

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301R016 Dopravní a manipulační technika

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Simulace funkčního modelu prvků kapalinové brzdové soustavy  
automobilu

Autor: **Petr Bláha**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

Akademický rok 2011/2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta strojní  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr BLÁHA**  
Osobní číslo: **S11B0003P**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**  
Název tématu: **Simulace funkčního modelu prvků kapalinové brzdové soustavy automobilu**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

#### Základní požadavky:

Proveďte analýzu kapalinové brzdové soustavy osobního automobilu a vytvořte výukové modely funkce nejdůležitějších prvků brzdové soustavy. Modely vytvořte buď v 2D nebo 3D systému a znázorněte činnosti dotyčných prvků v provozním či poruchovém stavu. Prezentace musí být spuštěna obecně užívaným softwarem v prostředí MS Windows.

#### Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

#### Osnova bakalářské práce:

1. Analýza kapalinové brzdové soustavy
2. Výběr nejdůležitějších prvků brzdové soustavy a vyhodnocení vhodného software
3. Vypracování modelů brzdové soustavy
4. Vytvoření popisu ovládání modelů prvků při demonstraci jejich činnosti
5. Zhodnocení, závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**VLK, F.** *Lexikon moderní automobilové techniky.* Brno: Vlk, 2003

**VLK, F.** *Automobilová technická příručka.* Brno: Vlk, 2005

**JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B.** *Automobily - Podvozky 1.* Brno: Avid s.r.o., 2004

*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**  
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

  
Doc. Ing. Jiri Stanek, CSc.  
děkan



  
Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2011

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Bláha	Jméno Petr	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301R016 - Dopravní a manipulační technika		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Němec, CSc.	Jméno Ladislav	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Simulace funkčního modelu prvků kapalinové brzdové soustavy automobilu		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	36	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	28	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	8
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Bakalářské práce se zabývá analýzou kapalinové brzdové soustavy automobilu a vymodelování nejdůležitějších prvků a vytvoření jejich simulace při brzdění. V první části je uveden přehled komponentů brzdové soustavy. Dále je uveden software, který byl zvolen. Následuje vytvoření animace vybraných prvků. V poslední části je zde popsán princip činnosti prvků.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p style="text-align: center;">druhy brzd, podtlakový posilovač brzd, hlavní brzdový válec, počítačová simulace, software</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Bláha	Name Petr	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301R016 - Transport and handling machinery		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Němec, CSc.	Name Ladislav	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Simulation of functional model of elements of liquid-car brake system		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	36	<b>TEXT PART</b>	28	<b>GRAPHICAL PART</b>	8
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This bachelor thesis deals with the analysis of liquid - car brake system and with modeling the most important elements and creating their simulation during braking. The first part contains an overview of brake system components. Next there is described the software that was chosen. Next create animations of selected elements. Finally is described principle of operation elements.
<b>KEY WORDS</b>	types of brakes, vacuum brake booster, brake master cylinder, computer simulation, software

## Obsah

1	Úvod .....	7
2	Brzdový systém .....	8
2.1	Brzdová soustava musí zajišťovat u každého vozidla brzdění .....	8
2.2	Hydraulická brzdová soustava je tvořena .....	8
2.3	Podle uspořádání převodu brzdy jsou možné dva okruhy .....	9
2.3.1	Způsoby zapojení dvouokruhové brzdové soustavy .....	10
3	Prvky brzdového systému .....	11
3.1	Hlavní brzdový válec .....	11
3.2	Brzdový posilovač .....	12
3.3	Bubnová brzda .....	13
3.3.1	Druhy bubnových brzd: .....	13
3.3.2	Rozpěrné zařízení bubnové brzdy: .....	15
3.3.3	Brzdový buben .....	16
3.3.4	Brzdové čelisti .....	17
3.3.5	Výpočet převodu bubnové brzdy .....	17
3.4	Kotoučová brzda .....	19
3.4.1	Kotoučové brzdy jsou tvořeny s .....	19
3.4.2	Brzdový kotouč .....	20
3.4.3	Brzdové obložení .....	21
3.4.4	Výpočet vnitřního převodu kotoučové brzdy .....	21
3.5	Rozdělovač brzdného tlaku .....	22
3.6	Brzdová kapalina .....	22
3.7	Výpočet brzdové soustavy .....	23
4	Vytvoření vybraných modelů .....	24
4.1	Výběr vhodného software .....	24
4.1.1	3ds max .....	24
4.1.2	Adobe Flash Professional CS5.5 .....	24
4.1.3	Inventor Professional 2011 .....	24
4.2	Inventor Profesional 2011 .....	24
4.3	Práce s videi .....	25
5	Popis funkce vybraných prvků .....	26
5.1	Podtlakový posilovač .....	26
5.2	Hlavní brzdový válec .....	28
5.2.1	Bez poruchy .....	28

5.2.2	S poruchou prvního okruhu .....	29
5.2.3	S poruchou druhého okruhu.....	30
5.3	Kotoučová brzda .....	31
5.3.1	S plovoucím třmenem.....	31
5.3.2	S pevným třmenem.....	32
5.4	Bubnová brzda .....	33
6	Závěr.....	34
7	Seznam použité literatury .....	35
8	Seznam příloh .....	36
8.1	CD s vytvořenými animacemi.....	36



## Přehled použitých zkratk a symbolů

$N$ [N]	- síla od segmentů
$T$ [N]	- obvodová síla
$K$ [N]	- ovládací síla
$B$ [N]	- brzdná síla
$G$ [N]	- tíha vozidla
$M$ [Nm]	- moment síly
$h, a, r$ [mm]	- vzdálenost ramen
$S$ [mm <sup>2</sup> ]	- průřez
$p$ [Pa]	- hydrostatický tlak
$\mu$ [-]	- součinitel tření
$\eta$ [-]	- účinnost
$c^*$ [-]	- vnitřní převod

## 1 Úvod

Kdysi se jezdilo v kočárech, které táhli koně. Princip byl jednoduchý. Koně dodávali tažnou sílu, která byla přenášena přes tažné zařízení na kočár. Řízení koně prováděl vozká přes opratě, které měl kůň na hlavě. Provozní rychlost kočáru byla okolo 30 km/h a kočár brzdila jednoduchá klínová brzda. V dnešní moderní době byly koně vyměněny za motor a kočár za samonosnou karosérii, který nese název automobil. Toto technické vylepšení vedlo k většímu překonávání rychlostních hranic, které vedlo také ke zdokonalování bezpečnostních opatření.

Jeden z nejdůležitějších prvků bezpečnosti automobilu, dle mého názoru, je brzdová soustava. Patří k aktivní bezpečnosti posádky a nachází se u každého přepravního prostředku. Všeobecně máme několik druhů brzdové soustavy a brzdících prvků. Brzdová soustava se v každém automobilu trochu liší a je doplněna různými systémy a technologiemi, jakými jsou například ABS, posilovač brzd apod.

Musíme podotknout, že k dávné klínové brzdě se v dnešní době opět vracíme. Firma Siemens VDO představila svůj první návrh EWD v roce 2005 a je prokázáno, že tyto brzdy mají mnohem větší účinnost, kratší reakční časy a ve srovnání s hydraulickou brzdou má tím pádem i kratší brzdovou dráhu. [4]

Ne všichni studenti jsou technicky zdatní a dokážou si představit různé principy a funkce mechanismů dané problematiky pouze načtením textové literatury. Mnoho studentů přicházejí na školy technického zaměření z netechnických oborů a právě v dnešní době při nedostatku odborné praxe na školách chybí spojení teorie s praxí. Pro vývoj nových konstruktérů je velmi důležité, aby studenti pochopili princip a funkci mechanismů, mezi ně patří i brzdová soustava. Problematiku brzdové soustavy je vhodné namodelovat v 3D nebo v 2D systémech, na nichž je názorněji vidět tvar a funkce než na obrázcích v učebnicích. V 3D a 2D systémech je možné prvky kapalínové brzdové soustavy rozhábat a přesně znázornit funkci například: rozdíl mezi kotoučovou brzdou s pevným a plovoucím třmenem, co se stane při působení brzdící síly na brzdový pedál řidičem v podtlakovém posilovači nebo při poruše rozvodového potrubí apod. Výstupem informačních systémů může být názorné video, které demonstruje danou problematiku, které si může student pustit, kolikrát chce kdekoli na PC. Pro pochopení činnosti brzdové soustavy bylo vybráno a namodelováno ve zjednodušené podobě nejdůležitější prvky hydraulické brzdové soustavy. Jako první hlavní dvouokruhový brzdový válec doplněn podtlakovým posilovačem brzd s brzdovým pedálem. Dalšími prvky je kotoučová brzda s plovoucím třmenem, s pevným třmenem a bubnová brzda v provedení Simplex.

Bakalářská práce se skládá ze tří částí. V první části se budeme zabývat komponenty brzdového systému, jaké mohou být varianty a konstrukční provedení. V druhé části se budeme zabývat výběrem vhodného software a zhodnocení jeho použití. V třetí části bakalářské práce se budeme zabývat samotným popisem funkce vybraných komponentů a jejich modelů. Jako příloha bude vytvořena animace, která bude spustitelná v běžně vybaveném PC s přehrávačem. Animace bude uložena na CD v příloze.

## 2 Brzdový systém

Brzdový systém ve všech dopravních prostředcích tvoří veškeré komponenty, které jsou určeny ke snížení rychlosti a zastavení vozidla. U brzdového systému nesmí chybět zajištění proti pohybu stojícího vozidla bez přítomnosti řidiče. Ovládací ústrojí brzdové soustavy začíná tam, kde řidič začne působit svoji silou na brzdový pedál, jehož energie se přes pomocné hydraulické ústrojí rozvádí, až k brzdovým prvkům, které snižují rychlost vozidla. Brzdná síla vzniká mezi třecími segmenty a rotujícími komponenty automobilu, která se mění v tepelnou energii, kterou je nutno odvádět, aby nedošlo k přehřátí brzd, případně poškození (např. tření mezi brzdovou čelistí a bubnem). Tepelná energie se odvádí do okolního prostředí – vzduch.

Pro nejefektivnější a nejkratší brzdění musí řidič vyvinout co největší ovládací sílu na pedál. Aby vyvinutí ovládací síly nebylo pro řidiče tak komplikované, je právě brzdový systém rozšířen o mnoho mechanických a elektronických zařízení, které řidiči usnadňují brzdění (např. podtlakový posilovač brzd, ABS, ESP). U brzdových systémů se používá rozdělovač brzdného tlaku. Rozdělovač umožňuje rozdělit tlak brzdové kapaliny při brzdění – na přední nápravu větší část, než na zadní nápravu. Používá se z důvodu stability vozidla při brzdění.

### 2.1 Brzdová soustava musí zajišťovat u každého vozidla brzdění

#### a) provozní

„Snižuje rychlost vozidla, případně až do jeho úplného zastavení, přičemž se vozidlo nesmí odchylnit od přímého směru. Provozní brzdy jsou ovládané pouze nohou řidiče, jejich účinek musí být regulovatelný a musí působit na všechny kola.“ [3, s. 81]

#### b) nouzové

„Plní úkoly provozních brzd při jejich poruše a musí působit alespoň na jedno kolo z každé strany vozidla. Soustava nemusí být samostatná, může to být neporušený okruh dvouokruhových provozních brzd nebo brzda parkovací.“ [3, s.81]

#### c) parkovací

„Zajišťuje stojící vozidlo proti pohybu (zejména na svahu), a to i za nepřítomnosti řidiče“ – parkovací brzda. [3, s. 81]

#### d) zpomalovací

„Snižuje rychlost vozidla podle potřeby (zejména při sjíždění dlouhých svahů), aniž se použije brzda provozní, nouzová nebo parkovací. Úkolem těchto brzd není vozidlo zastavit.“ [3, s. 81]

### 2.2 Hydraulická brzdová soustava je tvořena

- a) brzdovým pedálem
- b) posilovačem brzd
- c) hlavním brzdovým válcem
- d) brzdovými hadičkami a potrubím
- e) nádržkou na brzdovou kapalinu
- f) ústrojím brzdy

