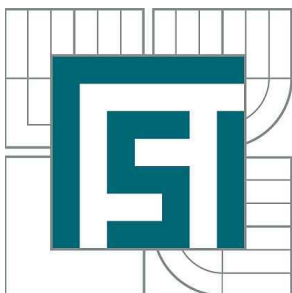


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## NÁVRH BRZDOVÉ SOUSTAVY ŽELEZNIČNÍHO VOZU TAGNPPS 97M3 PRO REŽIM BRZDY SS

DESIGN OF TAGNPPS 97 M3 WAGON BRAKING SYSTEM IN SS BRAKING MODE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL TRUBAČ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL RAMÍK

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademičtý rok: 2010/11

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Pavel Trubač

který/která studuje v bakalářském studijním programu

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

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

**Návrh brzdové soustavy železničního vozu Tagupps 97m<sup>3</sup> pro režim brzdy SS**

v anglickém jazyce:

**Design of Tagupps 97 m<sup>3</sup> Wagon Braking System in SS Braking Mode**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte konstrukční návrh tlakové pneumatické brzdové soustavy pro vůz Tagupps o objemu 97m<sup>3</sup> provozovaný v brzděném režimu SS (rychlost vozu do 120km•h<sup>-1</sup>) s ohledem na požadavky plynoucí z tohoto režimu.

Cíle bakalářské práce:

1. Proveďte rešerši používaných brzdících systémů nákladních železničních vozů se zaměřením na provoz brzd v brzděném režimu SS.
2. Proveďte výběr vhodného typu brzdy pro brzděný režim SS pro železniční vůz Tagupps o ložném objemu 97 m<sup>3</sup>.
3. Sestavte schéma pneumatické části brzděné soustavy vozu.
4. Vytvořte schéma mechanické části navrhované brzděné soustavy.
5. Proveďte návrh komponent soustavy – vytvořte CAD model jednotlivých komponent a výslednou sestavu.
6. Proveďte analýzu napjatosti vybrané komponenty (případně komponent) brzděné soustavy s použitím nastavbového modulu CAD systému pro analýzy pomocí MKP.
7. Proveďte posouzení výsledného návrhu s ohledem na platné normy a předpisy a celkově zhodnoťte navrženou konstrukci.

Seznam odborné literatury:

- [1] DOSTÁL J., HELLER P., Kolejová vozidla II, ZCU v Plzni 2009, ISBN 978-80-7043-641-7
- [2] Evropská směrnice TSI CR RST WAG RK ES 2006/861/ES z 28.7.2006 ve znění RK ES 2009/167/ES z 23.1.2009
- [3] Vyhláška ÚIC 540, 5. vydání z 11/06, ISBN 2-7461-1173-x
- [4] Vyhláška ÚIC 544-1, 4. vydání z 05/04, ISBN 2-7461-0773-2
- [5] Směrnice ÚIC V-BKS (K), 6. vydání z 1.3.2008
- [6] JANÍČEK P., ONDRAČEK E., VRBKA J., Pružnost a pevnost I, VUT Brno 1992.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Ramík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 19.11.2010



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doušpovec, CSc.  
Děkan

## **ABSTRAKT**

V první části práce je popsána brzda nákladních železničních vozů, její princip a ovládání. Samostatně pasáže se věnují popisu brzdy zdržové, čily špalíkové a brzdy kotoučové. V souladu s cíly je zdůvodněno široké rozšíření brzdy zdržové a její použití v návrhu brzdy, jež je hlavním předmětem této práce. Dále jsou popsány požadavky, kladené na brzdovou výstroj nákladních železničních vozů, týkající se zejména vozů provozovaných v jízdním režimu SS.

Druhá část obsahuje samotný návrh brzdy nákladního vozu řady Tagnpps pro jízdní režim SS. Schéma mechanické i pneumatické části, CAD model navržené brzdové soustavy a napěťovou analýzu provedenou metodou MKP vybrané komponenty – převodnice, provedené v nástavbovém modulu prostředí SolidWorks 2011. Pro srovnání výsledků analýzy zhotovené metodou MKP je obsažen také analytický výpočet zmíněné komponenty.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Brzda, nákladní vůz, návrh, režim SS

## **ABSTRACT**

At first part of my work is described the brake for freight wagon, its princip and control. Next part is dedicated to describe to brake with block and brake with disc. Main object of my work is concrete propose of brake with blocks and reason, why is this brake use on most of wagons. Next I describe requests for brake accessories for freight wagons, mainly for operation in SS mode.

At second part is proposal for brake for freight wagon type TAGNPPS for operating in SS mode. Scheme of mechanical and pneumatic part, CAD model of this brake system, voltage analyses by FEM method of choosing component – brake lever, created in SolidWorks 2011 mode. For compare of result by FEM method is used analytic count of this component.

## **KEY WORDS**

Brake, freight wagon, proposal, SS mode

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

TRUBAČ, P. *Návrh brzdové soustavy železničního vozu Tagnpps 97m3 pro režim brzdy SS.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 40 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Ramík.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

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

V Brně dne 27. května 2011

.....

Pavel Trubač

## **Poděkování**

Rád bych tímto vyjádřil své poděkování vedoucímu práce Ing. Pavlu Ramíkovi za vedení této práce a ochotu konzultovat otázky s ní spojené.

Dále děkuji panu Ing. Janu Cejnarovi, mému konzultantovi, za cenné rady, které jsem uplatnil.

A své rodině za podporu při studiu, jež pro nás všechny bylo nejen časově náročné.

# OBSAH

ÚVOD .....	1
1 BRZDA KOLEJOVÝCH VOZIDEL .....	3
1.1 Popis .....	3
1.1.1 Princip .....	3
1.1.2 Pneumatická část brzdy .....	7
1.1.3 Mechanická část brzdy .....	8
1.1.4 Komponenty brzdy .....	9
1.1.5 Ovládání brzdy .....	11
1.2 Brzda zdržová .....	12
1.3 Brzda kotoučová .....	14
2 POŽADAVKY NA BRZDOVÉ SYSTÉMY .....	15
3 NÁVRH BRZDY .....	17
3.1 Návrh mechanické části brzdové soustavy .....	17
3.2 Výpočet brzdy dle UIC – 544-1 .....	20
3.3 Návrh pneumatické části brzdové soustavy .....	23
3.4 CAD Model .....	25
3.5 Analýza napjatosti vybrané komponenty brzdové soustavy .....	30
3.5.1 Kontrolní výpočet vybrané komponenty .....	31
3.5.2 Napěťová analýza v nastavbovém modulu CAD systému metodou MKP .....	35
3.6 Zhodnocení navržené konstrukce .....	38
4 ZÁVĚR .....	40
Použité informační zdroje .....	41
Seznam použitých zkratk, symbolů a veličin .....	42
Seznam obrázků a grafů .....	43
Seznam příloh .....	45



# ÚVOD

Jmenuji se Pavel Trubač a jsem studentem 3. ročníku kombinovaného studia oboru Strojírenství na Vysokém učení technickém v Brně, Technická 2896/2, fakulta Strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství.

Tématem této bakalářské práce je Návrh brzdové tlakové samočinné soustavy nákladního železničního vozu Tagnpps o ložném objemu  $97 \text{ m}^3$  pro režim SS.

Tento vůz je v současné době vyvíjen společností Legios a.s., Louny, s brzdou pro jízdní režim S. Vůz, určen k přepravě obilovin, je konstruován s ohledem na maximální ložný objem. Je čtyřosý, skříňové konstrukce o ložném objemu  $97 \text{ m}^3$  s gravitačním vykládáním do prostoru mezi kolejnice, s manuálně ovládanými výsypnými klapkami. Jsou dvě možná provedení střechy – s odklopnými poklapy nebo s odsuvnou dvojdílnou střechou. Jeho délka je 15,3 m a prázdná hmotnost 22 t. Zavázán na podvozky Y25 Lsd1i(f)-K s integrovanou brzdovou jednotkou.



Obr. 1 Nákladní železniční vůz Tagnpps (vlastní fotografie)

Návrh brzdové soustavy popsany v této práci je alternativou stávajícího brzdového systému. Stručně shrnutí rozdílů mezi brzdovými systémy pro jízdní režim S a SS spočívá v maximální provozní rychlosti vozu v závislosti na ložné hmotnosti. Vůz provozovaný v režimu S má maximální rychlost 100 km/h a smí být ložen 22,5 t na nápravu. Vůz provozovaný v režimu SS má maximální rychlost v loženém stavu 120 km/h s ložením 18 t na nápravu. Z tohoto plynou pro režim SS vyšší nároky na brzdovou soustavu, které integrovaná brzdová jednotka v podvozcích nesplňuje.

V následující práci je v popisu a výpočtu brzdného systému železničních kolejových vozidel užívána jednotka tlaku bar, kde

$$1\text{bar} = 100\text{ kPa.} \quad (1)$$

To koresponduje s jednotkami užívanými v této souvislosti v mezinárodních vyhláškách a předpisech o brzdových soustavách železničních kolejových vozidel.

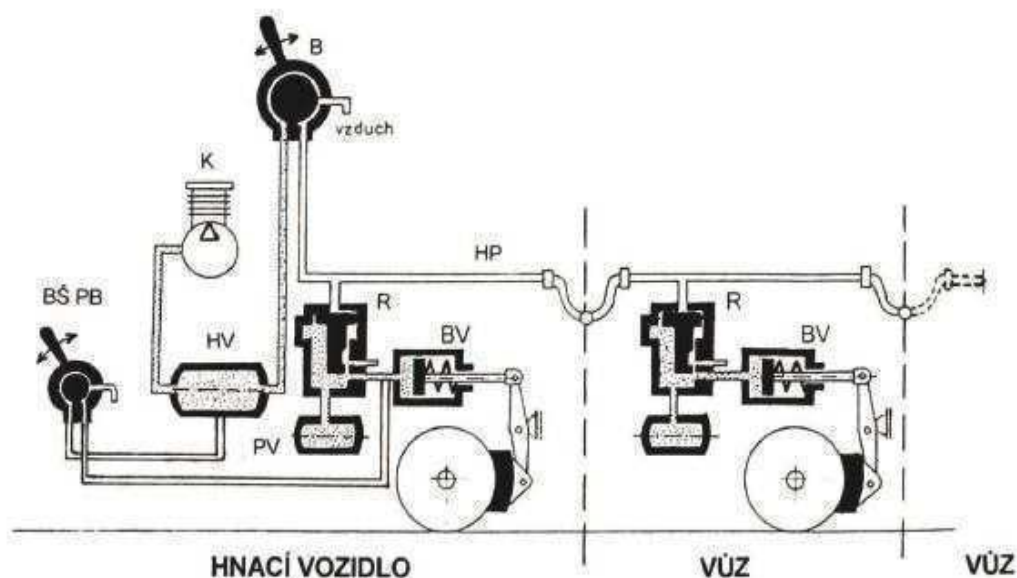
# 1 BRZDA KOLEJOVÝCH VOZIDEL

## 1.1 Popis

Popis brzdy je detailně popsán v následujících podkladech [1], [2] a [3].

### 1.1.1 Princip

Cílem brzdy vlaku je vyvinutí síly působící proti jeho pohybu, ke snížení jeho aktuální rychlosti nebo zamezení vzniku pohybu a to za přesně definovaných podmínek. Brzdových systémů je více, u nákladních železničních kolejových vozů se používá samočinná průběžná tlaková brzda. Brzdový systém kolejových vozidel lze dělit na dvě části, na pneumatickou a mechanickou část, viz. Obr. 2.



Obr. 2 Obecné schéma brzdného systému [2]

kde jednotlivé části značí:

B – brzdič

HV – hlavní vzduchojem

BŠ PB – brzdič přímočinné brzdy

K – kompresor

BV – brzdový válec

PV – pomocný vzduchojem

HP – hlavní potrubí

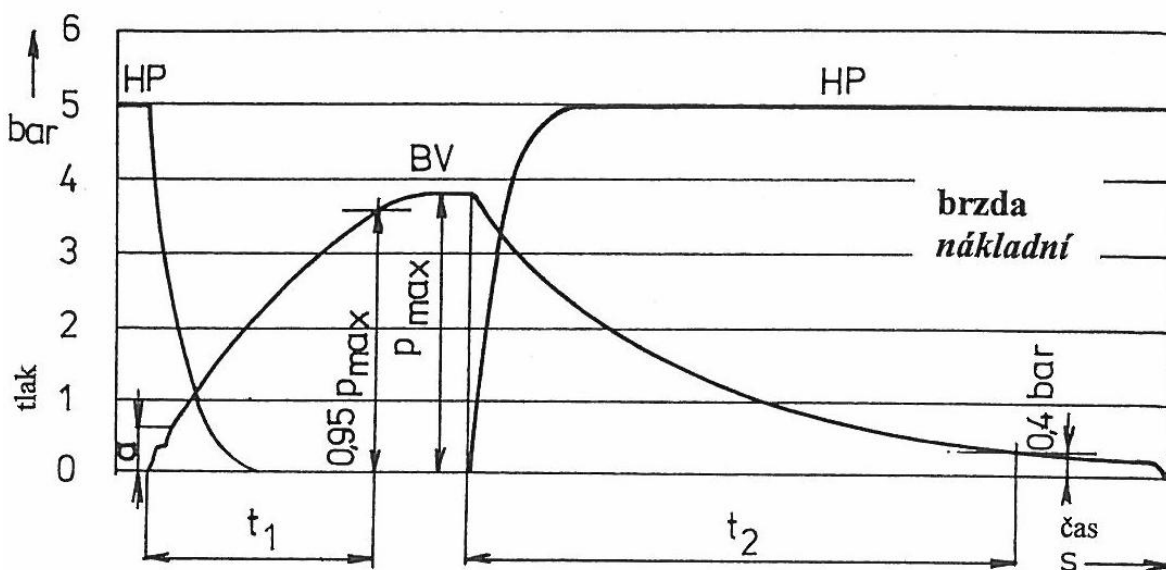
R – rozváděč

Nákladní vozy mají průběžnou samočinnou tlakovou brzdu, jejíž hlavní potrubí ve vlaku je navzájem propojeno.

