

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Konstrukční návrh podložky pro zkušební zařízení pneumatik

Petr Johánek

Bakalářská práce

2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr Johánek**
Osobní číslo: **D09266**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**
Název tématu: **Konstrukční návrh podložky pro zkušební zařízení pneumatik**
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

1. Rešerše stávajícího stavu zkušebního zařízení.
2. Konstrukční návrhy podložky.
3. Vybrání vhodné varianty s ohledem na pevnostní, ekonomické a jiné aspekty.
4. Vyhotovení základní technické dokumentace pro výrobu podložky.
5. Závěr a přínos pro zkoušky pneumatik.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] VLK, František. Podvozky motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2006. ISBN 80-239-6464-X.
- [2] KRMELA, Jan. Systémový přístup k výpočtovému modelování pneumatik I.. Brno: Tribun EU, 2008. ISBN 978-80-7399-365-8.
- [3] PREKOP, Štefan a Ladislav VÁRKOLY. Gumárska technológia II. Trenčín: GC TECH Ing. Peter Gerši Trenčianska univerzita, 2003. ISBN 80-88914-85-X.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **24. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2012**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 24. února 2012

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 12. 3. 2012

Petr Johánek

Poděkování:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Janu Krmelovi, PhD., za cenné rady a připomínky, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Dále bych chtěl poděkovat celé své rodině za podporu během studia.

V Jilemnici dne 5. 5. 2012

Petr Johánek

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá návrhem nové podložky pro statické zkušební zařízení pneumatik, které se nazývá statický adhezor. V práci jsou uvedeny metody zkoušení plášťů pneumatik, dále je popsán současný stav zkušebního zařízení a možnosti měření s důrazem na deformační charakteristiky. V experimentální části práce jsou uvedeny návrhy podložek se základní dokumentací. Je vybrána vhodná varianta s ohledem na pevnostní, ekonomické a výrobní aspekty. Vybraný konstrukční návrh podložky umožní měření deformačních charakteristik ve všech směrech včetně boční a torzní deformační charakteristiky i pod úhlem odklonu kola.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zkoušení plášťů pneumatik, deformační charakteristiky pneumatik, statický adhezor, konstrukční návrh podložky

TITLE

Construction design of underlay for test machine of tires.

ANNOTATION

This thesis deals with new underlay for the static test machine of tires, which is called static adhezor. Thesis presents methods for testing tire casing, and also describes the current status of test equipment and measurement capabilities with emphasis on deformation characteristics. In the experimental part of this work are given suggestions of underlays including basic documentation. Appropriate option is selected with regard to strength, economic and production aspects. Selected design of underlay allows to measure the deformation characteristics in all directions including lateral and torsional deformation characteristics and camber angle.

KEYWORDS

Testing tire casing, tire deformation characteristics, static adhezor, construction design of underlay

OBSAH

1. ÚVOD.....	8
2. CÍL PRÁCE.....	9
3. PNEUMATIKY A PLÁŠTĚ	10
3.1. NÁZVOSLOVÍ	10
3.2. ÚČEL A POŽADAVKY NA PNEUMATIKY	11
3.3. HISTORIE A VÝHLED DO BUDOUCNOSTI	12
3.4. KONSTRUKCE PLÁŠŤŮ PNEUMATIK.....	12
3.5. ROZDĚLENÍ PLÁŠŤŮ.....	17
3.6. DEFORMACE PNEUMATIK.....	18
3.7. DEFORMAČNÍ CHARAKTERISTIKY PNEUMATIK.....	20
3.8. ZKOUŠKY PNEUMATIK	24
4. REŠERŠE STÁVAJÍCÍHO STAVU ZKUŠEB. ZAŘÍZENÍ.....	25
4.1. TYPY SNÍMAČŮ A JEJICH ROZMÍSTĚNÍ.....	25
5. PŘÍSTUP KE KONSTRUKČNÍMU NÁVRHU PODLOŽKY	29
5.1. STANOVENÍ POŽADAVKŮ NA PODLOŽKU	29
5.2. NÁVRHY KONSTRUKCE PODLOŽKY.....	29
5.3. NÁVRH KONSTRUKCE RÁMU PRO PODÉLNÝ A PŘÍČNÝ POSUV.....	34
6. VYBRÁNÍ VHODNÉ VARIANTY	37
6.1. NÁVRHY NA UMÍSTĚNÍ SNÍMAČŮ.....	38
7. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRO PRAXI	43
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44
SEZNAM OBRÁZKŮ	46
SEZNAM GRAFŮ	48
SEZNAM PŘÍLOH	49

1. ÚVOD

Pneumatiky jsou jedny z nejdůležitějších částí automobilů, a to proto, že plní důležité funkce a zároveň zajišťují bezpečnou a komfortní jízdu silničních vozidel. Pneumatiky jsou společně s brzdami hlavními prvky aktivní bezpečnosti. Bakalářská práce je zaměřena na pneumatiky pro osobní vozidla.

Pneumatiky se skládají z pláště a ráfku kola. Klasická konstrukce pláště pneumatiky má značně složitou polykomponentní strukturu, která se neustále vyvíjí a zdokonaluje. Tato struktura je velice výhodná, protože je odolná proti porušování svojí schopností zastavovat růst nebo zpomalovat šíření trhlin na rozhraní mezi materiálovými složkami. Každá ze složek má rozdílné mechanické vlastnosti, proto je obtížné určit výsledné vlastnosti pláště jako celku, zejména deformační. Nemělo by se zapomenout na to, že deformační vlastnosti celé pneumatiky ovlivňuje nejen plášť, ale i kolo. Proto je třeba na pneumatiku nahlížet nejen jako na samotný plášť, ale jako na jeden konstrukční celek.

V současnosti se deformační vlastnosti celé pneumatiky zkoumají výpočty pomocí metody konečných prvků. Vypovídající schopnost výsledků výpočtů je možné ověřit pouze skutečnou zkouškou pneumatiky. Navíc lze podle výsledků zkoušek provádět úpravy výpočtů, aby bylo možné výpočty zpřesnit z pohledu zadávání materiálových a jiných vstupů apod. Právě proto je velice důležité, aby se vyvíjely i zkoušky pneumatik. Snaha je, aby zkoušky co nejvíce odpovídaly reálnému zatížení za provozu a aby byly výsledky navzájem porovnatelné. Proto je zde úsilí o postupné normalizování jednotlivých typů zkoušek, což úzce souvisí se zkušebními zařízeními.

Zkušební zařízení, které se nazývá statický adhezor, je dostupné na pracovišti a umožňuje získat tyto deformační charakteristiky: radiální tuhost, velikost a tvar dotkových ploch a rozložení kontaktních tlaků. To vše při vodorovné tuhé podložce, kdy pneumatika nerotuje. Je však potřeba zjišťovat i další deformační charakteristiky, jako je boční a obvodová tuhost. To si vyžaduje modernizaci zkušebního zařízení. Jedním směrem, jak lze modernizaci provést, je inovace podložky, na které je pneumatika zatěžována.

Nová podložka by měla umožnit posun v podélném a příčném směru, což umožní zjišťování boční a obvodové deformační charakteristiky. Další modernizace spočívá v možnosti úhlového natočení podložky vzhledem k vodorovné i svislé střední rovině pneumatiky. Toto rozšíření bude napodobovat úhel odklonu kola a zatížení pneumatiky na svahu.

Konstrukčním návrhem podložky pro statický adhezor se zabývá tato práce.

2. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je navrhnout konstrukci nové podložky pro statický adhezor, která bude umožňovat měření boční a torzní deformační charakteristiky i při úhlu odklonu kola.

K dosažení tohoto cíle je třeba:

- provést rešerši zaměřenou na pneumatiky, jejich konstrukci a deformační vlastnosti,
- provést rešerši současného stavu zkoušek pneumatik obecně,
- popsat stávající stav zkušebního zařízení – statického adhezoru,
- navrhnout varianty konstrukce podložky s ohledem na stávající stav zkušebního zařízení,
- vybrat vhodnou variantu s ohledem na pevnostní, ekonomické a výrobní aspekty,
- zhodnotit konstrukční návrh a přínos pro praxi,
- vytvořit základní technickou dokumentaci vhodné varianty.

3. PNEUMATIKY A PLÁŠTĚ

Pneumatiky jsou jedny z nejdůležitějších částí automobilů, a to proto, že plní důležité funkce a zároveň zajišťují bezpečnou a komfortní jízdu silničních vozidel. Pneumatiky jsou společně s brzdami hlavními prvky aktivní bezpečnosti.

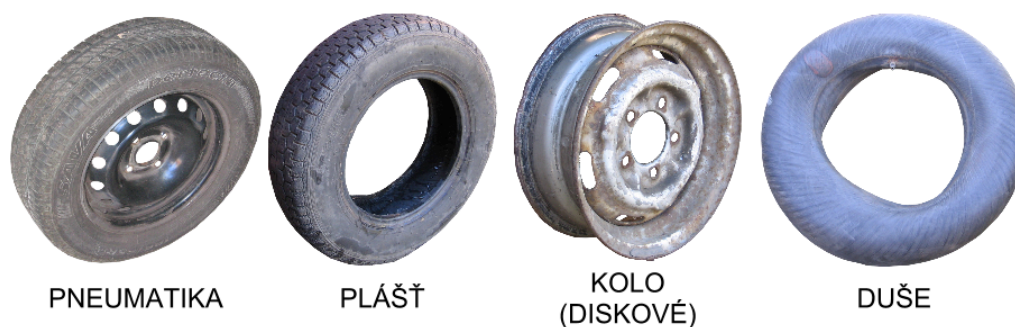
3.1. NÁZVOSLOVÍ

V označení pneumatik jsou často zaměňovány pojmy. V některých literaturách, a to i odborných, se pod pojmem pneumatika má na mysli plášť, ale v jiných je to komplet pláště s kovovou částí. Rovněž pod pojmem kolo je někdy myšleno komplet pláště s kovovou částí a jindy pouze kovová část. Definice podle normy ČSN je:

Pneumatika je podle ČSN 641001: pneumatikou rozumíme plášť, popř. s duší a vložkou¹, namontovaný na ráfek a naplněný tlakovým médiem².

Plášť je podle ČSN 641001: plášť je pružná vnější část pneumatiky, která zajišťuje styk s vozovkou a svou patní částí dosedá na ráfek.

Pod pojmem pneumatika je tedy myšleno: plášť, popř. s duší a vložkou, včetně kola. Pneumatika, plášť, kolo a duše jsou vidět na obr. 1.



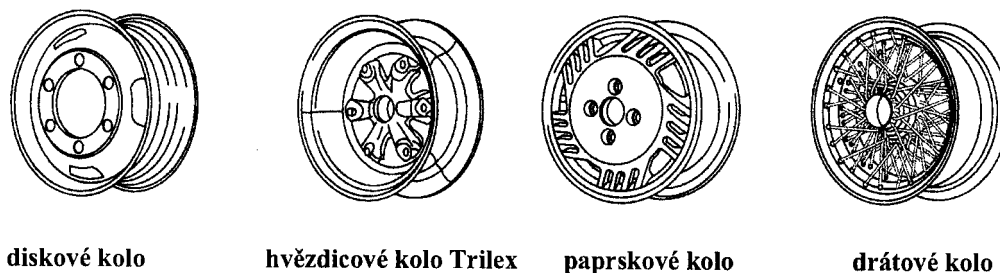
Obr. 1 – Pneumatika, plášť, kolo a duše

Kolo je kovová část pneumatiky, sestává z ráfku a střední nosné části. Na ráfku je usazen plášť. Pomocí střední nosné části je kolo připevněno kolovými šrouby na hlavu kola. Hlava kola je na koncích náprav. Spojovací nosná část může být provedena jako disk (kola disková), hvězdice (kola hvězdicová) nebo dráty (kola drátová). Rovněž může být kolo odlito z lehkých slitin jako jeden kovový kus, spojovací nosná část má v takovémto případě nejčastěji tvar

¹ Existují i pneumatiky s duší, které nemají vložku.

² Tlakovým médiem je nejčastěji stlačený vzduch, může však být použit také stlačený dusík.

paprsků (kola paprsková). Příklady kol jsou na obr. 2. Typy ráfků, jejich rozdělení, rozměry a tvary jsou např. v [1].

