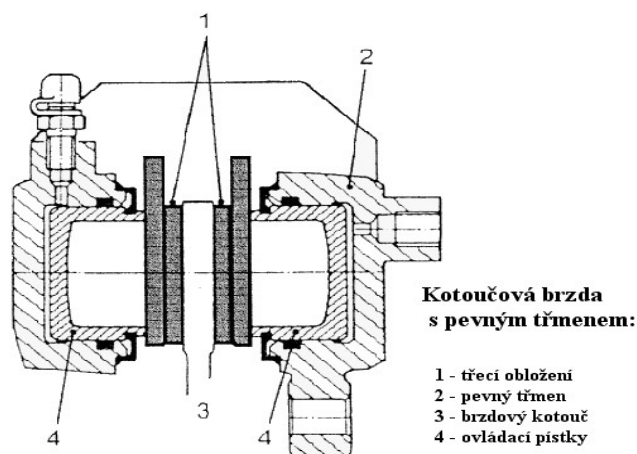
Obrázek č. 26: *Kotoučová brzda s plovoucím třmenem*



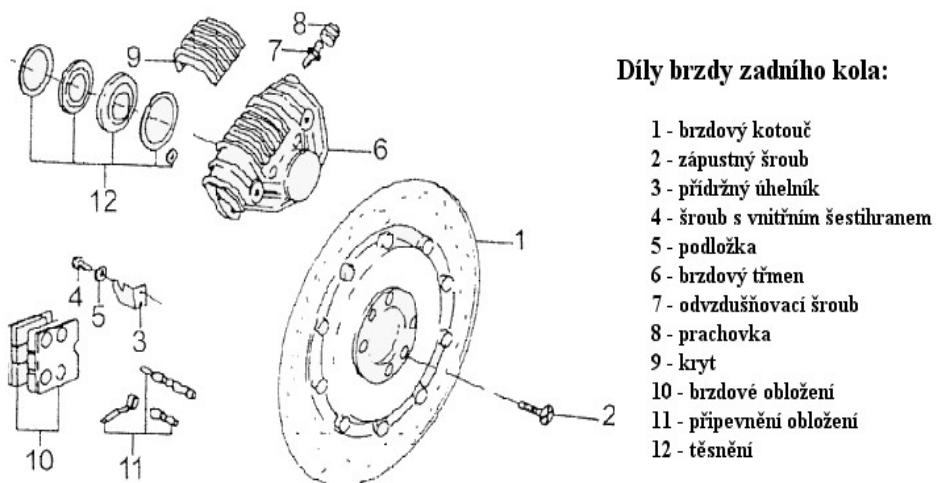
Obrázek č. 27: Díly brzdy předního kola

3.14.2 Brzda na zadním kole

Zadní hnací kolo je uchyceno na mohutné jednoramenné výkyvné vidlici a je poháněno válečkovým řetězem. Na vidlici lze po úpravě přichytit brzdový třmen spolu s integrovaným mechanismem parkovací brzdy a s ní odpovídající brzdový kotouč (obrázek č.28). Brzdový kotouč je chlazený, děrovaný. Kotoučová brzda je opatřena pevným brzdovým třmenem a použité díly zadního kola jsou znázorněny na obrázku č.29. Držák brzdového třmenu je pevně uchycen k zadní vidlici. Na brzdové destičky působí 2 brzdové pístky.



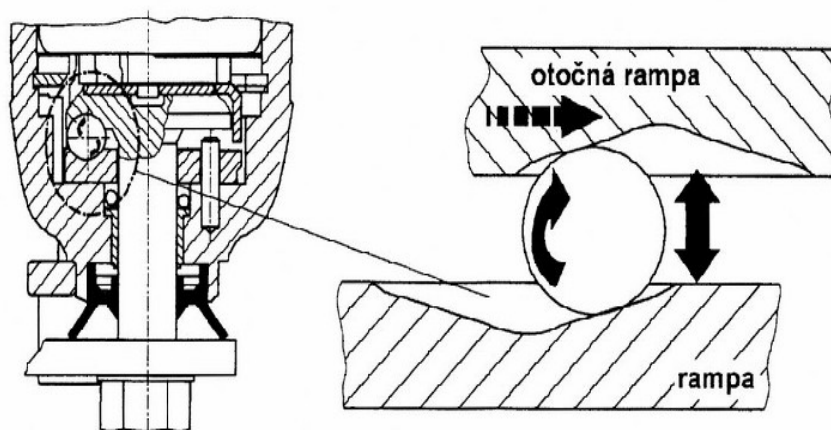
Obrázek č. 28: Kotoučová brzda s pevným brzdovým třmenem



Obrázek č.29: Díly zadního kola

3.15 Parkovací brzda

Parkovací brzda bude fungovat na zadním kole, kde bude po úpravě namontována na brzdový třmen s integrovaným mechanismem parkovací brzdy. Její ovládní bude ruční. Síla a pohyb se bude přenášet na brzdové prvky v brzdové soustavě umístěné v zadním kole pomocí lan v bovdenech (obrázek č.30).



Obrázek č.30: Parkovací brzda

4 Konstrukční řešení návrhu

4.1 Hodnoty potřebné k výpočtu brzdové soustavy

Abych mohl vypočítat brzdovou soustavu mototříkolky musím stanovit určité působící síly na ni. Jedná se o statické radiální reakce jenž působí na přední kolo a na zadní kolo, dále bud zjišťovat velikosti brzdících sil při maximálním dovoleném brzděném zpomalení na rovině při provozním brzdění dané předpisem EHK OSN č.78.

Potřebné hodnoty jsou umístěny v *tabulce číslo 5* a 6.

Hmotnosti součástí mototříkolky a následné vynásobení gravitační konstantou je v *tabulce číslo 4* a následné schéma působících sil při brzdění je vyobrazeno na *obrázku č.31*.

Část mototříkolky	Hmotnost součásti kg]	Tíhová síla [N]
Rám	15	150
Motor včetně příslušenství	45	450
Přední náprava včetně kol	25	250
Zadní náprava včetně kola	15	150
Posádka	200	2000
Ostatní části mototříkolky	15	400
Příslušenství	10	150
Celkové zatížení G	Σ 325	Σ 3250

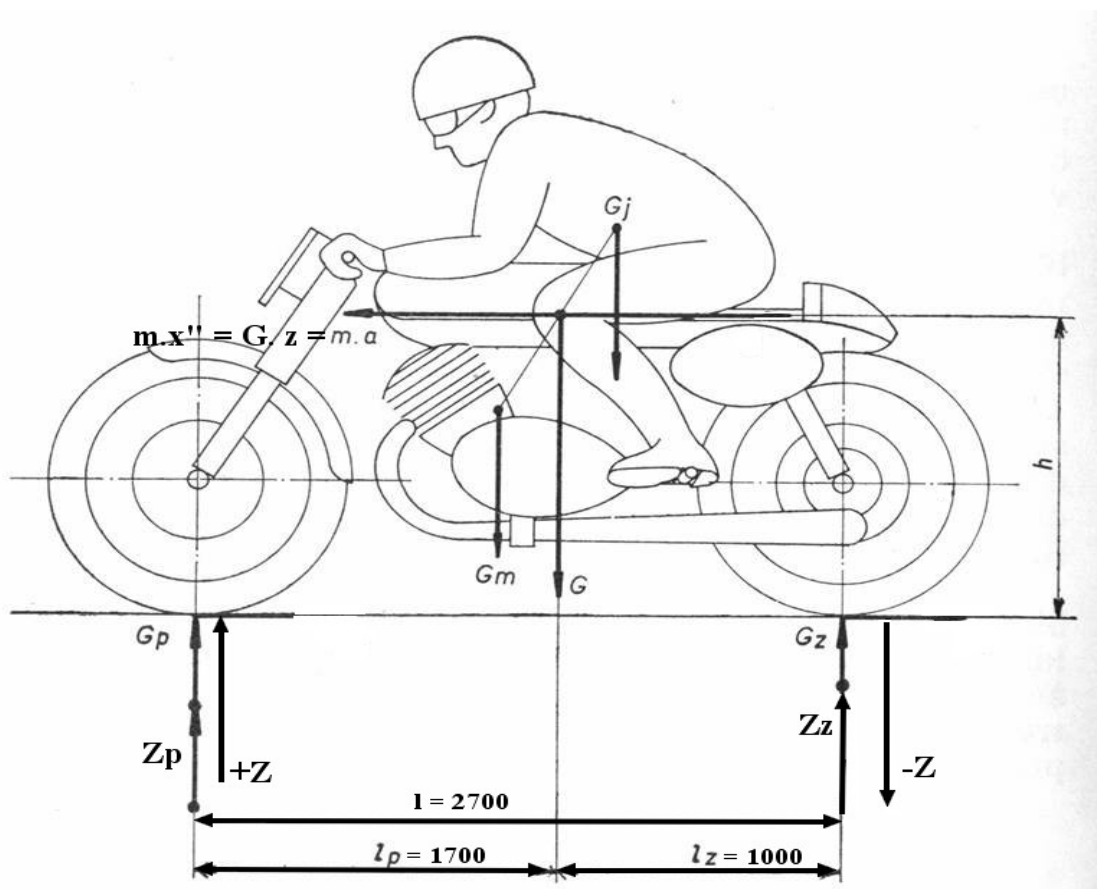
Tabulka číslo 5: *Hmotnosti součástí mototříkolky*