Průběžná znamená, že ji lze ovládat z jednoho místa. Při náhlém poklesu tlaku v hlavním potrubí se aktivují brzdy na všech vozech. Jmenovitý tlak hlavního potrubí je 5 bar, tedy 500 kPa. Samočinnou tlakovou brzdu lze tedy spustit ze stanoviště strojvedoucího, zařízením vlakového zabezpečovače nebo i při přetržení vlaku.

Dle rychlosti nárůstu tlaku v brzdovém válci se brzdy dělí na:

- nákladní (G) – viz Obr. 3, brzdy s pomalým vývinem tlaku v brzdovém válci



Obr. 3 Brzdná charakteristika pro režim jízdy “nákladní“ [1]

kde popis označuje:

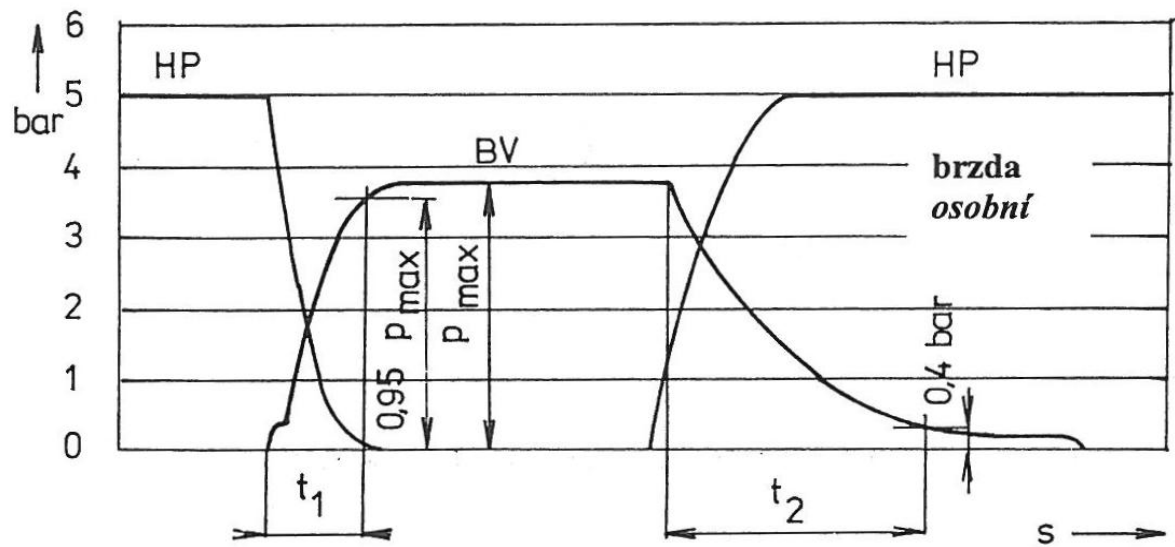
HP – hlavní potrubí

$t_1$  – doba plnění

BV – brzdový válec

$t_2$  – doba vyprazdňování

- osobní (P) – viz Obr. 4, brzdy s rychlým vývinem tlaku v brzdovém válci



Obr. 4 Brzdná charakteristika pro režim jízdy "osobní" [1]

kde popis označuje:

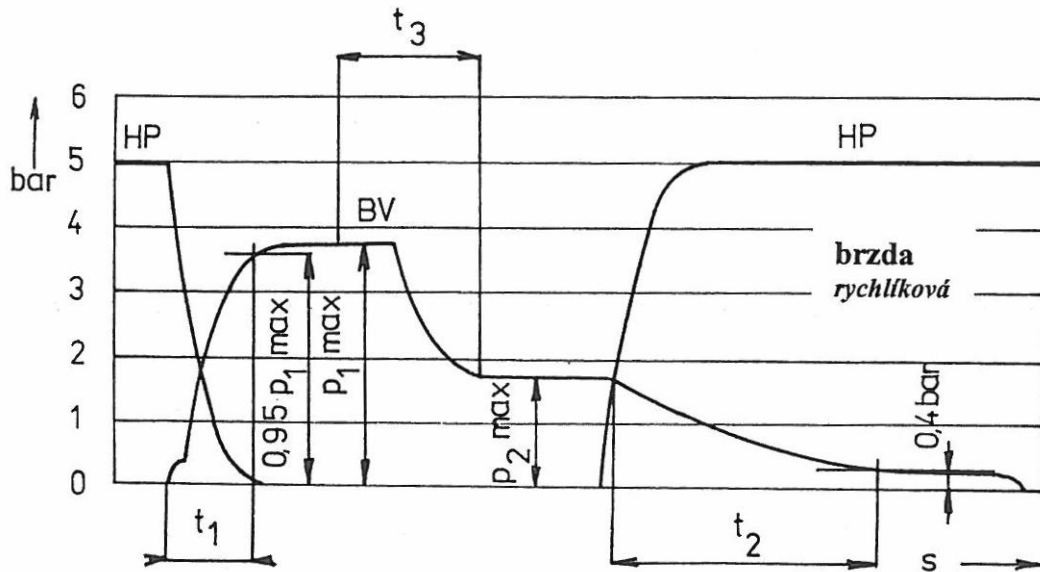
HP – hlavní potrubí

BV – brzdový válec

$t_1$  – doba plnění

$t_2$  – doba vyprazdňování

- rychlíkové (R) – viz Obr. 5, brzdy s rychlým vývinem tlaku v brzdovém válci, u vozů s litinovými špalky jsou dvojstupňové



Obr. 5 Brzdná charakteristika pro režim jízdy “rychlík“ [1]

kde jednotlivé části značí:

HP – hlavní potrubí

$t_1$  – doba plnění

BV – brzdový válec

$t_2, t_3$  – doba vyprazdňování

Z provozního hlediska rozlišujeme:

- I. způsob brzdění, vozidla brzděna v režimu osobním, či rychlíkovém
- II. způsob brzdění, vozidla brzděna v režimu nákladním, či pomocí ručních brzd. Nákladní vozy mohou měnit velikost brzdícího účinku dle velikosti ložení vozu. Některé vozy nemají přestavovač ložení a mají trvale nastavený režim, či snímač ložení pro kontinuální změnu velikosti brzdící síly v závislosti na ložné hmotnosti

I. způsobem jsou brzděny vlaky osobní, vlaky s rychlostí vyšší než 80 km/h, a nákladní s rychlostí do 80 km/h.

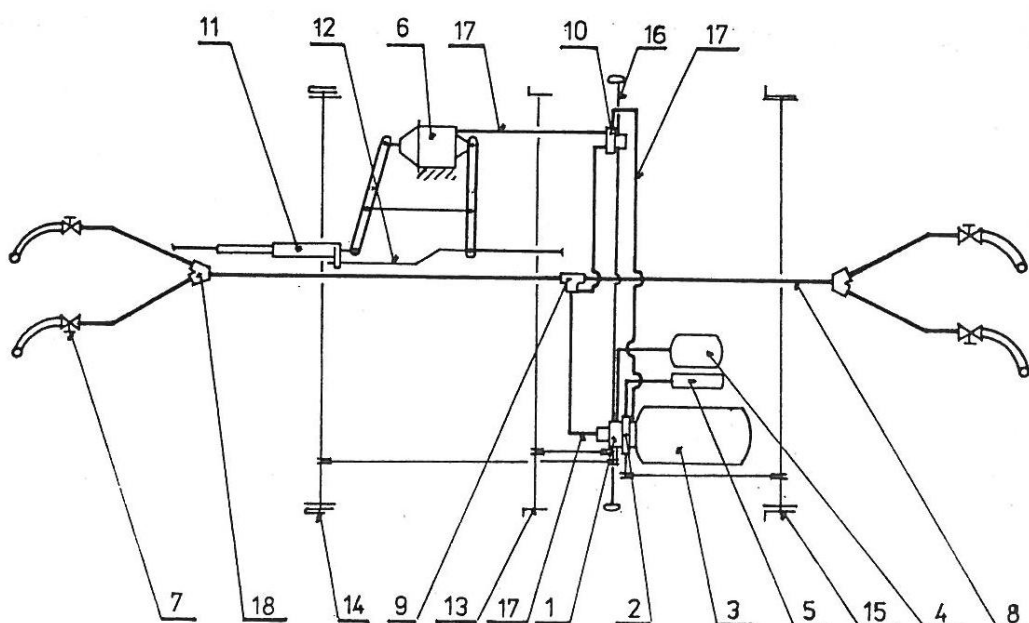
Osobní vlaky pro vyšší rychlosti než 120 km/h musí být brzděny v režimu rychlík, pro rychlosti 90 až 120 km/h mohou být brzděny v režimu rychlík nebo osobní.

II. způsobem jsou brzděny nákladní vlaky s rychlostí do 80 km/h.

### 1.1.2 Pneumatická část brzdy

Pneumatická část brzdy – viz Obr. 6, slouží k ovládání stlačeného vzduchu a jeho rozvodu.

Proces brzdění začíná přestavením brzdiče, čímž dojde ke snížení tlaku v hlavním potrubí. Velikost této změny je přímo úměrná změně tlaku v brzdovém válci. Plné brzdění potom je, takové snížení tlaku v hlavním potrubí, kterým se dosáhne maximálního tlaku v brzdovém válci (380 kPa).



Obr. 6 Schéma pneumatické části brzděné soustavy [1]

Popis jednotlivých částí:

- |                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 1- rozváděč             | 9- prachojem                          |
| 2- přídavný ventil      | 10- odbrzdovač                        |
| 3- pomocný vzduchojem   | 11- stavěč odlehlosti zdrží           |
| 4- rozvodový vzduchojem | 12- regulační tyč                     |
| 5- řídicí vzduchojem    | 13- vypínač brzdy                     |
| 6- brzdový válec        | 14- přestavovač jízdniho režimu brzdy |
| 7- spojkové kohouty     | 15- přestavovač ložení                |
| 8- hlavní potrubí       | 16- ruční táhlo odbrzdovače           |

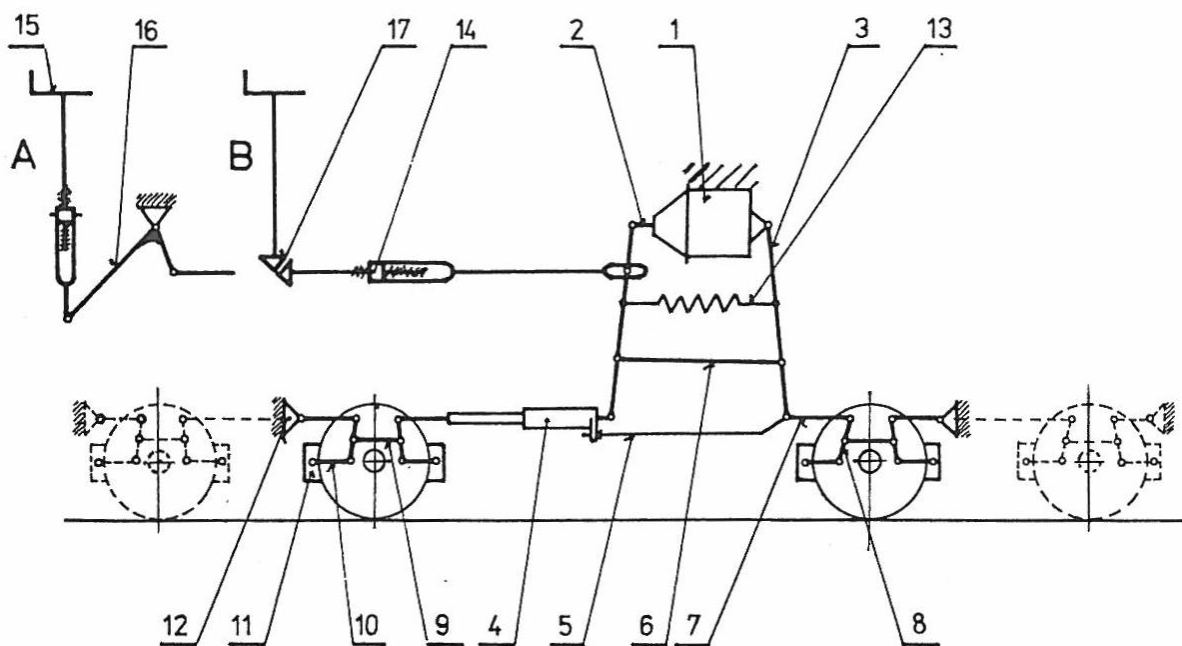
### 1.1.3 Mechanická část brzdy

Mechanická část brzdy – viz Obr. 7, slouží k distribuci brzdné síly. Začíná brzdovým válcem, kde dochází k přeměně tlakové energie vzduchu v energii mechanickou a končí vyvozením brzdné síly ve styku kolo kolejnice.

Způsob přenosu sil se různí podle použitého brzdového systému.

Kontaktní plocha pro vývin brzdné síly u kotoučové brzdy je mezi obložením brzdné čelisti a brzdovým kotoučem. U zdržové brzdy je pak styčná plocha mezi obručí kola a funkční plochou brzdících špalků.

K dosažení účinného brzdění je potřeba, aby pákové převody táhlového ústrojí sílu pístu brzdového válce několikanásobně zvětšily. Tyčový a pákový musí být stavitelné, tedy musí zajistit rovnoměrné rozložení síly na jednotlivé zdrže (brzdové čelisti) a být nezávislá na opotřebení zdrží (brzdového obložení). Toto je zajištěno užitím stavěče odlehlosti zdrží.