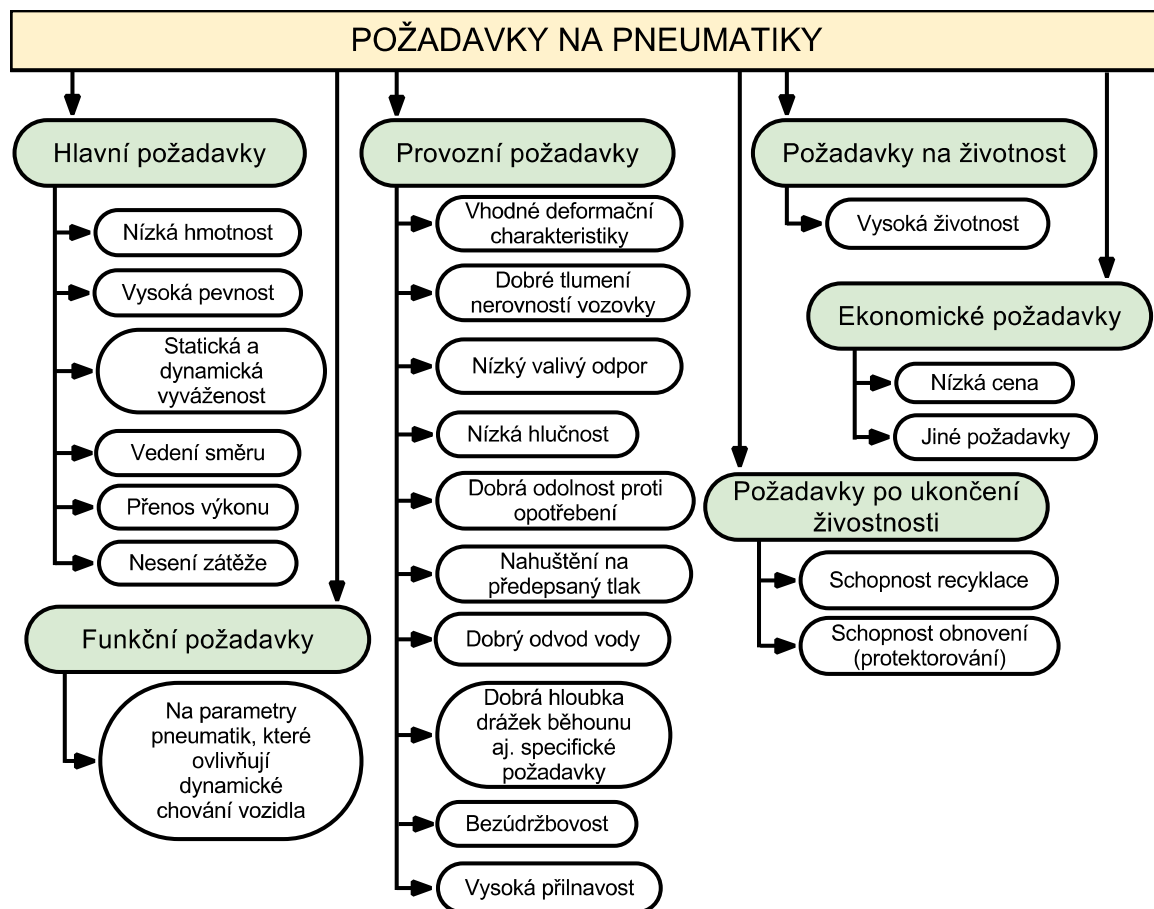


Obr. 2 – Typy kol dle provedení střední nosné části [1]

3.2. ÚČEL A POŽADAVKY NA PNEUMATIKY

Pneumatika umožňuje svým valením pohyb vozidla. Dále musí přenášet veškeré síly mezi vozidlem a vozovkou. Jsou to síly: svislé (tíhové) a tečné (hnací, brzdné a boční).

Samozřejmě hlavním požadavkem na pneumatiky je, aby dobře plnily svůj účel. Ostatní požadavky jsou přehledně zobrazeny na obr. 3.

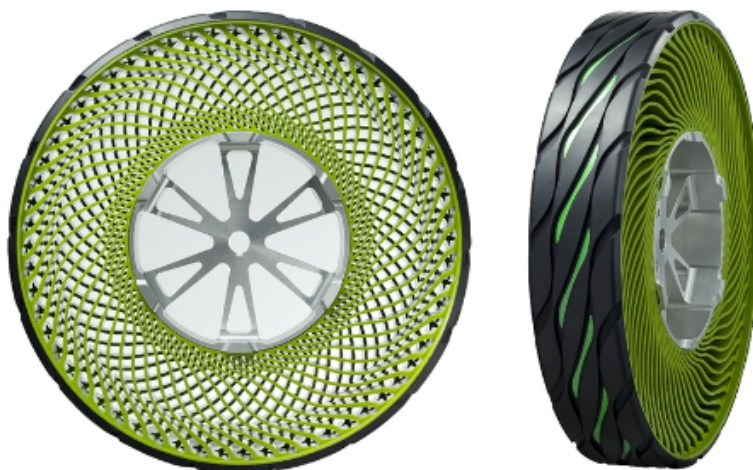


Obr. 3 – Požadavky na pneumatiky ([2] doplněno)

3.3. HISTORIE A VÝHLED DO BUDOUCNOSTI

Metoda tepelné vulkanizace, na které je založena současná konstrukce a výroba pneumatiky, byla vynalezena v roce 1839 Goodyerem. Patent na první pryžovou hadici plněnou vzduchem získal R. William v roce 1845. Někdy kolem roku 1867 se objevily první plné pryžové obruče, které v roce 1873 využil A. Bolée na svém parním omnibusu. Patent na pneumatiku plněnou vzduchem získal v roce 1888 J. B. Dunlop. A v roce 1894 získal rovněž Dunlop patent na pneumatiku, která měla patku zesílenou drátem [3].

V současné době firma Bridgestone již několik let vyvíjí zcela nový typ pneumatiky. Jde o tzv. bezvzduchovou pneumatiku. Prostor mezi běhounem a střední nosnou částí kola je vyplněn speciálními paprsky. Paprsky jsou vyrobeny z termoplastické pryskyřice a pohlcují rázy, které vznikají při přejezdu nerovností na vozovce. Pneumatika je kompletně recyklovatelná, včetně pryže běhounu [4].



Obr. 4 – Nová konstrukce pneumatiky firmy Bridgestone [4]

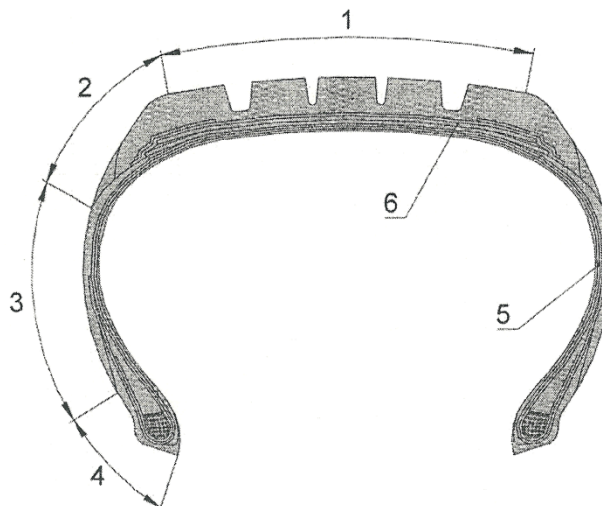
Firma Michelin vytvořila podobnou konstrukci pneumatiky o několik let dříve. Paprsky jsou však vytvořeny z polyuretanu. Výrobce v roce 2005 udával, že z hlediska nosnosti a komfortu má pneumatika srovnatelné vlastnosti s tehdejšími konvenčními pneumatikami, má však o 5 % nižší valivý odpor a až pětkrát větší boční tuhost [4].

3.4. KONSTRUKCE PLÁŠŤŮ PNEUMATIK

Principiálně se pláště skládají ze tří hlavních komponentů: 80–85 % tvoří pryž, 12–16 % různá vlákna a 2–3 % připadají na ocelový drát či umělohmotnou síť. Soudobý plášť

je vyztužený pryžový kompozit vyrobený z polymerů (39 %), černých sazí (27 %), olejů (11 %), různých chemikálií (11 %), patkových lan (3 %) a textilií [1].

Plášť lze rozdělit na několik specifických oblastí (obr. 5).



Obr. 5 – Hlavní oblasti pláště [5]

Popis k obrázku: 1 – oblast koruny; 2 – ramene; 3 – boku; 4 – patky; 5 – kostry; 6 – nárazníku a výztužného pásu.

Kompletní struktura pláště s radiální kordovou vrstvou se skládá z těchto částí [6], [7]:

- běhoun s dezénem (obr. 6)

Běhoun je část pláště, která je v bezprostředním styku s vozovkou. Hlavní funkcí běhounu je přenášet síly mezi vozidlem a vozovkou respektive mezi pneumatikou a vozovkou. Dezén je soustava příčných a podélných drážek vyřezaných v běhounu. V podélných drážkách dezénu jsou malé přechodové můstky sloužící jako indikátor opotřebení dezénu (obr. 7). Materiálem je směs s přírodním a syntetickým kaučukem.



Obr. 6 – Běhoun [7]



Obr. 7 – Indikátor opotřebení [8]

- polyamidový nárazník (obr. 8)

Používá se do pneumatik vyšších rychlostních kategorií. Má vliv na snížení valivého odporu a zlepšení jízdního komfortu. Materiálem je pogumovaný nylonový kord.



Obr. 8 – Polyamidový nárazník [7]

- nárazník (obr. 9)

Nárazník zlepšuje pevnostní charakteristiky pláště, hlavně při přenosu sil v podélném i příčném směru. Zajišťuje životnost pneumatiky, stabilizuje běhoun a má velký vliv na snížení valivého odporu. Materiálem je pogumovaný ocelový kord s kordovými vlákny uloženými pod malým úhlem, obvykle 15–25°.



Obr. 9 – Nárazník [7]

- bočnice (obr. 10)

Spojuje korunu pláště s patkou. Bočnice chrání kostru před mechanickým, povětrnostním, eventuálně jiným poškozením. Vyrží mnohanásobný ohyb. Materiálem je přírodní kaučuk.



Obr. 10 – Bočnice [7]

- ochranný patní pásek (obr. 11)

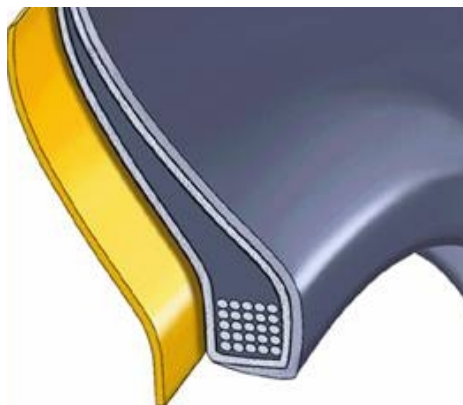
Předchází erozi patky v místě styku s ráfkem. Zabraňuje úniku tlakového média z pneumatiky. Materiálem je syntetický kaučuk.



Obr. 11 – Ochranný patní pásek [7]

- výztužný pásek (obr. 12)

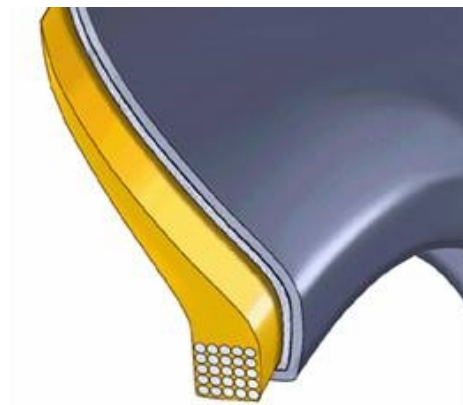
Zpevňuje a stabilizuje přechodovou oblast mezi patkou a bočnicí. Materiálem je pogumovaný nylonový nebo aramidový kord.



Obr. 12 – Výztužný pásek [7]

- patkové jádro (obr. 13)

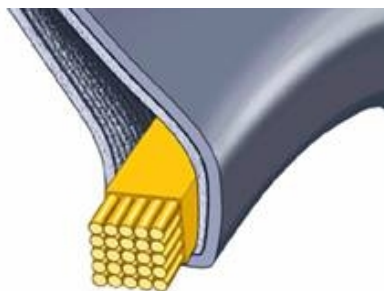
Zajišťuje postupný přechod z tuhé oblasti patky do elastické oblasti bočnic pláště. Zabezpečuje velkou boční tuhost a dokonalý přenos bočních sil. Materiálem je syntetický kaučuk.



Obr. 13 – Patkové jádro [7]

- patkové lanko (obr. 14)

Zajišťuje správné usazení pláště na ráfek, těsnost spojení s ráfkem a vznikající třecí síly přenáší podélné síly (hnačí a brzdné). Materiálem je pogumovaný svazek ocelových drátů.



Obr. 14 – Patkové lanko [7]

- kostrová vložka (obr. 15)

Přenáší hnací moment, zachovává tvar pneumatiky. Předchází roztržení pláště při pracovním tlaku. Materiálem jsou viskóznová, polyamidová, textilní, aramidová a skleněná pogumovaná vlákna.



Obr. 15 – Kostrová vložka [7]

- vnitřní guma (obr. 16)

Tato pryžová vrstva se nachází na vnitřní straně po celém obvodu pláště pneumatiky. Materiálem je butylový kaučuk.