Tabulka číslo 6 obsahuje hodnoty zvolené pro výpočet brzdové soustavy

PARAMETR	ZNAČENÍ	HODNOTA	JEDNOTKY
Součinitel adheze	φ	0,8	-
Provozní brzdění dle EHK č.78	a	$\geq 5,0$	m/s^2
Síla na nožní pedál brzdy dle EHK č.78	F_p	≥ 500	N
Síla na ruční páku brzdy dle EHK č.78	F_{rp}	≥ 200	N
Brzdné zpomalení dle EHK č.78	$a = x''$	5	m/s^2
Poloha těžiště od vozovky	h_t	750	mm
Rozvor mototříkolky	l	2700	mm
Poloha těžiště od předního kola	l_p	1700	mm
Poloha těžiště od zadního kola	l_z	1000	mm
Součinitel tření brzdy	μ	0,35	-
Gravitační zrychlení	g	10	m/s^2
Celková hmotnost	m	325	kg

Tabulka číslo 6: Hodnoty k výpočtu kolových brzd

Výpočet radiálních statických sil Z_p a Z_z



Obrázek č. 31: Síly působící na vozidlo

Z obrázku č.31 je patrné působení sil na mototříkolku během brzdění. Zanedbáme-li valivý odpor, vztlak, vzdušný odpor a setrvačné momenty rotujících kol, pak je patrné rozložení zatížení předních kol a zadního kola mototříkolky z momentových podmínek rovnováhy, kde jsme je označili jako statická zatížení předního a zadního kola Z_p a Z_z

Poměr záporného zrychlení k tíhovému nazveme poměrným zpomalením (zbrzděním):

$$z = \frac{\ddot{x}}{g} \quad (4.1)$$

Po dosazení:

$$z = \frac{5}{10} \tag{4.2}$$

$$z = 0,5$$

V těžišti vozidla působí setrvačná síla $m \cdot \ddot{x} = Gz$ a na kolech mototříkoly brzdné síly B_p a B_z .

Vodorovné síly tudíž musí být v rovnováze a platí:

$$B_p + B_z = m \cdot \ddot{x} = Gz \tag{4.3}$$

a) Pro přední kolo:

$$\Sigma F = 0 : \tag{4.4}$$

$$\Sigma M_z = 0 :$$

$$Z_p + Z_z - G = 0 \tag{4.5}$$

$$Z_p \cdot l - Gz \cdot h - G \cdot lz = 0 \tag{4.6}$$

Po úpravě dostáváme Z_p :

$$Z_p = G \cdot \frac{lz}{l} + z \cdot \frac{h}{l} = Z_{p_{statické}} + Gz \cdot \frac{h}{l} \tag{4.7}$$

b) Pro zadní kolo:

$$\Sigma F = 0 \tag{4.8}$$

$$\sum M_p = 0$$

(4.9)

Po úpravě dostáváme Z_z :

$$Z_z = G \cdot \frac{l_p}{l} - z \cdot \frac{h}{l} = Z_{z_{staticke}} - Gz \cdot \frac{h}{l} \quad (4.10)$$

Zavedeme – li označení:

$$\frac{h}{l} = \frac{0,75}{2,7} = \chi$$

$$\chi = 0,2777 \quad (4.11)$$

$$\frac{l_p}{l} = \psi = \frac{1,7}{2,7} = \psi$$

$$\psi = 0,629 \quad (4.12)$$

$$\frac{l_z}{l} = \frac{l - l_p}{l} = 1 - \psi$$

$$\frac{l_z}{l} = 1 - 0,629 = 0,371 \quad (4.13)$$

pak dostaneme tvar rovnic (4.7) a (4.10):

a) Radiální statická síla na předním kole:

$$Z_p = G \cdot (1 - \psi + z \cdot \chi) \quad (4.14)$$

Po dosazení:

$$Z_p = 3250 \cdot (0,371 + 0,5 \cdot 0,2777) \quad (4.15)$$

$$\underline{Z_p = 1657,03 \text{ N}}$$

b) Radiální statická síla na zadním kole:

$$Z_z = G \cdot (\psi - z \cdot \chi) \quad (4.16)$$

Po dosazení hodnot

$$Z_z = G \cdot (0,629 - 0,5 \cdot 0,2777) \quad (4.17)$$

$$\underline{Z_z = 1592,97 \text{ N}}$$

$$G = Z_p + Z_z \quad (4.18)$$

Po dosazení hodnot:

$$G = 1657,03 + 1592,97 \quad (4.19)$$

$$\underline{G = 3250 \text{ N}}$$

Na mototříkolku při brzdění působí radiální statické síly o velikosti na předním kole 1657,03 N a na zadním kole 1592,97 N

Výpočet přetížení předního kola a odlehčení zadního kola

- vycházím z podmínky rovnováhy momentů

$$m \cdot \ddot{x} \cdot h = \Delta Z \cdot l \quad (4.20)$$

$$\Delta Z = \pm \cdot \frac{m \cdot \ddot{x} \cdot h}{l} = \pm G \cdot z \cdot \frac{h}{l} \quad (4.21)$$

a) Po dosazení se přední kolo přitíží o hodnotu:

$$\Delta Z = 3250 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,75}{2,7} \quad (4.22)$$

$$\underline{\Delta Z = 451,4 \text{ N}}$$

b) Po dosazení do rovnice (4.21) se zadní kolo se odlehčí o hodnotu:

$$\Delta Z = -3250 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,75}{2,7} = -451,4 \text{ N} \quad (4.23)$$

$$\underline{\Delta Z = -451,4 \text{ N}}$$

Výpočet dynamického poloměru pneumatiky rd

Na mototříkolce jsem použil rozdílné kola a pneumatiky na přední a zadní nápravě.

a) pro přední nápravu platí:

- použitá kola 15"
- použité pneumatiky 185/60 R15

Nejprve si převedu průměr kola na metry:

$$1 \text{ palec} = 2,54 \text{ cm}$$

$$D = 15 \cdot 2,54 = 38,1 \text{ cm což odpovídá } D = 0,381 \text{ m}$$

Poloměr ráfku je následující:

$$r = \frac{D}{2} \quad (4.24)$$

Po dosazení hodnot:

$$r = \frac{0,381}{2} \quad (4.25)$$

$$\underline{r = 0,1905 \text{ m}}$$

Výška přední pneumatiky 185/60 R15

$$v = 185 \cdot 0,6 \quad (4.26)$$

$$\underline{v = 0,111 \text{ m}}$$

Dynamický poloměr kola získám jako součet poloměru disku kola a výšky pneumatiky:

$$rd = r + v \quad (4.27)$$

Po dosazení hodnot:

$$rd = 0,1905 + 0,111$$

$$\underline{rd = 0,3015 \text{ m}}$$

(4.28)

b) **Pro zadní nápravu platí:**

- použité kolo 17"
- použitá pneumatika 245/40 R17

Průměr kola:

$$D = 17 \cdot 2,54 = 43,18\text{cm, což je } D = 0,4318 \text{ m}$$

Poloměr ráfku kola:

$$r = \frac{D}{2} \quad (4.29)$$

Po dosazení hodnot:

$$r = \frac{0,4318}{2} \quad (4.30)$$

$$\underline{r = 0,2159 \text{ m}}$$

Výška zadní pneumatiky 245/40 R17

$$v = 245 \cdot 0,4 \quad (4.31)$$

$$\underline{v = 98\text{mm} = 0,098 \text{ m}}$$

Dynamický poloměr kola:

$$rd = r + v \quad (4.32)$$

Po dosazení hodnot:

$$rd = 0,2159 + 0,098 \quad (4.33)$$

$$\underline{rd = 0,3139 \text{ m}}$$

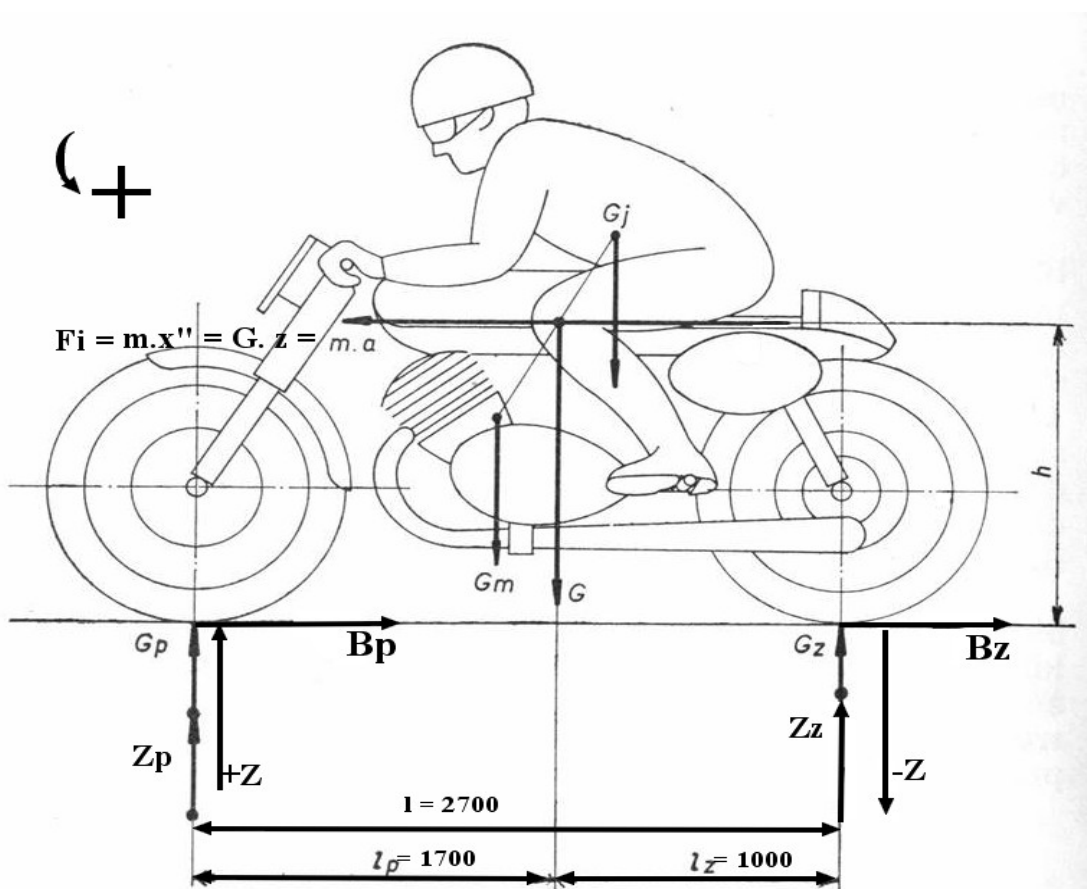
4.2 Velikost brzděné síly a brzděného momentu na kolech mototříkolky