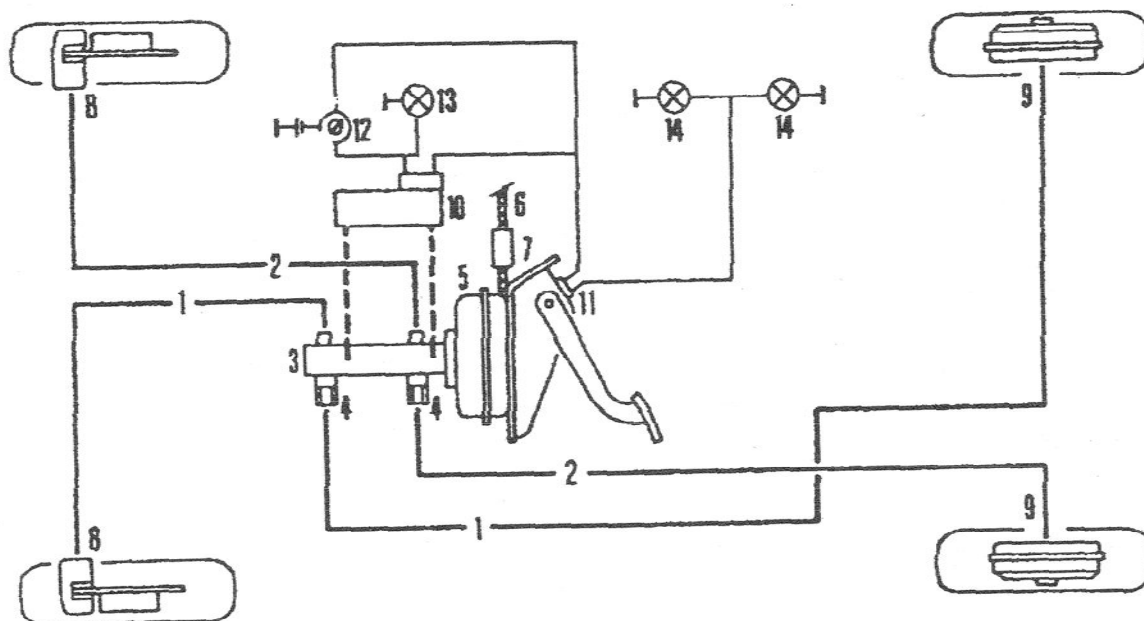


Schéma diagonálně propojené dvouokruhové hydraulické brzdové soustavy se statickou regulací tlaku v brzdách zadní nápravy

- 1 – první okruh s 50% účinkem působící na levé přední a pravé zadní kolo
- 2 – druhý okruh s 50% účinkem působící na pravé přední a levé zadní kolo
- 3 – hlavní brzdový válec
- 4 – omezovací ventily, regulující tlak v brzdách zadní nápravy
- 5 – podtlakový posilovač
- 6 – podtlakové potrubí vedoucí k sacímu potrubí motoru
- 7 – zpětný ventil
- 8 – plovoucí třmen přední kotoučové brzdy
- 9 – zadní bubnová brzda
- 10 – nádržka s plovákovou signalizací úbytku brzdové kapaliny
- 11 – spínač signalizace brzdění
- 12 – spínací skříňka s propojením kontrolky stavu brzdové kapaliny při spuštění
- 13 – kontrolka stavu hladiny brzdové kapaliny
- 14 – brzdová světla

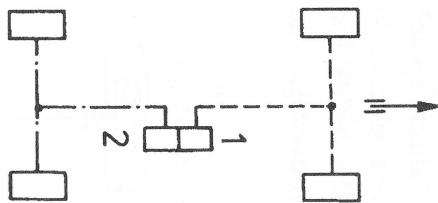
Obr. 2.2.1 [1, s. 295]

### 2.3 Podle uspořádání převodu brzdy jsou možné dva okruhy

- a) jednookruhová brzdová soustava – má jen jeden okruh. V případě poruchy nemůže přenášet brzdou sílu. Tento typ je zastaralé provedení a může se použít ke snížení rychlosti jedině, pokud brzděné vozidlo nepřevyšuje maximální rychlost 25 km/h.
- b) dvouokruhová brzdová soustava – má dva okruhy. V případě poruchy jednoho okruhu, je neustále v provozu druhý okruh. Z důvodu bezpečnosti jsou brzdy tvořeny touto soustavou.

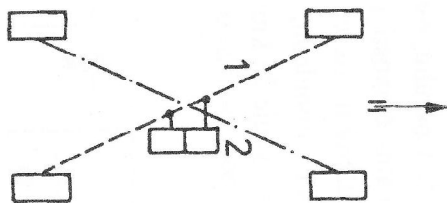
### 2.3.1 Způsoby zapojení dvouokruhové brzdové soustavy

- „standartní zapojení TT – v každém okruhu je brzděna jedna náprava“ [1, s. 296]



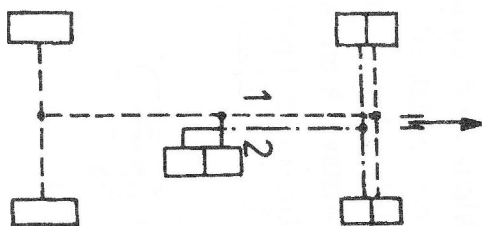
Obr. 2.3.1.1 [1, s. 296]

- „diagonální zapojení K – v každém okruhu je bržděno jedno přední a diagonálně proti ležící zadní kolo“ [1, s. 296]



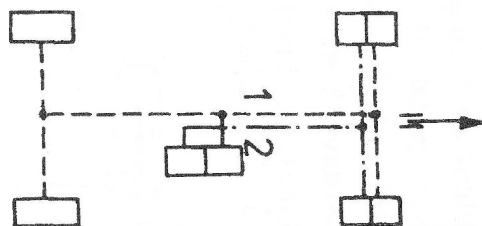
Obr. 2.3.1.2 [1, s. 296]

- „Zapojení HT – jeden okruh ovládá přední i zadní naprav, druhý okruh ovládá jen přední nápravu“ [1, s. 296]



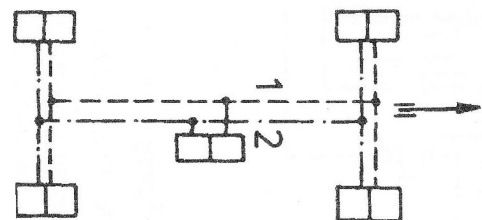
Obr. 2.3.1.3 [1, s. 296]

- „zapojení LL – každý okruh ovládá přední nápravu a jedno zadní kolo“ [1, s. 296]



Obr. 2.3.1.4 [1, s. 296]

- „zapojení HH – každý okruh ovládá přední a zadní nápravu“ [1, s. 296]



Obr. 2.3.1.5 [1, s. 296]

### 3 Prvky brzdového systému

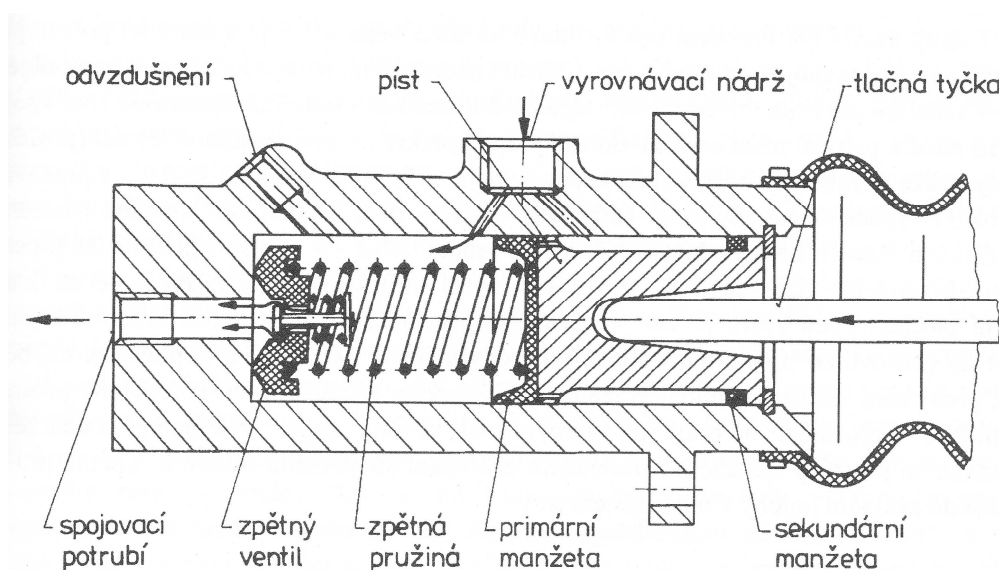
#### 3.1 Hlavní brzdový válec

Jeho hlavní funkce je vytvořit tlak v každém brzdovém okruhu za pomoci svalové hmoty řidiče nebo pomoci síly z jiného zdroje (čerpadlo, stlačený vzduch...). Jeho pracovní prostory jsou v ose za sebou (jednookruhový (obr. 3.1.1) nebo dvouokruhový (obr. 3.1.3) systém) a je rozdělen plovoucím pístem. Hlavní brzdový válec může mít spousty konstrukčních provedení. Při případné poruše je řidič informován svítilicí kontrolkou na palubní desce.

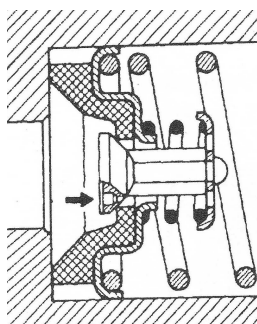
Rozvod kapaliny z hlavního brzdového válce do brzdového potrubí prochází přes zpětné ventily (obr 3.1.2). Zpětný ventil má za úkol udržet při odbrzdění určitý přetlak, aby se do soustavy nedostal vzduch netěsností soustavy. Tento tlak se využívá jen u bubnových brzd, jejichž čelisti se vracejí zpět do výchozí polohy pomocí zpětnými pružinami.

U kotoučových brzd se brzdové čelisti vracejí do výchozí polohy pomocí axiálního házení kotouče, případně pružnou deformací těsnícího kroužku pístu. Zde musí být v soustavě nulový přetlak. K tomuto účelu je v kuželovém zpětném ventilu škrťací otvor (cca 0,7 mm).

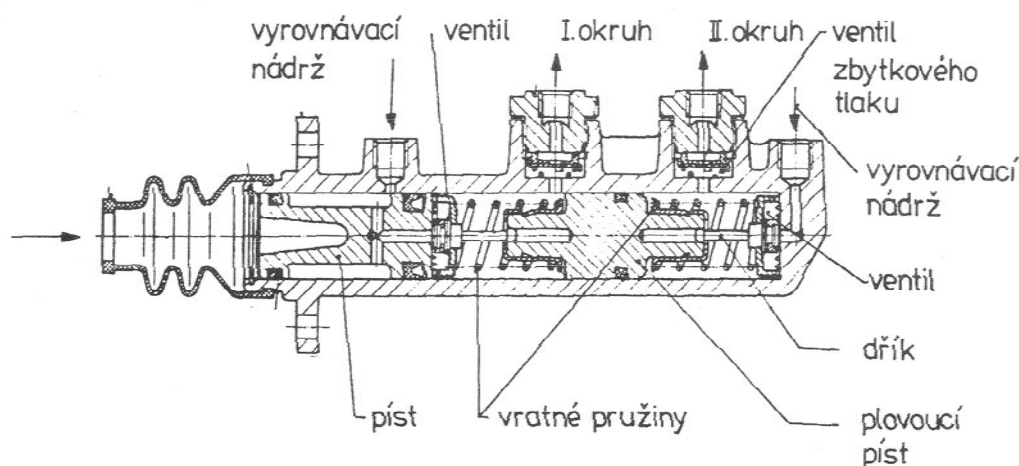
Píst musí být doplněn o tzv. vyrovnávací prostor, aby nedošlo vniknutí vzduchových bublin do brzdové kapaliny při odbrzdění, kdy brzdová kapalina se nestihá tak rychle vracet do nádržky. [1, s. 301 - 302]



Obr. 3.1.1 Hlavní brzdový válec pro jeden okruh [1, s. 301]



Obr. 3.1.2 Zpětný ventil pro kotoučovou brzdu [1, s. 302]

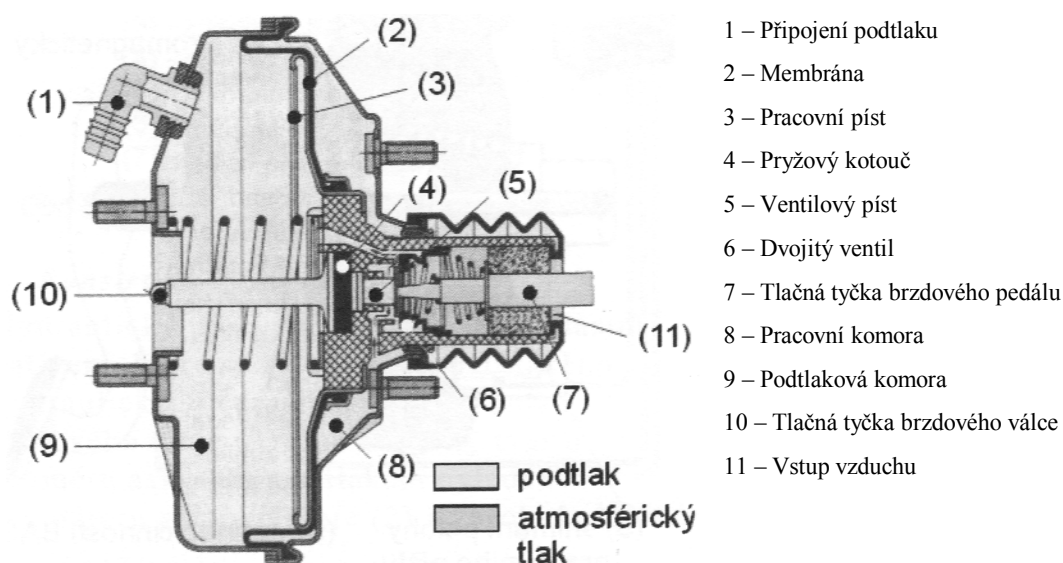


Obr. 3.1.3 Tandemový hlavní brzdový válec pro dvouokruhovou brzdovou soustavu [1, s.303]