Obr. 16 – Vnitřní guma [7]

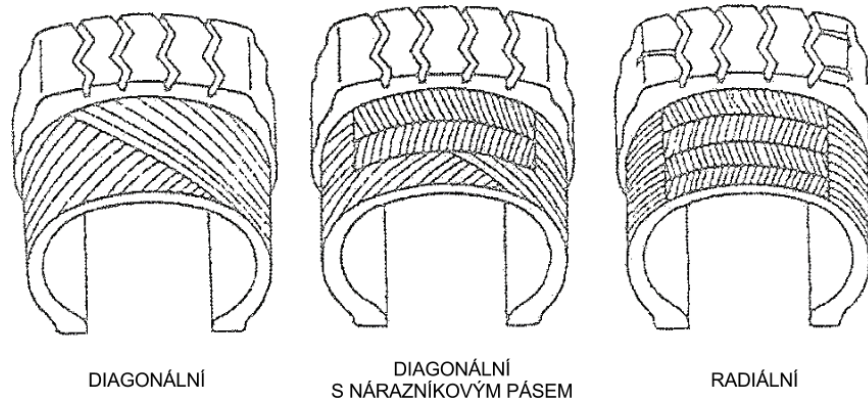
Je zjevné, že všechny části jsou z kaučuku, případně jsou pogumovány. To zabezpečuje dokonalé spojení všech částí při vulkanizaci. Výroba pláště, včetně stručného popisu vulkanizace, je vidět na videu (německy) v [9]. Podrobnější informace o konstrukci plášťů jsou např. v [10].

3.5. ROZDĚLENÍ PLÁŠŤŮ

Pláště pneumatik lze rozdělit podle několika základních hledisek [6]:

- dle stavby kostrové vložky (obr. 17)

- diagonální (používá se hlavně u užitkových vozidel)
- diagonální s nárazníkovým pásem (označovaný jako „bias belted“)
- radiální (používá se u osobních vozidel)



Obr. 17 – Základní typy pláštěů podle stavby kordové vrstvy [6]

- dle typu běhounu

Dle typu běhounu se rozlišují pláště na letní a zimní. Na první pohled je patrný rozdíl v počtu a velikosti drážek dezénu. Rozdíl mezi letním a zimním pláštěm je také ve složení směsi pryže. Podrobnější informace o složení směsi a typech dezénů jsou v [6].

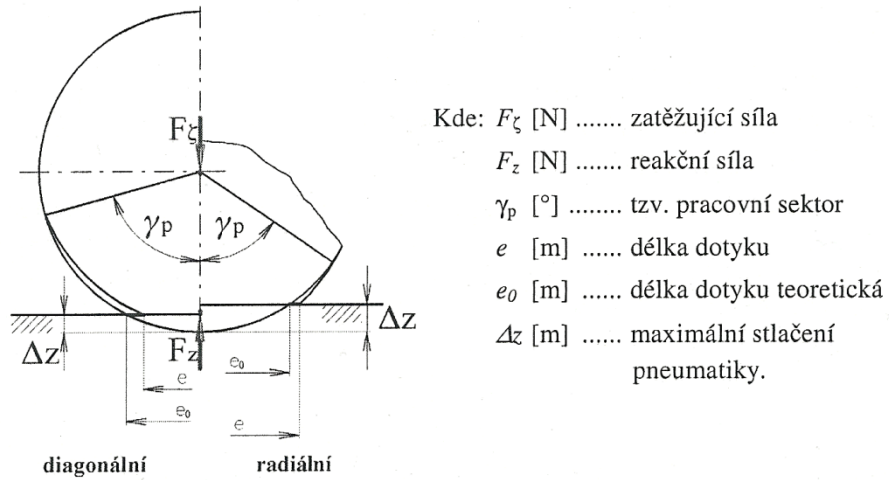
- dle použitého materiálu kostry
 - celotextilní
 - celokovové
 - kombinované

Další obrázky, označení, rychlostní kategorie a nosnosti pláštěů jsou např. v [11] nebo v [12].

3.6. DEFORMACE PNEUMATIK

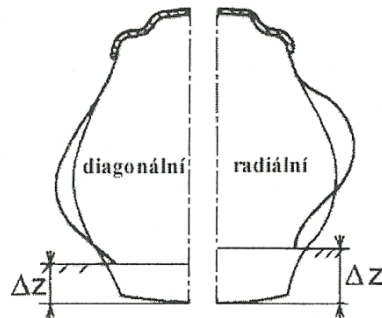
Základní deformační vlastnosti pneumatik se zjišťují na tuhé podložce. Před měřením musí být pneumatiky zkontrolovány, zda jsou nahuštěny na předepsaný tlak. Při deformaci pneumatiky se nejvíce projeví deformace pláště. Deformace pláště je prostorová, a proto se znázorňuje více způsoby. Způsobuje ji nejvíce radiální síla, v určité míře ji ovlivňuje i odstředivá síla při rotaci a změna tlaku huštění. Znázornění deformace pláště [3]:

- v čelním řezu v rovině symetrie kola (obr. 18)



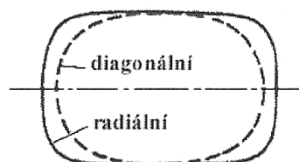
Obr. 18 – Deformace pneumatiky v čelním řezu [3]

- v osovém řezu procházejícím místem dotyku (obr. 19)



Obr. 19 – Deformace pneumatiky v osovém řezu [3]

- tvarem dotykové plochy



Obr. 20 – Tvar dotykové plochy [3]

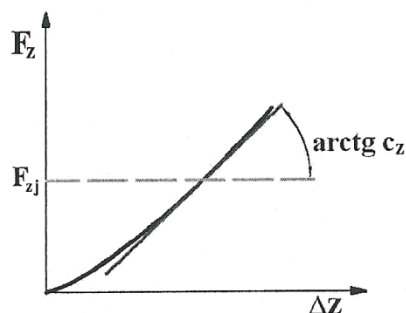
3.7. DEFORMAČNÍ CHARAKTERISTIKY PNEUMATIK

Deformačních charakteristik pneumatik při statickém zatěžování a nerotující pneumatice je několik. Zde je pět základních:

1) *radiální* deformační charakteristika [3]

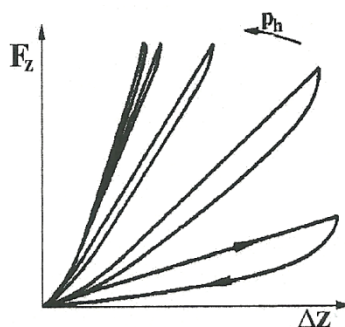
Vyjadřuje závislost mezi radiální silou na pneumatice F_z a radiální deformací Δz .

Tato se podílí na pružení vozidla. Měří se na vodorovné podložce s radiálním zatížením v ose kola. Obecně je nelineární, v oblasti jmenovitého zatížení F_{zj} ji lze linearizovat (graf 1). Směrnice tečny c_z se nazývá radiální tuhost pneumatiky. Radiální tuhost pneumatiky se mění s rychlostí jízdy.



Graf 1 – Radiální tuhost [3]

Úplná deformační charakteristika se získá postupným zatěžováním a odlehčováním pneumatiky. Má určitou hysterezi s plochou úměrnou ztrátové (tepelné) energii. Ztráty jsou způsobeny deformací pryže v důsledku viskoelastických vlastností pryže a třením běhounu o podložku. Úplnou deformační radiální charakteristiku ukazuje graf 2.



Graf 2 – Úplná radiální deformační charakteristika s vlivem tlaku huštění [3]

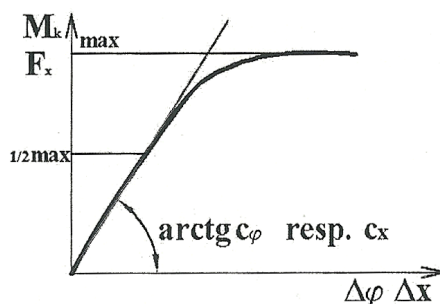
2) torzní deformační charakteristika [3]

Torzní deformační charakteristika se zjišťuje na pneumatice s nepohyblivou osou přitlačenou k nepohyblivé podložce. Na ráfek působí zatěžující moment M_k a měří se natočení ráfku $\Delta\varphi$. Jedná se tedy o závislost mezi momentem a úhlem natočení ráfku.

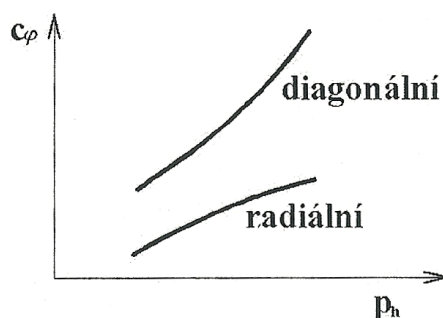
3) obvodová deformační charakteristika [3]

Obvodová charakteristika se zjišťuje tak, že na nepohyblivou pneumatiku působí posuvná podložka jak radiální silou F_z , tak tečnou silou F_x ; měří se posuv Δx a tečná síla F_x .

Torzní a obvodová charakteristika je velice podobná. Je to vlastně totéž, jde pouze o záměnu příčiny a důsledku. Při torzní metodě vyvolá zatěžující moment M_k reakci na podložce v podobě tečné síly. U obvodové metody vyvolá tečná síla F_x reakční moment. Výsledky těchto metod mají zpravidla mírně rozdílné výsledky, ale jejich typický průběh je shodný, ukazuje ho graf 3. Závislost torzní tuhosti na tlaku ukazuje graf 4. Směrnice tečny c_φ , resp. c_x , je torzní (obvodovou) tuhostí pneumatiky (směrnice tečny se konstruuje v polovině max. hodnoty momentu M_k , resp. v polovině maximální hodnoty tečné síly F_x). Torzní (obvodová) tuhost je výhodná, protože zmenšuje rázy v převodovém ústrojí automobilu.



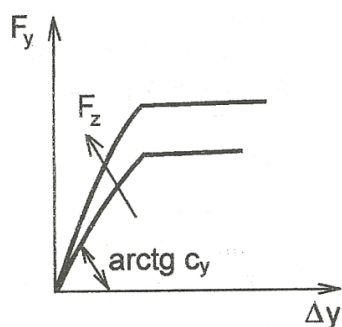
Graf 3 – Torzní tuhost pneumatiky [3]



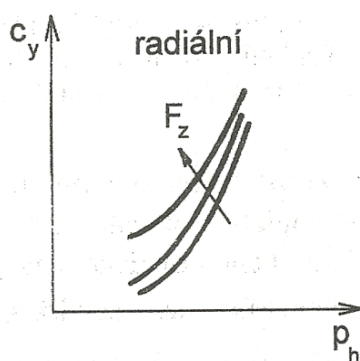
Graf 4 – Torzní tuhost pneumatiky v závislosti na tlaku [3]

4) boční deformační charakteristika [3]

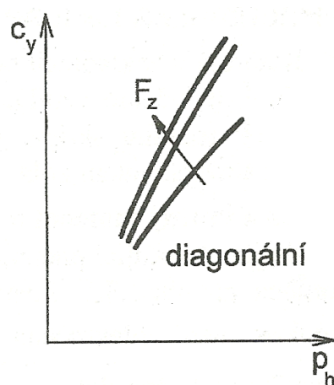
Boční deformační charakteristika je závislost mezi boční silou na pneumatice a boční deformací. Pneumatika se přitlačí radiální silou na podložku a bočním posuvem podložky vytváříme boční deformaci, přičemž zaznamenáváme boční reakční sílu. Boční deformační charakteristiku ukazuje graf 5. Její závislost na tlaku huštění pro radiální a diagonální pneumatiku ukazuje graf 6 a graf 7. Průběh je z počátku téměř lineární, směrnice této přímky je boční tuhost pneumatiky c_y . F_z v grafu značí změnu při zvyšujícím se radiálním zatížení.



Graf 5 – Boční tuhost pneumatiky [3]



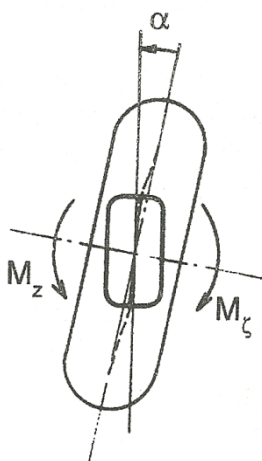
Graf 6 – Závislost boční tuhosti na tlaku huštění (rad. pneumat.) [3]



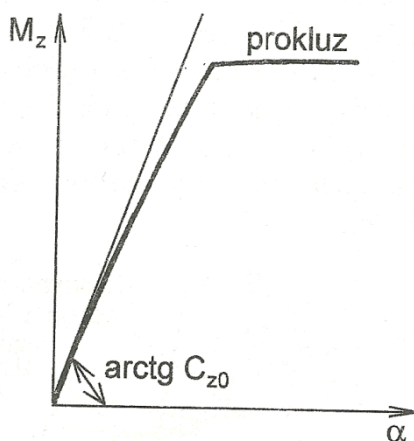
Graf 7 – Závislost boční tuhosti na tlaku huštění (diag. pneumat.) [3]

5) charakteristika vratného momentu pneumatiky [3]

Vyjadřuje závislost mezi natáčecím momentem a úhlem natočení pneumatiky. Pneumatika musí být opět radiálně zatížena. Z této závislosti můžeme získat vratnou tuhost pneumatiky C_{z0} . Schéma zatěžování pneumatiky je na obr. 21. Průběh charakteristiky včetně znázorněné tuhosti ukazuje graf 8. Kde: M_{ζ} je zatěžující moment a M_z je reakční moment na pneumatice.