Jestliže je zapotřebí vypočítat brzdící účinky na jednotlivá kola je třeba dokreslit do obrázku další působící síly na mototříkolku, síly brzdící na vozovku a setrvačné síly. Mezi tyto brzdící síly patří síla na přední a zadní kola označena B_p a B_z a setrvačná síla $m \cdot x''$.

K výpočtu brzděných sil také uvažují úhel stoupání vozovky, který bude $\alpha = 0^\circ$. Ke zvolení nultého stupně stoupání vozovky mne přivádí skutečnost, že velikost dovoleného brzděného zpomalení při provozním brzdění je daná podmínkou brzdění na rovině a proto i sílu do stoupání logicky volím jako $F_s = 0 \text{ N}$.

Síly odporu vzduchu, valivý odpor a setrvačné momenty rotujících kol zanedbávám.

Podle obrázku č.32 si vyjádřím působící síly jenž na mototříkolku působí během brzdění.



Obrázek č.32: Schéma působících sil při brzdění

$$\sum F_y = 0 \text{ N} \tag{4.34}$$

$$\sum M_p = 0 \text{ Nm}$$

$$Z_p + Z_z - G = 0 \tag{4.35}$$

$$Z_z \cdot l + F_i \cdot h - G \cdot l_p = 0 \tag{4.36}$$

Velikost setrvačné sily F_i :

$$F_i = m \cdot a = m \cdot x'' \tag{4.37}$$

Po dosazení hodnot:

$$F_i = 325 \cdot 5 \tag{4.38}$$

$$\underline{F_i = 1625 \text{ N}}$$

Z rovnic (4.35) a (4.36) si vyjádříme velikost zatížení náprav Z_p a Z_z :

a) Přední náprava

$$Z_z = \frac{G \cdot l_p - F_i \cdot h}{l} \tag{4.39}$$

b) Zadní náprava:

$$Z_p = G - Z_z \tag{4.40}$$

Po dosazení hodnot dostáváme rovnici ve tvaru:

a) Zatížení zadní nápravy:

$$Z_z = \frac{3250 \cdot 1,7 - 1625 \cdot 0,75}{2,7} \quad (4.41)$$

$$\underline{Z_z = 1595 \text{ N}}$$

b) Zatížení přední nápravy:

$$Z_p = 3250 - 1595 \quad (4.42)$$

$$\underline{Z_p = 1655 \text{ N}}$$

Výpočet sil na kolech nápravy

a) pro přední nápravu:

$$B_p = f_p \cdot Z_p \quad (4.43)$$

b) pro zadní nápravu:

$$B_z = f_z \cdot Z_z \quad (4.44)$$

Po dosazení hodnot:

a) pro přední nápravu:

$$B_p = 0,8 \cdot 1655 \quad (4.45)$$

$$\underline{B_p = 1324,1 \text{ N}}$$

b) pro zadní nápravu:

$$B_z = 0,8 \cdot 1595 \quad (4.46)$$

$$\underline{B_z = 1276 \text{ N}}$$

Maximální brzdná síla:

$$B_{max} = B_p + B_z \quad (4.47)$$

Po dosazení hodnot:

$$B_{max} = 1324,1 + 1276 \quad (4.48)$$

$$\underline{B_{max} = 2600,1 \text{ N}}$$

Výpočet velikosti brzdě síly na jednotlivých kolech

Přední řídicí náprava je opatřena dvěma koly a zadní hnací kolo je samostatné:

a) pro přední kola

$$B_{p_l} = B_{p_p} = 662,05 \text{ N} \quad (4.49)$$

b) pro zadní kolo:

$$B_z = 1276 \text{ N} \quad (4.50)$$

Výpočet brzdného momentu na jednotlivých kolech:

a) pro přední nápravu:

$$Mbp_{levé} = Mbp_{pravé} = Bp_l = Bp_p \cdot rd \quad (4.51)$$

b) pro zadní nápravu:

$$Mb_z = B_z \cdot rd \quad (4.52)$$

Po dosazení hodnot:

a) pro přední nápravu:

$$Mbp_{leve} = Mbp_{prave} = 6620,5 \cdot 0,3139 \quad (4.53)$$

$$\underline{Mbp_{leve} = 207,82 \text{ Nm}}$$

b) pro zadní nápravu:

$$\underline{Mb_z} = 1276 \cdot 0,3139 \quad (4.54)$$

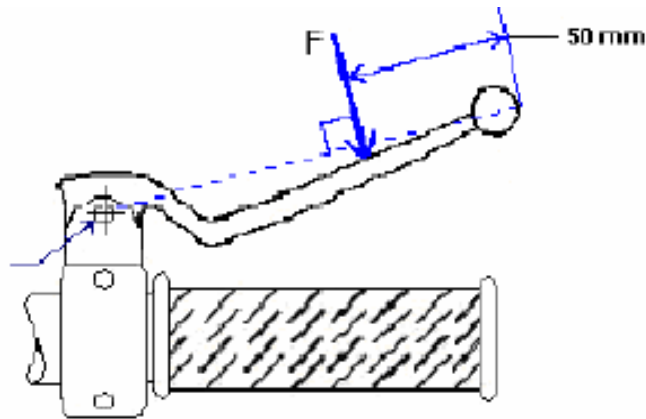
$$\underline{Mb_z} = 400,53 \text{ Nm}$$

4.3 Výpočet ovládací síly na ruční a nožní páce brzdy

Mototříkolku navrhuji jako dvoustopé vozidlo se součtem dohromady tří kol. Přední náprava disponuje dvěma koly a zadní náprava pouze jedním hnacím kolem. Na přední a zadní nápravě jsou použity různé velké průměry brzdových kotoučů.

a) Výpočet síly na ruční páku brzdy

Pro přední nápravu mototříkolky navrhují použít brzdový kotouč o průměru 261 mm a o středním průměru činné plochy 213 mm → kde střední poloměr činné plochy $r_s = 106,5\text{ mm} = 0,107\text{ m}$. Brzdový třmen na přední nápravě má průměr pístku $d_{BP} = 48\text{ mm}$, dále hlavní brzdový pístek umístěn v páčce brzdy na řidítkách má průměr $d_{HP} = 12\text{ mm}$ a brzdový pedál o převodovém poměru $i_p = 4$. Dle předpisu EHK č.78 se ovládací síla měří na místě 50 mm od okraje páky jako je na *obrázku č.33*.



Obrázek č.33: Síla na ruční páce brzdy

- Výpočet brzdné síly na kotouči přední brzdy F_{BP} :

$$F_{BP} = \frac{Mb_p}{2 \cdot \mu \cdot r_s} \quad (4.55)$$

Po dosazení hodnot:

$$F_{BP} = \frac{207,82}{2 \cdot 0,35 \cdot 0,107} \quad (4.56)$$

$$\underline{F_{BP} = 2774,6\text{ N}}$$

Bych mohl dále počítat síly, je nutné si vypočítat plochu pístku hlavního brzdového válce S_{BHP} a plochu pístku kolového válečku S_{BP} .

- **Výpočet plochy pístku kolového válečku S_{BP} :**

$$S_{BP} = \frac{\pi \cdot d_{HB}^2}{4} \quad (4.57)$$

Po dosazení hodnot:

$$S_{BP} = \frac{\pi \cdot 48^2}{4} \quad (4.58)$$

$$\underline{S_{BP} = 1809,56 \text{ mm}^2}$$

- **Výpočet plochy pístku hlavního brzdového válce umístěného na řídkách S_{BH} :**

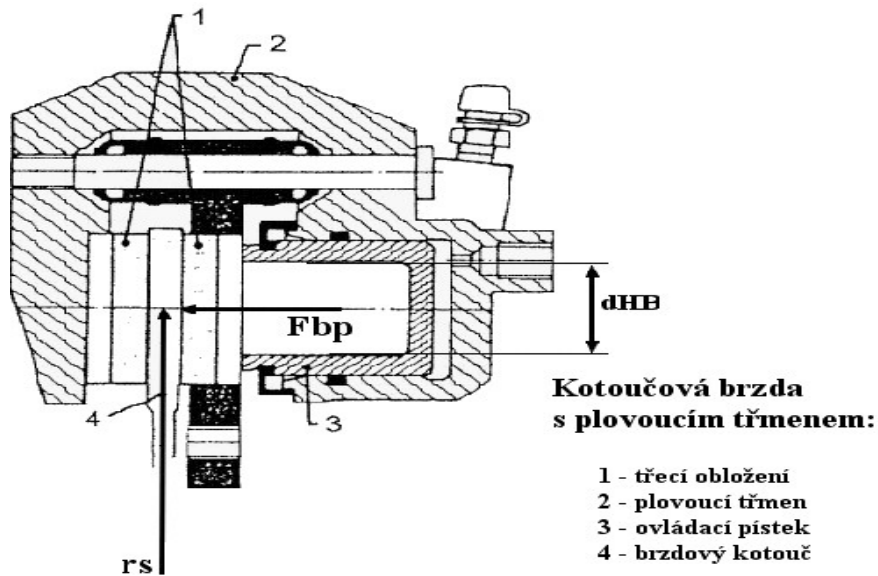
$$S_{BH} = \frac{\pi \cdot d_{HP}^2}{4} \quad (4.59)$$