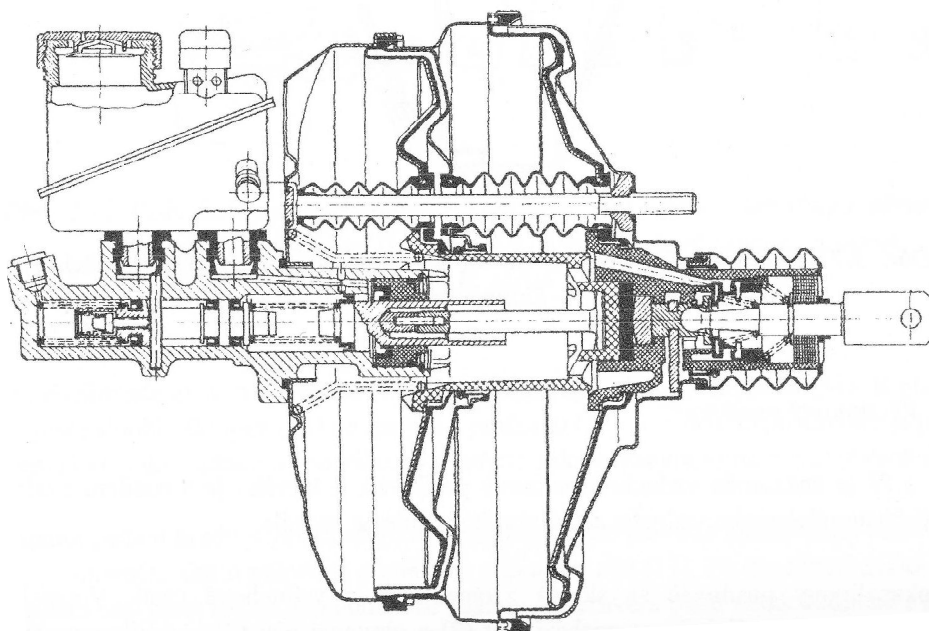
### 3.2 Brzdový posilovač

Slouží ke zvýšení tlaku v hlavním brzdovém válci – řidič nemusí působit tak velkou ovládací silou na brzdový pedál. Využívá se podtlakových nebo přetlakových brzdových posilovačů. U zážehových motorů je podtlak brán ze sacího potrubí a u vznětových motorů je vytvářen vakuovým čerpadlem. U přetlakových posilovačů je využíváno jiného zdroje, který vytváří přetlak pro posilovací účinek.

Brzdový posilovač je umístěn mezi pedálem a hlavním brzdovým válcem. U moderních brzdových systémů se používá elektricky ovládaný tzv. aktivní posilovač. V dnešní době je brzdový posilovač nedílnou součástí každého automobilu. Brzdový posilovač je rozdělen membránou na podtlakovou a atmosférickou část. Do podtlakové části je přiváděn podtlak přes zpětný ventil, aby docházelo k posilovacímu účinku ještě při vypnutém motoru - to ale stačí pouze na pár sešlápnutí brzdového pedálu. Brzdový posilovač musí být konstruován tak, aby se dalo při poruše brzdového posilovače brzdit svalovou silou řidiče, která musí být o to větší. Podtlakový posilovač může být konstruován i s více membránami (obr. 3.2.2). [3]



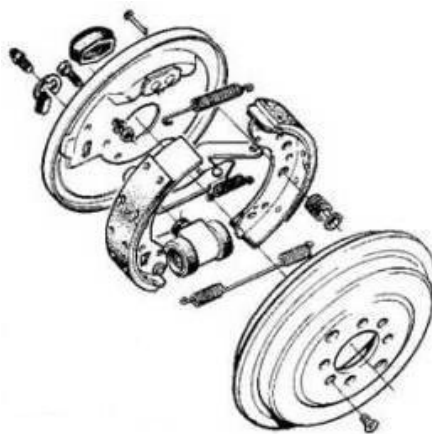
Obr. 3.2.1 Podtlakový posilovač brzd [3, s. 95]



Obr. 3.2.2 Podtlakový posilovač brzd se dvěma membránami [1, s. 311]

### 3.3 Bubnová brzda

Bubnová brzda se skládá z brzdového bubnu, brzdové čelisti, rozpěrné zařízení, vratné pružiny a štít brzdy. Bubnová brzda má vnitřní brzdové čelisti a jsou uloženy na štítu brzdy. Štít bubnové brzdy je pevně spojen s nápravou a neotáčí se. Brzdící účinek je vytvořen hydraulickým kolovým brzdovým válečkem nebo mechanicky rozpěrnou pákou nebo brzdovým klíčem. Celá brzda je umístěna uvnitř bubnu, a je tak chráněna proti povětrnostním vlivům. Brzdové obložení má velikou životnost. Při zahřátí ale u nich dochází ke slábnutí brzdícího účinku, při silném zahřátí může dojít až k deformaci bubnu. [3, s. 87]



Obr 3.3.1 Bubnová brzda [4]

#### 3.3.1 Druhy bubnových brzd:

##### a) Brzda jednonáběžná – Simplex

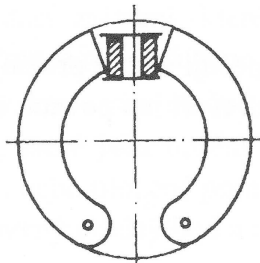
„Je to nejjednodušší typ bubnové brzdy, která je tvořena náběžnou a úběžnou brzdovou čelistí. Přítlačná síla obou čelistí je vytvářena společným rozpěrným zařízením, např.



## Prvky brzdového systému

dvoupístkovým brzdovým válečkem, brzdovou vačkou, rozpěrným klínem nebo pákou (klíčem). Každá čelist má svůj otočný čep nebo opěrnou plochu.

Brzda má stejnoměrný, ale malý samoposilovací účinek, opotřebení obložení je nerovnoměrné. Brzdný účinek je při jízdě vpřed i vzad stejný. Lze ji jednoduše doplnit o části, které umožní, aby pracovala současně jako parkovací.“ [3, s. 87]

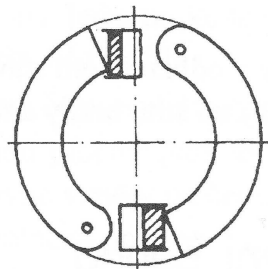


Obr. 3.3.1.1 [1, s. 266]

### b) Brzda dvounáběžná – Duplex

„Při jízdě vpřed má brzda obě čelisti náběžné, což vyžaduje rozpěrné zařízení pro každou čelist zvlášť. Nejčastěji se používají dva jednopístkové brzdové válečky, přičemž každý váleček tvoří současně opěrku pro druhou čelist.

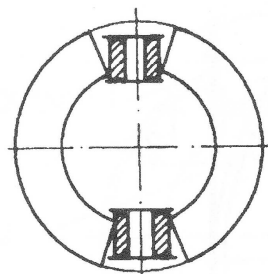
Brzdný účinek je při jízdě vpřed větší než u jednonáběžné brzdy, při jízdě vzad pracují však obě čelisti jako úběžné.“ [3, s. 87]



Obr. 3.3.1.2 [1, s. 266]

### c) Brzda obousměrná dvounáběžná – Duo-duplex

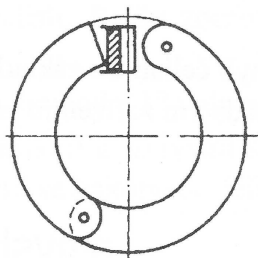
„Brzda má dva dvoupístkové brzdové válečky, tzn., že brzdný účinek je v obou směrech jízdy stejný.“ [3, s. 87]



Obr. 3.3.1.3 [1, s. 266]

### d) Brzda se spráženými čelistmi – Servo

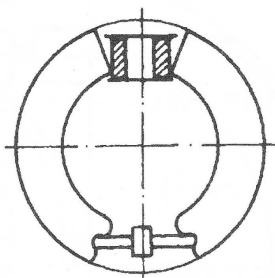
„Čelisti jsou skloubeny tak, že na sebe působí navzájem. Při jízdě vpřed působí obě čelisti jako náběžné, při jízdě vzad jako úběžné.“ [3, s. 87]



Obr. 3.3.1.4 [1, s. 200]

**e) Brzda obousměrná dvounáběžná se spřaženými čelistmi – Duo-Servo**

„Vzhledem ke směru působení třecí síly a vytvořenému momentu se projeví samoposilovací účinek u obou čelistí. Čelisti jsou spojeny pohyblivou opěrkou a pracují v obou směrech otáčení bubnu jako náběžné. Brzda má při obou směrech jízdy stejný brzdný účinek a vyžaduje pouze malou ovládací sílu. Účinnost brzdy je však značně ovlivňována nečistotami a vlhkostí. Používá se často jako parkovací, v tom případě se jako rozpěrné zařízení používá brzdový klíč ovládaný lankem.“ [3, s. 88]

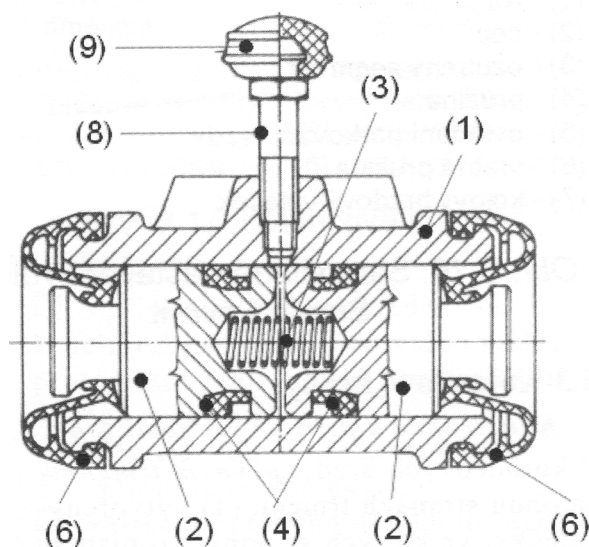


Obr. 3.3.1.5 [1, s. 266]

**3.3.2 Rozpěrné zařízení bubnové brzdy:**

Umožňuje přitlačit brzdové čelisti k třecí ploše brzdového bubnu.

a) Kolový brzdový váleček



- 1 – Brzdový váleček
- 2 – Pístek
- 3 – Pružina
- 4 – Těsnící kroužek (manžeta)
- 6 – Protiprachová manžeta
- 7 – Hrníčková manžeta
- 8 – Odvzdušňovací ventil (šroub)
- 9 – Ochranná pryžová čepička

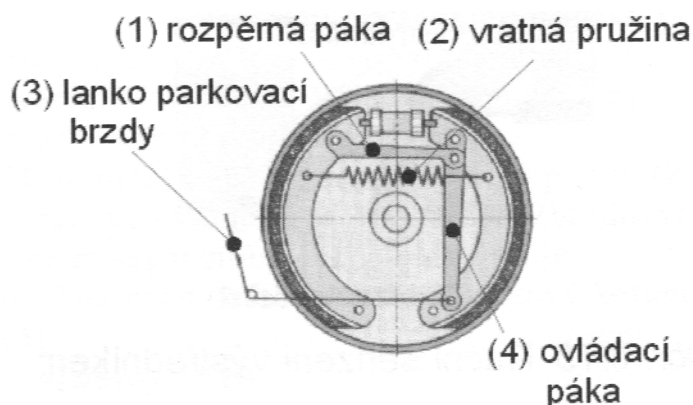
Obr. 3.3.2.1 [3, s. 89]

## Prvky brzdového systému

Máme dva druhy brzdových válečků a to s jedním pístkem nebo se dvěma pístky. Uvnitř brzdového válečku působí tlak na pístky, který se sem přenáší hydraulickým potrubím z hlavního brzdového válce. Pístky jsou utěsněny pryžovými manžetami proti nečistotám. Brzdový váleček je doplněn o odvzdušňovací ventil brzdové kapaliny, který musí být umístěn v nejvyšší poloze. Brzdový váleček je upevněn na pevně pomocí závitu ke štítu brzdy, který je spojena pevně s nápravou. Z vnějších stran jsou tlačné čepy, které přenášejí brzdovou sílu na čelisti. [3, s. 88 - 89]

### b) Rozpěrná páka parkovací brzdy

„Toto rozpěrné zařízení je většinou vestavěno jako doplněk brzdového válečku u kapalinou ovládaných bubnových brzd zadní nápravy a umožňuje ruční ovládání parkovací brzdy.“ [3, s. 89]

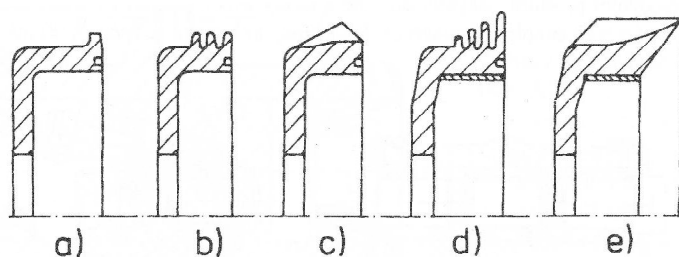


Obr. 3.3.2.2 [3, s. 89]

### 3.3.3 Brzdový buben

„Musí mít vysokou odolnost proti oděru, stálost tvaru a rozměrů a materiál musí dobře vést teplo. Jako materiál se používá šedá nebo temperovaná litina, ocelolitina nebo slitiny lehkých kovů. Buben nesmí axiálně ani radiálně házet a nesmějí zde vznikat vibrace. Třecí plochy jsou broušeny nebo jemně soustruženy.“ [3, s. 89]

Buben bývá doplněn žebry, aby nedocházelo k deformacím bubnu, a navíc dochází k lepšímu odvodu tepla při brzdění.