Obr. 21 – Schéma zatížení pneumatiky [3]



Graf 8 – Momentová tuhost pneumatiky [3]

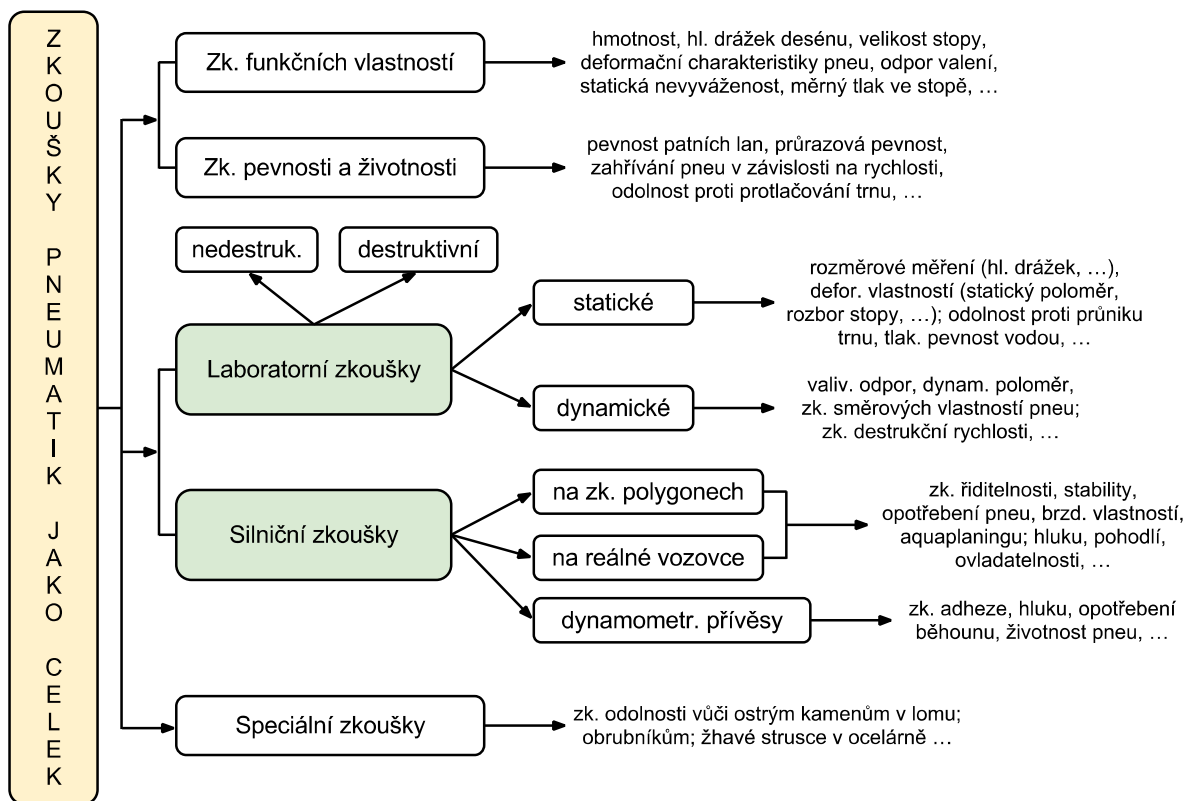
Podrobnější a další informace o vlastnostech a charakteristikách pneumatik jsou například v [3] a [13]. Vliv vlastností pneumatiky na jízdní dynamiku vozidla je zpracován v [14].

3.8. ZKOUŠKY PNEUMATIK

Zkoušky v oblasti pneumatik se týkají nejen pneumatiky jako celku, ale i jednotlivých jejích částí. Zkoušky mohou být statické a dynamické se zaměřením na [6]:

- pneumatiky jako celek
- účelové oddělené části pneumatiky a kompozitní prvky
- elastomery (matrice)
- textilní a ocelové kordy (výztuže)

Zkoušky pneumatik jako celku jsou přehledně zobrazeny na obr. 22.



Obr. 22 – Zkoušky pneumatik jako celek [2]

Podrobnější popis zkoušek pneumatik je v [3].

Další informace o pneumatikách jsou např. v [15], [16] a [17].

4. REŠERŠE STÁVAJÍCÍHO STAVU ZKUŠEB. ZAŘÍZENÍ

Pro zkoušky pneumatik je v současné době k dispozici zařízení, kterému se říká statický adhezor (obr. 23). Adhezor dokáže vyvodit radiální sílu na pneumatiku až 10 kN.



Obr. 23 – Statický adhezor

Na statickém adhezoru lze provádět statické nedestruktivní zkoušky pneumatiky jako celku. Lze získat: *radiální deformační charakteristiku, údaje o dotykové ploše a rozložení kontaktního tlaku.*

4.1. TYPY SNÍMAČŮ A JEJICH ROZMÍSTĚNÍ

Pro správné a vypovídající měření jsou na statickém adhezoru tři typy snímačů. Jedná se o snímače silové, posuvu a tlakocitlivé fólie. Tlakocitlivé fólie se používají jen při zjišťování kontaktního tlaku.

- snímače síly

Snímače síly pracují na tenzometrickém principu.

Tenzometry slouží ke zjišťování mechanického napětí. Při tenzometrickém měření využíváme několika fyzikálních zákonů. Jedním z nich je zákon, který říká: „Přenášeli těleso (konstrukce) nějakou sílu (zatížení), musí se deformovat“. To znamená, že prut zatížený osovou silou se natahuje. Zároveň dochází k jeho zúžení. A dále: „Deformace tělesa je přímo úměrná zatěžující síle a mechanické napětí je přímo úměrné deformaci“ – toto však platí pouze v určitém rozsahu zatížení (oblast Hookova zákona) a pro určité materiály.

Tenzometr je citlivý prvek (pasivní³) měřicího obvodu, který tuto deformaci převede na veličinu zpracovatelnou měřicí ústřednou. Vlastní tenzometr měří pouze deformaci. Mechanické napětí se vypočítá z Hookova zákona. Z toho vyplývá, že tenzometry plní svoji funkci pouze pro oblast, kde platí Hookův zákon. Aby tenzometr snímal deformaci, připevňuje se přímo na povrch zatěžovaného tělesa. V našem případě je to vnitřní povrch tělesa snímače.

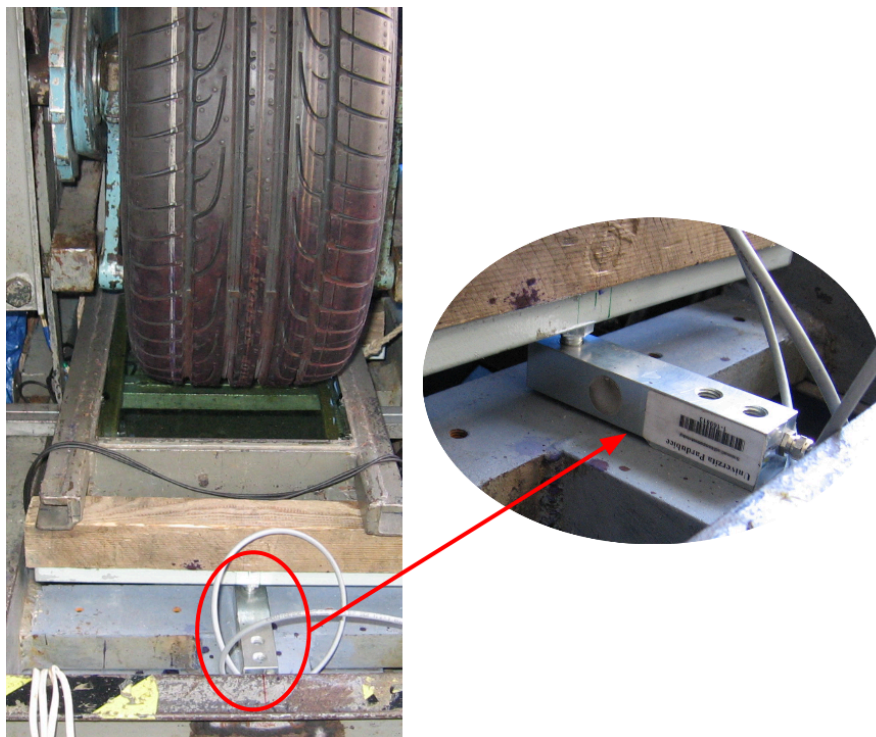
Druh převedené veličiny závisí na typu tenzometru. U odporových tenzometrů se vlivem deformace mění jejich odpor. Změna odporu je velice malá, proto se tenzometry umísťují na místa s maximálním napětím a ve směru hlavních napětí. Malé změny odporů nejsou vhodné pro přímé měření odporu, proto se tenzometry zapojují do můstkového zapojení a měří se napěťová nevyváženost můstku. U optických tenzometrů se vlivem deformace mění vlnová délka světla, které jimi prochází. Tenzometry v použitých snímačích jsou kovové odporové (drátkové). Podrobnější informace o tenzometrických snímačích, jejich zapojení atd. jsou v [18]. Snímač použitý na statickém adhezoru je vidět na obr. 24, tento snímač je použit i na druhé straně podložky.



Obr. 24 – Snímač síly a jeho umístění na statickém adhezoru

³ Pasivní znamená, že snímač potřebuje napájení.

Další snímač síly je ohybový obr. 25.

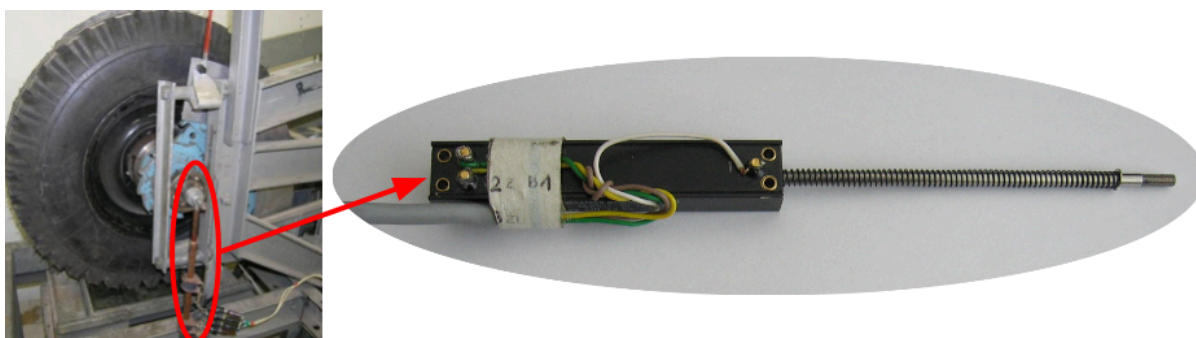


Obr. 25 – Ohybový snímač síly

- snímač posuvu

Snímač posuvu je odporový potenciometrický.

Využívá principu děliče napětí. Kdy napájíme odporovou (uhlíkovou) dráhu, po které jezdí snímací jezdec. Snímací jezdec kopíruje posuv měřeného objektu. Na svorce snímacího jezdce se měří napětí úměrné poloze jezdce na odporové dráze. Tento snímač je také pasivní. Více informací o polohových potenciometrických snímačích je v [19]. Umístění snímače (starého) a nový snímač je vidět na obr. 26.



Obr. 26 – Umístění starého snímače posuvu (vlevo) a nový snímač

- tlakocitlivé fólie

Jde o fólie, které mají speciální konstrukci. Při zatížení se v místě dotyku zbarví do červena. Sytost barvy v určitém místě určuje velikost tlaku, který v místě působil. Zatížení tlakocitlivé fólie musí trvat určitou dobu a při určité teplotě a vlhkosti v místnosti. Všechny podmínky používání a způsoby zatěžování tlakocitlivých fólií jsou dány výrobcem. Jedna fólie je vždy určena pro jedno měření. Fólie jsou velmi citlivé, jsou schopné zaznamenat i dotyk prsty, proto se s nimi musí zacházet velice opatrně, aby nedošlo ke znehodnocení výsledků.

Zatížená fólie na sobě nese informaci o distribuci kontaktního tlaku. Dříve se musela tato odeslat na vyhodnocení do USA, což bylo časově i finančně nákladné. Dnes už laboratoř umožňuje vyhodnocení otisků z tlakocitlivých fólií.

5. PŘÍSTUP KE KONSTRUKČNÍMU NÁVRHU PODLOŽKY

Díky nové podložce bude možné provádět nové zkoušky pneumatik a získávat nové deformační charakteristiky pneumatik. Nová podložka by měla být namontována do stávajícího statického adhezoru. V této práci jde pouze o návrh možného řešení podložky. V případě realizace navržené podložky by musely následovat kompletní pevnostní výpočty a optimalizace. Vhodným nástrojem pro tyto výpočty je metoda konečných prvků.

5.1. STANOVENÍ POŽADAVKŮ NA PODLOŽKU

Základní požadavky, které by měla splňovat nová podložka:

- Nastavitelnost úhlu podložky vzhledem k vodorovné i svislé rovině, a to min. v rozsahu 30° v obou směrech. Postačí, když bude nastavení úhlu provedeno před zatížením.
- Posuv podložky v podélném i příčném směru, a to i při zatížené pneumatice. V podélném směru min. 12 cm dopředu i dozadu a v příčném směru min. 6 cm vlevo i vpravo.
- Snímání reakčních sil v podélném a příčném směru.