Obr. 7 Schéma mechanické části brzdné soustavy [1]

Popis jednotlivých částí mechanické části brzdné soustavy:

- |                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| 1 – brzdový válec | 4 – stavěč odlehlosti zdrží |
| 2 – pístnice      | 5 – regulační tyč           |
| 3 – převodnice    | 6 – spojnice převodnic      |



7 – táhlo	14 – vřeteno s maticí ruční brzdy
8 – svislá páka	15 – klika kola ruční brzdy se závitovým vřetenem
9 – spojnice svislých pák	16 – převodová úhlová páka
10 – táhlo rozpory zdrží	17 – kuželový převod
11 – zdrž	A, B – varianty ruční brzdy
12 – kotevník	
13 – vratná pružina	

### 1.1.4 Komponenty brzdy

Komponenty brzdy se dělí na tři základní části:

- výroba stlačeného vzduchu,
- rozvod stlačeného vzduchu,
- mechanický přenos sil.

#### Výroba stačeného vzduchu

Výroba stlačeného vzduchu je nutná pro funkci brzdy a mají ji na starosti hnací vozidla, případně řídicí vozy. Stlačený vzduch je základním médiem, které se používá jak pro přenos řídicího signálu, tak pro přenos brzdících sil.

#### Rozvod stlačeného vzduchu

Rozvod vzduchu může být v tom nejjednodušším případě tvořen pouze hlavním průběžným potrubím, které potom pouze umožňuje průchod vzduchu mezi jednotlivými vozy zařazených vedle sebe do vlaku. Ale neumožňuje danému vozu brzdít.

Kromě komponent jež budou popsány dále, je součástí rozvodu také příslušenství, které můžeme dělit na dvě skupiny:

Čištění vzduchu:

- prachojemy – slouží k zachycení mechanických částic, které jsou unášeny stlačeným vzduchem. Používají se prachojemy cykloidní.

Vedení vzduchu:

- odbočnice – vkládají se do hlavního potrubí v případě nutnosti jeho větvení.
- kohouty – používají se k uzavírání - otevírání vstupu do obvodů, případně k vypouštění kondenzátu, apod.
- spojky – slouží k propojování hlavních potrubí sousedních vozů ve vlaku.

Hlavní potrubí - slouží k rozvodu vzduchu z hlavního vzduchojemu umístěného v tažném vozidle přes brzdič ke všem následujícím vozům vlaku. Jmenovitý tlak je 5 bar (500KPa).

Rozvaděč - je mechanický regulátor, jehož funkcí je měnit velikost tlaku v brzdovém válci na základě velikosti změny tlaku v hlavním potrubí.

Rozvodový vzduchojem - je referencí pro porovnání změny tlaku v hlavním potrubí. Naplní se při prvotním plnění brzdového okruhu vzduchem, a nadále se v něm tlak udržuje na konstantní hodnotě.

Pomocný vzduchojem - je zásobník, ze kterého se plní brzdové válce při brzdění.

Brzdový válec - je převodníkem tlakové energie vzduchu na mechanickou sílu

### **Přenos mechanických sil**

Jedná se o součásti brzdy, jimiž se brzdící síla přenáší od brzdového válce k dvojkolím.

Pákoví - k brzdění vozu se užívá jednoho nebo dvou válců spolu s táhly a převody.

Pákový převod lze rozdělit na dvě části:

Pákoví u brzdového válce – hlavními komponentami jsou páky, tzv. převodnice.

Pákoví ruční brzdy – používá se vřetenová ruční brzda s vysokým převodem ( $i = 1400$ ), pro znásobení lidské síly působící na kolo ruční brzdy, která činí asi 500 N.

Stavěč odlehlosti zdrží – stavěč odlehlosti zdrží automaticky zajišťuje regulaci délky tyčové tyče, aby zdvih pístu brzdového válce odlehlost zdrží od kola, byla v předepsaných mezích, nezávisle na opotřebenosti brzdových špalíků, či jízdní plochy kol. Do brzdového tyčového je vestavěn místo jednoho táhla.

Brzdová zdrž – bude blíže popsána v kapitole Brzda zdržová.

Brzdový kotouč – bude blíže popsána v kapitole Brzda kotoučová.

Brzdové čelisti – bude blíže popsána v kapitole Brzda kotoučová.

### **1.1.5 Ovládání brzdy**

V této kapitole bude stručně popsán princip ovládání průběžné samočinné tlakové brzdy. Ostatní druhy ovládání, přímočinné elektropneumatické či samočinné elektropneumatické, nejsou dále detailněji popisovány, jelikož principiálně se příliš neliší od průběžné samočinné brzdy.

Průběžná samočinná brzda je charakteristická jmenovitým tlakem v hlavním potrubí v odbrzděném stavu 5 bar. Základní řídicí prvek brzdy vozu, rozvaděč, je mezi hlavním potrubím a brzdovým válcem. Pomocný vzduchojem, plní při brzdění brzdový válec, a sám je napájen z hlavního potrubí prostřednictvím rozvaděče. Funkcí rozvaděče je, aby v závislosti na změně tlaku v hlavním potrubí reguloval množství vzduchu vstupujícího do brzdového válce, a naopak při odbrzdění ho odvětrával do okolního prostředí.

Pro úplné odbrzdění vozu je nutné, aby tlak v hlavním potrubí dosáhl tlaku 5 bar, poté je brzdový válec prostřednictvím rozvaděče odvětrán do okolí a pomocný vzduchojem je

naplněn na provozní tlak. V opačném případě, nastane-li rychlý pokles tlaku v hlavním potrubí, na hodnotu atmosférického tlaku, poruchou nebo rozpojením dvou sousedních vozů, dojde k plnění brzdového válce z hlavního vzduchojemu a tím k vývinu brzdící síly a to na vozech obou částí soupravy.

## 1.2 Brzda zdržová

Brzda zdržová (špalíková) – viz. Obr. 8, je brzdou adhezní a v současné době jedním z nejpoužívanějších brzdových systémů kolejových vozidel.

Kinetická energie vozidla se přeměňuje v energii tepelnou, přitlačováním brzdových zdrží na jízdní plochu kola. Přitlačováním zdrží normálovou silou vzniká tření, kterým se vyvozuje brzdný účinek na obvodu kol, tzv. třecí síla. Vzniklé teplo se odvádí brzdovým obložením a kolem do okolí. Brzda se konstruuje tak, aby nedocházelo k přílišnému tepelnému namáhání kola, ani během dlouhodobému brzdění.

Brzdové zdrže mohou být dělené jednošpalíkové, dělené dvojšpalíkové a dvojčité.

Materiál na výrobu brzdových špalíků je stále šedá litina s příměsí fosforu, pro dosažení lepšího součinitele tření (GG-špalík), a v menší míře také tzv. kompozitní materiály. Litinové špalíky z důvodu stále přísnějších norem, přestávají vyhovovat z hlediska emisí hluku vozů, další nevýhodou je proměnný součinitel tření, který se s rostoucí třecí rychlostí snižuje.

Brzdové špalíky z kompozitních materiálů:

L-špalík – měl nahradit litinové GG-špalíky, jejich součinitel tření je ale jen mírně vyšší ( $f \approx 0,17$ ), a nedovoluje nahradit litinový špalík v celém rozsahu rychlostí.

LL-špalík – má vlastnosti podobné litinovým, proto je používán jako jejich náhrada, zejména pak v oblasti součinitele tření ( $f \approx 0,10 - 0,15$ ), kde má průběh velmi podobný litinovým špalíkům. Jeho výhodou jsou nižší emise hluku.

K-špalík – využíván na nových vozech, pro vyšší součinitel tření a tedy nižší požadavky na přitlačnou sílu brzdových zdrží.

Nevýhodou kompozitních materiálů je špatný odvod tepla vzniklého při brzdění. To se pak velmi přenáší na kola, zejména jeho jízdní plochy.

Výhodami zdržové brzdy jsou jednoduchá konstrukce systému, čistící efekt kola a snadná kontrola brzdy a opotřebení špalíků při provozu.

Nevýhodou je vysoké tepelné namáhání kola, rychlé opotřebení jízdni plochy kola a vyšší hlučnost.



Obr. 8 Ilustrační obrázek brzdy zdržové [9]

### 1.3 Brzda kotoučová

V tomto případě působí brzdná síla vyvozená brzdovým válcem na brzdové čelisti, které jsou přitlačovány na boční plochy brzdových kotoučů. Tím dochází k přeměně kinetické energie vozu, na energii tepelnou. Teplo je následně kotoučem a částečně obložením emitováno do prostředí. Součinitel tření je téměř nezávislý na rychlosti vozu. Navíc jeho hodnota je v porovnání se zdržovou brzdou podstatně větší. Tedy ani ve velkých rychlostech není nutno měnit nijak výrazně přitlačnou sílu čelistí na brzdový kotouč.

Kotoučová brzda – viz Obr. 9, může mít dvě provedení - s brzdovým kotoučem na dřívku nápravy, a v disku kola.

Výhody kotoučových brzd jsou zejména teplotně nezatížené obruče kola, konstantní hodnota součinitele tření v závislosti na rychlosti a vysoká účinnost brzdy.

Nevýhody kotoučových brzd jsou vyšší neodpružené hmoty a kontrola opotřebení obložení a kotoučů je časově náročnější.

Materiál na zhotovení brzdného kotouče bývá šedá litina, tvárná litina nebo ocel na odlitky.



Obr. 9 Ilustrační foto kotoučové brzdy nákladního vozu [10]

## 2 POŽADAVKY NA BRZDOVÉ SYSTÉMY

Do jedné soupravy vlaku se zapojuje více vozů různých typů, s individuálními brzdovými systémy. Z toho vyplývá nutnost stanovení požadavků, které musí každý brzdový systém jednotlivých výrobců splňovat, aby bylo docíleno kombinovatelnosti vozů v jednom vlaku s brzdami od různých výrobců.

Základní požadavky na brzdové systémy jsou obsaženy ve vyhláškách UIC 540, UIC 541-1, UIC 541-4, UIC 543, UIC 544-1 a jsou to zejména požadavky na funkčnost brzdového systému, jeho bezpečnost, a také velikost brzdícího účinku.

S ohledem na hlavní téma této práce, se níže popsané požadavky zúží pouze na konstrukční požadavky týkající se návrhu, dimenzování a bezpečnosti provozu brzdového systému nákladního vozu, provozovaném v režimu SS.

- jmenovitý tlak brzdového systému je  $5 \pm 1$  barů.
- je-li v hlavním potrubí jmenovitý tlak, brzda musí být v pohotovostním stavu a v odbrzděné poloze
- vnitřní průměr hlavního potrubí nákladních vozů je minimálně 32 mm
- je-li v brzdovém válci tlak vyšší nebo roven 0,3 baru, brzda se nesmí přestavit do polohy plnicí. Při odbrzdování se brzda musí přestavit do polohy plnicí, nejpozději při dosažení 4,85 bar v hlavním potrubí.
- brzdí-li se z jmenovitého tlaku, musí se největšího tlaku v brzdovém válci dosáhnout snížením tlaku v hlavním potrubí o  $1,5 \pm 0,1$  bar
- nejvyšší tlak v brzdovém válci je  $3,8 \pm 0,1$  bar
- brzda se nesmí aktivovat únikem vzduchu z hlavního potrubí, s poklesem tlaku o 0,3 bar za 60 s
- brzda se musí aktivovat do 6 s, dojde-li k poklesu tlaku v hlavním potrubí o 0,6 bar za 6 s
- po úplném zabrzdění, kdy je v brzdovém válci tlak 3,8 bar, musí být tlak v pomocném vzduchojemu alespoň o 0,3 bar vyšší, tedy minimálně 4,1 bar
- brzda musí být osazena zařízením pro ruční odbrzdění
- maximální rychlost pro vlaky provozované v SS-režimu je 120 km/h

- vůz provozovaný v SS-režimu musí být vybaven snímačem ložení (pro každé dvojkolí u dvounápravových vozů a pro každý podvozek u podvozkového vozu) pro kontinuální brzdění v závislosti na hmotnosti – ložení vozu
- brzdový systém SS-brzdy musí obsahovat automatické odbrzdovací zařízení, složené ze snímače ložení a odbrzdovacího ventilu
- brzdový SS systém pro dvounápravové vozy musí obsahovat alespoň jeden odbrzdovací ventil
- brzdové SS systémy podvozkových vozů, musí mít pro každý podvozek zvlášť snímač ložení a odbrzdovací ventil
- brzdné procento vozů s SS brzdou musí být v intervalu 100 % až 125 % pro 18 t/na nápravu
- maximální zatížení vozu s SS brzdou je 18 t/na nápravu, může být překročena na 20 t/na nápravu, ale maximální provozní rychlost je potom omezena na 100 km/h a brzdné procento klesá na 90 %, přičemž je provozován jako vůz s S brzdou
- pro umožnění zapojení vozů s SS brzdou do vlaku společně s vozy s S brzdou, musí být vozy s SS brzdou osazeny limitním ventilem. Ten redukuje tlak v brzdovém válci na úroveň tlaku v brzdovém válci vozů s S brzdou, čímž je zamezeno jeho přebrzdění a tím nadměrné tepelné zatěžování, případně blokování kol