Obr. 3.3.3.1 Tvary bubnů [1, s. 269]

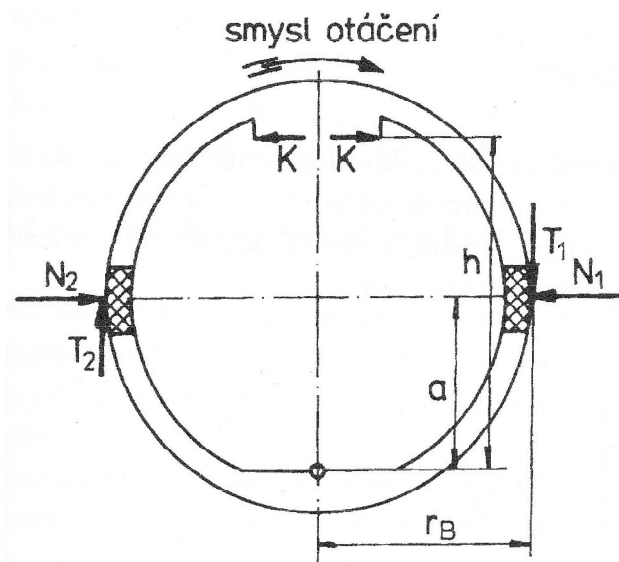
- a) Buben s jedním obvodovým žebrem
- b) Buben s více obvodovými žebry
- c) Buben s příčnými žebry
- d) Dvoumateriálový buben obvodovými žebry
- e) Dvoumateriálový buben s příčnými žebry

### 3.3.4 Brzdové čelisti

„Brzdové čelisti jsou vyrobeny z ocelového plechu nebo jako odlitky ze slitin lehkých kovů a mají profil T, čímž získávají potřebnou tuhost. Na jednom konci mají většinou opěrnou plochu pro výřez v tlačítku brzdového válečku, druhý konec je uložen otočně v čepu, nebo se opírá svou oválnou plochou o pevnou opěrku. V druhém případě je uložení čelistí lepší, samy se v bubnu vystředují a opotřebení obložení je rovnoměrnější.“ Vlivem brzdění dochází k opotřebení brzdového obložení. Vůle mezi třecí plochou bubnu a brzdových čelistí se zvětšuje. Tato vůle se musí kontrolovat a seřizovat. Seřizuje se buď ručně, nebo automaticky. [3, s. 89]

Na brzdové čelisti je přilepeno, nebo přinýtováno brzdové obložení, které se skládá z kompozitních materiálů. Tento materiál má vysoký třecí součinitel a vyrábí se práškovou metalurgií. [1, s. 270]

### 3.3.5 Výpočet převodu bubnové brzdy



Obr. 3.3.5.1 Schéma bubnové brzdy [1, s. 267]

Výpočet třecího momentu bubnové brzdy vychází z obr. 3.3.5.1. Rozepíše se rovnováha momentů na bubnu k otočnému čepu, kde  $K$  je síla od brzdové kapaliny na brzdovou čelist.

$$K \cdot h + T_1 \cdot r_B - N_1 \cdot a = 0$$

$$K \cdot h + T_2 \cdot r_B - N_2 \cdot a = 0$$

- pro obvodové třecí síly platí  $T_i = N_i \cdot \mu$  ( $i=1; 2$ ), po dosazení za  $N_i = T_i / \mu$  jsou obvodové třecí síly:

$$T_1 = \frac{\mu \cdot h}{a - \mu \cdot r_B} \cdot K \quad T_2 = \frac{\mu \cdot h}{a + \mu \cdot r_B} \cdot K$$

- brzdný moment je:

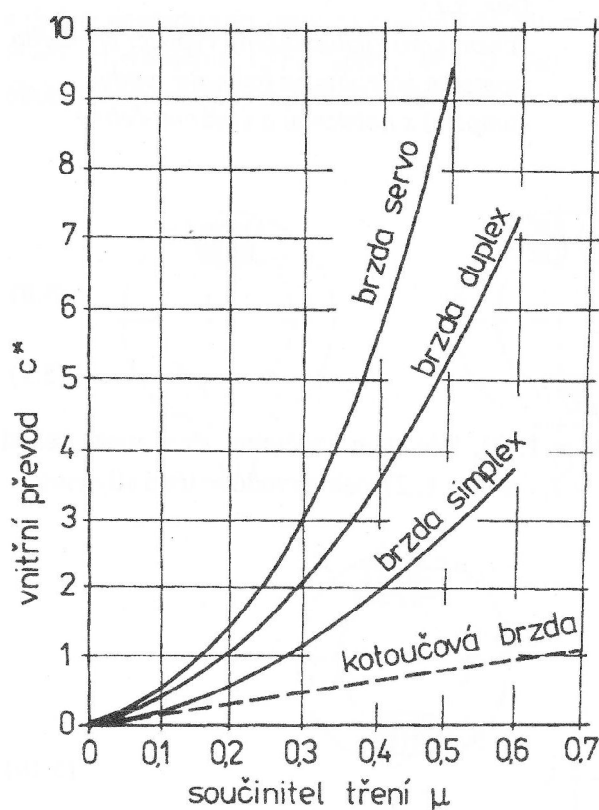
$$M_B = (T_1 + T_2) \cdot r_B = \mu \cdot h \cdot \left( \frac{1}{\frac{a}{r_B} - \mu} + \frac{1}{\frac{a}{r_B} + \mu} \right) \cdot K = c^* \cdot r_B \cdot K \quad (1)$$

- kde  $c^*$  je vnitřní převod brzdy

$$c^* = \frac{\sum T_i}{K} = \frac{\mu \cdot h}{r_B} \cdot \left( \frac{1}{\frac{a}{r_B} - \mu} + \frac{1}{\frac{a}{r_B} + \mu} \right) = \frac{2 \cdot \frac{a \cdot h}{r_B^2} \cdot \mu}{\left(\frac{a}{r_B}\right)^2 - \mu^2}$$

Jestliže  $a / r_B = \mu$ , pak  $c^* \rightarrow \infty \Rightarrow$  brzda je samosvorná,  $dc^* / d\mu$  je měřítkem citlivosti

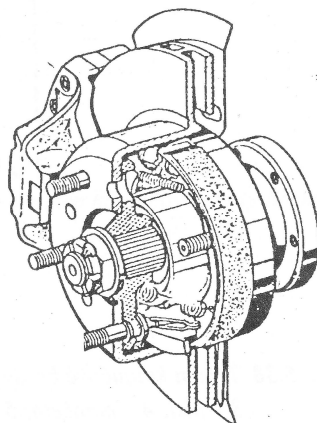
Přesný výpočet vnitřního převodu brzdy je značně rozsáhlý. Jeho závislost na součiniteli tření se nazývá charakteristika bubnové brzdy. Zde uvedeme tři základní charakteristiky bubnových brzd. Z grafu lze vypočítat, jaký druh bubnové brzdy má závislost součinitele tření na vnitřním převodu. Možná je zavádějící, že při použití bubnové brzdy s velkým vnitřním převodem dosáhneme velkého brzdného momentu při malé ovládací síle. Při malé změně součinitele tření dochází u brzdy s velkým vnitřním převodem k velké změně třecího momentu vzhledem k její třecí citlivosti. Čím je více brzda citlivá na změnu součinitele tření, tím má menší stabilitu brzdného účinku. S porovnáním kotoučové brzdy, která má svoji závislost lineární plyne, že kotoučová brzda má velmi dobrou stabilitu brzdného účinku, protože má malou citlivost na změnu součinitele tření. [3, s. 267 - 269]



Obr. 3.3.5.2 Charakteristika brzd [1, s. 268]

### 3.4 Kotoučová brzda

U kotoučových brzd se brzdové obložení rychleji opotřebovává, na rozdíl od toho je jeho kontrola a výměna jednodušší. Seřízení vůle mezi kotoučem a obložím je automatické a to vlivem házivosti kotouče – není potřeba žádného zařízení. U kotoučových brzd neklesá součinitel tření ani při dlouhém brzdění, maximálně nepatrně. Brzdy nemají samoposilující účinek, z tohoto důvodu mají větší brzdové válečky ( $\text{Ø}40 - 50\text{mm}$ ) než u bubnových brzd. U těchto brzd působí pístky přímo na obložení, vzniká zde nebezpečí vytváření parních bublin v brzdové kapalině. Uspořádání brzd je konstrukčně složitější a nákladné. Z tohoto důvodu se používají na zadní nápravě většinou brzdy bubnové. V případě použití brzdy kotoučové může být kotouč kombinován s bubnem, kde je umístěna parkovací brzda (Obr. 3.4.1). [3, s. 91]



Obr. 3.4.1 [1, s. 284]

#### 3.4.1 Kotoučové brzdy jsou tvořeny s

##### a) pevným třmenem

U brzd s pevným třmenem jsou na obou stranách třmenu vytvořeny válečky, ve kterých se pohybují pístky. Při brzdění přitlačují pístky brzdové obložení z obou stran na brzdový kotouč. Provedení může být „dvoupístkové“ nebo „čtyřpístkové“. Třmen obepíná brzdový kotouč a je tvořen ze dvou částí: víka a přírubové skříně, ty jsou spojeny šrouby. Každá z obou částí obsahuje jednu dutinu (dvoupístková brzda) nebo dvě dutiny (čtyřpístková brzda) tvořící brzdový váleček, kde jsou umístěny brzdové pístky s těsnícími pryžovými kroužky, protiprachovými manžetami a svěracími kroužky. Válečky jsou spojeny kanálky nebo brzdovým potrubím. [3, s. 91]

##### Samočinné nastavení vůle:

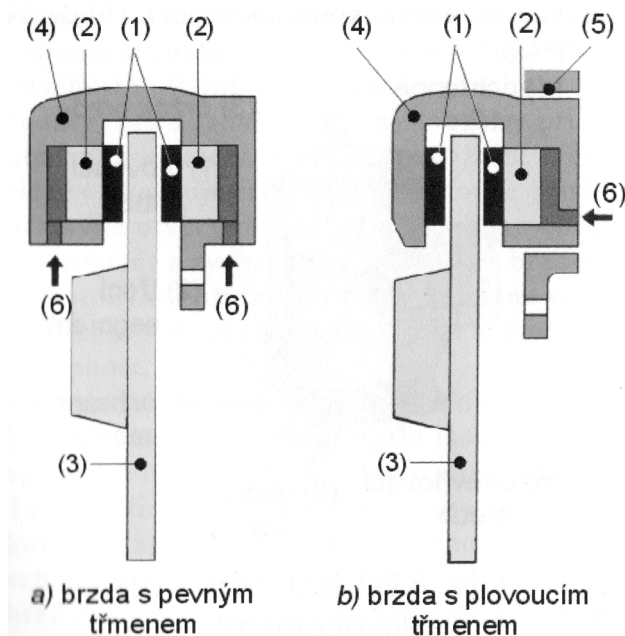
„V drážce brzdového válečku je těsnící pryžový kroužek, kterým je pístek utěsněn. Vnitřní průměr kroužku je menší než průměr pístku, kroužek tedy obepíná pístek s předpětím. Při brzdění se vlivem pohybu pístku kroužek pružně deformuje. Síla vzniklá touto deformací vrací při poklesu tlaku brzdové kapaliny kroužek a tím i pístek zpět do původní polohy. Vracení je možné jen, když v příslušném okruhu není žádný přetlak. Vzdálenost, o kterou se pístek posune, je brzdová vůle, která činí asi 0,15 mm.“ [3, s. 92]

##### b) s plovoucím třmenem

U brzd s plovoucím třmenem je třmen uložen posuvně v pevném držáku. Pístek ve válečku tlačí obložení proti brzdovému kotouči. Reakční síla způsobí přitlačení obložení na druhé straně kotouče. Pístek je umístěn pouze na jedné straně, což způsobuje menší možnost vzniku parních bublin při intenzivním brzdění. Mají menší rozměry a hmotnost oproti kotoučovým

## Prvky brzdového systému

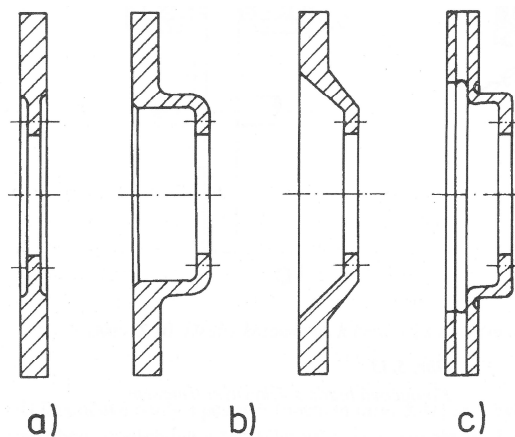
brzdám s pevným třmenem. Držák brzdy je pevně spojen s některou částí zavěšení kola. V držáku jsou zašroubovány dva vodící čepy a v třmenu jsou vytvořeny dvě válcové dutiny, ve kterých jsou teflonová vodící pouzdra. Třmen je vodícími pouzdry posuvně uložen na vodících čepích držáku brzdy. U plovoucího třmene hrozí zadření posuvné části třmene v držáku – snížení brzdícího účinku. [3, s. 92]