Po dosazení hodnot:

$$S_{BH} = \frac{\pi \cdot 12^2}{4} \quad (4.60)$$

$$\underline{S_{BH} = 113,1 \text{ mm}^2}$$

Obrázek č.34 znázorňuje brzdící síly na brzdový kotouč:



Obrázek č.34: Kotoučová brzda a síly na ni působící

- Tlak p v brzdovém okruhu pro přední brzdu:

$$p = \frac{F_{BK}}{S_{HP}} = \frac{F_{BHV}}{S_{BHP}} \quad (4.61)$$

Po úpravě získáme tvar rovnice pro sílu na píst hlavního válce:

$$F_{BHV} = \frac{F_{BK} \cdot S_{BHP}}{S_{BP}} \quad (4.62)$$

Po dosazení hodnot:

$$F_{BHV} = \frac{2774,6 \cdot 113,1}{1809,56} \quad (4.63)$$

$$\underline{F_{BHV} = 173,41 \text{ N}}$$

- **Ovládací síla na ruční páce brzdění**

$$F_{OVL} = \frac{F_{BHV}}{ip} \quad (4.64)$$

Po dosazení hodnot:

$$F_{OVL} = \frac{173,41}{4} \quad (4.65)$$

$$\underline{F_{OVL} = 43,4 \text{ N}}$$

Maximální přípustná síla na ruční ovládací orgán brzdy podle předpisu EHK OSN č.78 je $F_{OVL} \leq 200 \text{ N}$. Mnou navrhovaná brzda se bude ovládat silou $F_{OVL} = 43,4 \text{ N}$. Ovládací síla přední brzdy vyhovuje předpisu.

- **Tlak v brzdové soustavě předního ovládacího okruhu:**

$$p = \frac{F_{BHV}}{S_{BHP}} \quad (4.66)$$

Po dosazení hodnot:

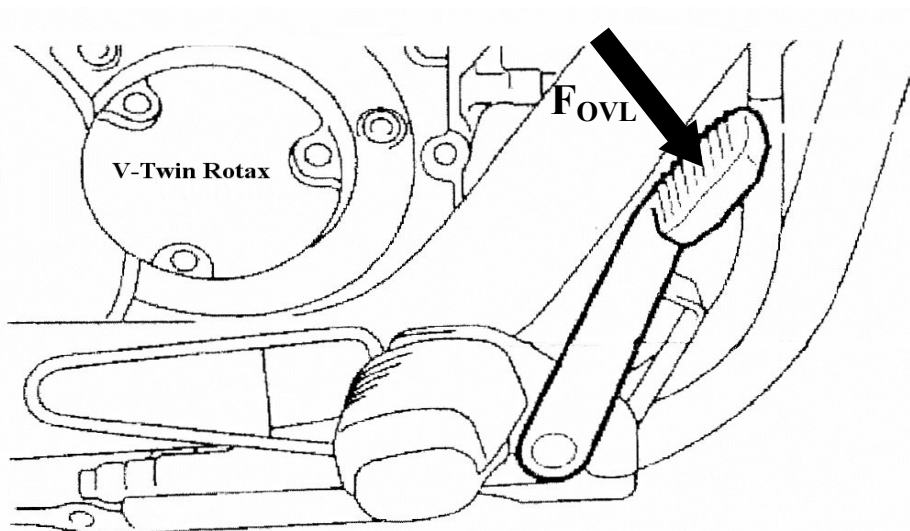
$$p = \frac{173,41}{113,1} \quad (4.67)$$

$$\underline{p = 1,53 \text{ MPa}}$$

b) Výpočet síly na nožní páce brzdy

Pro zadní nápravu mototříkolky navrhuji použít brzdový kotouč o průměru 331,8 mm a o středním průměru činné plochy 301,8 mm → kde střední poloměr činné plochy $r_s = 150,9 \text{ mm} = 0,151 \text{ m}$. Brzdový třmen na zadní nápravě má průměr pístku $d_{BZ} = 30 \text{ mm}$, dále hlavní brzdový pístek umístěn v nožní páce brzdy má průměr $d_{HP} = 15 \text{ mm}$ a brzdový pedál o převodovém poměru $i_p = 2$.

Právní předpis EHK OSN č.78 stanovuje přesné určení místa působení ovládací síly. U nožního ovládacího orgánu působí vstupní síla na střed ovládacího pedálu a kolmo na pedál jak znázorňuje obrázek číslo 35.



Obrázek č.35: Schéma působení ovládací síly na páku zadní brzdy

- Výpočet brzdící síly na kotouči zadní brzdy F_{BZ} :

$$F_{BZ} = \frac{M_{BZ}}{2 \cdot \mu \cdot r_s} \quad (4.68)$$

Po dosazení hodnot:

$$F_{BZ} = \frac{400,53}{2 \cdot 0,35 \cdot 0,151}$$

$$\underline{F_{BZ} = 3789,3 \text{ N}}$$

(4.69)

- **Výpočet plochy píستku kolového válečku S_{BZ} :**

$$S_{BZ} = \frac{\pi \cdot d_{HB}^2}{4}$$

(4.70)

Po dosazení hodnot:

$$S_{BZ} = \frac{\pi \cdot 30^2}{4}$$

(4.71)

$$\underline{S_{BZ} = 706,9 \text{ mm}^2}$$

- **Výpočet plochy píستku hlavního brzdového válce umístěného na rámu mototříkolky S_{BHZ} :**

$$S_{BHZ} = \frac{\pi \cdot d_H^2}{4}$$

(4.72)

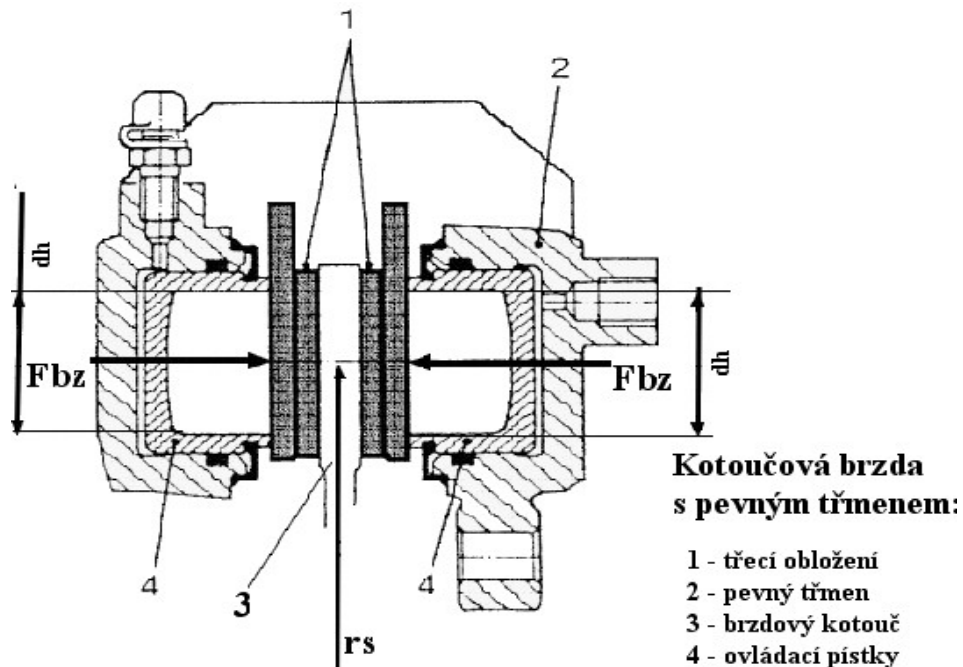
Po dosazení hodnot:

$$S_{BHZ} = \frac{\pi \cdot 15^2}{4}$$

(4.73)

$$\underline{S_{BHZ} = 176,7 \text{ mm}^2}$$

Na obrázku číslo 36 jsou znázorněny síly F_{BZ} , které působí na brzdový kotouč během brzdění. Zadní kolo je navrženo s kotoučovou brzdou s pevným třmenem.



Obrázek č.36: *Kotoučová brzda s pevným třmenem a síly na ni působící*

- **Tlak p v brzdovém systému zadního brzdícího okruhu:**

$$p = \frac{F_{BZ}}{S_{HZ}} = \frac{F_{BHV}}{S_{BHZ}} \quad (4.74)$$

Po úpravě získáváme vztah pro sílu, která vzniká na pístu hlavního válce:

$$F_{BHV} = \frac{F_{BZ} \cdot S_{BHZ}}{S_{BZ}} \quad (4.75)$$

Po dosazení hodnot:

$$F_{BHV} = \frac{3789,3 \cdot 176,7}{706,9}$$

$$\underline{F_{BHV} = 947,2\text{N}} \quad (4.76)$$

- Ovládací síla na páku nožní brzdy F_{OVL} :

$$F_{OVL} = \frac{F_{BHV}}{ip} \quad (4.77)$$

Po dosazení hodnot:

$$F_{OVL} = \frac{947,2}{2}$$

(4.78)

$$\underline{F_{OVL} = 473,6\text{ N}}$$

Předpis EHK č. 78 předepisuje, že na ovládací orgán zadní brzdy nesmí být použita síla převyšující $F_{OVL} \leq 500\text{ N}$. Můj návrh tuto podmínku splňuje. Zadní brzda pro mototříkolku vyhovuje!