To vše při zachování původních schopností adhezoru. To znamená, že bude dále umožňovat získat: *radiální deformační charakteristiku, údaje o dotykové ploše a rozložení kontaktního tlaku*. Získat rozložení kontaktního tlaku bude však nadále možné pouze při vodorovné poloze podložky. Je to z toho důvodu, že při jiné než vodorovné poloze podložky se radiální zatížení na pneumatice rozkládá do směru normály a tečny k podložce. Tečná složka síly by tlakocitlivou fólii zničila.

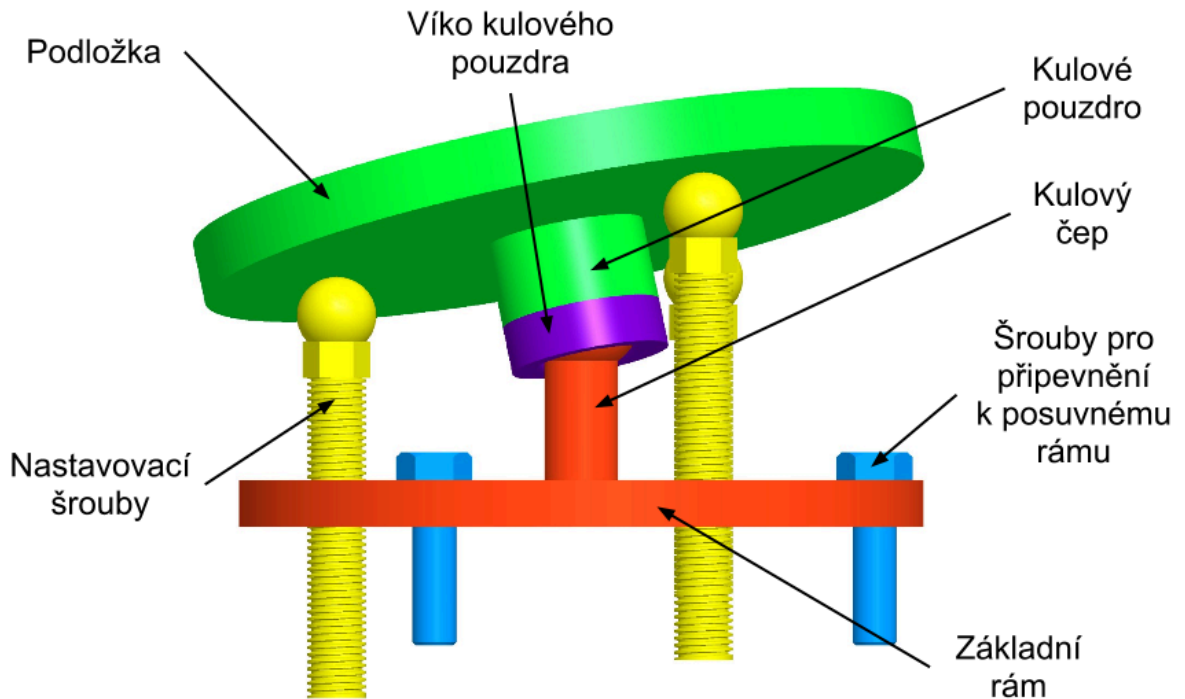
5.2. NÁVRHY KONSTRUKCE PODLOŽKY

Celá konstrukce bude rozdělena na dvě podsestavy. První bude hlavní podložka, která bude umožňovat nastavování úhlů. Druhou podsestavou bude rám, na kterém bude vrchní podložka upevněna a bude umožňovat podélný a příčný posuv.

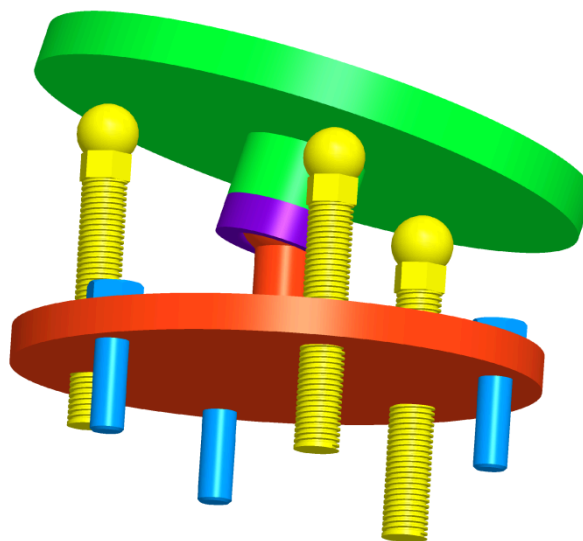
V této části bude navrženo několik variant natáčení hlavní podložky.

- Varianta pomocí tří šroubů

Rovina je určena, mimo jiné, třemi body. Právě tohoto využívá tato konstrukce. Tři šrouby zakončené na jedné straně kulovou plochou určují natočení podložky. Aby byla podložka neustále ve středu rámu, je ve střední části opatřena kulovým kloubem. Nastavování úhlu se provádí vyšroubováním nebo naopak zašroubováním jednotlivých šroubů do základní desky. Model této varianty je na obr. 27 a obr. 28.



Obr. 27 – Konstrukce natáčení podložky pomocí tří šroubů s popisem

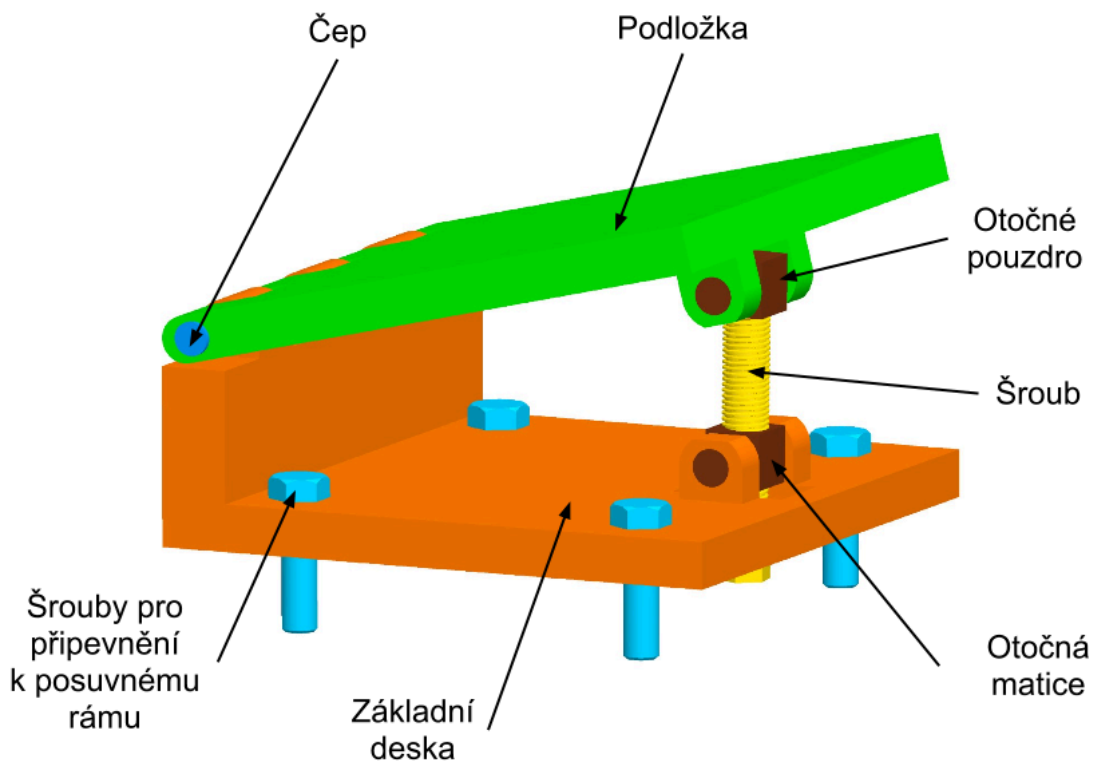


Obr. 28 – Konstrukce natáčení podložky pomocí tří šroubů v prostoru

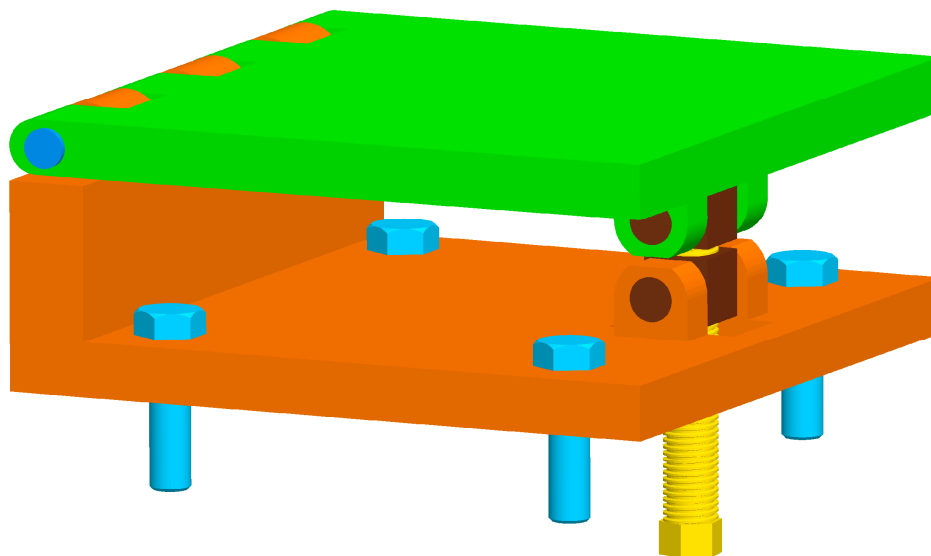
Tato varianta vypadá velice jednoduše. Nastavení správného úhlu by však mohlo být značně zdlouhavé. Navíc jsou zde šrouby nevhodně namáhány na ohyb a tlak. Z ekonomického a výrobního hlediska je tato konstrukce nenáročná. Tato varianta je však vhodná pouze pro malé úhly natočení, protože pro větší úhly by musel být kulový čep umístěn hodně vysoko nad základním rámem. Vyčnívající šrouby na spodní straně by překážely posuvnému rámu, proto by se musela konstrukce umístit příliš vysoko. Celá sestava by tak měla příliš velké rozměry.

- Varianta pomocí pantu

Tato konstrukce odstraňuje předchozí nevhodné zatížení šroubů v ohybu. Zde se jedná pouze o tlakové namáhání. Rovněž se zde provádí lépe nastavení úhlu. Bohužel tato varianta umožňuje nastavení úhlu jenom vzhledem k vodorovné rovině. Proto musí být celá konstrukce uložena otočně (se zajištěním), což se dá vytvořit až na posuvném rámu. Přečnívající šroub opět velice zvětšuje celou konstrukci. Z ekonomického a výrobního hlediska je tato varianta, až na otočnou matici a pouzdro, výhodnější než předchozí. Model této konstrukce je na obr. 29 a obr. 30.



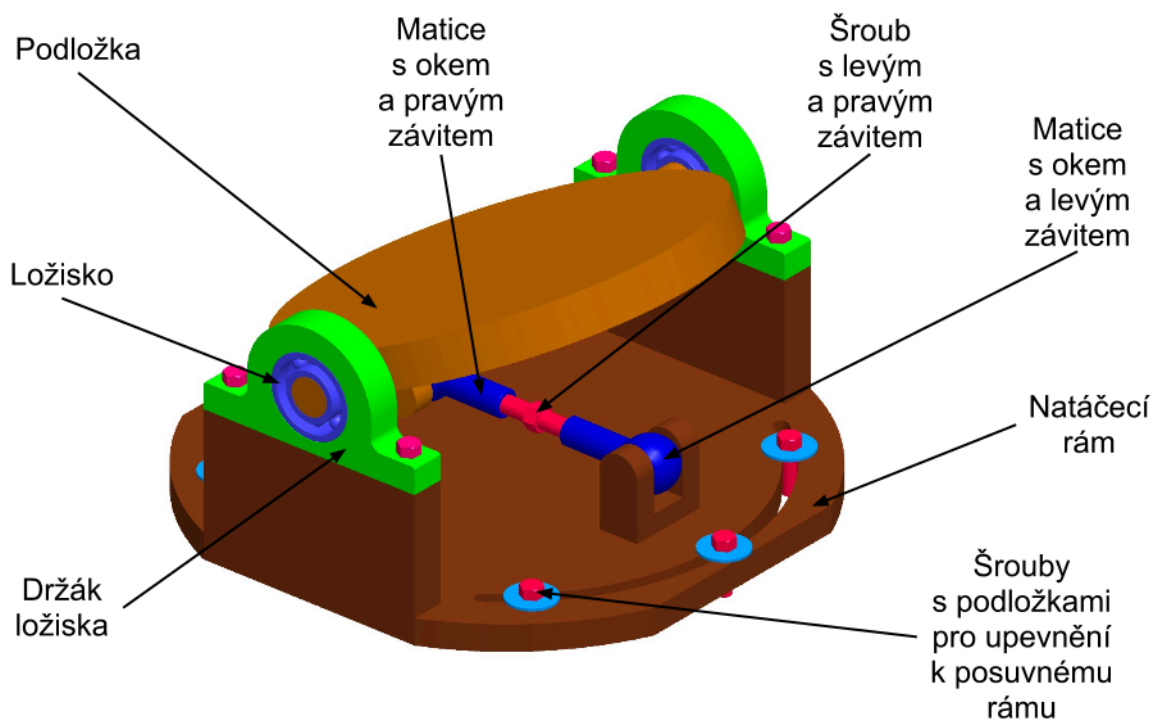
Obr. 29 – Konstrukce na principu pantu včetně popisu