Obr. 3.4.1.1 Druhy kotoučových brzd: 1 – Třecí segmenty, 2 – Pístek, 3 – Brzdový kotouč, 4 – Třmen brzdy (pevný nebo plovoucí), 5 – Držák brzdy, 6 – Brzdová kapalina [3, s. 91]

### 3.4.2 Brzdový kotouč

Kotouč se vyrábí z temperované litiny nebo ocelolitiny obsahující legující prvky. Má tvar talíře. U velmi namáhaných brzd se používají kotouče s vnitřním chlazením proudícím vzduchem (duté kotouče). Tyto kotouče obsahují radiálně uspořádané vzduchové kanály, které při otáčení kotouče vytvářejí ventilační efekt. Někdy obsahuje třecí plocha kotouče přidavné otvory pro dosažení nízkého ohřevu při brzdění a rychlého ochlazení po brzdění. U motocyklů tyto otvory slouží ke snížení hmotnosti a samočisticímu účinku. Také se využívá spirálových drážek na kotouči, které indikují opotřebení kotouče a zároveň napomáhají k samočisticímu účinku kotoučů. [3, s. 92 - 93]



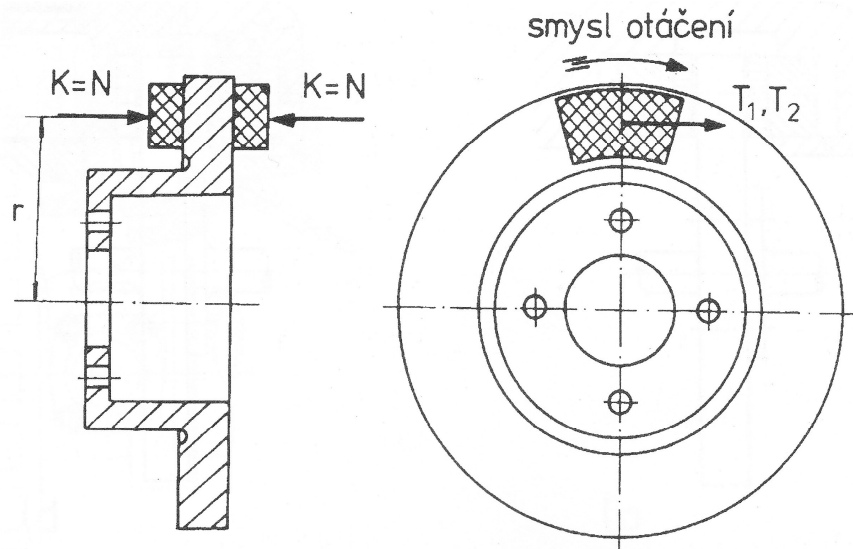
Obr. 3.4.2.1 Druhy tvarů kotoučů: a) plochý b) miskové c) odvětraný [2, s. 495]

### 3.4.3 Brzdové obložení

U kotoučových brzd je brzdové obložení přilepeno na kovové nosné části. Na třecí obložení jsou kladeny vysoké požadavky (velká tepelná a mechanická pevnost, vysoká životnost, stálý součinitel tření i při vysokých teplotách, necitlivost vůči vodě a nečistotám, odolnost proti vytváření sklovité povrchové vrstvičky při vysokém tepelném zatížení).

Většinou se používá obložení z organických materiálů, pro vysoké namáhání ze spékaných práškových kovů. Brzdové obložení má součinitel tření větší než 0,4 a je odolné do 800°C. [3, s. 93]

### 3.4.4 Výpočet vnitřního převodu kotoučové brzdy



Obr. 3.4.4.1 Schéma kotoučové brzdy [1, s. 277]

Ovládací síla  $K$  je rovna síle  $N$ . Třecí síly  $T_1$  a  $T_2$  jsou stejně velké. Dle schématu bude třecí moment:

$$M_B = (T_1 + T_2) \cdot r \quad r - \text{je střední poloměr třecího obložení}$$

$$T_i = N \cdot \mu - \text{po dosazení do } M_B: M_B = 2 \cdot \mu \cdot N \cdot r$$

- pro vnitřní převod kotoučové brzdy bude:

$$c^* = \frac{\sum T_i}{K} = 2 \cdot \mu$$

Závislost  $c^* = f(\mu)$  je pro kotoučovou brzdu lineární.  $dc^*/d\mu = \text{konst.} \Rightarrow$  velmi dobrá stabilita brzdného účinku. [3, s. 277 - 288]



### 3.5 Rozdělovač brzdného tlaku

Slouží, aby mezi přední nápravou a zadní nápravou bylo dosaženo co nejpříznivějšího poměru. Rozeznáváme následující typy:

- a) omezovač brzdné síly – je umístěn ve vedení brzdové kapaliny k zadní nápravě. Propustí plný tlak do zadních brzd, při určité hodnotě tlaku se dále tlak nezvyšuje.
- b) regulátor brzdné síly – používá se místo omezovače. Tlak je řízen v závislosti na brzdovém tlaku předních brzd.
- c) zátěžový regulátor brzdné síly – je pevně spojen s karosérií, prostřednictvím pákového mechanismu spojen se zadní nápravou. Při propérování se mění vzdálenost mezi karosérií a zadní nápravou, tento pohyb se přenáší pomocí mechanismu na pístek, který je umístěn v regulátoru.
- d) tlakový regulátor s hydraulickým uzávěrem – je kombinace jednoduchého rozdělovače s uzavíracím zařízením. Při brzdění je na přední nápravu přenášen plný a na zadní nápravu redukovaný brzdny tlak. Při poruše pro přední nápravu regulátor přenáší plný tlak na zadní nápravu.
- e) elektronický rozdělovač brzdné síly – používá se u vozidel s ABS při případné poruše ABS. [1, s. 319]

### 3.6 Brzdová kapalina

Kapalina musí mít co nejmenší stlačitelnost, vysoký bod varu, nízký bod tuhnutí, odolnost proti stárnutí, nízká a konstantní viskozita, mísitelnost s ostatními brzdovými kapalinami. Brzdová kapalina musí být chemicky neutrální, nesmí působit korozivně na kovové části a chemicky na pryžové části. Brzdové kapaliny jsou vyrobeny na bázi alkoholu. Musí se pravidelně kontrolovat, dostává se do ní vlhkost, tím se snižuje bod varu. Bod varu brzdové kapaliny, která obsahuje 3,5% vody, je asi 140°C – 160°C. Po dvou letech provozu obsahuje brzdová kapalina 3% vody. Brzdovou kapalinu je nutné pravidelně kontrolovat a měnit. [3, s. 93]

Rozvody brzdové kapaliny z hlavního brzdového válce k brzdovým elementům je tvořen vysokotlakými pryžovými hadicemi a ocelovými trubkami, které jsou pozinkované. Trubky jsou odolné proti korozi a abrazi. Trubky jsou spojovány speciálními převlečnými maticemi. Trubky vedou pod podvozkem automobilu a jsou umístěny v plastových držadlech. [1, s. 304]

### 3.7 Výpočet brzdové soustavy

Síla působící na brzdovou čelist:

$K = p \cdot S_K \cdot \eta_K$  – kde index  $K$  označuje kolový válec

Brzdný moment brzdy je dle (1):

$$M_B = c^* \cdot r_B \cdot K = B \cdot r_d$$

- síla  $B$  je, která působí ve stopě pneumatiky, po dosazení je brzdná síla na kole:

$$B = p \cdot S_k \cdot \eta_k \cdot c^* \cdot \frac{r_B}{r_d}$$

Brzdná síla pro obě kola přední nápravy je:

$$B_p = 2 \cdot p \cdot S_{kp} \cdot \eta_k \cdot c^* \cdot \frac{r_{Bp}}{r_{dp}}$$

Brzdná síla pro obě kola zadní nápravy je:

$$B_z = 2 \cdot p \cdot S_{kz} \cdot \eta_k \cdot c^* \cdot \frac{r_{Bz}}{r_{dz}}$$

- kde index  $p$  označuje přední nápravu a index  $z$  zadní nápravu

Celková brzdná síla:

$$B = B_p + B_z = G \cdot z$$

- kde  $z$  je brzdný součinitel (poměrné zpomalení  $z=B/G$ )

Součinitel rozdělení brzdných sil:

$$i_B = \frac{B_p}{B}, \text{ pak}$$

$$B_p = i_B \cdot B = i_B \cdot z \cdot G = 2 \cdot p \cdot S_{kp} \cdot \left( \eta_k \cdot c^* \cdot \frac{r_B}{r_d} \right)_p$$

$$B_z = (1 - i_B) \cdot B = (1 - i_B) \cdot z \cdot G = 2 \cdot p \cdot S_{kz} \cdot \left( \eta_k \cdot c^* \cdot \frac{r_B}{r_d} \right)_z$$

Průřezy kolových válečků:

$$S_{kp} = \frac{z \cdot G \cdot i_B}{p \cdot \left( \eta_k \cdot \frac{r_B}{r_d} \cdot 2 \cdot c^* \right)_p}$$

$$S_{kz} = \frac{z \cdot G \cdot (1 - i_B)}{p \cdot \left( \eta_k \cdot \frac{r_B}{r_d} \cdot 2 \cdot c^* \right)_z}$$

Hodnoty  $G$  a  $r_d$  jsou dány výrobcem vozidla.  $\eta_k = 96 - 98 \%$ , je nutno rozhodnout jaký tlak  $p$  má být přiřazen brzdnému součiniteli  $z$ . Dnes se používají hydraulické tlaky 110 – 125 bar a brzdný součinitel 85 – 90 %. [1, s. 293 - 294]

## 4 Vytvoření vybraných modelů

### 4.1 Výběr vhodného software

Cílem práce je vytvořit zjednodušené modely kapalinové brzdové soustavy, na kterých bude popsána jejich funkce. Při hledání vhodného programu bylo vybíráno ze tří variant: Autodesk Inventor Professional 2011, 3ds max a Adobe Flash Professional CS5.5. Při výběru byla hodnocena časová náročnost tvorby animace, dostupnost software, technické parametry software a jazyk software.

#### 4.1.1 3ds max

3ds max je velmi kvalitní profesionální program na tvorbu 3D animací. Vznikají v něm PC hry, mobilní hry i filmy. 3ds max je kompatibilní s dalšími aplikacemi od firmy Autodesk. Cena 3ds max se pohybuje okolo 220 000 Kč a zkušební verze ke stažení je pouze na 30 dní. [6]

Vzhledem k časové náročnosti vytvoření animace v programu 3ds max a jeho technické náročnosti na hardware byl zamítnut. Jediné východisko by bylo absolvování výukových kurzů, zajistit výkonné PC a stihnout vytvořit animaci ve zkušební verzi.

#### 4.1.2 Adobe Flash Professional CS5.5

Adobe Flash je program pro tvorbu 2D animací. Tento software funguje na principu vytvoření různých vrstev, které se překrývají, jdou zmrazit, skrýt apod. Při vytváření animace je využíváno programovacího jazyka. [7]

Tento program by byl pro tvorbu animace také vhodný. Vzhledem k náročnosti na znalosti programovacího jazyka byl také zamítnut.

#### 4.1.3 Inventor Professional 2011

Inventor se používá pro tvorbu 3D konstrukcí ve strojírenství a je zde také možnost vytvoření animace. Tento program obsahuje např. také výpočtový modulátor pro počítání různých konstrukcí, podporuje vytváření forem, obsahuje knihovnu normalizovaných součástí, návrh plechových součástí, trasové komponenty apod. [8]

Jako výchozí software byl zvolen právě Autodesk Inventor Professional 2011. Tento software je dostupný ve školních laboratořích ZČU a je kompletně v českém jazyce. Pro uživatele bez zkušeností jak s programem, tak konkrétně s tvorbou animací, obsahuje Inventor výukové programy jak na to. Celé uživatelské rozhraní softwaru je na principu nových Office, takže je pro uživatele známé. Je tvořena pásem karet a každé kartě přísluší dané potřebné odkazy, které potřebujeme spravovat.

## 4.2 Inventor Professional 2011

Před tvorbou vlastní animace byly nejprve součásti vybraných komponent vytvořeny ve 3D rozhraní. Byly vymodelovány klasickými příkazy, jako je vysunutí, rotace, vyříznutí apod. Modelování ve 3D je postaveno na stejné filozofii modelovacích softwarů. Dále byly komponenty sestaveny pomocí vzájemných vazeb do sestavy. Tyto vazby mezi komponenty jdou dále animovat v samotném studiu. Pokud chceme animovat komponenty pomocí vazeb, musíme nechat volný stupeň volnosti toho pohybu, který chceme, aby vykonávala. Při vytváření modelů se musí, u „pohybových rozměrů“, zavádět tzv. parametry (např. při pohybu stlačení pružiny musíme nastavit parametr ke vzdálenosti mezi závitů. Pak v samotné animaci

## Vytvoření vybraných modelů

měníme zadanou vzdálenost na větší nebo menší rozměr, záleží, jaký pohyb preferujeme). U těchto parametrů se nastavuje jednotka, její velikost apod. Tyto vytvořené parametry se musejí exportovat do samotného animačního studia, pokud s nimi chceme pracovat v animaci.