- **Tlak p v zadní brzdové soustavě:**

$$p = \frac{F_{BHV}}{S_{BHZ}} \quad (4.79)$$

Po dosazení hodnot:

$$p = \frac{947,2}{176,7}$$

(4.80)

$$\underline{p = 5,36\text{ MPa}}$$

4.4 Výpočet minimálního součinitele adheze φ při parkování na svahu a do svahu

Mototříkolka je vybavena parkovací brzdou pouze na zadním kole, která musí být schopna zajistit podle předpisu EHK OSN č.78 v parkování na svahu a do svahu udržení mototříkolky.

Na mototříkolce je použit brzdový třmen s integrovaným mechanismem parkovací brzdy z vozidla, tudíž by nemělo dojít k samovolnému rozjetí.

Abych zjistil, jestli je možné parkování do svahu a ze svahu musím si vypočítat součinitel adheze φ mezi pneumatikou a vozovkou.

Jako výchozí pozice volím mototříkolku stojící ve svahu nebo na svahu s rychlostí $v = 0$ km/h, odpor setrvačnosti $F_i = 0$, odpor valení $F_j = 0$ a také odpor vzduchu $F_v = 0$. Brzdná síla musí ubrzdit pouze sílu odporu ze stoupání nebo klesání. Sklon zkušební povrchu má 18%, což odpovídá úhlu $\alpha = 10.2^\circ$

4.4.1 Výpočet minimálního součinitele adheze φ při parkování ze svahu

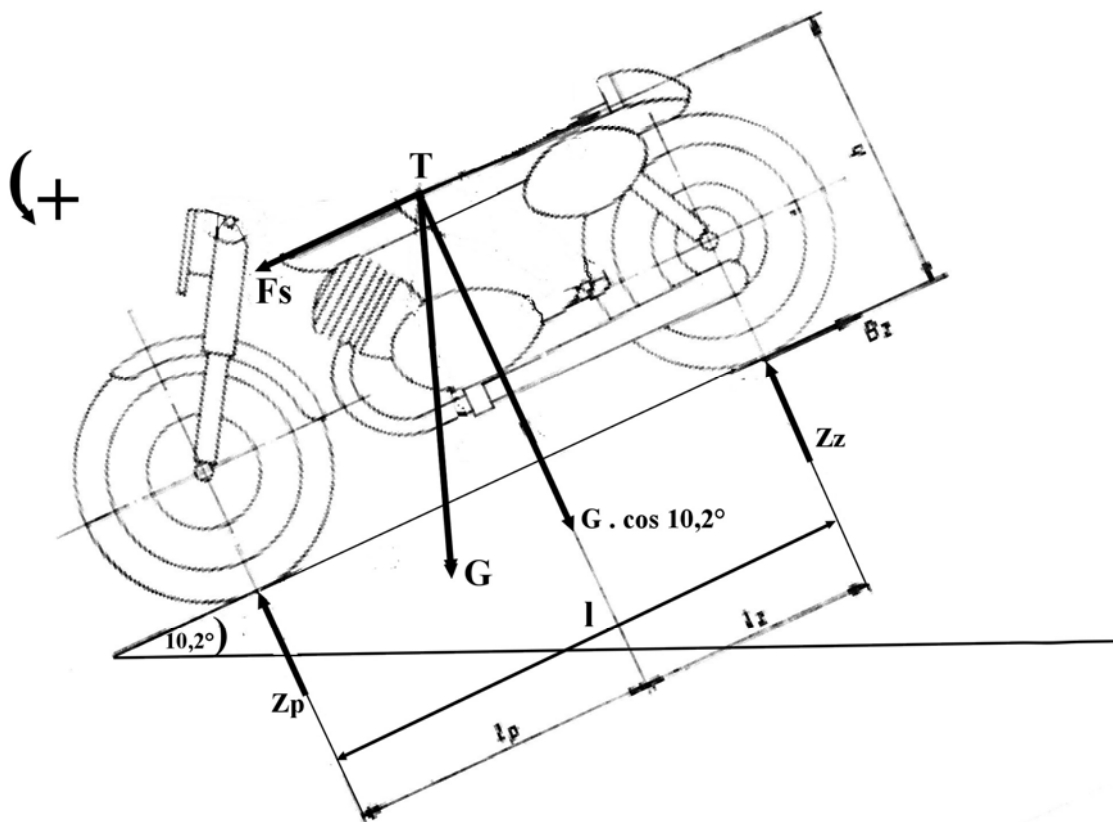
$$B_z \geq F_s \quad (4.80)$$

$$F_s = G \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (4.81)$$

Brzdná síla je omezena velikostí adheze na zadní nápravě, proto:

$$B_z = Z_z \cdot \varphi \geq F_s \quad (4.82)$$

Na *obrázku č.37* jsou znázorněny síly, které působí na vozidlo při parkování ze svahu.



Obrázek č.37: Parkování ze svahu

Z momentové rovnice k přední nápravě získáme velikost radiální reakce od vozovky Z_z :

$$\sum M_p = 0 \quad (4.83)$$

$$F_s \cdot h + Z_z \cdot l - G \cdot \cos \alpha \cdot l_p = 0 \quad (4.84)$$

$$Z_z = \frac{G \cdot \cos \alpha \cdot l_p - F_s \cdot h}{l} \quad \text{dosadím do rovnice (4.82)} \quad (4.85)$$

$$\left(\frac{G \cdot \cos \alpha \cdot l_p - F_s \cdot h}{l} \right) \cdot \varphi \geq F_s \quad (4.86)$$

$$\left(\frac{G \cdot \cos \alpha \cdot lp - G \cdot \sin \alpha \cdot h}{l}\right) \cdot \varphi \geq G \cdot \sin \alpha \quad (4.87)$$

Obě strany vynásobíme vztahem $\frac{1}{G}$ a vyjádříme součinitele φ :

$$(lp \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha) \cdot \varphi \geq l \cdot \sin \alpha \quad (4.88)$$

$$\varphi \geq \frac{l \cdot \sin \alpha}{lp \cdot \cos \alpha - h \sin \alpha} \quad (4.89)$$

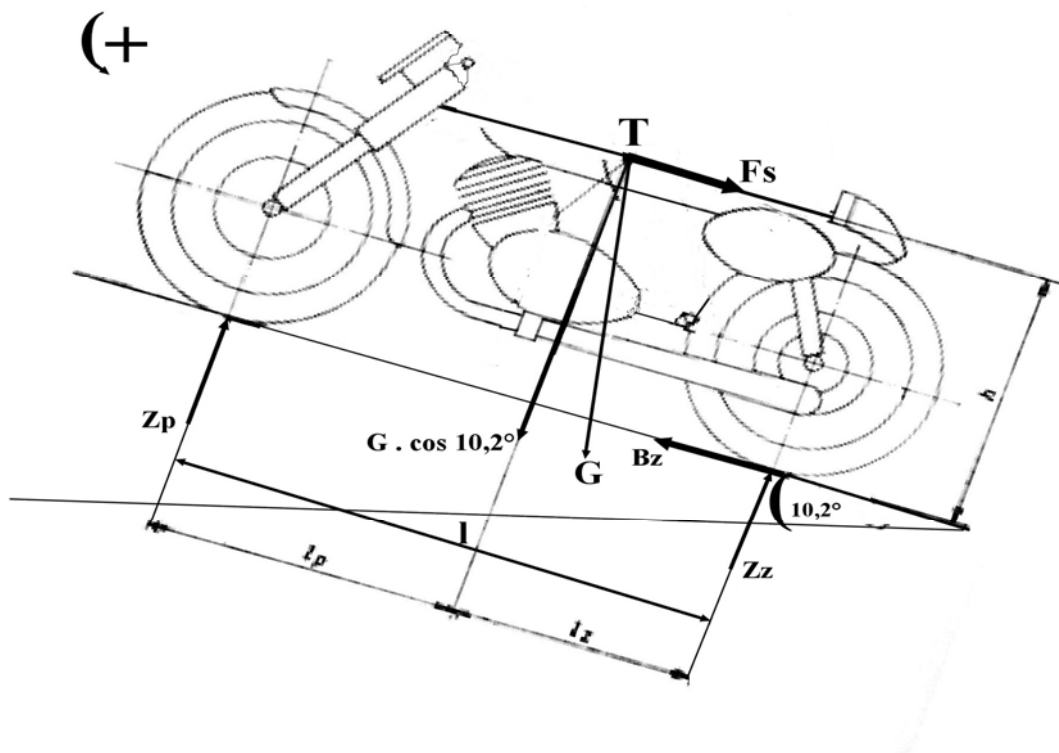
Po dosazení hodnot:

$$\varphi \geq \frac{2700 \cdot \sin 10,2^\circ}{1700 \cdot \cos 10,2^\circ - 750 \cdot \sin 10,2^\circ} \quad (4.90)$$

$$\underline{\varphi \geq 0,3104}$$

Při parkování na svahu se sklonem 18% je mototříkolka schopna se udržet na svahu. Vypočítaná hodnota adheze φ odpovídá např. povrchu se suchým pískem.