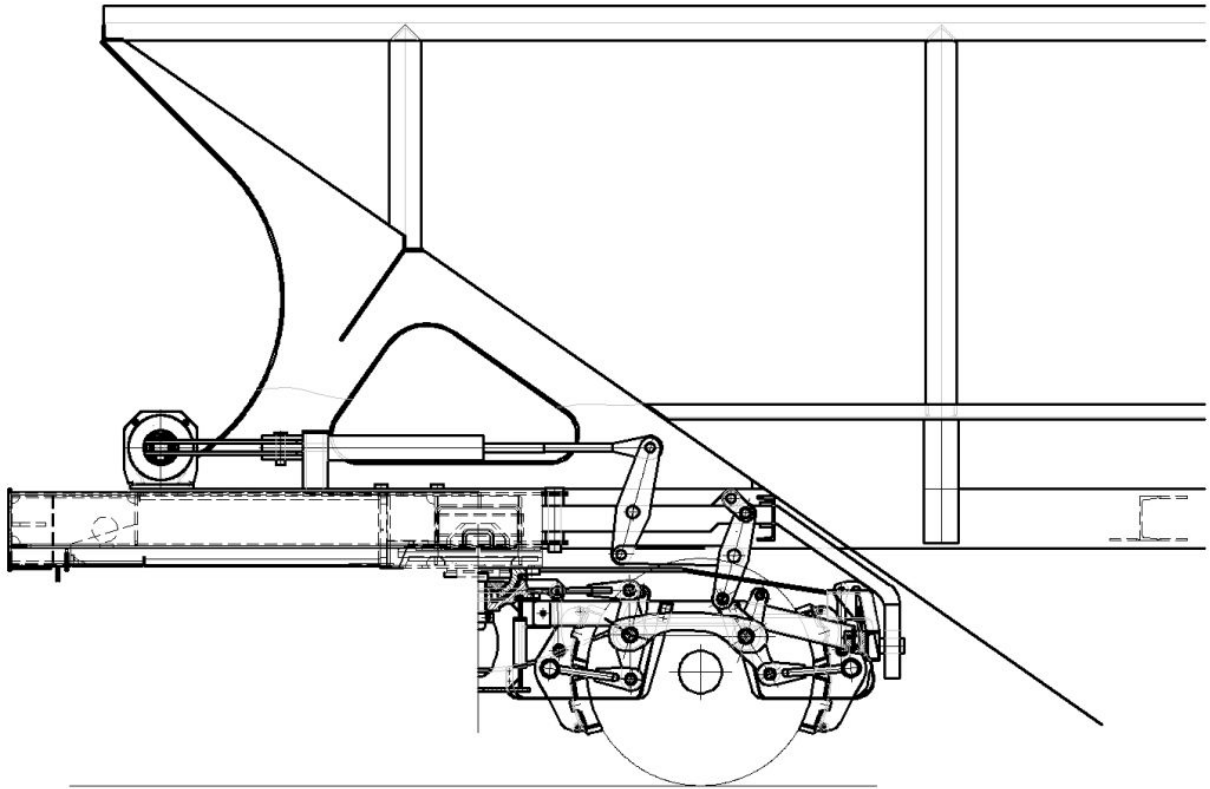
## **3 NÁVRH BRZDY**

### **3.1 Návrh mechanické části brzdové soustavy**

Mechanická část brzdy vozu Tagnpps(s) pro jízdní režim SS – viz Obr. 10, je navržena dle vyhlášek UIC 540, UIC 544-1.

Pro jízdní režim SS nejsou podvozky Y25 Lsd1i(f)-K s integrovanou brzdovou jednotkou vyhovující. Nesplňují požadavky na brzdnu sílu plynoucí z vyšší brzdné hmotnosti a brzdícího procenta pro režim SS. Kotoučová brzda nebyla zvolena, protože většina provozovatelů nákladních železničních vozů provozuje vozy se zdržovou brzdou kvůli její konstrukční jednoduchosti a snadné údržbě. Proto je návrh proveden s brzdou zdržovou a podvozky jsou navrženy typu Y25 Lssd1-K z produkce společnosti Legios a.s.

S ohledem na prostorové možnosti vozu pro umístění brzdového systému, je brzda navržena bez průběžného táhlového ústrojí brzdy. To se standardně užívá k přenosu brzdné síly od brzdového válce umístěného ve střední části vozu ke zdržím jednotlivých dvojkolí. Namísto toho jsou osazeny dva brzdné válce, pro každý podvozek jeden, vždy v krajní části vozu. Brzdná síla od každého brzdového válce je potom přenášena stavěčem zdrží a krátkým táhlovým ústrojím ke zdržím.

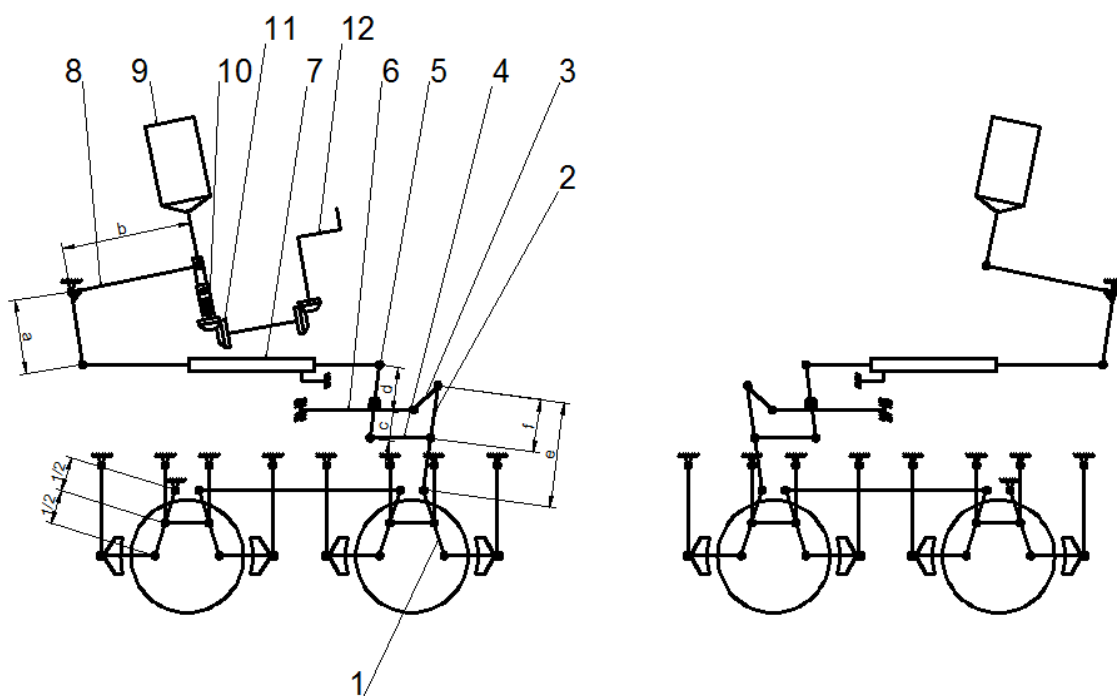


Obr. 10 Dispoziční řešení mechanické části brzdné soustavy (vlastní návrh)



Obr. 11 Natáčecí rameno brzdových táhel s vedením a převodnicí vozu Taoos (vlastní foto)

Pro zajištění funkčnosti systému při průjezdu vozu obloukem a tedy natočení podvozku vůči rámu vozu, musí táhlové ústrojí být doplněno o vodící část – viz Obr. 12. Ta zajišťuje natáčení táhel brzdového systému spolu s podvozkem.



Obr. 12 Schéma mechanické části brzdné soustavy

Jednotlivé části ve schématu znamenají:

- 1 – táhlové ústrojí podvozku (nemění se, je dáno výrobcem podvozku. Převod brzdné síly na převodnice je  $i = 4$ )
- 2 – převodnice mezi táhlovým ústrojím podvozku a částí v rámu vozu,  $i = 0,5$
- 3 – páka zavěšení (zvyšuje stupeň volnosti – umožňuje změnu vertikální vzdálenosti podvozku od rámu vozu při zachování funkčnosti brzdy)
- 4 – táhlo
- 5 – převodnice, připevněná k natáčecí páce,  $i = 2,18$
- 6 – natáčecí rameno
- 7 – stavěč odlehlosti zdrží, typ DRV 2-450 H
- 8 – pravoúhlá převodnice,  $i = 2,2$
- 9 – Brzdový válec DAKO TB 10”
- 10 – vřetenový převod ruční brzdy
- 11 – kuželový převod ruční brzdy,  $i = 1$
- 12 – klika ruční brzdy,  $r = 350$  mm

### 3.2 Výpočet brzdy dle UIC – 544-1

Celkový převodový poměr táhlového ústrojí

$$i = \frac{b}{a} \cdot \frac{d}{c} \cdot \frac{f}{e} \cdot i_{podv} = \frac{484}{220} \cdot \frac{327}{150} \cdot \frac{150}{300} \cdot 4 = 9,6 \quad (2)$$

#### Pro zatížení 18 t/nápravu

Maximální tlak v brzdovém válci

$$p = 3,8 \text{ bar} \quad (3)$$

Síla vyvozená brzdovým válcem

$$F'_t = p \cdot S = 3,8 \cdot 507 = 19,2 \text{ kN} \quad (4)$$

Účinná síla na pístnici

$$F_t = F'_t - F_F = 19,2 - 1,5 = 17,7 \text{ kN}, \quad (5)$$

kde  $F_F$  je síla vratné pružiny brzdového válce

Celková přítlačná síla zdrží

$$F_{dyn} = (F_t \cdot i - 8 \cdot F_R) \cdot \eta_{dyn} \cdot 2 = (17,7 \cdot 9,6 - 8 \cdot 2) \cdot 0,82 \cdot 2 = 255,5 \text{ kN}, \quad (6)$$

kde  $F_R$  je síla pružiny stavěče odlehlosti zdrží.

Přítlačná síla jedné zdrže

$$F_{dyn/16} = 16,0 \text{ kN}, \quad (7)$$

pro tuto hodnotu volím z vyhlášky V-BKS (K) korekční součinitel  $k_k = 2,781$

Brzdná váha

$$B = \frac{k_k \cdot F_{dyn}}{g} = \frac{2,781 \cdot 255,5}{9,81} = 72,4 \text{ t} \quad (8)$$

Viz Obr. 13

Brzdné procento

$$\lambda = \frac{B}{m} \cdot 100 = \frac{72,4}{72} \cdot 100 = 100,6\% \rightarrow \text{vyhovuje} \quad (9)$$

### Pro zatížení 20 t/nápravu

Brzdné procento

$$\lambda_{20} = \frac{B}{m} \cdot 100 = \frac{72,4}{80} \cdot 100 = 90,5\% \rightarrow \text{vyhovuje} \quad (10)$$

Viz Obr. 13

### Pro prázdný vůz

$$m = 22 \text{ t} \quad (11)$$

Maximální tlak v brzdném válci snížen na

$$p = 1,5 \text{ bar} \quad (12)$$

Síla vyvozená brzdovým válcem

$$F'_t = p \cdot S = 1,5 \cdot 507 = 7,6 \text{ kN} \quad (13)$$

Účinná síla na pístnici

$$F_t = F'_t - F_F = 7,6 - 1,5 = 6,1 \text{ kN}, \quad (14)$$

Celková přítlačná síla zdrží

$$F_{dyn} = (F_t \cdot i - 8 \cdot F_R) \cdot \eta_{dyn} \cdot 2 = (6,1 \cdot 9,6 - 8 \cdot 2) \cdot 0,82 \cdot 2 = 70,6 \text{ kN}, \quad (15)$$

Přítlačná síla jedné zdrže

$$F_{dyn/16} = 4,4 \text{ kN}, \quad (16)$$

pro tuto hodnotu volím z vyhlášky V-BKS (K) korekční součinitel  $k_k = 3,637$

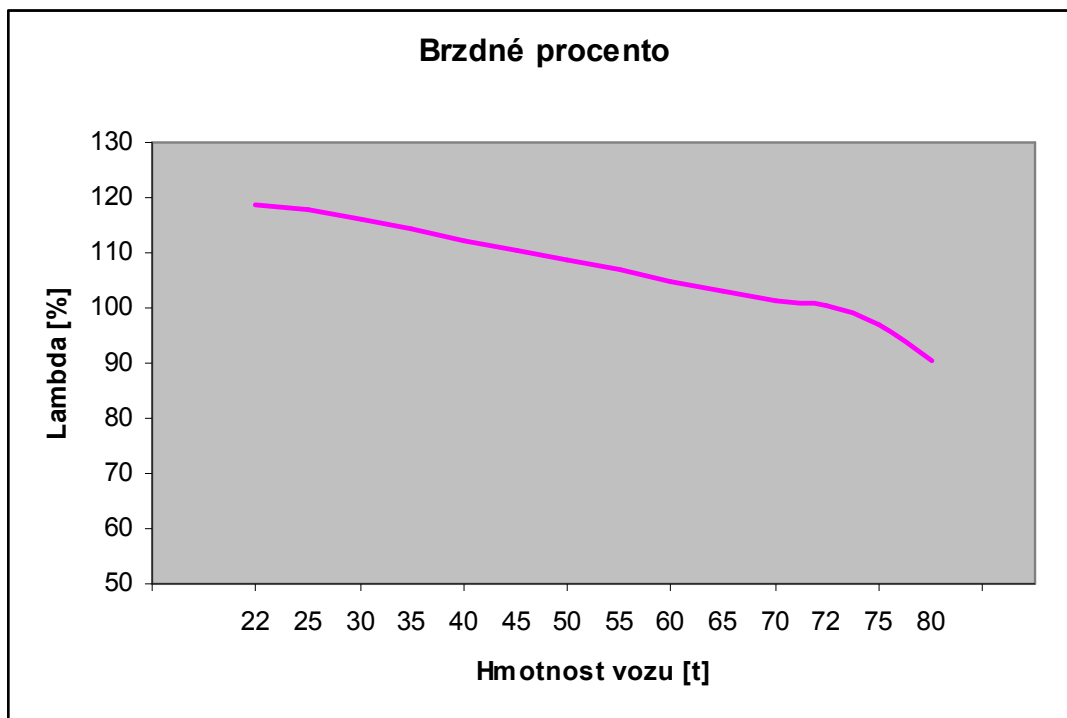
Brzdná váha

$$B = \frac{k_k \cdot F_{dyn}}{g} = \frac{3,637 \cdot 70,6}{9,81} = 26,17t \quad (17)$$