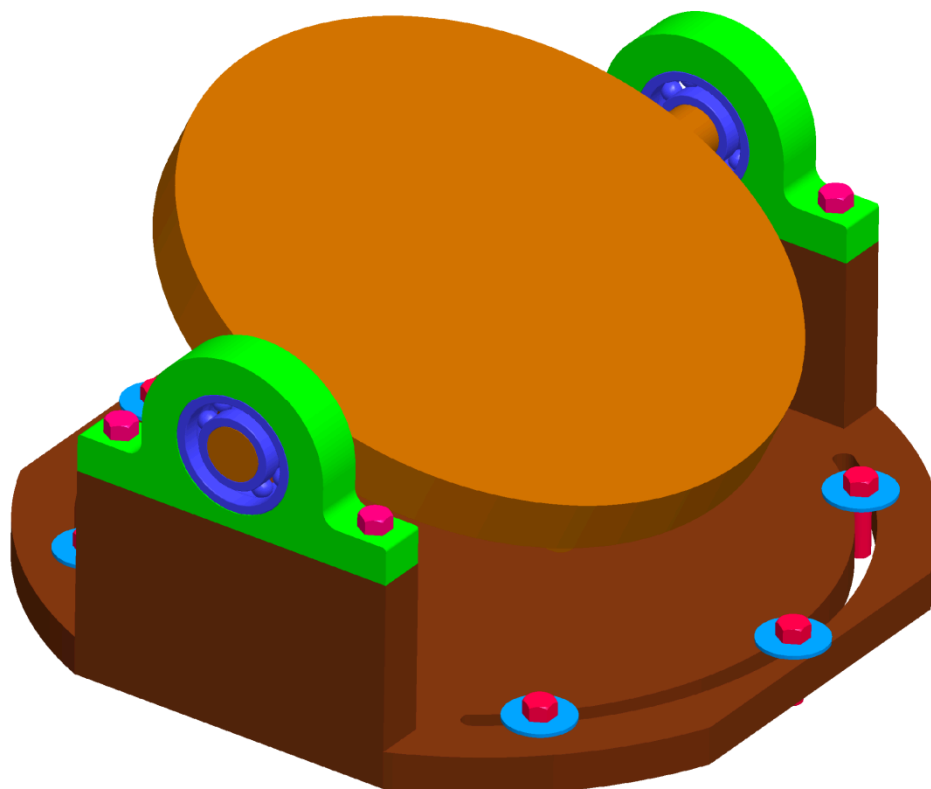
Obr. 30 – Konstrukce na principu pantu, podložka ve vodorovné poloze

- Varianta „škrticí klapka“

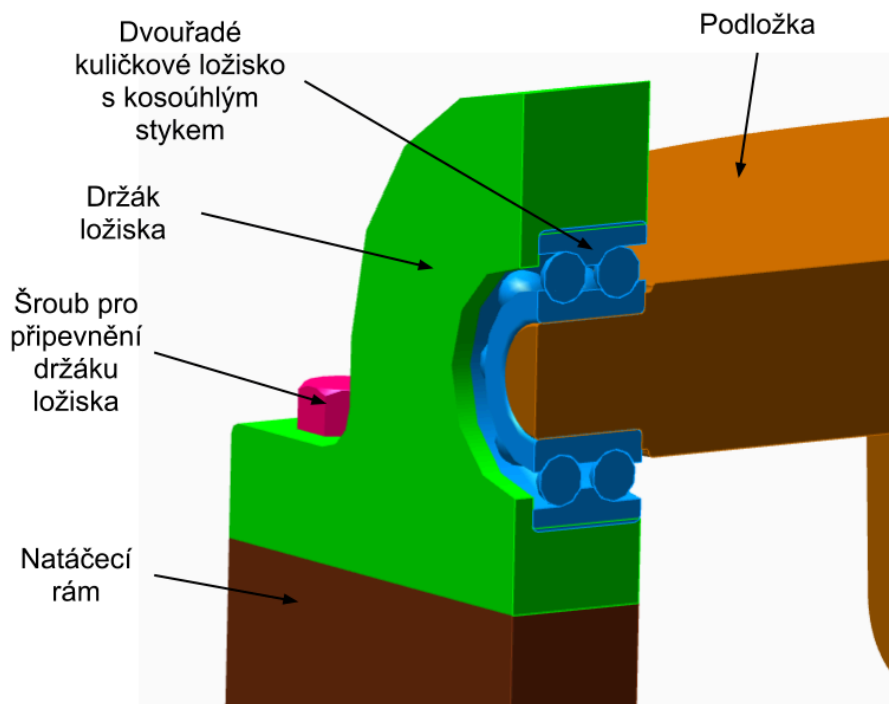
Tato varianta vzhledově připomíná škrticí klapku. I zde odpadá ohybové namáhání šroubu. Navíc pokud bude působit zatížená pneumatika za osou rotace podložky, bude ve šroubu působit pouze tahové namáhání, což je zejména u šroubů velice výhodné. Konstrukce umožňuje podobné nastavení úhlu jako varianta pantová, ale šroub je zde umístěn pod určitým úhlem, což zdatelně zmenšuje její rozměry. Šroub je speciální konstrukce; hlava šroubu je ve střední části. Na jedné straně šroubu je levý a na druhé pravý závit. I tato varianta umožňuje nastavení úhlu podložky (podle rozměrů až do svislé polohy) pouze vzhledem k vodorovné rovině, proto i tato konstrukce musí být uložena otočně (umožňuje rotaci 360°). Vzhledem k tomu, že zde nevhodně nezasahuje žádný šroub jako u předchozích konstrukcí, je velikost přijatelná. Z výrobního a ekonomického hlediska se jedná pravděpodobně o nejsložitější a nejdražší variantu, to ale určitě vyváží potenciál této konstrukce. Varianta „škrticí klapka“ je vidět na obr. 31 a obr. 32. Na těchto obrázcích jsou použita radiální jednořadá kuličková ložiska. Mnohem vhodnější je však použít dvouřadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem, protože za posunu při zatížení vznikne i axiální síla na ložisko. Umístění dvouřadého ložiska s kosoúhlým stykem je vidět na obr. 33.



Obr. 31 – Konstrukce „škrticí klapka“ s popisem



Obr. 32 – Konstrukce „škrticí klapka“



Obr. 33 – Podložka uložená na dvouřadém kuličkovém ložisku s kosoúhlým stykem

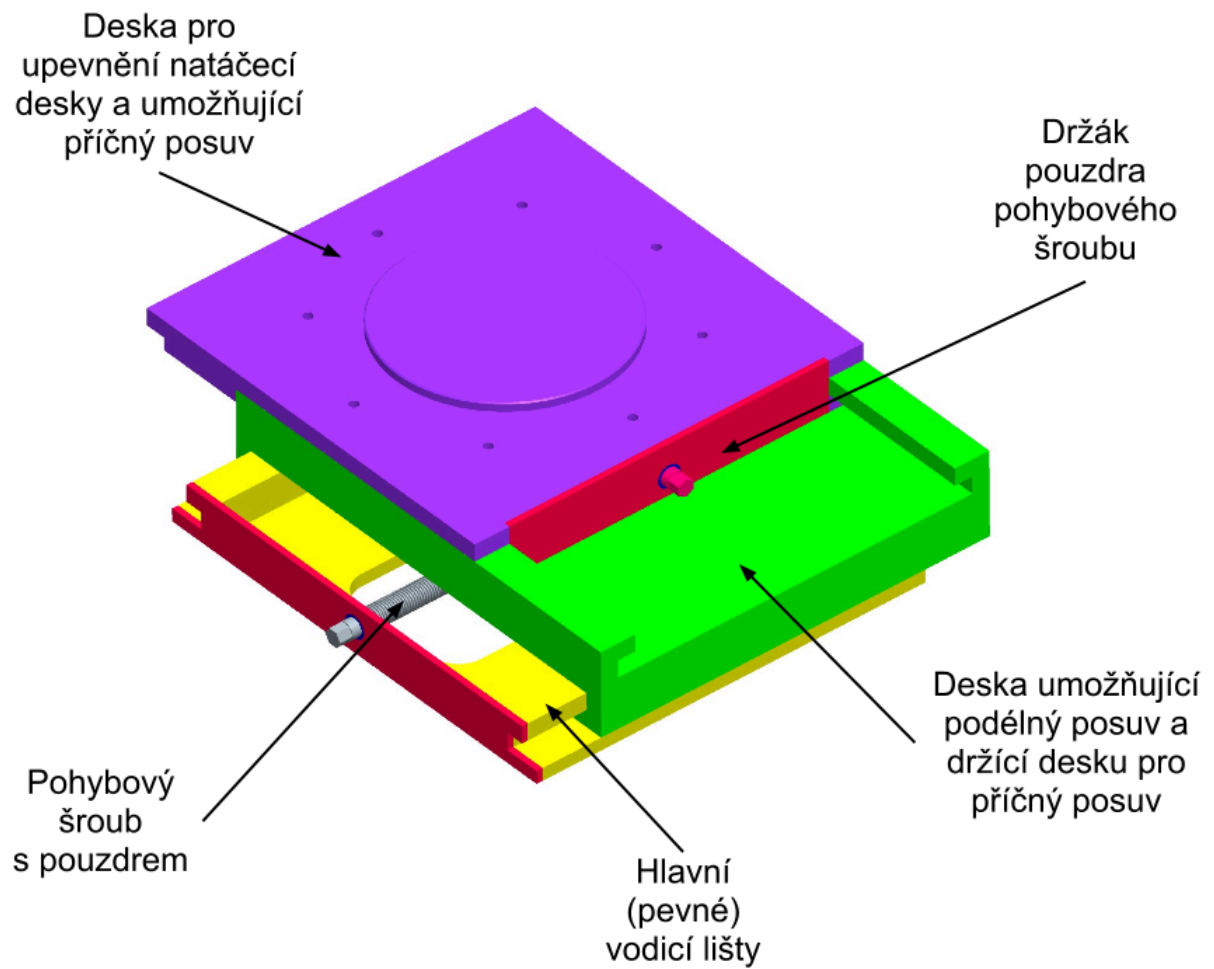
5.3. NÁVRH KONSTRUKCE RÁMU PRO PODÉLNÝ A PŘÍČNÝ POSUV

Konstrukce tohoto rámu může čerpat z konstrukce podélného a příčného posuvu u obráběcích strojů, kde pro každý směr je vždy pár vodicích lišt, po kterých jezdí saně. Přesnou polohu zaručují pohybové šrouby s lichoběžníkovým závitem. Otáčení pohybových šroubů může být provedeno demontovatelnou klikou.

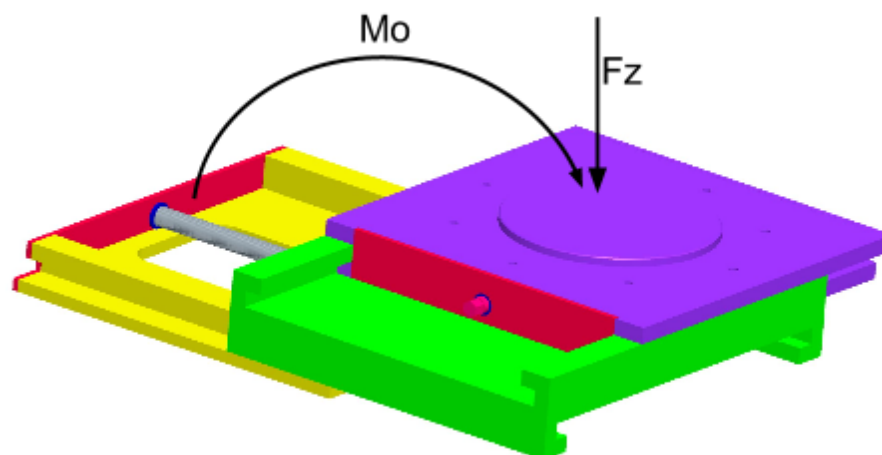
Statický adhezor může vyvodit max. 10 000 N radiální síly na pneumatiku. Pokud budeme uvažovat součinitel adheze⁴ $\mu_a = 1$, znamená to, že oba pohybové šrouby musí být schopny přenést také sílu 10 000 N.

Řešení podélného a příčného posuvu je znázorněno na obr. 34. Tato konstrukce je velice jednoduchá a osvědčená. Navíc umožňuje posuv i pod zatížením. Při rozloženém stavu by mohl vzniknout negativní ohybový moment způsobený zatíženou pneumatikou (obr. 35). To by mohlo nevhodně zatěžovat šrouby, které upevňují hlavní vodicí lišty. Proto musí být vodicí lišty delší, aby i při úplném vysunutí rámu byla nositelka zatěžující síly mezi vodicími lištami a ne mimo ně.