4.4.2 Výpočet minimálního součinitele adheze φ při parkování do svahu



Obrázek č.38: Parkování do svahu

Z momentové rovnice k přední nápravě získáme velikost radiální reakce od vozovky Z_z :

$$\sum M_p = 0 \quad (4.91)$$

$$Z_z \cdot l - F_s \cdot h - G \cdot \cos \alpha \cdot l_p = 0 \quad (4.92)$$

$$Z_z = \frac{F_s \cdot h + G \cdot \cos \alpha \cdot l_p}{l} \text{ dosadíme do rovnice (4.82)} \quad (4.93)$$

$$\left(\frac{F_s \cdot h + G \cdot \cos \alpha \cdot lp}{l} \right) \cdot \varphi \geq F_s \quad (4.94)$$

$$\left(\frac{G \cdot \sin \alpha \cdot h + G \cdot lp \cdot \cos \alpha}{l} \right) \cdot \varphi \geq G \cdot \sin \alpha \quad (4.95)$$

Obě strany vynásobíme vztahem $\frac{1}{G}$ a vyjádříme součinitel adheze φ :

$$(h \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot lp) \cdot \varphi \geq l \cdot \sin \alpha \quad (4.96)$$

$$\varphi \geq \frac{l \cdot \sin \alpha}{h \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot lp} \quad (4.97)$$

Po dosazení hodnot:

$$\varphi \geq \frac{2700 \cdot \sin 10,2^\circ}{750 \cdot \sin 10,2^\circ + \cos 10,2^\circ \cdot 1700} \quad (4.98)$$

$$\varphi \geq 0,2647$$

Při parkování do svahu se skolem 18% je zadní náprava více přitížena a je možné nechat mototříkolku i na povrchu, kdy adheze φ odpovídá např. ujetému sněhu.

4.5 Použití elektronických brzdných asistentů do mototříkolky

4.5.1 Přehled elektronických brzdných systémů

ABS (Anti-Block Brake System) je to systém aktivní bezpečnosti vozidla, který má zabránit zablokování kola při brzdění a tím ztráty adheze mezi kolem a vozovkou.

Umožňuje zachování stability, ovladatelnosti a říditelnosti vozidla v mezních situacích.

ASR (Anti Skid Regulation) jedná se o systém regulace prokluzu kol. Zabraňuje protáčení kol (např. na trávě či ledu) a to ve všech rychlostech, čímž zajišťuje stabilitu a ovladatelnost při akceleraci vozidla zásahem do brzdění vozidla a do řídicí jednotky.

EDS (Elektronic Differential System) je to elektronická uzávěra diferenciálu. Pokud hnací kola vozidla prokluzují (nízká adheze mezi vozovkou a kolem vozidla), zajistí systém rozdělení hnacího momentu motoru nerovnoměrně na poháněná kola pomocí řízeného brzdění těchto kol.

EBV ((Elektronische Bremskraftverteilung) je systém, který je založený na elektronickém rozdělování brzdné síly. Samočinně rozděluje intenzitu brzdného účinku mezi nápravy podle jejich okamžitého zatížení optimálně snižuje brzdící tlak v zadní nápravě, která je při brzdění přirozeně odlehčována.

MSR ((Motor Schleppmoment Regelung) je to systém, který je založen na regulaci vlečného momentu motoru. Systém zabraňuje zablokování hnacích kol při brzdění motorem při náhlé deceleraci a ponechání zařazeného rychlostního stupně.

ESP (Electronic Stability Program) je to systém stabilizace jízdy vozidla, který dokáže regulovat skluz pneumatiky v příčném směru. Systém zvyšuje stabilitu vozidla ve stopě při průjezdu zatáčkou a zároveň snižuje nebezpečí smyku při brzdění, zrychlení i při volném pohybu vozidla.

4.5.2 Elektronické brzdné systémy pro mototříkolku

Pro mototříkolku mohou navrhnou protiblokovací zařízení ABS a také stabilizační systém ESP, což se ale odrazí v pořizovací ceně celého vozidla.

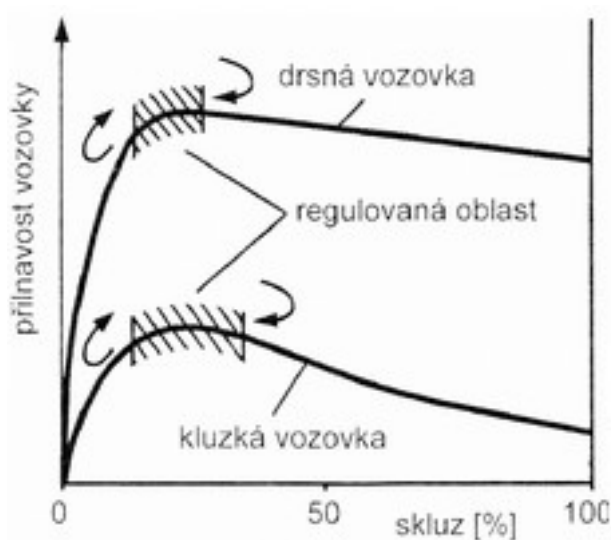
Princip ABS (Anti-Block Brake Systém)

ABS je zařízení, které přispívá k bezpečnosti jízdy a zvyšuje aktivní bezpečnost v kritických situacích, kdy jezdec je donucen prudce zabrzdít a tím může dojít k zablokování kola, což má za následek ztrátu směrové stability.

Jestliže nastane situace blokování kola a ABS to rozpozná okamžitě sníží tlak v brzdovém systému pro přední tak pro zadní kolo.

Protiblokovací systém má za úkol zabránit blokování kol při brzdění, a to za jakýchkoliv povětrnostních podmínek a na každém typu vozovky. Princip vychází ze skutečnosti, že maximální brzdny účinek je u kola ještě se otáčejícího.

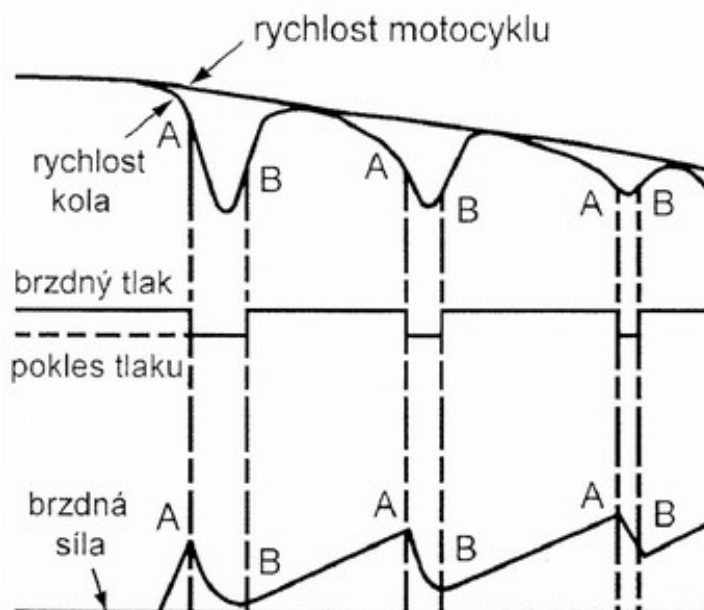
Úlohou protiblokovacího regulace je zaručení optimálního využití přilnavosti mezi kolem a vozovkou. To znamená, že brzdny tlak v brzdovém systému musí být regulován, aby brzdny skluz na kolech byl stále udržován v oblasti maxima křivky přilnavosti v závislosti na skluzu jak vypovídá *graf číslo 3*, kde maximum křivky přilnavosti se nachází v oblasti kolem 20% skluzu.



Graf č.3: Závislost součinitele adheze na skluzu brzděného kola pro drsný a kluzký povrch vozovky

Graf č.3 představuje regulační cyklus protiblokovacího zařízení. Vycházíme z rozdílu mezi rychlostí vozidla a rychlostí kola, což je rozdíl skluzu kola. Jakmile dojde k náhlému snížení rychlosti kola, kolo má sklon k blokování.

Pokud dojde k překročení zpoždění kola a skluz kola stanovené hodnoty, vyhodnotí řídicí jednotka ABS náchylnost k blokování kola. V situaci, kdy je skluz kola je velký a kolo má sklon se blokovat na *obrázku bod A*, zakročí řídicí jednotka ABS takovým způsobem, že nastane pokles tlaku v brzdě doté doby, než blokování zcela vymizí a poté opět zvýší tlak v brzdové soustavě to je na *obrázku bod B*.