Po sestavení vybraných komponentů brzdové soustavy přecházíme do pásu karet Systémového prostředí Inventoru, kde zvolíme Inventor studio. V Inventor studio je mnoho nastavení: kamera, osvětlení, animace útlumu, animace vazby apod. Právě v samotném Inventor studiu je potřeba nastavit vytvořené parametry při modelování, které jsme sem exportovali. U těchto parametrů se nastavují časové úseky, v jaký čas se má daný parametr pohybovat. Nastavuje se zde zrychlení a rychlost pohybu. Veškeré nastavené parametry se objeví ve stromě v oblíbených parametrech a jsou závislé na časové ose. Na časové ose právě vidíme graficky, kdy a co má jaká součást konat. Celou animaci si lze přehrát právě pomocí spuštění na časové ose. Důležité a obtížné je v Inventor studio nastavení osvětlení. To je zde z důvodu při animaci komponenty v řezu, abychom nasvítili vnitřek. Pokud neprovedeme nastavení osvětlení, výsledná animace bude velmi tmavá. Při nastavování kamery lze také animovat pohyb kamery.

Výstupem z Inventor studio je buď video ve formátu .avi nebo .wmv. Výstupní video můžeme buď nechat bez komprese, nebo rovnou zmenšit jeho velikost pomocí kodeků – to závisí, jaké kodeky máme nainstalované v PC. Výstupem může být také pouze sekvence obrázků, které můžeme upravovat v jiném softwaru. Při rendrování můžeme nastavit výstupní kvalitu, formát obrazu a počet snímků za sekundu.

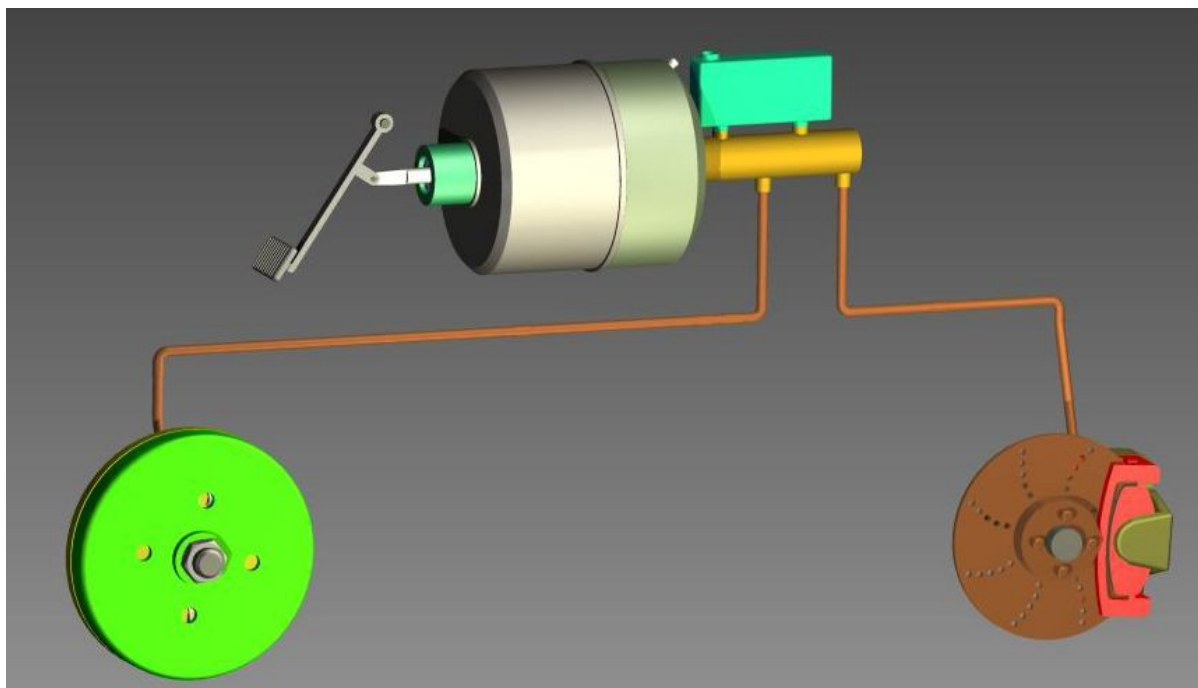
Výstupem byla zvolena první možnost a to video bez komprese s příponou .avi. Celkem bylo vyrendrováno přibližně deset videí v přibližné délce deset až patnáct minut, které byly dále sestříhány. Výstupní videa musela být takhle rozdělena z důvodu dlouhé doby a občasných selhání softwaru při rendrování animace.

Inventor má při generování součástí z knihoven už nastavenou svoji vlastní cestu pro ukládání souborů. Je nutností dávat si pozor na uložení vygenerovaných součástí z knihoven do adresáře, kde je umístěna samotná sestava, aby pak při přenosu dat nechyběly komponenty v sestavě.

### 4.3 Práce s videi

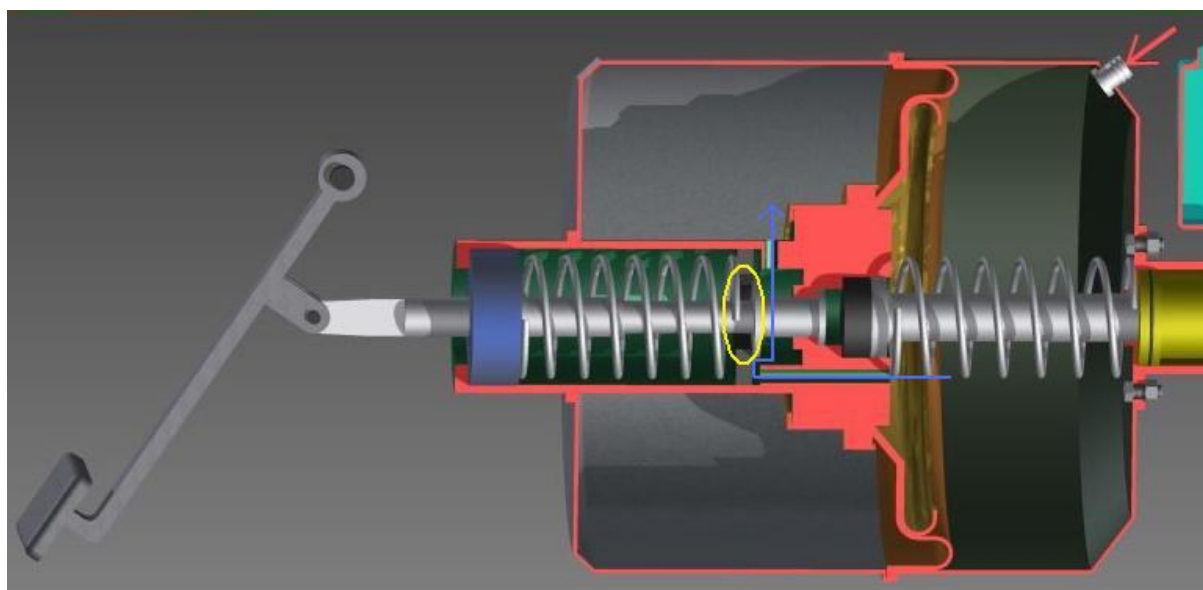
K sestříhání videí byl použit program Windows Movie Maker, který je běžnou součástí operačního systému Windows, kromě nových Windows 7. Tento software je v českém jazyce a velmi jednoduchý na ovládání. Je zde možné mezi jednotlivými videi dávat různé přechody spojení dvou videí. K danému videu je zde možnost nahrát zvukový doprovod, případně komentář a lze zde přidat i překryvné titulky. Celé výstupní video lze přehrát, jak bude vypadat. Výstupem se dají navolit různé kvality videa a celé video lze komprimovat. Výstupem je video s příponou .wmv.

## 5 Popis funkce vybraných prvků



Obr. 5.1 3D kapalinová brzdová soustava

### 5.1 Podtlakový posilovač

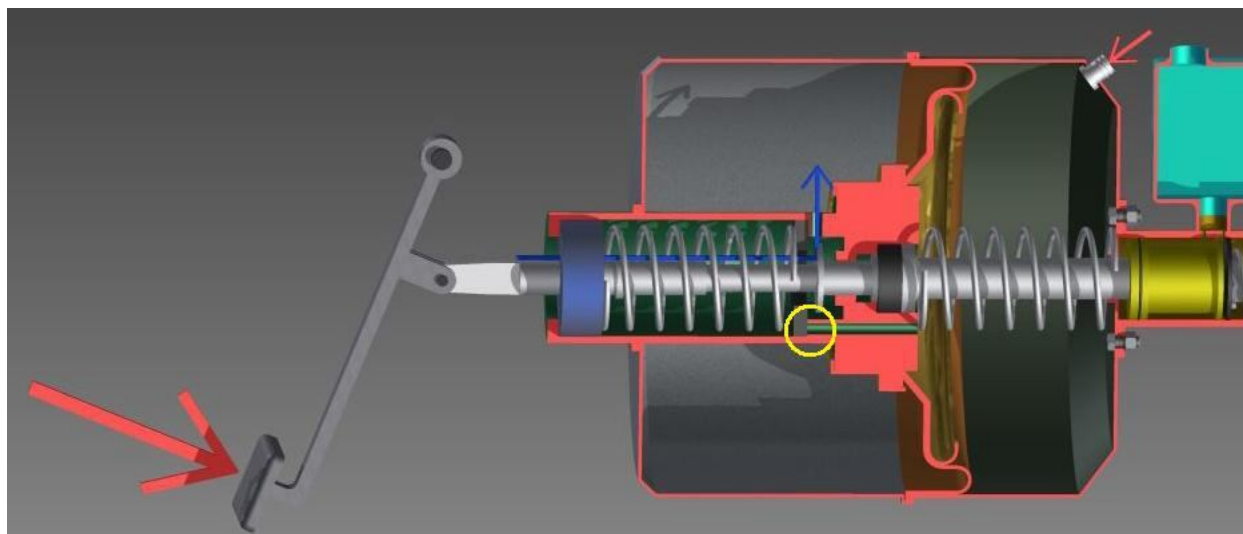


Obr. 5.1.1 Podtlakový posilovač - klidová poloha

Podtlakový posilovač se skládá z levé - atmosférické a pravé - podtlakové části. Tyto části jsou rozděleny membránou, která vyvozuje posilovací účinek (mosazná barva). Ve válci na němž je umístěna membrána je podtlaková a atmosférická část propojená střídavě kanálky (viz řez válce uprostřed). V podtlakové části je přiveden ze sacího potrubí podtlak – viz červená šipka. V klidové poloze proudí podtlak přes kanálky do atmosférické části, tudíž je v obou částech posilovače podtlak - viz modrá šipka. Přívod atmosférického tlaku je uzavřen – viz žlutá elipsa. Spojení brzdového pedálu s hlavním brzdovým válcem musí být mechanické

## Popis funkce vybraných prvků

z důvodu náhlé poruchy posilovače. V poruchovém stavu se přenáší pouze brzdná síla, kterou vyvine svalová hmota řidiče. Brzdy jsou funkční, ale není k dispozici posilovací účinek, tudíž řidič musí působit na brzdový pedál větší silou.



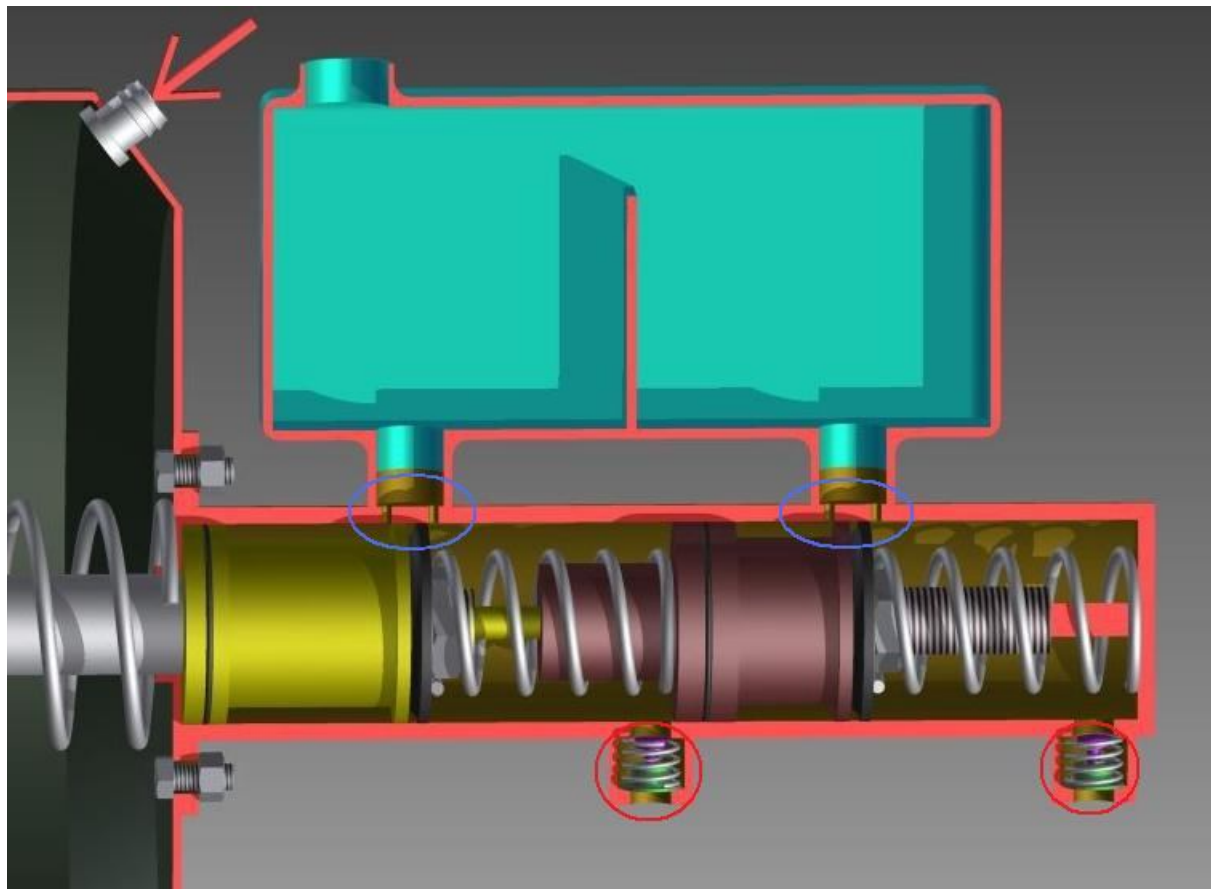
Obr. 5.1.2 Podtlakový posilovač při brzdění

Začneme působit brzdou silou na pedál (větší červená šipka), který je spojen se dříkem. Dřík svým pohybem umožní proudění atmosférického tlaku (modrá šipka), skrz čistič (modrý válec), do atmosférické části a zároveň uzavírá přívod kanálku podtlaku do atmosférické části z podtlakové části – viz žluté kolečko. Nyní se nachází v atmosférické části atmosférický tlak a v podtlakové části podtlak. Vlivem nestejných tlaků vzniká posilovací účinek.