⁴ Součinitel adheze rovný jedné u pneumatik nemůže nikdy nastat. Maximální možný je okolo 0,9. Úmyslným zvýšením však dosáhneme větší bezpečnosti při dimenzování.



Obr. 34 – Posuvný rám v rozloženém stavu s popisem



Obr. 35 – Ukázka a vznik ohybového momentu

Při zatížení a pohybu rámu v jednotlivých směrech bude vznikat nemalá třecí síla. Její velikost lze snížit dostatečným mazáním třecích ploch, ne však na přijatelnou úroveň. I přes kvalitní mazání bude tato třecí síla výsledky měření značně zkreslovat. Proto se musí při vyhodnocení naměřených hodnot odstranit. Velikost této síly se vypočítá dle vztahu (1).

$$F_t = f \cdot F_N \quad (1)$$

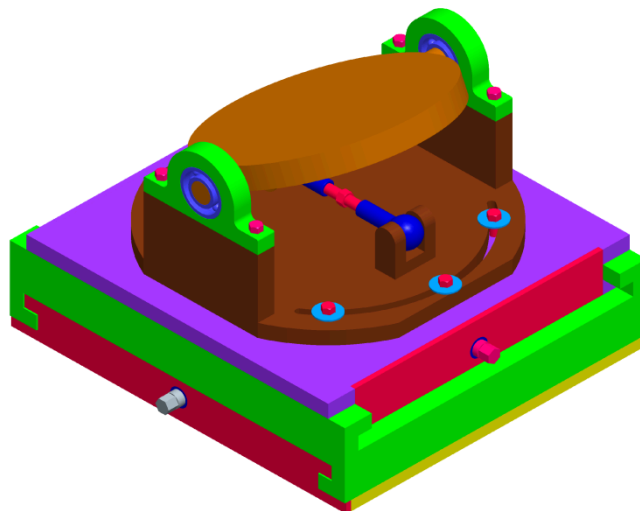
kde:

- F_t [N].....třecí síla
- f [1].....součinitel tření (závisí na mat. ploch, typu tření atd.)
- F_N [N].....normálová síla (svislá síla na posuvném rámu)

Takto vypočtená síla se musí při měření a vyhodnocování výsledků zohlednit. Příklady hodnot součinitelů tření jsou např. v [20].

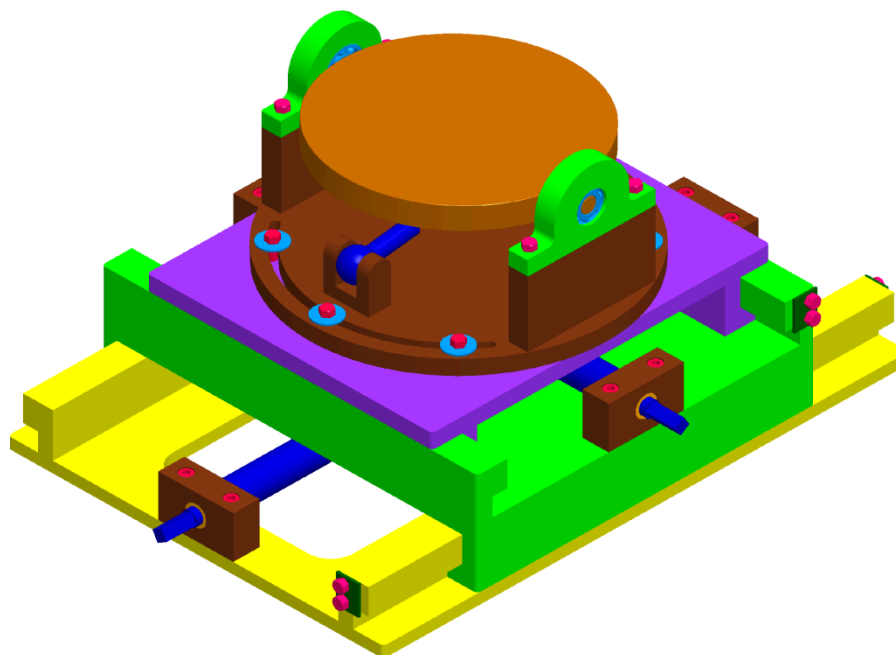
6. VYBRÁNÍ VHODNÉ VARIANTY

Pro nastavování úhlu byla vybrána varianta „škrticí klapka“. Kompletní sestava je na obr. 36.



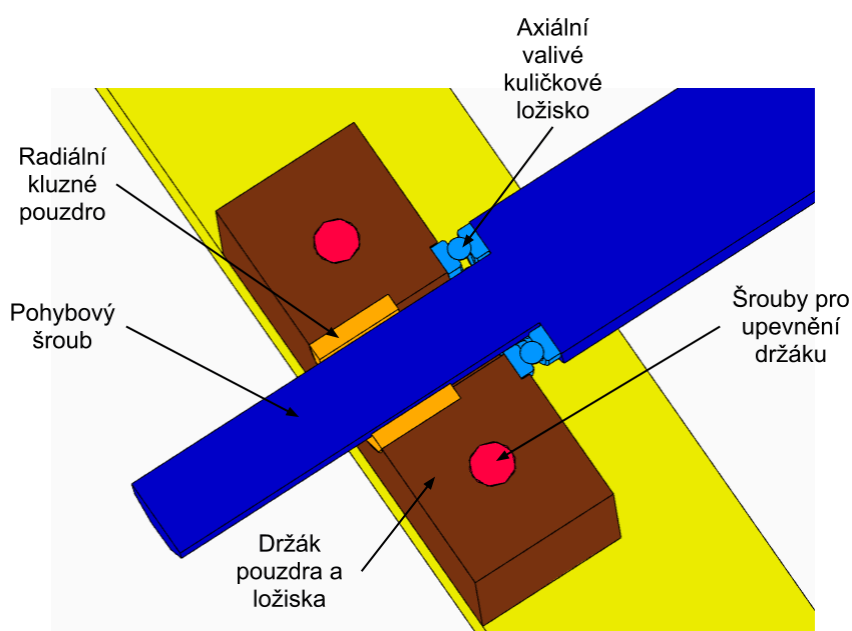
Obr. 36 – Celá sestava

Na obr. 36 ještě nejsou prodloužené hlavní lišty (hlavní vedení) ani uložení podložky na ložiscích s kosoúhlým stykem. Uložení pohybových šroubů zde není dobře řešené. Na obr. 37 je provedena optimalizace.



Obr. 37 – Kompletní sestava s optimalizací

Při optimalizaci došlo k prodloužení všech vedení. Konce vedení jsou opatřeny dorazy. Natáčecí rám je doplněn výztuhami. Uchycení pohybových šroubů je uzpůsobeno pro lepší montáž a demontáž. Pouzdra jsou doplněna kuličkovými axiálními ložisky (obr. 38). Zakončení pohybových šroubů umožňuje do budoucna doplnění sestavy krokovými elektromotory. Téměř ke všem třecím místům je dostatečný přístup, a proto je mazání možné provádět kdykoli a bez jakékoli demontáže dílčích částí. Jediné místo, kam se za provozu nedostaneme, je pod natáčecím rámem. Natáčecí rám je uložen otočně na čepu, a je zde tedy prostor pro umístění mazacího tuku. Mazání je tak zajištěno na dlouhou dobu. Další možností je uložení natáčecího rámu na axiální ložisko.



Obr. 38 – Uložení pohybových šroubů (řez)

6.1. NÁVRHY NA UMÍSTĚNÍ SNÍMAČŮ

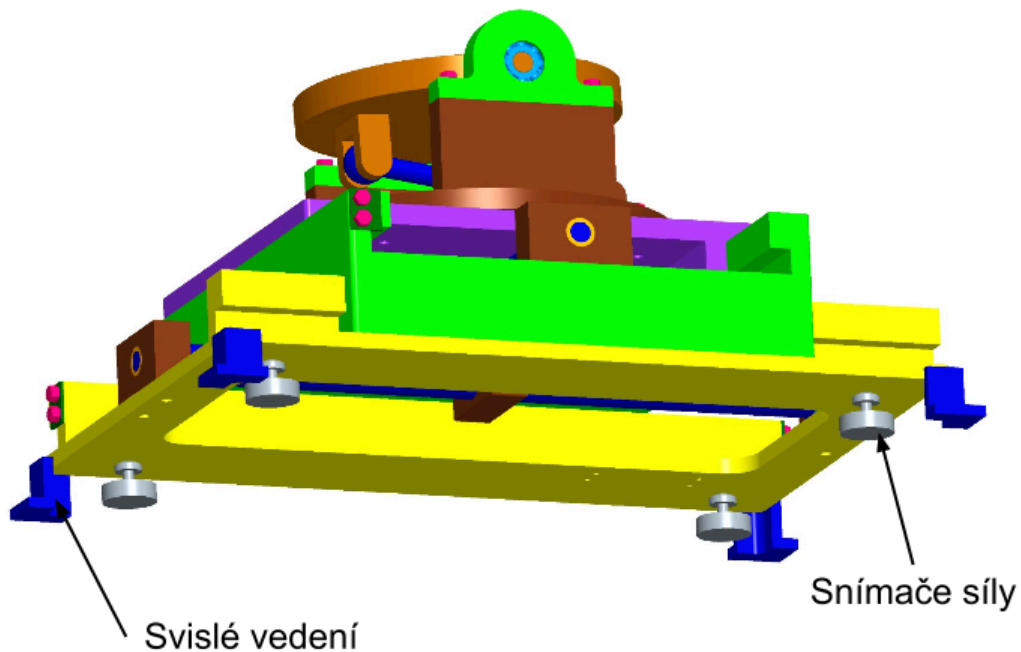
- Snímače síly

Z požadavků na podložku vyplývá, že je nutné snímat síly ve všech třech směrech. To znamená ve směru svislém, příčném a podélném.

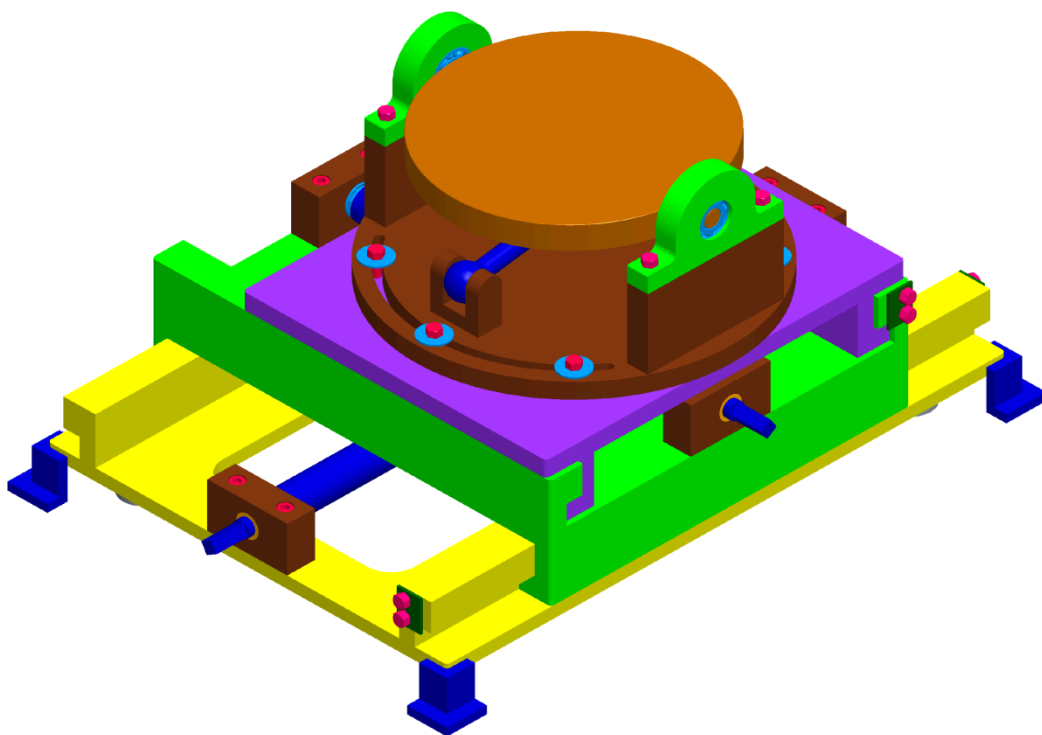
- Svislý směr

Pro snímání svislé síly je možné využít stejný typ snímače, jaký je používán v současné době. Je to snímač na obr. 24. Snímače je vhodné umístit pod hlavní podélné lišty. Je tedy potřeba vytvořit svislé vedení celé sestavy. Svislé vedení je nutné

z toho důvodu, aby na snímačích nedošlo k tečnému posunutí. Řešení je zobrazeno na obr. 39 a obr. 40. Svislé vedení je připevněno k nosné konstrukci statického adhezoru. Snímače síly se rovněž opírají o nosnou plochu adhezoru.