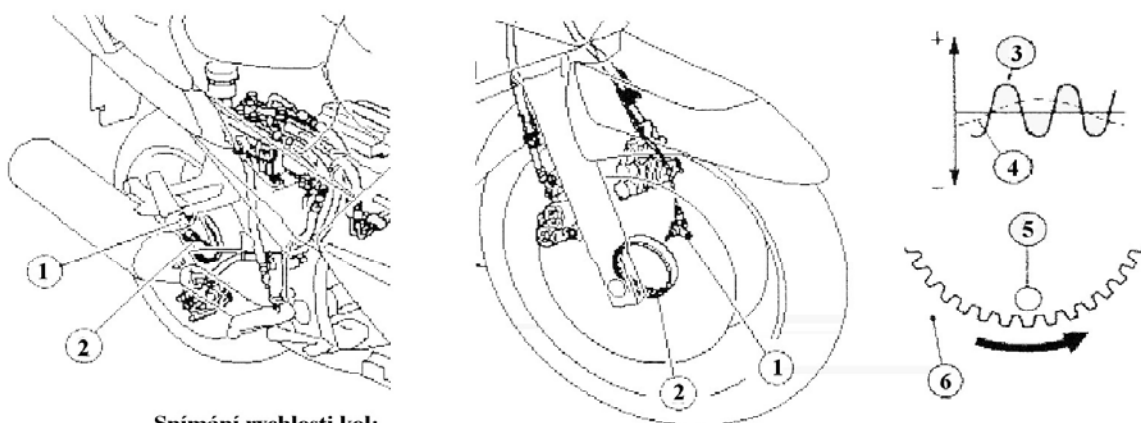
Graf č.4: Regulační cyklus protiblokovacího systému

Činnost ABS probíhá takto: řídicí jednotka ABS je vybavena snímači na předním i zadním kole (*obrázek číslo 39*), které ji neustále informují o otáčkách kol. Jednotka vypočítává podle rozdílu rychlosti jízdy a otáček jednotlivých kol brzdovou sílu vyvíjenou brzdami na kola. Řídicí jednotka je schopna rozpoznat díky snímačům stav vozidla, kdy se mohou během brzdění dostat kolo přední nebo zadní nápravy v důsledku příliš velké brzdné síly k zablokování a tedy k prokluzu.

V takovém případě zareaguje řídicí jednotka ABS tak, že vyšle signál elektromagnetickým ventilům, které upravují tlak brzdové kapaliny v příslušném brzdovém ústrojí příslušného kola. Tímto úkonem se sníží síla působící na pístky v brzdovém třmenu a přitlačná sílu působící na brzdový kotouč. Jakmile dojde ke snížení tlaku v příslušném brzdovém ústrojí natolik, že nebezpečí zablokování kola zmizí, řídicí jednotka vyšle signál a redukce tlaku v brzdové soustavě příslušného kola se zastaví, případně povolí, aby se tlak v soustavě mohl opět zvýšit.

Jezdec vybaven protiblokovacím zařízením ABS má tu výhodu během jízdy, že ovládá velkou silou ovládací prvky brzd a řídicí jednotka stále vyhodnocuje situaci, tak aby zabezpečila maximální brzdovou sílu bez nebezpečí zablokování kol.

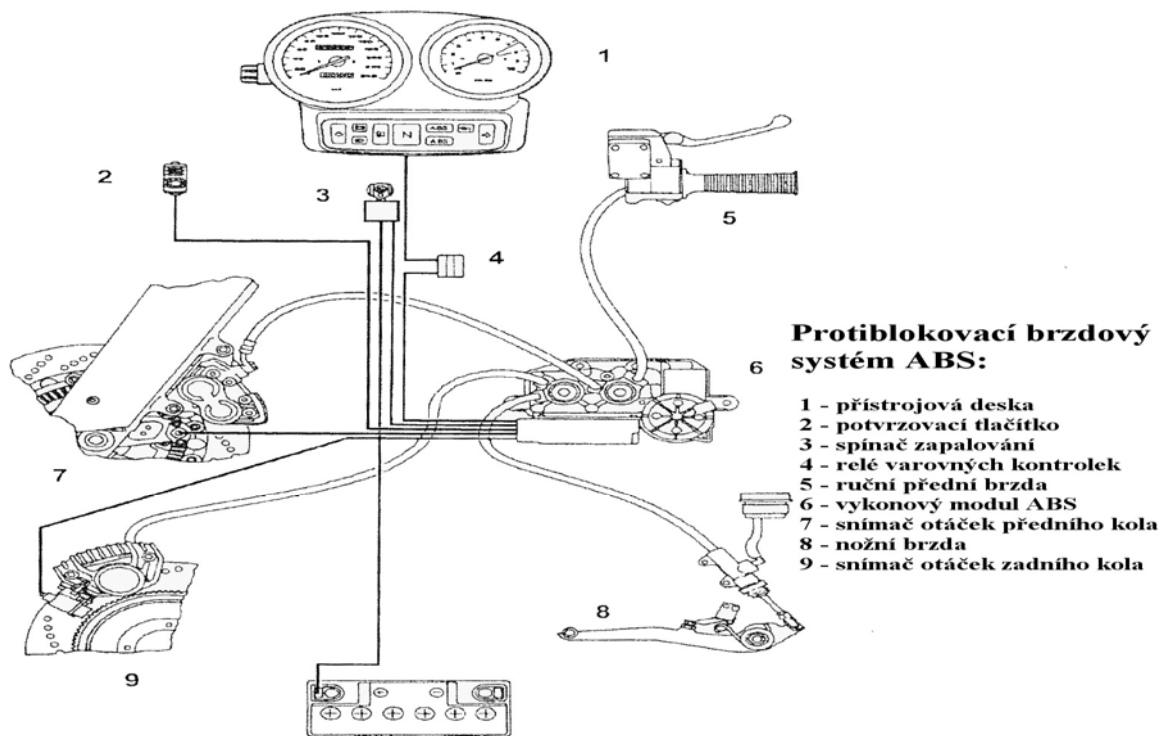
Obrázek číslo 39 ukazuje protiblokovací systém motocyklu.



Snímání rychlosti kol:

- 1 - snímač otáček předního kola
- 2 - impulsní kroužek snímače, 3 - signál při vysoké rychlosti, 4 - signál při nízké rychlosti,
- 5 - snímač otáček kola, 6 - impulsní kroužek

Obrázek č.39: Snímání kola



Protiblokovací brzdový systém ABS:

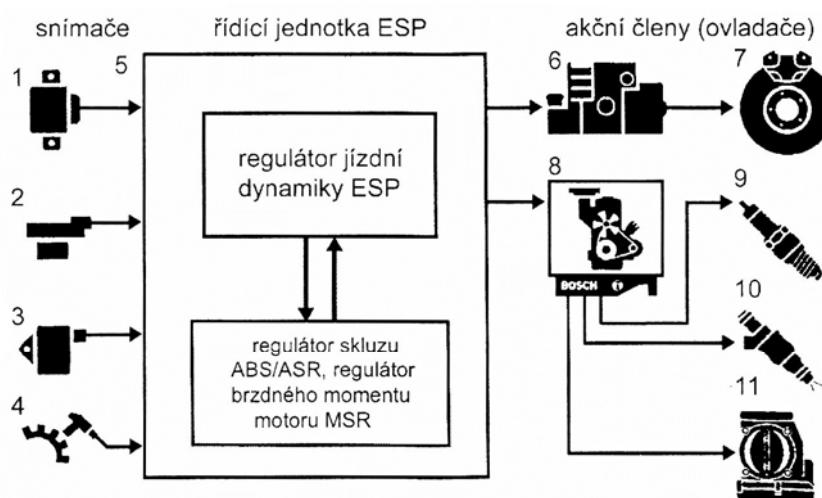
- 1 - přístrojová deska
- 2 - potvrzovací tlačítko
- 3 - spínač zapalování
- 4 - relé varovných kontrolky
- 5 - ruční přední brzda
- 6 - vykonový modul ABS
- 7 - snímač otáček předního kola
- 8 - nožní brzda
- 9 - snímač otáček zadního kola

Obrázek č.40: Systém ABS

Princip ESP (Electronic Stability Program): jedná se o systém regulace dynamiky jízdy, který v sobě obsahuje také funkci ABS. ESP dokáže regulovat skluz pneumatiky v příčném směru, který může mít za následek ke ztrátě bočního vedení a k vybočení vozidla do strany. Systém zvyšuje komfort jízdy během průjezdu zatáčkou tím, že zvyšuje stabilitu vozidla a zároveň snižuje nebezpečí smyku při brzdění, zrychlení a také při volném pohybu vozidla.

Činnost ESP se skládá z hydraulických agregátů a řídicí jednotky, která je vybavena senzory jenž snímají a vyhodnocují jízdní situaci. Hydraulický systém ESP zakročí v kritických situacích tím, že zvýší brzdový tlak na jednotlivá kola a zabrání tak nechtěnému smyku během jízdy. Řidič během jízdy nezasahuje, tento děj probíhá automaticky a ovládá ho řídicí jednotka. Brzdící impuls tak může vozidlo stabilizovat a znovu jej uvést do správného režimu jízdy. Systém ESP také dokáže snížit podle potřeby výkon motoru tak, aby napomohl ke stabilizaci vozidla.

Obrázek číslo 41 zobrazuje regulační soustavu ESP (Bosch) s příslušenstvím.



Regulační soustava ESP (Bosch): 1 - snímač stáčivé rychlosti se snímačem bočního zrychlení; 2 - snímač úhlu natočení volantu; 3 - snímač neregulovaného brzdného tlaku; 4 - snímače otáček; 5 - řídicí jednotka ESP; 6 - hydraulická jednotka; 7 - brzdy; 8 - řídicí jednotka motoru; 9 - úhel zážehu; 10 - vstřikování paliva; 11 - škrticí klapka

Obrázek č. 41: Systém ESP

4.5.3 Změny brzdové soustavy po aplikaci systému ABS a EPS

Brzdovou soustavu, kterou navrhuji na mototříkolku je hydraulická s kotoučovou brzdou na předních kolech a zadním kole.

Jestliže budu chtít zvednout komfort a hlavně bezpečnost jízdy na motořiolce pomocí systému ABS a EPS budou zapotřebí provést některé změny v brzdové soustavě.

Jedná se o:

- Změnu v řídicí jednotce
- Zapojení řídicí jednotky ABS a EPS s hydraulickou jednotkou
- Instalaci snímačů otáček kol hlav kol
- Výměnu ložisek kol za ložiska s instalovanými snímacími kroužky
- Úpravu na brzdovém potrubí.