Při odbrzdění se přívod atmosférického vzduchu uzavírá a propojovacími kanálky proudí zpět do atmosférické části podtlak. Zajištění pohybu pedálu zpět do původní polohy umožňují vratné pružiny.

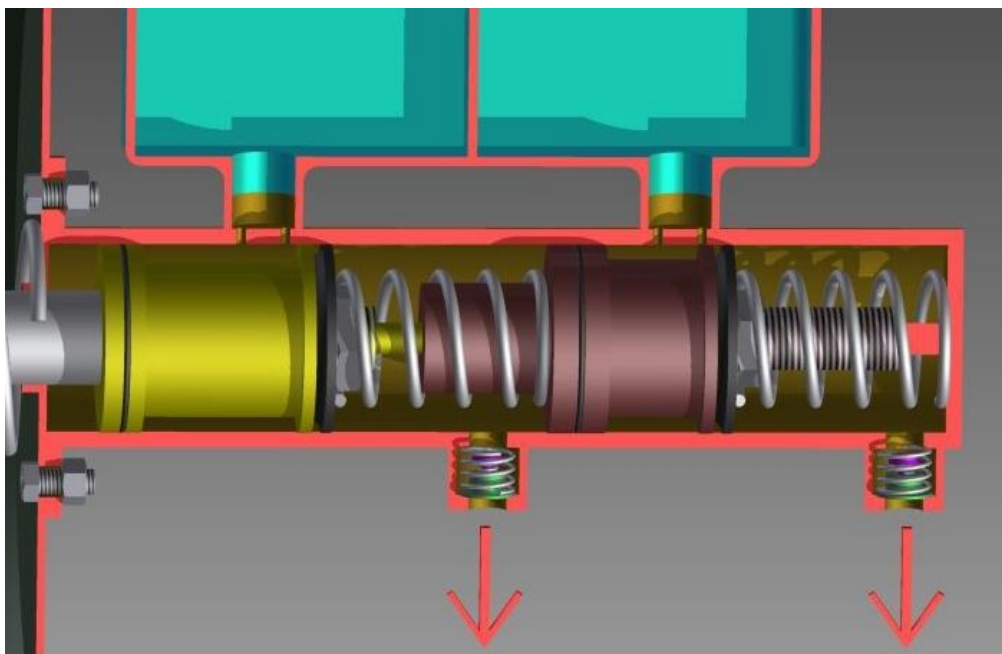
## 5.2 Hlavní brzdový válec

### 5.2.1 Bez poruchy



Obr. 5.2.1.1 Hlavní brzdový válec - klidová poloha

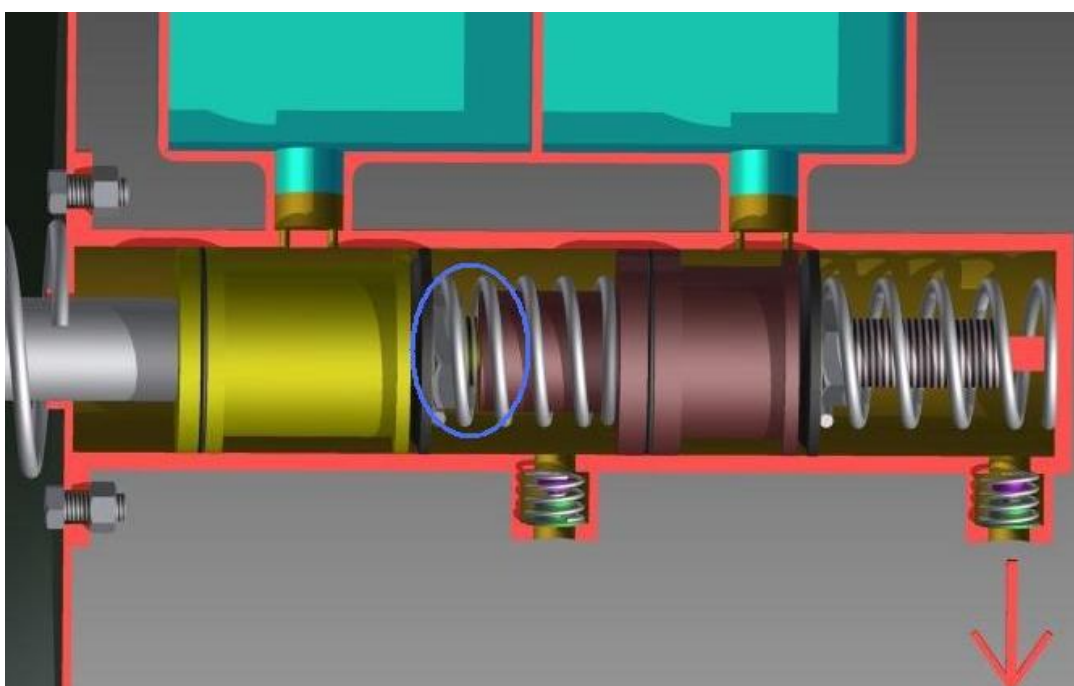
Hlavní brzdový válec se skládá ze dvou okruhů. Okruh A vlevo a okruh B vpravo. Okruhy jsou od sebe odděleny plovoucím pístem (hnědý píst). Každý okruh má svůj přívod z kapalinové brzdové nádržky (modré elipsy). Nádržka na brzdovou kapalinu je rozdělena přepážkou pro každý okruh zvlášť a to z toho důvodu pokud by došlo k poruše v jednom z okruhů, aby nevytekla veškerá brzdová kapalina do okolí a vozidlo by poté mělo k brzdění pouze parkovací brzdu mechanicky ovládanou. Z hlavního brzdového válce proudí kapalina k brzdovým válečkům skrz zpětné ventily (červené kolečka).



Obr. 5.2.1.2 Hlavní brzdový válec při brzdění

Při brzdění je žlutý píst vtačován pomocí dřívku podtlakového posilovače do brzdového válce a svou pryžovou manžetou odděluje pracovní prostor před pístem od přívodu kapaliny z vyrovnávací nádržky. Se vzrůstající brzdou silou na brzdový pedál roste tlak a přenáší se vlivem nestlačitelnosti brzdové kapaliny i na plovoucí hnědý píst. Tímto uzavírá i svůj pracovní prostor pryžovou manžetou přívod brzdové kapaliny z vyrovnávací nádržky. Tlaky se vlivem brzdné síly vyrovnávají a proudí přes zpětné ventily k brzdovým válečkům - viz červené šipky. Při odbrzdění brzdového pedálu, kapalina proudí zpět do hlavního válce a poté do kapalinové nádržky. Návrat obou pístu zajišťují vratné pružiny.

## 5.2.2 S poruchou prvního okruhu



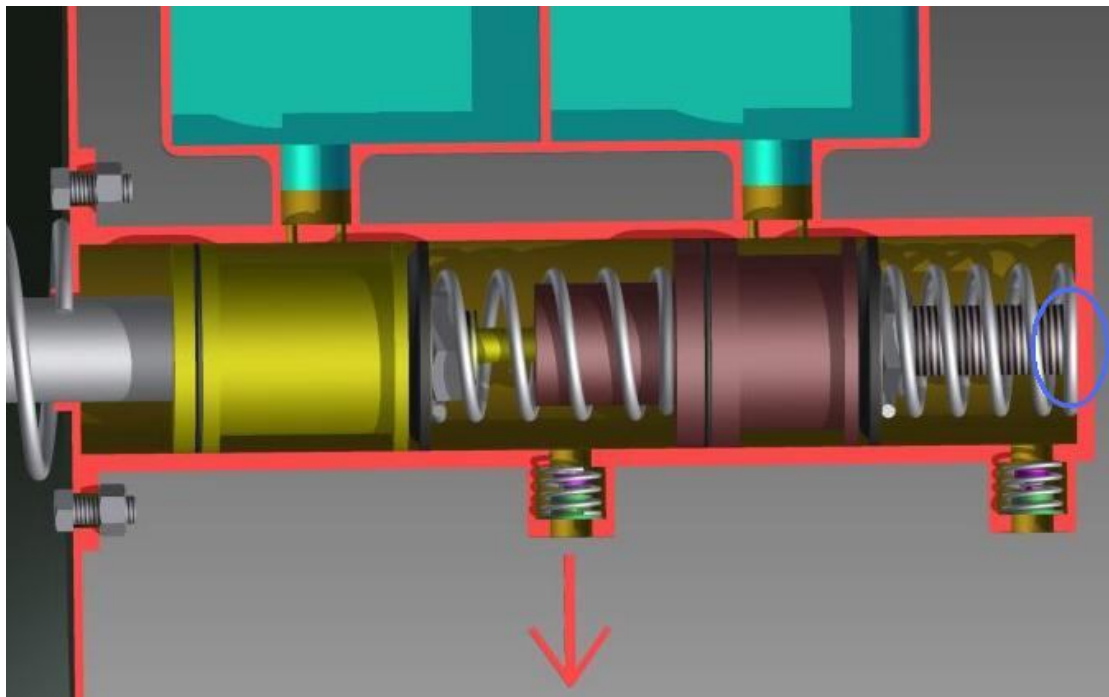
Obr. 5.2.2.1 Hlavní brzdový s poruchou prvního okruhu



## Popis funkce vybraných prvků

Při poruše v prvním okruhu z prostoru hlavního válce A a kapalinové nádržky pro první okruh vyteče brzdová kapalina do okolí. Žlutý píst nemá co stlačovat a naráží při působení ovládací síly na brzdový pedál na doraz k hnědému plovoucímu pístu – viz modrá elipsa. Nyní se přenáší ovládací síla ze dřívku posilovače vlivem dorazu na plovoucí píst. Ten stlačuje brzdovou kapalinu pouze v druhém okruhu. Tímto klesá brzdící účinek a prodlužuje se dráha sešlápnutí brzdového pedálu. Při odbrzdění vracejí vratné pružiny píst do původního stavu.

### 5.2.3 S poruchou druhého okruhu

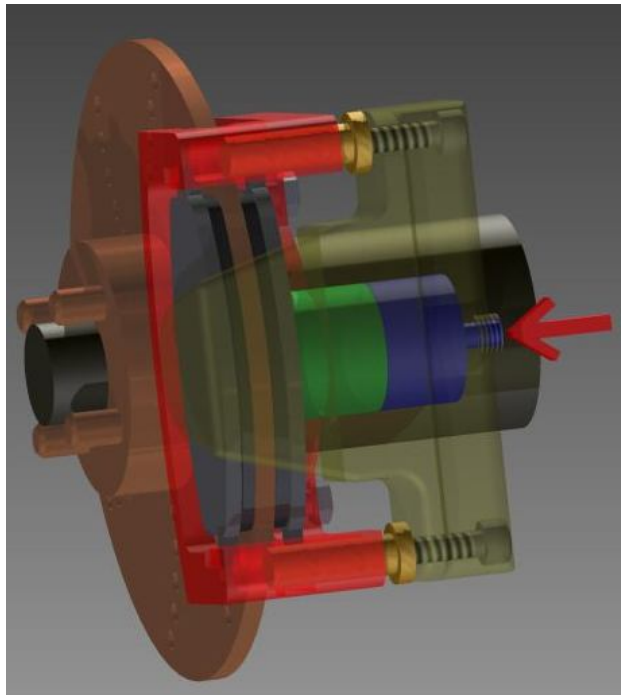


Obr. 5.2.3.1 Hlavní brzdový válec s poruchou druhého okruhu

Při poruše v druhém okruhu z prostoru hlavního válce B a kapalinové nádržky pro druhý okruh vyteče brzdová kapalina do okolí. Plovoucí hnědý píst nemá co stlačovat a naráží při působení ovládací síly na brzdový pedál na doraz ke dnu hlavního brzdového válce – viz modrá elipsa. Nyní se přenáší ovládací síla ze dřívku posilovače pouze na žlutý píst. Ten stlačuje brzdovou kapalinu pouze v prvním okruhu. Tímto klesá brzdící účinek a prodlužuje se dráha sešlápnutí brzdového pedálu. Při odbrzdění vracejí vratné pružiny píst do původního stavu.