Brzdné procento

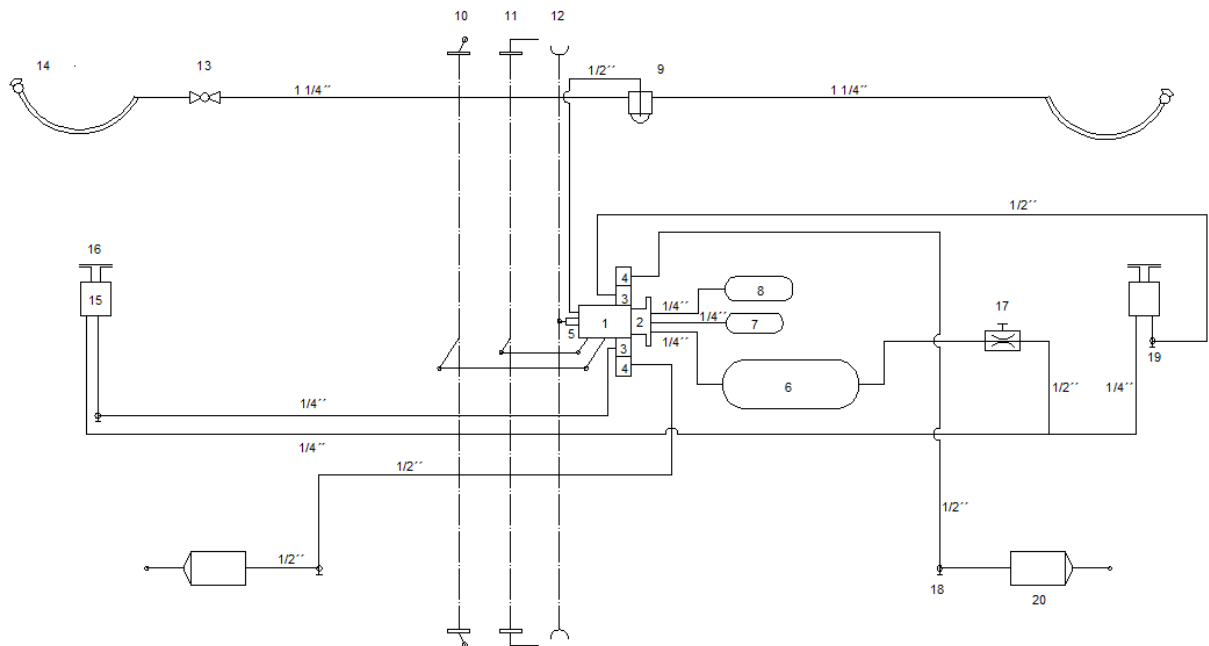
$$\lambda = \frac{B}{m} \cdot 100 = \frac{26,17}{22} \cdot 100 = 118,9\% \rightarrow \text{vyhovuje} \quad (18)$$

Viz Obr. 13



Obr. 13 Graf závislosti brzdného procenta na hmotnosti vozu

### 3.3 Návrh pneumatické části brzdové soustavy



Obr. 14 Schéma pneumatické části brzdové soustavy

- 1 – rozvaděč DAKO Cv1n23
- 2 – Nosič brzdové jednotky
- 3 – Přídavný ventil DAKO-DSS
- 4 – ventil lomený DAKO DLV3
- 5 – Odbrzdovač samočinný DAKO OS1
- 6 – vzduchojem pomocný (100 l)
- 7 – vzduchojem rozvodový (9 l)
- 8 – vzduchojem řídicí (0,9 l)
- 9 – prachojem DAKO 1 ¼''
- 10 – přestavovač Z – V
- 11 – přestavovač DAKO G – P
- 12 – oko táhla samočinného odbrzdovače
- 13 – kohout brzdový pravý DAKO 1 ¼''
- 14 – spojka brzdová UIC 620
- 15 – snímač ložení DAKO SL2
- 16 – deska vodící
- 17 – přípojka diagnostická s dýzou DAKO DP ½''
- 18 - přípojka diagnostická DAKO DP ½''
- 19 – přípojka diagnostická DAKO DP ¼''
- 20 – brzdový válec DAKO TB 10''

Rozvaděč je navržen schváleného typu, viz. UIC 540, od společnosti DAKO-CZ CV1n23. Objem rozvodového a řídicího vzduchojemu je stanoven výrobcem dle příslušného rozvaděče. Hlavní potrubí je v souladu s požadavkem mezinárodní vyhlášky UIC 540 světlosti 1 ¼''.

Stanovení objemu pomocného vzduchojemu vychází z požadavku výrobce. Objem pomocného vzduchojemu je pro 10'' brzdový válec stanoven na 40 l. V případě připojení více brzdových válců k jednomu rozvaděči se objem pomocného vzduchojemu stanovuje tak, aby pro každý připojený brzdový válec připadl objem minimálně 40 l.

Požadovaný objem je tedy 80 l, do brzdného systému je navržen vzduchojem s nejbližším vyšším objemem, a to 100 l vzduchojem od společnosti Dako-CZ.

Pneumatická část navrhované brzdové soustavy se od pneumatické části stávající brzdové soustavy příliš neliší, pouze přibyl lomený (limitní) ventil DAKO DLV3 a přídavné ventily nejsou typu DAKO-DS, ale jsou nahrazeny typem DAKO-DSS, v souladu s požadavky na brzdné soustavy konstruované pro režim SS.

Z tohoto důvodu bude v další části této bakalářské práce vyhotoven CAD model pouze mechanické části brzdné soustavy.

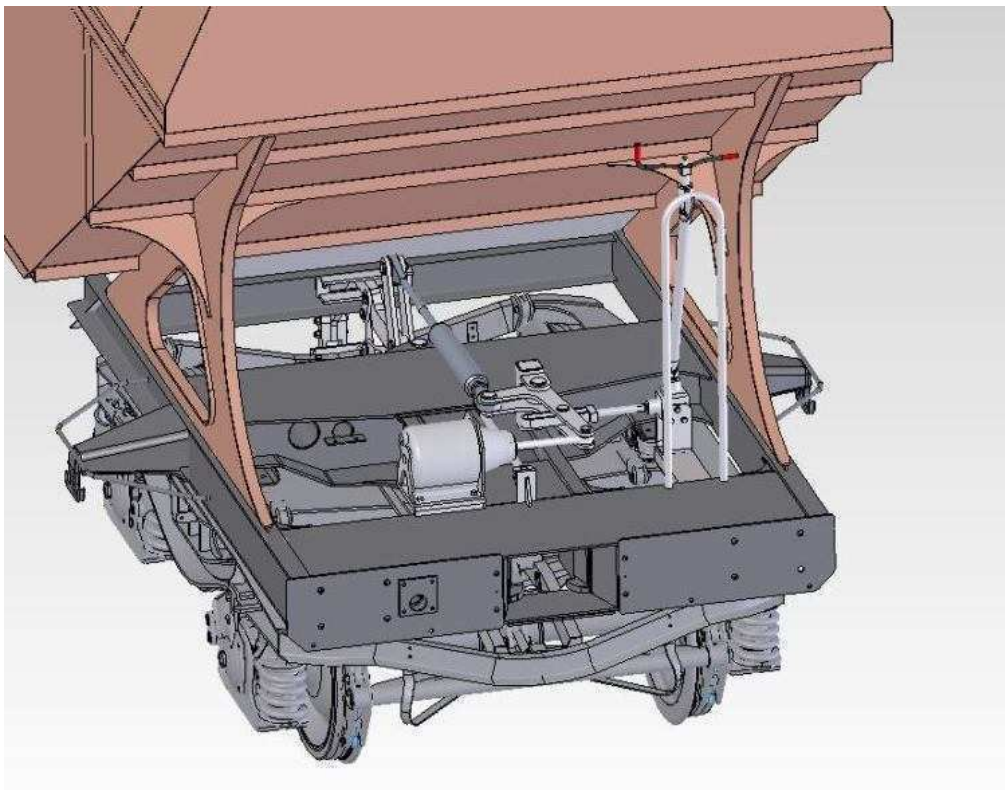


### 3.4 CAD Model

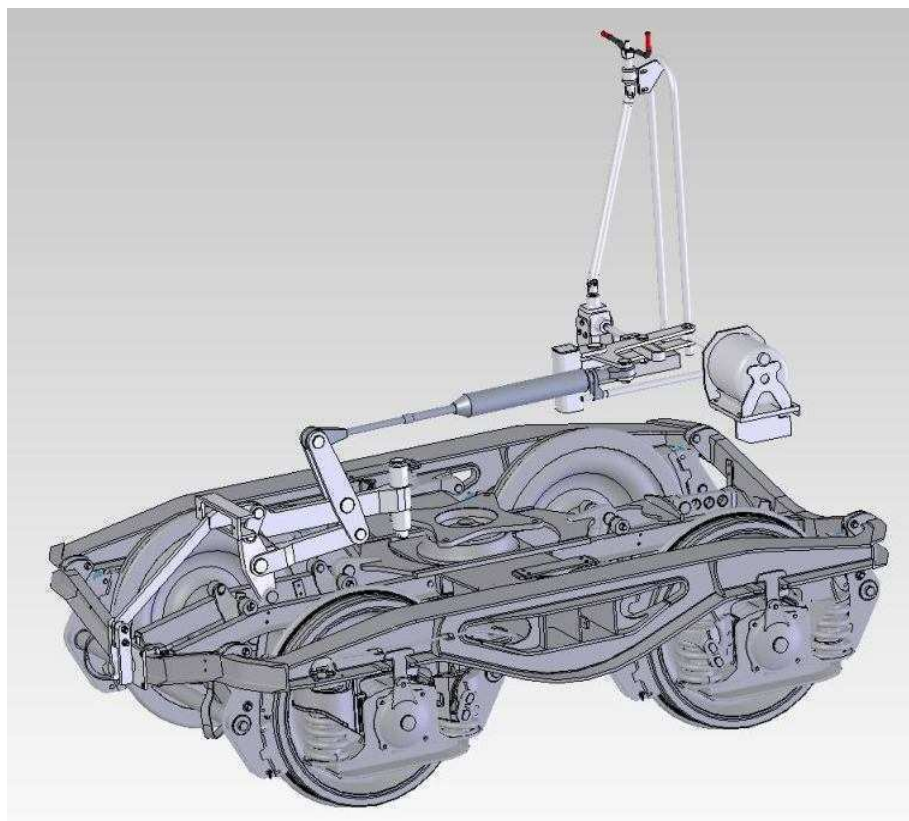
Pro možnost posouzení správnosti návrhu brzdové soustavy z hlediska proveditelnosti výroby, montáže a funkčnosti, je vytvořen CAD model v prostředí SolidWorks 2011. Brzdovou soustavu tvoří dvě shodné sestavy, umístěné každá na jednom z představek vozu. Jedna z nich je doplněna o skupinu ruční brzdy. Z tohoto důvodu je vytvořen model jedné této sestavy doplněné o skupinu ruční brzdy v sestavě s rámem vozu, skříně a podvozkem.

Zhotovený model dále slouží jako zdroj k tvorbě sestavného výkresu, viz Příloha č. 1 a také pro možnost provedení napěťové analýzy vybrané komponenty soustavy.

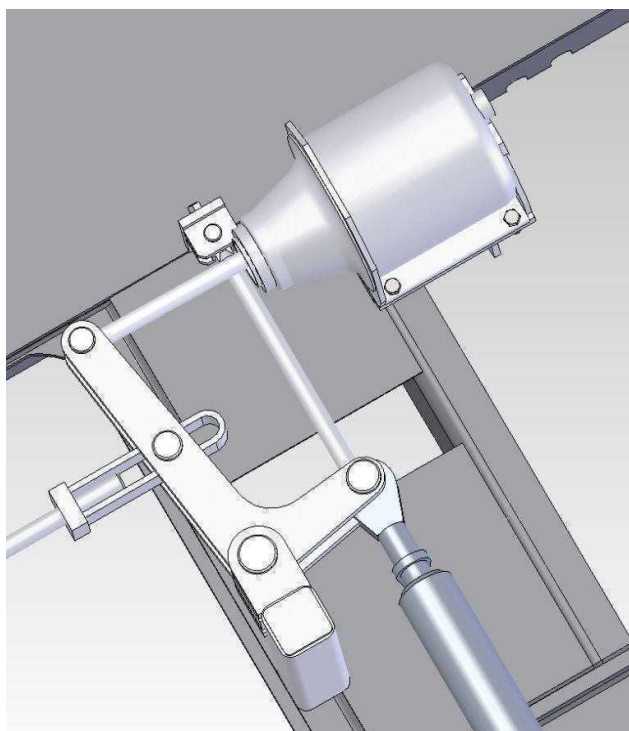
Dále následují obrázky CAD modelu brzdové soustavy, jednotlivých podsestav a komponent.