5 Závěr

Cílem této práce bylo, za použití znalostí z konstrukce teorie vozidel a motocyklů, navrhnout nejvhodnější konstrukční řešení brzdové soustavy pro mototříkolku.

Pro správné navržení brzdové soustavy u tohoto typu vozidel je základní podmínkou výběr uspořádání kol vozidla. Vybral jsem koncepci vpředu dvě řiditelná kola, vzadu hnací jedno kolo. Při výběru vhodné brzdové soustavy jsem porovnával a vyhodnocoval tři možné varianty řešení, které připadaly v úvahu : první varianta použití třecích brzdových kotoučů a bubnové brzdy, druhá varianta použití třecích brzdových kotoučů na všech kolech, třetí varianta použití předních kotoučových brzd na obou kolech a zadní kotoučová brzda s třmenem parkovací brzdy.

Při vyhodnocování brzdové soustavy jsem se zaměřil na to, aby byla zajištěna vysoká účinnost brzd při jakémkoliv jízdním režimu a povětrnostních podmínkách společně s jejich vysokou spolehlivostí při zahřátých brzdových kotoučích. Dalším požadavkem byla skutečnost, že každá jednotlivá brzda musí být snadno demontovatelná a její hmotnost co nejmenší vzhledem k její brzdné účinnosti.

Z těchto požadavků nejlépe vyhověla druhá varianta tj. brzdová soustava s použitím třecích brzdových kotoučů na všech kolech mototříkolky.

K vybranému řešení jsem provedl návrh výpočtů brzdové soustavy tak, aby splňovala relevantní předpisy EHK. Vzhledem k tomu, že mototříkolka jako tříkolové vozidlo spadá do kategorie vozidel L, ve smyslu předpisu EHK č.78, provedl jsem návrh brzdové soustavy tak, aby byla homologována dle tohoto předpisu.

Proto jsem se zaměřil na možné využití elektronických systémů v brzdové soustavě, na výpočet velikosti brzdných sil a momentů, výpočet ovládacích sil a výpočet součinitele adheze na svahu za použití již zmíněných třecích brzdových kotoučů.

Vzhledem ke skutečnosti, že návrh vybrané varianty brzdové soustavy splňuje požadavky EHK č.78 je pravděpodobné, že v případě realizace mototříkolky bude její brzdový systém homologován podle tohoto předpisu a tím schválen k provozu na pozemních komunikacích.

Použitá literatura

- [1] VLK, F. *Teorie a konstrukce motocyklů 1,II*, nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2004, ISBN 80-239-1601-7
- [2] VLK, F. *Automobilová elektronika systémy řízení podvozku a komfortní systémy*, nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2006, ISBN 80-239-7062-3
- [3] VLK, F. *Podvozky motorových vozidel*, nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2006, ISBN 80-239-6464-X
- [4] VLK, F. *dynamika motorových vozidel*, nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2003, ISBN 80-239-0024-2

Elektronické dokumenty

- [5] *Ministerstvo dopravy České republiky* [online].[cit.2009].
Dostupný z WWW: <http://www.mdcr.cz/cs/Legislativa/>
- [6] *Ministerstvo dopravy České republiky* [online].[cit. 26.02.2009].
Dostupný z WWW: <www.mdcr.cz />

Seznam tabulek

Tabulka č.1: Použitý motor	12
Tabulka č.2: Požadavky na brzdné účinky.....	38
Tabulka č.3: Návrh brzdové koncepce.....	46
Tabulka č.4: Výhody a nevýhody kotoučových brzd proti bubnovým.....	47
Tabulka č.5: Hmotnosti součástí mototříkolky.....	51
Tabulka č.6: Hodnoty k výpočtu kolových brzd.....	52

Seznam obrázků

Obrázek č.1: Půdorys rámu.....	10
Obrázek č.2: Motor Rotax V- Twin.....	10
Obrázek č.3: Ventilový rozvod DOHC.....	12
Obrázek č.4: Lamelová spojka s olejovou lázní.....	13
Obrázek č.5: Lichoběžníková náprava.....	15
Obrázek č.6: Náprava McPherson.....	15
Obrázek č.7: Jednoramenná vidlice.....	16
Obrázek č.8: Řídící ústrojí motocyklu v hlavě rámu.....	18
Obrázek č.9: Řídící ústrojí ovládané elektrickým mechanismem.....	19
Obrázek č.10: Lité kolo.....	20
Obrázek č.11: Druhy řetězů.....	22
Obrázek č.12: Vzduchokapalinové pružící jednotky.....	23
Obrázek č.13: Pružící jednotky zadního kola.....	23
Obrázek č.14: Ovládání přední brzdy.....	24
Obrázek č.15: Brzdový systém zadního kola.....	25
Obrázek č.16: Druhy brzdových kotoučů.....	26
Obrázek č.17: Mechanická bubnová brzda.....	26
Obrázek č.18: Bubnová brzda Simplex.....	27
Obrázek č.19: Bubnová brzda Duplex.....	28

Obrázek č.20: Bubnová brzda Servo.....	28
Obrázek č.21: Základní parametry mototříkolky	30
Obrázek č.22: Ovládací síla na páce.....	41
Obrázek č.23: Brzdový systém motocyklu.....	43
Obrázek č.24: Brzdová soustava s přední kotoučovou a zadní bubnovou brzdou...44	
Obrázek č.25: Brzdová soustava opatřená kotoučovou brzdou na všech kolech.....45	
Obrázek č.26: Kotoučová brzda s plovoucím třmenem.....	48
Obrázek č.27: Díly brzdy předního kola.....	49
Obrázek č.28: Kotoučová brzda s pevným brzdovým třmenem.....	49
Obrázek č.29: Díly zadního kola.....	50
Obrázek č.30: Parkovací brzda.....	50
Obrázek č.31: Síly působící na vozidlo.....	53
Obrázek č.32: Schéma působících sil při brzdění.....	60
Obrázek č.33: Síly na ruční páce brzdy.....	65
Obrázek č.34: Kotoučová brzda a síly na ni působící.....	67
Obrázek č.35: Schéma působení ovládací síly na páku zadní brzdy.....	69
Obrázek č.36: Kotoučová brzda s pevným třmenem a síly na ni působící.....	71
Obrázek č.37: Parkování na svahu.....	74
Obrázek č.38: parkování do svahu.....	76
Obrázek č.39: Snímání kola.....	81
Obrázek č.40: systém ABS.....	81
Obrázek č.41: Systém EPS.....	82

Seznam grafů

Graf č.1: Charakteristika brzd.....	29
Graf č.2: Doba brzdění.....	32
Graf č.3: Závislost součinitele adheze na skluzu brzděného kola pro drsný a kluzký povrch vozovky.....	79
Graf č.4: Regulační cyklus protiblokovacího systému.....	80

Seznam zkratek

EHK	Evropská hospodářská komise
G	Tíha vozidla
m	hmotnost vozidla
x''	zrychlení
h	výška těžiště
Z	statická reakce
M	moment
F_i	setrvačná síly
f	součinitel adheze
B	brzdná síla
M_B	brzdny moment
μ	součinitel tření kotoučové brzdy

Seznam příloh

Příloha č.1: Udělení homologace

PŘÍLOHA 1 *
OSVĚDČENÍ

(maximální formát: A 4 (210x297 mm))



Vydal:

Název správního orgánu:

- o: ^{2/}
- UDĚLENÍ HOMOLOGACE
 - ODMÍTNUTÍ HOMOLOGACE
 - ROZŠÍŘENÍ HOMOLOGACE
 - ODEJMUTÍ HOMOLOGACE
 - UKONČENÍ VÝROBY

pro typ vozidla kategorie L z hlediska brzdění dle předpisu č. 78

Homologace č.

Rozšíření č.

1. Obchodní název nebo značka vozidla:
2. Název typu podle výrobce:
3. Název a adresa výrobce:
4. Název a adresa případného zástupce výrobce:
.....
5. Souhrnný popis:.....
- 5.1 Vozidlo:
Kategorie vozidla:
Maximální celková hmotnost vozidla:
- 5.2 Motor:
- 5.3 Převody:
Počet a převodové poměry rychlostních stupňů:
Převodový poměr koncového převodu:
Rozměry pneumatik:
- 5.4 Brzdový systém:

* / Na přání žadatele(žadatelů) o homologaci podle předpisu č.90 vypracuje homologující orgán informaci, obsaženou v dodatku 1 této přílohy. Tato informace se však nevypracovává pro jiné účely, než pro homologaci podle předpisu č.90.

^{1/} Rozlišovací číslo státu, který homologaci udělil/rozšířil/odmítl/odejmul (viz ustanovení o homologaci v předpisu)

^{2/} Nehodící se škrtněte

- Značka(značky) a typ(typy) brzdových obložení:
- Provozní brzda(brzdy) (přední, zadní, kombinovaná):^{2/}
- Nouzové brzdění, parkovací brzda (pokud je):^{2/}
- Jiná zařízení (protiblokovací zařízení, atd.):
6. Technická zkušebna pro homologační zkoušky:
7. Datum zkušebního protokolu:
8. Číslo zkušebního protokolu:
9. Důvody případného rozšíření:
10. Jiné poznámky (pokud jsou), (pravostranné nebo levostranné řízení):
11. Místo:
12. Datum:
13. Podpis:
14. K této zprávě je přiložen soupis dokumentů, uložených u správního orgánu, který udělil homologaci a které jsou dostupné na vyžádání.
-