## 5.3 Kotoučová brzda

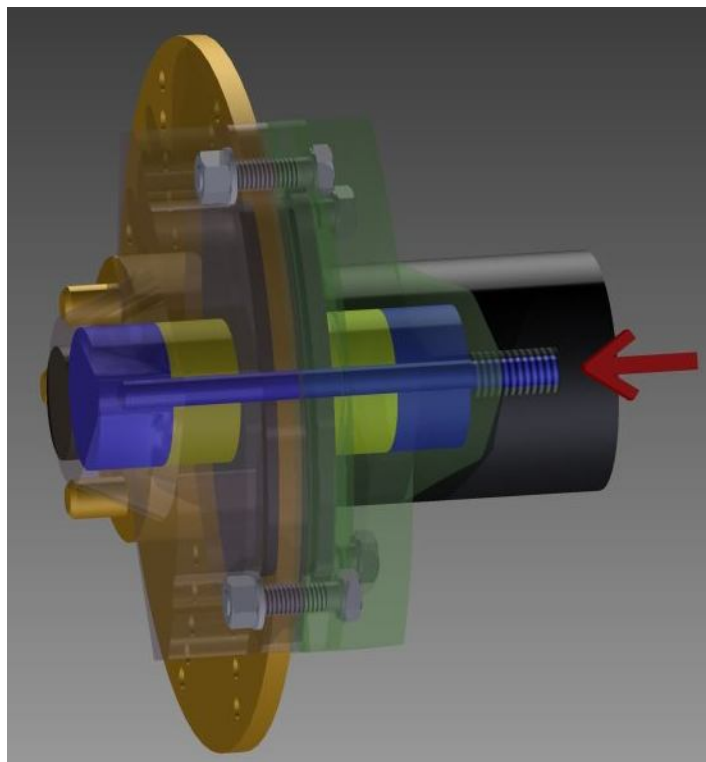
### 5.3.1 S plovoucím třmenem



Obr. 5.3.1.1 Kotoučová brzda s plovoucím třmenem

U kotoučové brzdy s plovoucím třmenem je přiváděna brzdová kapalina pouze k jedinému brzdovému válečku – viz červená šipka. Brzdová kapalina působí svým tlakem (modrá barva) na zelený brzdový váleček a ten tlačí na brzdovou destičku. Brzdová destička je přitlačována k brzdovému kotouči. Když se brzdová destička opře o brzdový kotouč, začne brzdová kapalina vlivem zvyšujícího tlaku působit na plovoucí třmen, protože už nemá kam tlačit brzdovou destičku. Ten se vlivem tlaku začne vysouvat po vodících čepech (bronzová barva) z držáku třmenu (červená barva). Díky vysunutí začne působit plovoucí třmen na brzdovou destičku z druhé strany a ta se přitlačuje k brzdovému kotouči. Tím vzniká brzdný účinek z obou stran kotouče. Při odbrzdění proudí kapalina zpět do hlavního válce a brzdové čelisti se vrací samovolně do výchozí polohy vlivem házivosti kotouče.

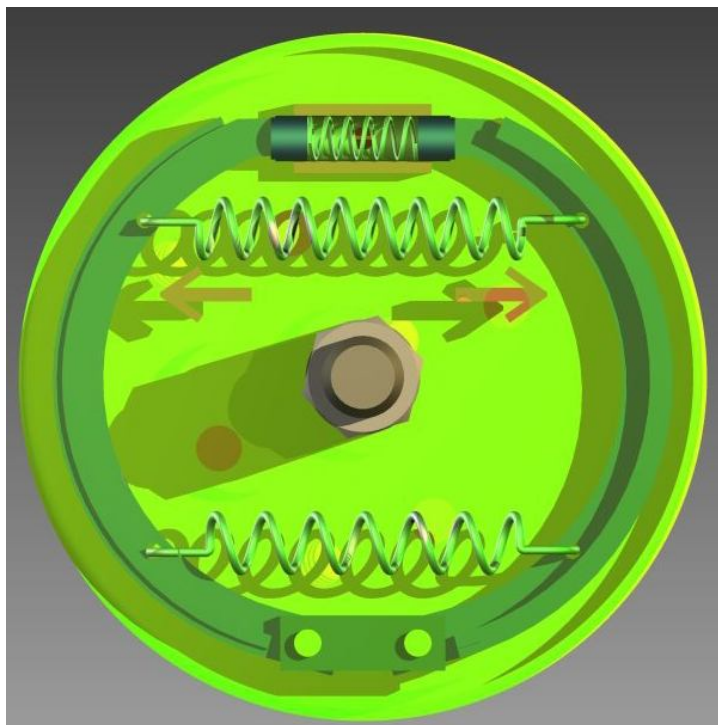
### 5.3.2 S pevným třmenem



Obr. 5.3.2.1 Kotoučová brzda s pevným třmenem

U kotoučové brzdy s pevným třmenem je přiváděna brzdová kapalina k oběma brzdovým válečkům – viz červená šipka. Brzdové válečky jsou na obou dvou stranách brzdového kotouče. Brzdová kapalina působí svým tlakem na pravý žlutý brzdový váleček a ten tlačí na brzdovou destičku. Zároveň brzdová kapalina proudí k levému žlutému brzdovému válečku spojovacím potrubím v pevném třmenu. Zde také brzdový váleček vlivem tlaku brzdové kapaliny působí na brzdovou destičku. Brzdové destičky jsou přitlačovány k brzdovému kotouči. Tím vzniká brzdný účinek z obou stran kotouče. U této kotoučové brzdy je třmen na pevně k nápravě na rozdíl od kotoučové brzdy s plovoucím třmenem. Při odbrzdění proudí kapalina zpět do hlavního válce a brzdové čelisti se vrací samovolně do výchozí polohy vlivem házivosti kotouče.

## 5.4 Bubnová brzda



Obr. 5.4.1 Bubnová brzda při brzdění

U bubnové brzdy je přiváděna brzdová kapalina do rozpěrného válečku – viz obr. 9.4.1 nahoře v řezu. Ve válečku jsou pístky (modré válečky), na které působí tlak brzdové kapaliny při brzdění, a jak se rozevírají vlivem působení brzdové kapaliny, tak přenášejí brzdnu sílu na brzdové čelisti. Ty jsou na druhé straně uloženy rotačně na čepech. Brzdové čelisti jsou přitlačovány na vnitřní stranu bubnu – viz červené šipky. Tím vzniká brzdný účinek vlivem tření mezi čelistmi a bubnem. Při odbrzdění proudí brzdová kapalina zpět potrubím do hlavního brzdového válce pomocí zpětného pohybu brzdových čelistí do výchozího stavu, který je zajištěn vratnými pružinami.

## 6 Závěr

Bakalářská práce se zabývala simulací kapalinové brzdové soustavy. Pochopení problematiky bylo nastudováno z dostupné literatury. Modely komponentů brzdové soustavy se nakonec podařilo vytvořit a zanimovat ve vybraném softwaru Autodesk Inventor 2011.

Videa měla být spustitelná v obecném softwarovém zastoupení PC běžného uživatele, což bylo cílem bakalářské práce. Spuštění videí bylo odzkoušeno ve více přehrávačích a na různých operačních systémech. Musíme podotknout, že v určitých přehrávačích musí uživatel nastavit sám rozhraní poměru stran videí, jinak je video nesymetrické. Videa mají poměr stran 16:9.

V samotných animacích by se dala vytvořit prvotřídní animace s prouděním kapaliny a změny tak, jak se mění tlak kapaliny. Pro vytvoření animace by ale musel být zvolen jiný a složitější software. Je ale obtížné v krátkém časovém horizontu se naučit s vhodným softwarem a proniknout do programovacího jazyka.

Výstupní videa z Inventor studio byla sestřihána celkem do čtyř videí. První video poukazuje sestavení brzdové soustavy automobilu se stříhem na podtlakový posilovač, kde je animována jeho funkce. Dalším stříhem je posun kamery na hlavní brzdový válec, který je spojen s podtlakovým posilovačem. Hlavní brzdový válec je animován jak ve stavu bez poruchy při brzdění tak i ve stavu s poruchou prvního okruhu a druhého okruhu při brzdění. Druhé video ukazuje činnost bubnové brzdy. Třetí video ukazuje činnost kotoučové brzdy s pevným třmenem a konečně poslední video ukazuje činnost kotoučové brzdy s posuvným třmenem.

K daným videím nebyl nakonec nahráván zvukový doprovod a to z důvodu vysvětlování principu činnosti brzdové soustavy přímo v hodinách výuky. Profesor tak může probíraný problém právě zdůraznit při promítání animace a video si může kdykoli pozastavit v přehrávači nebo daný úsek opakovat přehráváním dokola.

Bakalářská práce by mohla posloužit jako didaktická pomůcka při vysvětlování funkce brzdové soustavy. V práci je popsána funkce prvků slovně a doplněná na přiloženém CD samotnými animacemi. V bakalářské práci byl dále uveden přehled komponentů brzdové soustavy. Jaké mohou být druhy zapojení soustavy, konstrukční provedení apod. Brzdový systém je samozřejmě doplněn o mnoho elektronických zařízení, jako je ABS (protiblokovácí brzdňý systém), ESP (elektronický stabilizační program), ASR (protiprokluzová regulace) apod. Na princip činnosti a funkce elektronických zařízení by se dala napsat další rozšiřující práce.

## 7 Seznam použité literatury

- [1] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. Brno: Vlk, 2000. ISBN 80-238-5274-4.
- [2] VLK, František. *Automobilová technická příručka*. Brno: Vlk, 2003. ISBN 80-238-9681-4.
- [3] JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav. *Automobily 1 – podvozky*. 2. vydání. Brno: Avid, 2001.
- [4] SAJDL, Jan. *EWB Electronic Wedge Brake*  
<http://cs.autolexicon.net/articles/ewb-electronic-wedge-brake/> [cit. 6. 4. 2012]
- [5] MAINSPOT.NET. *Glossary of Car Technical Terms*  
[http://www.google.cz/imgres?q=bubnov%C3%A1+brzda&start=244&hl=cs&client=firefox-a&sa=X&rls=org.mozilla:cs:official&biw=1440&bih=722&addh=36&tbm=isch&prmd=imvns&tbnid=cmlZ9pyKzN06wM:&imgrefurl=http://peugeot.mainspot.net/glossary/glossary\\_2.shtml&docid=IKOiH1v2ig3mRM&imgurl=http://peugeot.mainspot.net/glossary/14\\_drum\\_brake\\_assembly.jpg&w=268&h=265&ei=KM1yT\\_eWL4vS4QTMqNCdDw&zoom=1&iact=hc&vpx=379&vpy=178&dur=754&hovh=212&hovw=214&tx=144&ty=110&sig=103957561750356411520&page=12&tbnh=154&tbnw=150&ndsp=24&ved=1t:429,r:13,s:244](http://www.google.cz/imgres?q=bubnov%C3%A1+brzda&start=244&hl=cs&client=firefox-a&sa=X&rls=org.mozilla:cs:official&biw=1440&bih=722&addh=36&tbm=isch&prmd=imvns&tbnid=cmlZ9pyKzN06wM:&imgrefurl=http://peugeot.mainspot.net/glossary/glossary_2.shtml&docid=IKOiH1v2ig3mRM&imgurl=http://peugeot.mainspot.net/glossary/14_drum_brake_assembly.jpg&w=268&h=265&ei=KM1yT_eWL4vS4QTMqNCdDw&zoom=1&iact=hc&vpx=379&vpy=178&dur=754&hovh=212&hovw=214&tx=144&ty=110&sig=103957561750356411520&page=12&tbnh=154&tbnw=150&ndsp=24&ved=1t:429,r:13,s:244) [cit. 6. 4. 2012]
- [6] CAD STUDIO. *3ds max*  
<http://www.cadstudio.cz/3dsmax> [cit. 10. 2. 2012]
- [7] Digital media s.r.o.  
[www.flash.cz/](http://www.flash.cz/) [13. 3. 2012]
- [8] AUTODESK  
<http://www.autodesk.cz/adsk/servlet/index?id=15469682&siteID=551663> [cit. 10. 4. 2012]

## **8 Seznam příloh**

### **8.1 CD s vytvořenými animacemi**

1. Animace sestavení brzdové soustavy s činností podtlakového posilovače s hlavním brzdovým válcem 11/12-1-BP
2. Animace kotoučové brzdy s plovoucím třmenem 11/12-2-BP
3. Animace kotoučové brzdy s pevným třmenem 11/12-3-BP
4. Animace bubnové brzdy 11/12-4-BP