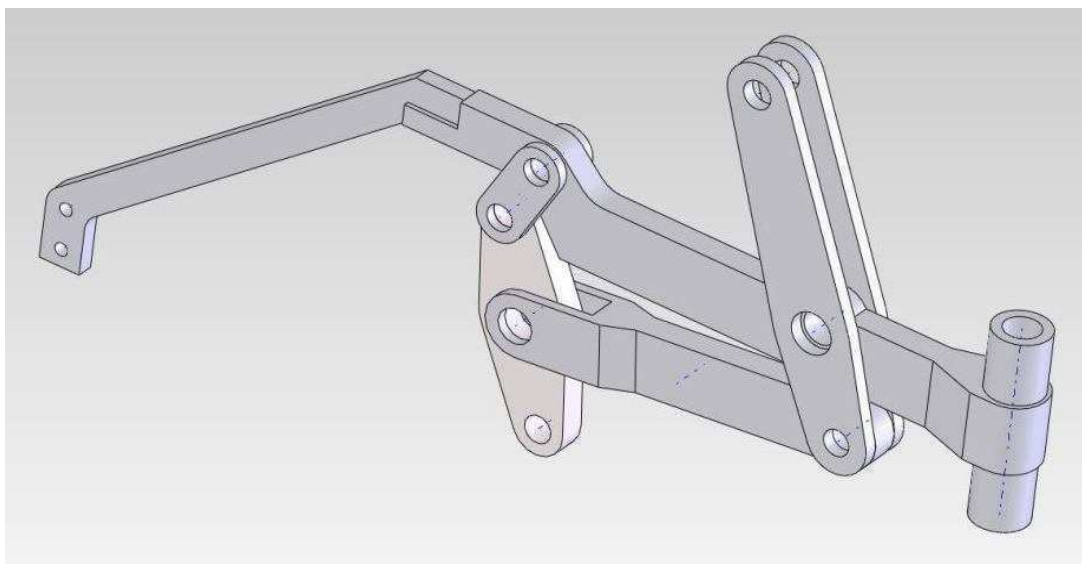
Obr. 15 Sestava brzdy, rámu vozu, skříně a podvozku (vlastní návrh)



Obr. 16 Sestava brzdy a podvozek Y25 Lssd1-K (vlastní návrh)



Obr. 17 Brzdový válec TB 10'' a L-převodnice (vlastní návrh)

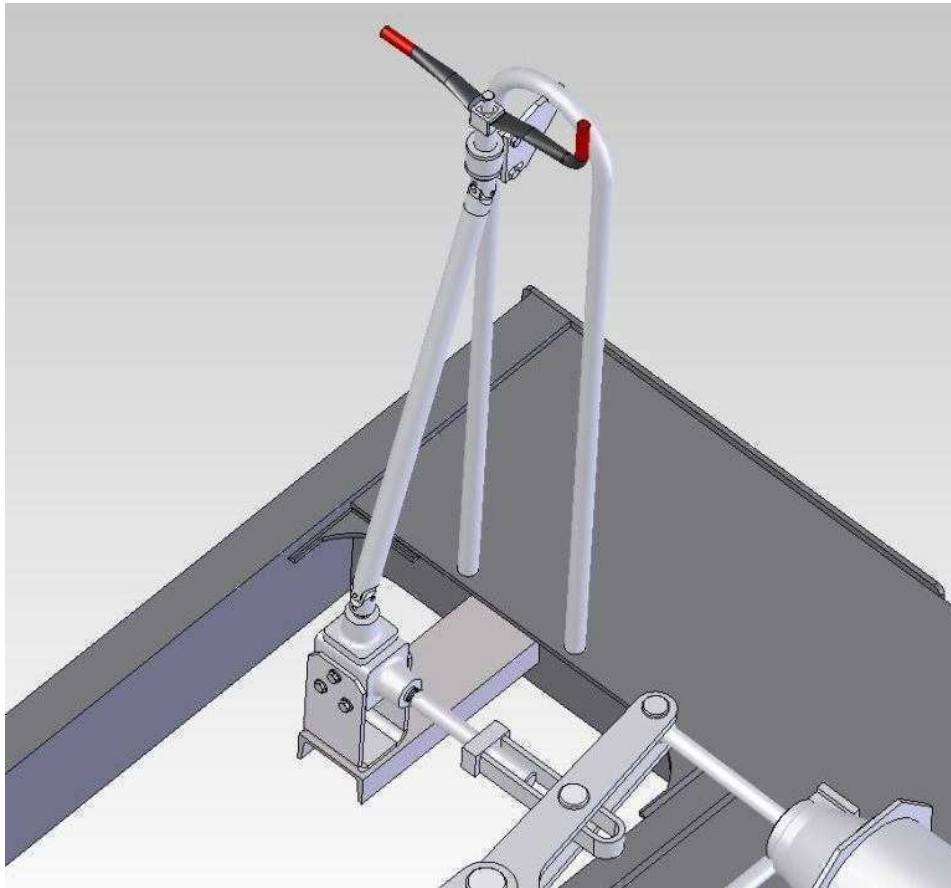


Obr. 18 Sestava otočného ramene a zaväšených pák (vlastní návrh)

Sestava otočného ramene sa skladá z vlastného ramene, ktoré je navrhnuté ako svarek nosnej časti ramene, vodíci časti a dvoma silnostennými pouzdermi.

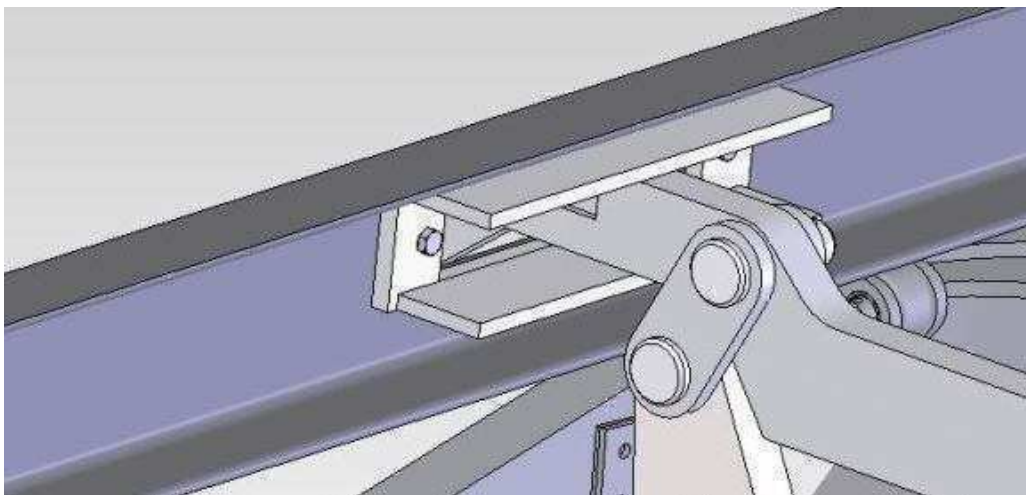
Dalšími dôležitými komponentami jsou:

- Převodnice 150/150 se zalisovaným pouzderem ve středním otvoru, navrhnutá jako výpalek z ocelového plechu
- Dvě Závěsná oka, jejichž funkcí je eliminace vertikálního pohybu podvozku vůči rámu vozu, navrhnuté jako výpalek z ocelového plechu
- dvě Převodnice 327/150, navrhnuté jako výpalek z ocelového plechu se zalisovaným pouzderem ve středním otvoru
- táhlo, navrhnuté jako obrobek, z hlediska technologičnosti výroby bude upraveno na svarek tří dílů
- čepy, ocelové, povrchově kalené doplněné o podložky a zajištěné ocelovými závlačkami

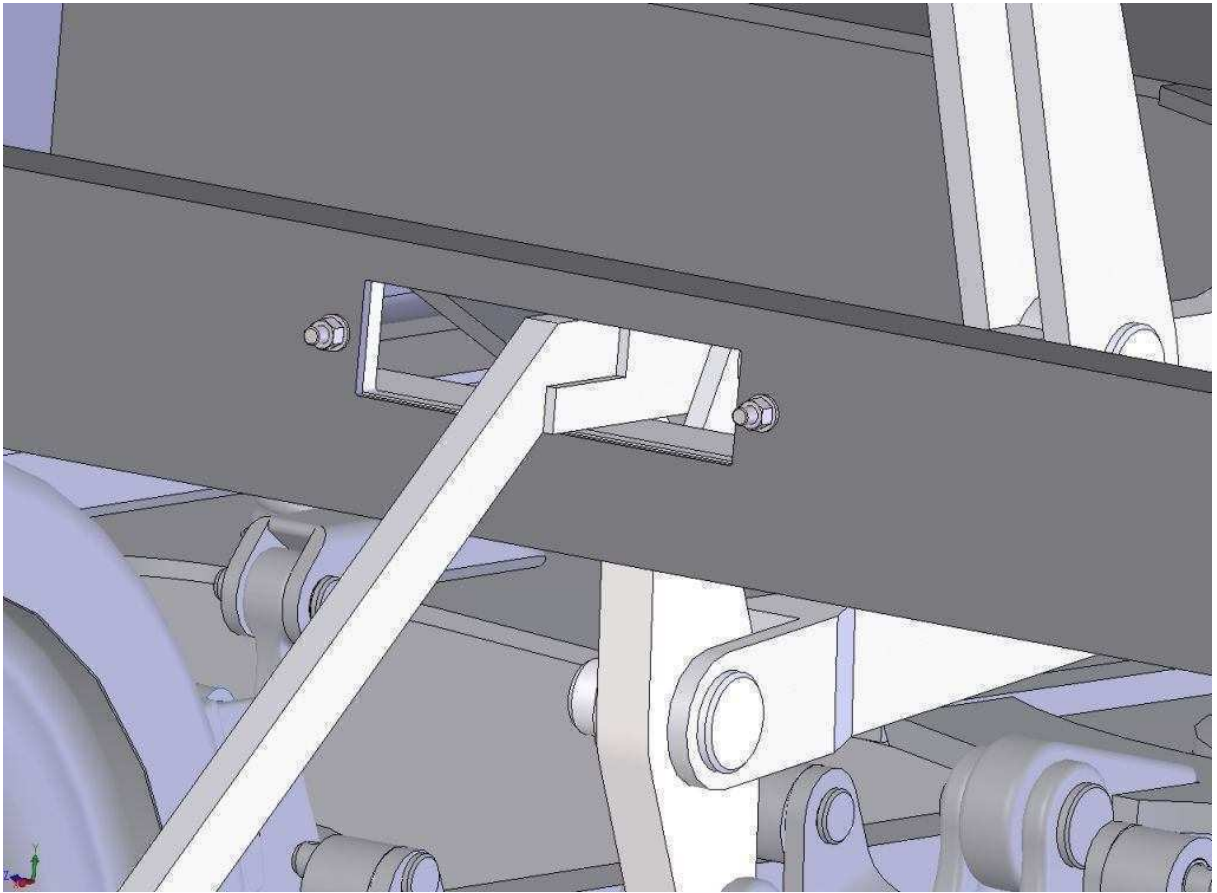


Obr. 19 Sestava ruční brzdy (vlastní návrh)

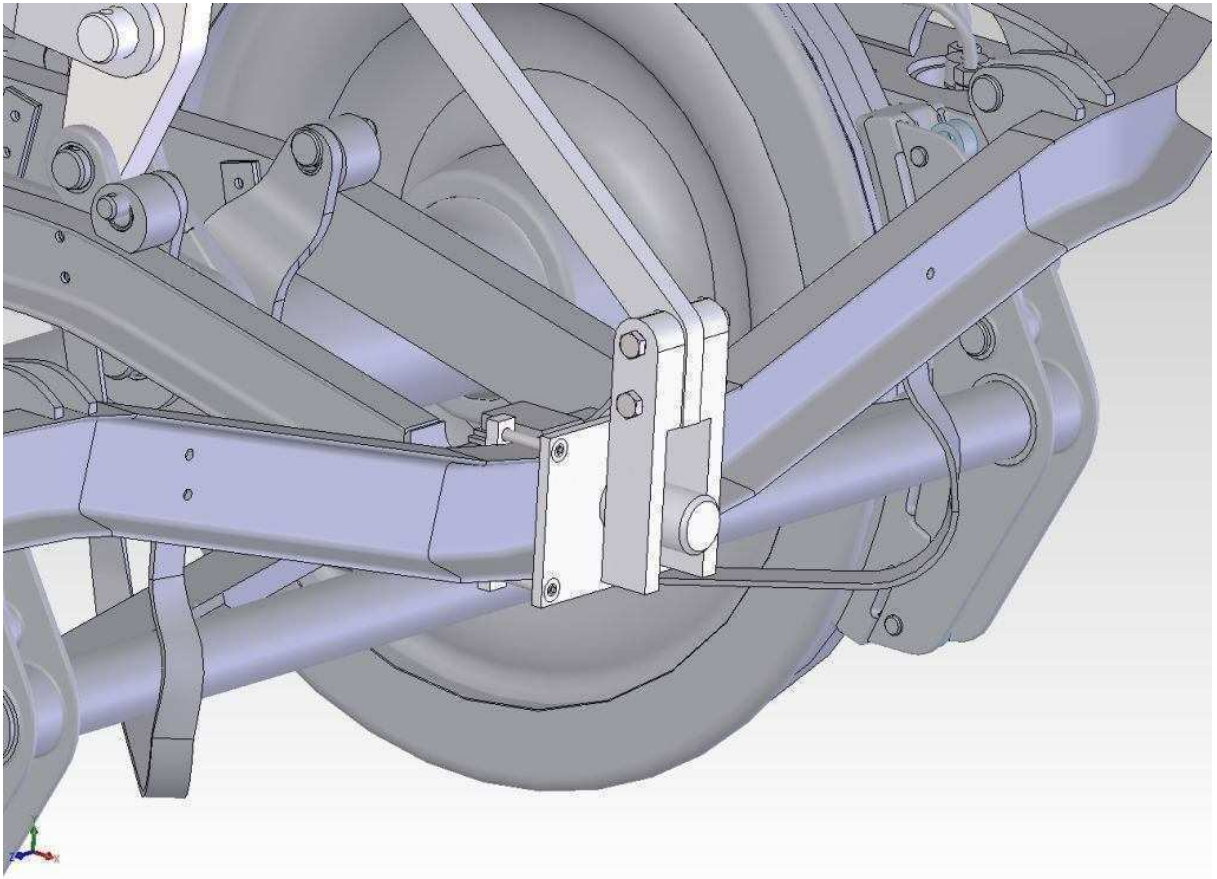
Sestava ruční brzdy je tvořena klikou, držákem s pouzdem kliky, dělenou hřídelí, křížovými klouby, kuželovou převodovkou ruční brzdy s převodovým poměrem 1:1, konzolou převodovky, šroubem s lichoběžníkovým závitem Tr 28x5 a U-vřetenem.



Obr. 20 Detail vedení otočného ramene v rámu I (vlastní návrh)



Obr. 21 Detail vedení otočného ramene v rámu II (vlastní návrh)



Obr. 22 Detail vedení otočného ramene podvozkom (vlastní návrh)

### **3.5 Analýza napjatosti vybrané komponenty brzdové soustavy**

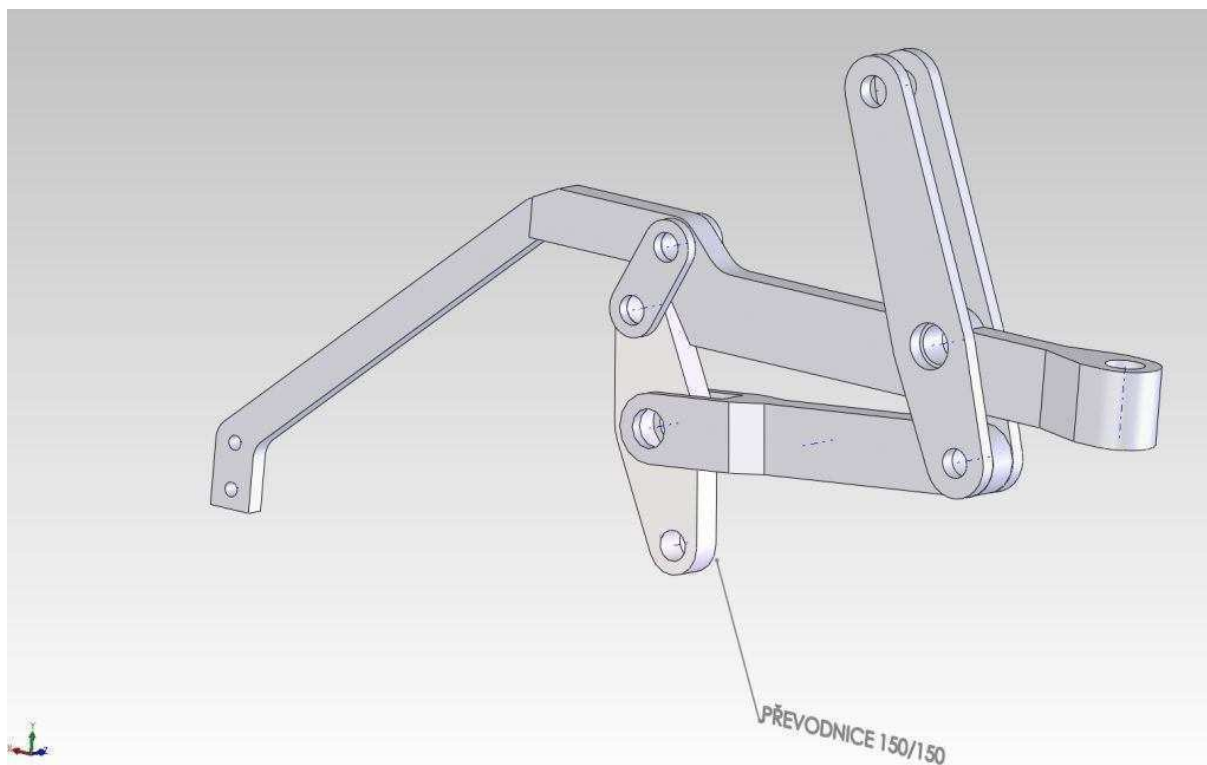
K ověření návrhu je vybrána komponenta Převodnice 150/150.

Pro možnost srovnání hodnot zjištěných napětíovou analýzou v nástavbovém modulu CAD systému, bude součást zkontrolována také početně.

Výkres tohoto dílu je přiložen formou Přílohy č. 2.

### 3.5.1 Kontrolní výpočet vybrané komponenty

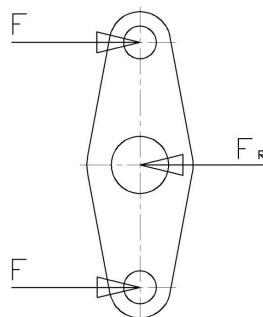
Převodnice 150/150 je zejména namáhána silovým působením prostřednictvím táhel, jimiž je spojena s brzdovým válcem.



Obr. 23 Zjednodušená sestava otočného ramene s Převodnicí 150/150 (vlastní návrh)

Kritickým místem tohoto dílu z hlediska namáhání je rovina procházející středem, kolmá na podélnou osu.

V tomto průřezu je součást vystavena kombinovanému namáhání smykem a ohybem.



Obr. 24 Převodnice s vyznačenými působícími silami (vlastní návrh)

kde je:

$F_R$  – síla působící na střední čep Převodnice 150/150

$F$  - síla působící v ose krajních čepů

Stanovení síly působící v ose krajního čepu

$$F = F_t \cdot i_t, \quad (19)$$

Kde:

$$F_t = 17700 \text{ N} - \text{síla vyvozená brzdovým válcem} \quad (20)$$

$i_t$  – převod táhlového ústrojí mezi brzdovým válcem a převodnicí 150/150

$$i_t = 2,2 \cdot 2,18 \cdot 0,5 = 2,4 \quad (21)$$

$$F = 17700 \cdot 2,4 = 42480 \text{ N} \quad (22)$$

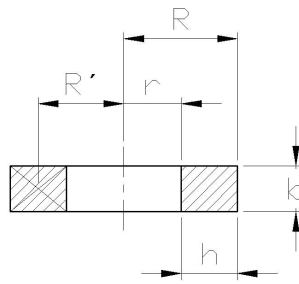
Napětí vyvozené ohybem

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o}, \quad (23)$$

$$M_o = F \cdot a, \quad (24)$$

$$W_o = \frac{I_y}{R}. \quad (25)$$





Obr. 25 Kritický průřez Převodnice 150/150 s vyznačenými rozměry

$$R = 65 \text{ mm}$$

$$r = 35 \text{ mm}$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$h = 30 \text{ mm}$$

$I_y$  vypočteme s využitím Steinerovi věty

$$I_y = I_y' + S \cdot R'^2, \quad (26)$$

$$R' = r + \frac{h}{2} = 35 + \frac{30}{2} = 50\text{mm} \quad (27)$$

$$I_{y/2} = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot R'^2 = \frac{40 \cdot 30^3}{12} + 40 \cdot 30 \cdot 50^2 = 3090000\text{mm}^4 \quad (28)$$

$$I_y = 2 \cdot I_{y/2} = 2 \cdot 3090000 = 6180000\text{mm}^4 \quad (29)$$

$$W_o = \frac{6180000}{65} = 95076,9\text{mm}^3 \quad (30)$$

$$\sigma_o = \frac{42480 \cdot 150}{95076,9} = 67\text{MPa} \quad (31)$$

Napětí smykové

$$\tau_s = \frac{F}{S} \quad (32)$$

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{42480}{2 \cdot 40 \cdot 30} = 17,7\text{MPa} \quad (33)$$

Stanovení jednoosé napjatosti, tzv. redukovaného napětí

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \quad (34)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{67^2 + 3 \cdot 17,7^2} = 73,7\text{MPa} \quad (35)$$

Převodnice se vyrábí z oceli 11523, která má minimální mez kluzu

$$R_e = 275 \text{ Mpa} \quad (36)$$

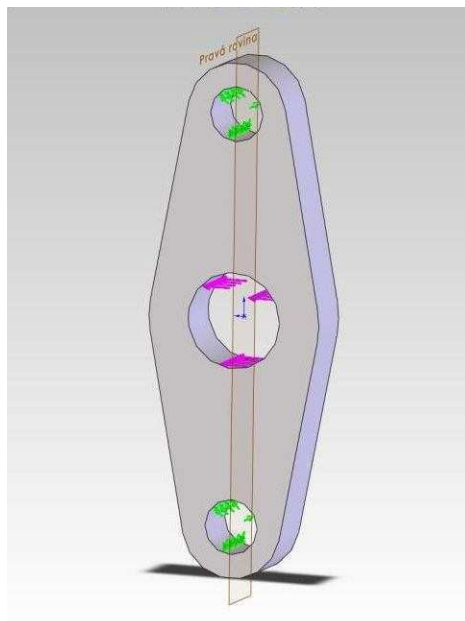
Bezpečnostní koeficient převodnice tedy nabývá hodnoty

$$K = \frac{R_e}{\sigma_{RED}} = \frac{275}{73,7} = 3,7 \quad (37)$$

Vypočtená hodnota bezpečnostního koeficientu koresponduje s požadavkem velké bezpečnosti provozu a dlouhé životnosti veškerých komponent brzdové soustavy železničních kolejových vozidel.

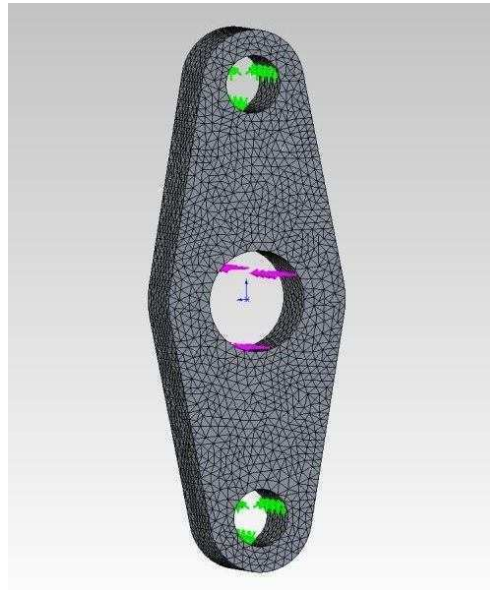
### 3.5.2 Napěťová analýza v nastavbovém modulu CAD systému metodou MKP

Analýza je provedena v nastavbovém modulu SolidWorks 2011.

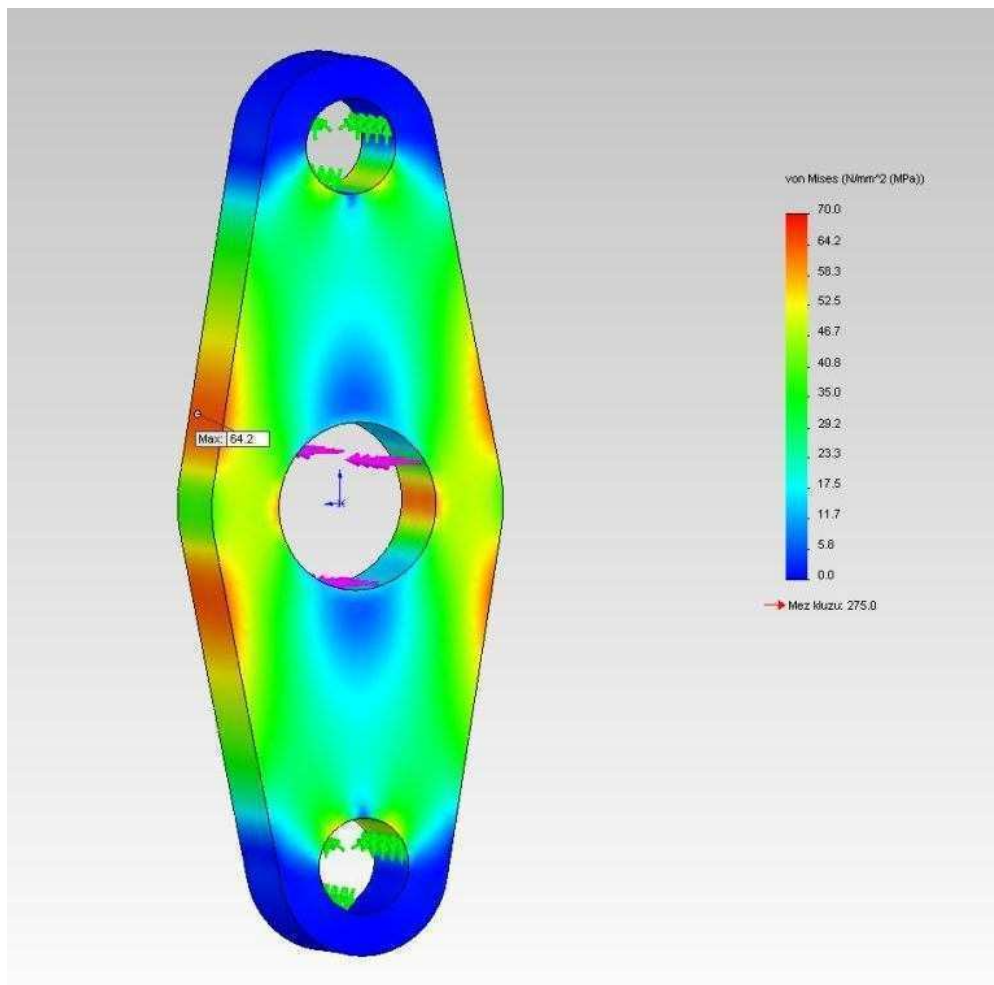


Obr. 26 Uchycení a zatížení součásti

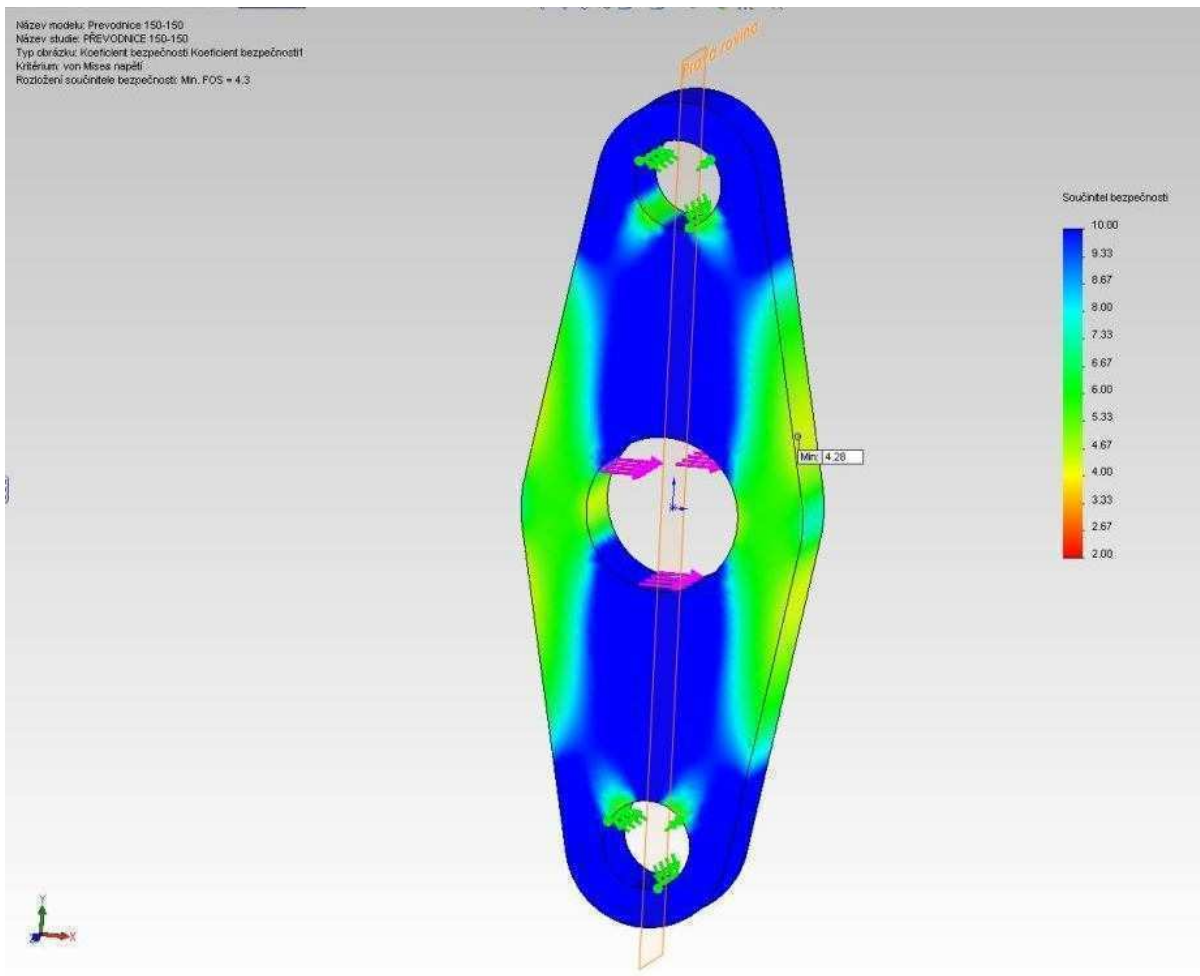
Součást byla uchycena za krajní otvory vazbou „fixní čep“. Zatížena byla silou 84960 N na plochu středního otvoru čepu, působící kolmo na podélnou osu součásti.



Obr. 27 Výpočtová síť



Obr. 28 Průběh redukovaného napětí součásti



Obr. 29 Rozložení bezpečnostního koeficientu

Hodnota redukovaného maximálního napětí zjištěná napětíovou analýzou v nastavbovém modulu SolidWorks 2011 je 64,2 MPa a minimální hodnota koeficientu bezpečnosti činí 4,28.

V porovnání s hodnotami zjištěných výpočtem, napětí redukované 73,7 MPa a koeficient bezpečnosti 3,7 , činí rozdíl přibližně 15%.

V obou případech kontroly součásti je návrh vyhovující, s velkou rezervou potřebnou pro provoz železničních kolejových vozidel, z hlediska jejich provozu a údržby.

### 3.6 Zhodnocení navržené konstrukce

Návrh brzdné soustavy vozu Tagnpps(s) o ložném objemu 97m<sup>3</sup> společnosti Legios a.s. pro jízdní režim SS byl proveden v souladu s platnými vyhláškami UIC a evropskou směrnicí TSI CR RST WAG. Splňuje požadavky ze zmíněných vyhlášek na konstrukci, dimenzování brzdné soustavy z hlediska velikosti brzdícího účinku, funkčnost brzdného systému i v kombinaci s vozy starší konstrukce a bezpečnost provozu.

Brzda je navržena zdržová, i když kotoučová by konstrukčně byla výhodnější pro své nižší zástavbové nároky. Většina provozovatelů železničních nákladních vozů používá ve svém vozovém parku vozy se zdržovými brzdami a kvůli snadné údržbě a provozní kontrole funkčnosti brzdy nechtějí nové vozy vybavené kotoučovými brzdami. Proto je návrh proveden s brzdou zdržovou a podvozky jsou navrženy typu Y25 Lssd1-K, z produkce společnosti Legios a.s. Vzhledem k omezeným prostorovým možnostem vozu, danými skříňovou konstrukcí vozu, kde ložný prostor a výsypné zařízení je umístěno mezi podvozky, nebylo možné použít klasickou koncepci zdržové brzdy s táhlovým ústrojím procházejícím pod rámem vozu. To se standardně užívá k přenosu brzdné síly od brzdového válce umístěného ve střední části vozu ke zdržím jednotlivých dvojkolí. Dále nebylo možné použít integrovanou brzdou jednotku v podvozcích, jelikož nejsou dimenzovány pro provoz v jízdním režimu SS. Namísto toho jsou osazeny dva brzdové válce, pro každý podvozek jeden, spolu s táhlovým ústrojím propojujícím je se zdržemi v podvozcích, vždy v krajní části vozu.

Jednotlivé komponenty brzdy jsou navrženy v souladu s platnými vyhláškami UIC. Hlavní komponenty brzdy jsou od společnosti DAKO-CZ a to rozvaděč schváleného typu CV1nD23, brzdové válce TB 10'', přídavné ventily DSS, lomené ventily DLV3, samočinný odbrzdovač OS1, pomocný vzduchojem o objemu 100 l, rozvodový vzduchojem o objemu 9 l, řídicí vzduchojem o objemu 0,9 l, prachojem Dako 1 1/4'', přestavovač Z-V, přestavovač G-P, brzdové kohouty pravé Dako 1 1/4'', brzdové spojky UIC 620, snímače ložení Dako SL2, přípojky diagnostické s dýzou Dako DP 1/2'', přípojky diagnostické Dako DP 1/2'', přípojky diagnostické Dako DP 1/4'' a stavěče odlehlosti zdrží typu SAB DRV 2-450 H.

Hlavní potrubí je v souladu s požadavkem mezinárodní vyhlášky UIC 540 světlosti 1 1/4''.

Nestandardní komponentou brzdové soustavy je natáčecí rameno, umožňující přenos brzdné síly od brzdového válce připevněného k rámu vozu, k táhlovému ústrojí podvozku. Ten se při průjezdu vozu obloukem vůči rámu natáčí, a proto musí být zajištěno také natáčení táhla, propojující podvozek s částí připevněnou k rámu vozu.

Natáčecí rameno je navrženo jako svarek ocelových dílů, uložené na čepu k rámu vozu. Vedení podvozkem je prostřednictvím čepu a vodících ližin umožňujících vertikální pohyb podvozku vůči rámu vozu.

Navržená soustava brzdy je z konstrukčního hlediska jednoduchá, nenáročná na výrobu a následnou údržbu a lze očekávat dosažení vysoké životnosti, jež je u nákladních železničních vozidel požadována.

## 4 ZÁVĚR

Tématem této bakalářské práce je Návrh brzdové tlakové samočinné soustavy nákladního železničního vozu Tagnpps o ložném objemu  $97 \text{ m}^3$  pro režim SS

Tento vůz je v současné době vyvíjen společností Legios a.s. Louny s brzdou soustavou pro jízdní režim S. Přestože byl původní záměr zákazníka provozovat tento vůz v režimu SS, po řadě jednání bylo rozhodnuto, že se brzdová soustava navrhne pro režim S.

K tomuto se došlo na základě zhodnocení využití ložného objemu vozu, který činí  $97 \text{ m}^3$  a maximální ložné hmotnosti vozu v režimu SS 50 t. Při měrné hmotnosti obilovin  $650 - 800 \text{ kg/m}^3$  vychází využití ložného objemu vozu 64,4 až 79 %, což je velmi neefektivní.

Návrh popsany v této práci je alternativou, výrobně jednoduché brzdy splňující nároky na brzdu SS, nestandardní koncepce.

Mechanická část brzdy zahrnuje dvě shodné sestavy umístěné na představicích vozu, jedna doplněná o soustavu ruční brzdy ovládané z plošiny. Nestandardní koncepce brzdy spočívá v přenosu brzdné síly od brzdového válce umístěného na představku vozu k táhlovému ústrojí podvozku prostřednictvím natáčecího ramene. To je otočně zavěšeno na rámu vozu a vedeno podvozkem. Na otočném rameni jsou zavěšeny dvě převodnice, navzájem propojené táhlem a s brzdovým válcem je spojuje stavěč zdrží. Převodnice přenášející brzdou sílu na páku táhlového ústrojí podvozku je na otočném rameni zavěšena pomocí závěsných ok, které eliminují vertikální pohyb podvozku vůči rámu vozu.

Pro posouzení funkčnosti, výrobitelnosti a zástavbovým možnostem soustavy byl vyhotoven CAD model. Obsahuje mechanické komponenty brzdy, podvozek, rám a skříň vozu.

Hlavní komponenty pneumatické části brzdové soustavy jsou navrženy od společnosti DAKO-CZ a zahrnují potřebné součásti brzdy SS.



## Použité informační zdroje

- [1] POHL R., Novotný C., *Železniční vozidla I.*, Vydavatelství ČVUT v Praze 2002, ISBN 80-01-02622-1
- [2] LATA M., *Konstrukce kolejových vozidel II.*, 1. vydání Univerzita Pardubice 2004, ISBN 80-7194-696-6
- [3] MĚRKA P., *Trendy v konstrukci brzdových systémů kolejových vozidel.*, Univerzita Pardubice, Dopavní fakulta Jana Pernera, 2009. 42 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Václav Píštěk.
- [4] Vyhláška UIC 540, 5. vydání z 11/06, ISBN 2-7461-1173-x
- [5] Vyhláška UIC 544-1, 4. vydání z 05/04, ISBN 2-7461-0773-2
- [6] Směrnice UIC V-BKS (K), 6. vydání z 1. 3. 2008
- [7] JANÍČEK P., ONDRÁČEK E., VRBKA J., *Pružnost a pevnost I.*, VUT Brno 1992.
- [8] Evropská směrnice TSI CR RST WAG RK ES 2006/861/ES z 28.7.2006 ve znění RK ES 2009/167/ES z 23.1.2009
- [9] <http://www.parostroj.net>
- [10] <http://www.vagony.cz>

## Seznam použitých zkratek, symbolů a veličin

B	[t]	brzdná váha
f		součinitel tření
$F'_t$	[kN]	síla vyvozená brzdovým válcem
$F_t$	[kN]	účinná síla na pístnici
$F_F$	[kN]	síla vratné pružiny brzdového válce
$F_{dyn}$	[kN]	celková přitlačná síla zdrží
$F_R$	[kN]	síla pružiny stavěče odlehlosti zdrží
F	[N]	síla působící na osu krajních čepů Převodnice 150/150
$I_t$		převod táhlového ústrojí mezi brzdovým válcem a Převodnicí 150/150
$I_y$	[mm <sup>4</sup> ]	kvadratický moment průřezu
K		bezpečnostní koeficient
$k_k$		korekční součinitel
$M_o$	[N.m]	ohybový moment
$R'$	[mm]	vzdálenost těžiště plochy od osy
$R_e$	[MPa]	napětí meze kluzu
$W_o$	[mm <sup>3</sup> ]	průřezový modul v ohybu
$\lambda$	[%]	brzdné procento
$\sigma_o$	[MPa]	napětí v ohybu
$\sigma_{RED}$	[MPa]	napětí redukované
$\tau_s$	[mm <sup>4</sup> ]	kvadratický moment průřezu

## Seznam obrázků a grafů

- Obr. 1 Nákladní železniční vůz Tagnpps (vlastní fotografie)
- Obr. 2 Obecné schéma brzdného systému [2]
- Obr. 3 Brzdná charakteristika pro režim jízdy “nákladní“ [1]
- Obr. 4 Brzdná charakteristika pro režim jízdy “osobní“ [1]
- Obr. 5 Brzdná charakteristika pro režim jízdy “rychlík“ [1]
- Obr. 6 Schéma pneumatické části brzdné soustavy [1]
- Obr. 7 Schéma mechanické části brzdné soustavy [1]
- Obr. 8 Ilustrační obrázek brzdy zdržové [8]
- Obr. 9 Ilustrační foto kotoučové brzdy nákladního vozu [9]
- Obr. 10 Dispoziční řešení mechanické části brzdné soustavy
- Obr. 11 Natačecí rameno brzdových táhel s vedením a převodnicí vozu Taoos (vlastní foto)
- Obr. 12 Schéma mechanické části brzdné soustavy
- Obr. 13 Graf závislosti brzdného procenta na hmotnosti vozu
- Obr. 14 Schéma pneumatické části brzdové soustavy
- Obr. 15 Sestava brzdy, rámu vozu, skříně a podvozku
- Obr. 16 Sestava brzdy a podvozek Y25 Lssd1-K
- Obr. 17 Brzdový válec TB 10'' a L-převodnice
- Obr. 18 Sestava otočného ramene a zavěšených pák
- Obr. 19 Sestava ruční brzdy
- Obr. 20 Detail vedení otočného ramene v rámu I
- Obr. 21 Detail vedení otočného ramene v rámu II
- Obr. 22 Detail vedení otočného ramene podvozkem
- Obr. 23 Zjednodušená sestava otočného ramene s Převodnicí 150/150
- Obr. 24 Převodnice s vyznačenými působícími silami

Obr. 25 Kritický průřez Převodnice 150/150 s vyznačenými rozměry

Obr. 26 Uchycení a zatížení součásti

Obr. 27 Nasíťovaná součást

Obr. 28 Průběh redukovaného napětí součásti

Obr. 29 Rozložení bezpečnostního koeficientu

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1 Sestava brzdy SS

Příloha č. 2 Převodnice 150/150

Příloha č. 3 Brzda mechanická