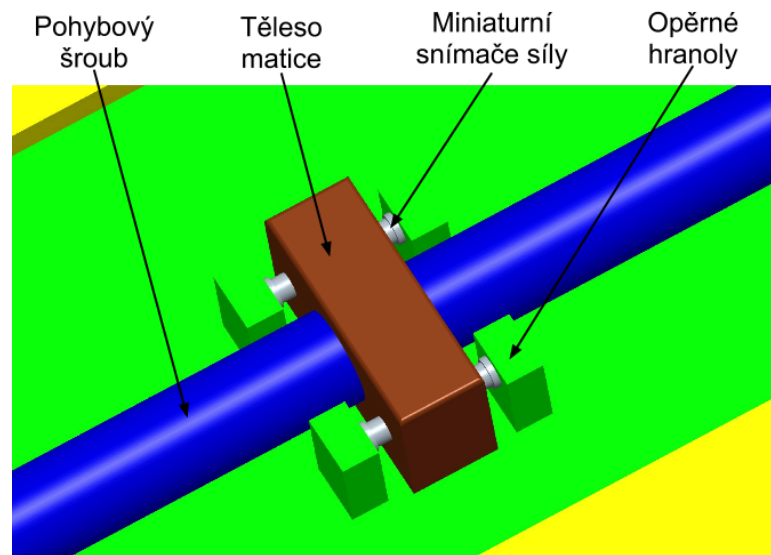
Obr. 39 – Sestava se snímači svislé síly a popisem



Obr. 40 – Sestava se snímači svislé síly

– Podélný a příčný směr

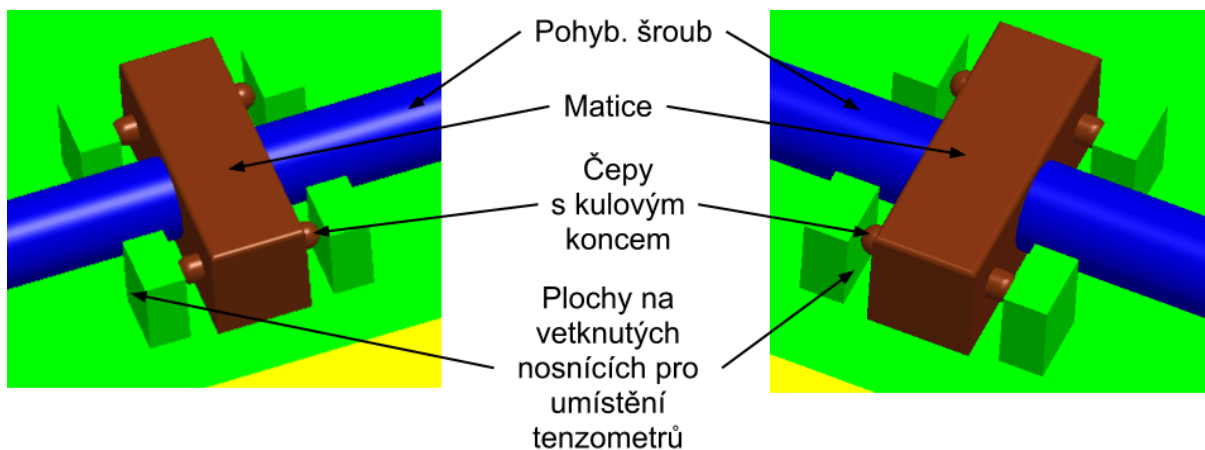
Pro zachycení sil v těchto směrech je vhodné využít pohybových šroubů a jejich matic. Na obr. 41 je vidět umístění miniaturních snímačů (přilepeny). Snímače jsou umístěny v ose šroubu a vždy dva po stranách šroubu, je to proto, aby nebyl šroub namáhán na ohyb. Na každé straně matice musí být použity dva, protože v každém směru jsou aktivní vždy jen ty na stejné straně. Matice je tedy uložena na pohybovém šroubu a k zamezení protáčení se opírá o plochu posuvné desky (příčné resp. podélné). Takovéto uspořádání potřebuje určitou vůli, a proto před každým měřením je nutné tuto vůli vymezit.



Obr. 41 – Umístění siloměrů u matic pohybových šroubů s popisem

Na jednu matici je tedy potřeba čtyř siloměrů. Matice jsou celkem dvě (příčný a podélný posuv), proto je nutných osm siloměrů. Cena jednoho siloměru je vysoká. Toto řešení je tedy velice drahé, ale z hlediska montáže nejjednodušší.

Levnější řešení, ale pracnější, spočívá ve vytvoření vlastního snímače pomocí tenzometrů. Miniaturní snímače by byly nahrazeny čepy s kulovým zakončením (obr. 42). Opěrné hranoly (obr. 41) jsou vlastně vetknuté nosníky. Ohybové napětí na nosníku je velice vhodné pro zapojení plného tenzometrického mostu. Zapojení s tenzometry jsou v [18].

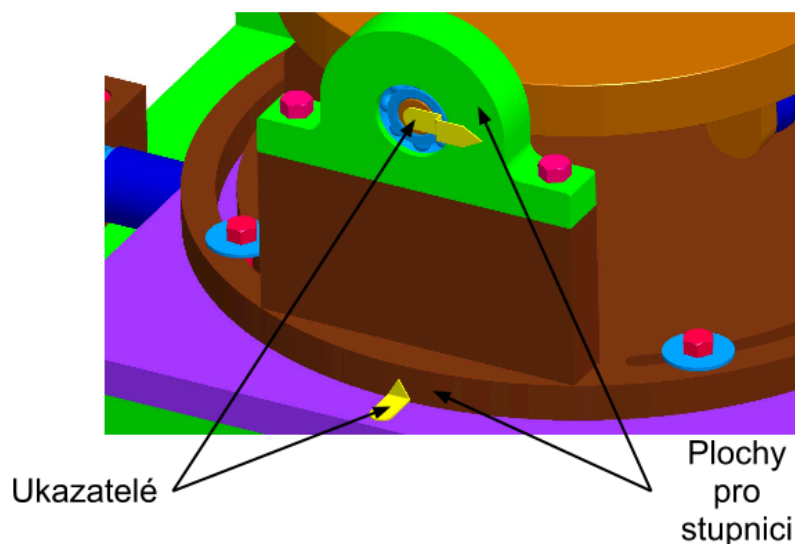


Obr. 42 – Umístění tenzometrů s popisem

Když se vezme v potaz instalace tenzometrů, je toto řešení značně složitější a pracnější, ale výsledná cena je nesrovnatelně nižší.

- Snímání úhlu

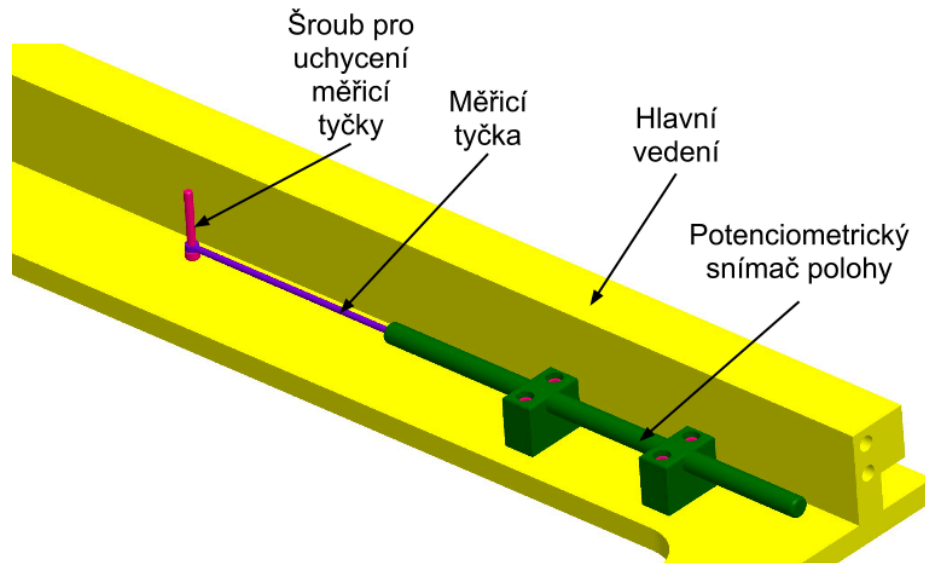
Pro snímání úhlu podložky postačí, vzhledem k tomu, že nastavení úhlu proběhne před zatížením, obyčejný úhloměr (obr. 43). Na vhodném místě se vytvoří stupnice (může být i nalepená) a ukazatel připojený k podložce ukáže nastavený úhel. Samozřejmě existují i možnosti úhloměrů s elektrickým výstupem, těmi je však možné doplnit sestavu kdykoli.



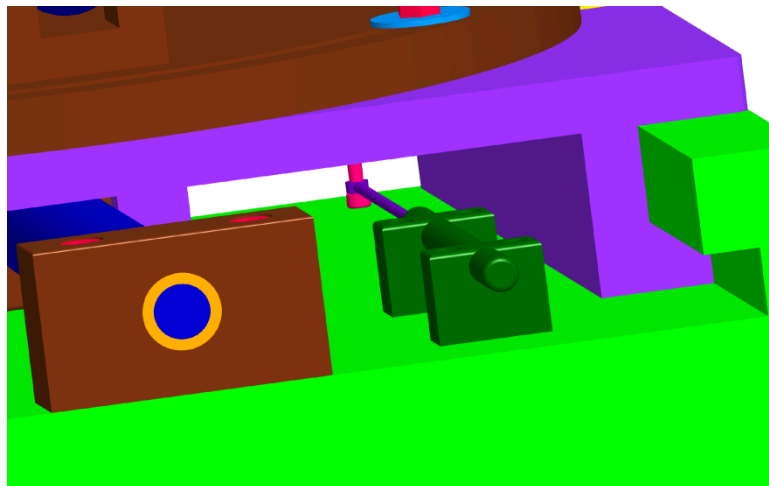
Obr. 43 – Umístění úhloměrů s popisem

- Snímače polohy

Pro měření radiální deformační charakteristiky, kdy je podložka ve vodorovné poloze, postačí snímač, který již statický adhezor obsahuje (obr. 26). Pro měření příčné a podélné polohy je možné využít digitální absolutní čítače. Ty zajišťují vysokou přesnost a spolehlivost, jejich cena je ale příliš vysoká. Proto pro měření polohy v těchto směrech postačí opět potenciometrický snímač. Jeho možná umístění jsou vidět na obr. 44 a obr. 45.



Obr. 44 – Možné umístění snímače polohy pro podélný směr s popisem



Obr. 45 – Možné umístění snímače polohy pro příčný směr

Pohledy na sestavu jsou v přílohách. V elektronické podobě práce obsahuje interaktivní 3D model, ve kterém lze nahlédnout na detaily sestavy a její jednotlivé části.

7. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRO PRAXI

V práci byla navržena konstrukce podložky pro statický adhezor. Byla vybrána varianta, která se jeví být vhodnou z pohledu konstrukčního řešení, výrobních možností a v neposlední řadě i z hlediska ekonomického. Nově navržená podložka splňuje všechny požadavky, které na ni byly stanoveny.

Z pohledu porovnání původního stavu se stavem novým lze konstatovat, že podložka si zachovává veškeré původní funkce a schopnosti z pohledu měření radiální deformační charakteristiky a otisku styčných ploch mezi pláštěm pneumatiky a podložkou.

Nová podložka vytváří další možnosti ve zkouškách pneumatik na statickém adhezoru. Je předpoklad, že podložka umožní měřit i další deformační charakteristiky, které byly dosud na statickém adhezoru komplikované, a to boční a obvodovou. Tím, že bude umožněno měřit kompletní deformační charakteristiky, bude možné stanovit všechny hodnoty tuhostí, a to radiální, obvodovou a boční.

Nová podložka umožní měření deformačních charakteristik při odklonu kola, jako je tomu v reálném provozu. Úhlové nastavení podložky umožní i testování pneumatik na nakloněné rovině.

Konstrukce celé sestavy je poměrně složitá, to ale vyplývá ze systému zatěžování. Je nutné snímat síly ve všech směrech. Bez snímačů polohy a úhlu by nebylo možné stanovit komplex deformačních charakteristik.

Ke konstrukčnímu návrhu byla vyhotovena základní technická dokumentace, a to pro její případnou výrobu. Doporučuji konstrukci dále ověřit numerickými výpočty, např. metodou konečných prvků, se zaměřením na exponované části podložky.

Do budoucna je možné sestavu podložky dále rozšiřovat a modernizovat. Vhodným doplňkem jsou např. krokové elektromotory pro otáčení pohybových šroubů. Další rozšíření spočívá ve vytvoření ozubení na obvodu natáčecí podložky. K tomuto ozubení by se přidal šnek. Vznikne šnekové soukolí, které umožní rovnoměrné natáčení natáčecího rámu. Vhodně umístěný snímač síly a posuvu by umožňoval zjišťování charakteristiky vratného momentu pneumatik a vratnou tuhost. Další možnou inovací je vytvoření nasazovací podložky čtvercového tvaru na stávající kruhovou, tím by bylo možné simulovat zatížení pneumatiky na silničním obrubníku. Zkoumání deformací pneumatik zatížených na obrubníku je dalším důležitým faktorem při zkoumání deformačních vlastností pneumatik jako celku.

Konstrukce nové podložky může přispět k lepšímu přiřazení pláštů pneumatik ke konkrétnímu vozidlu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. VLK, F. *Podvozky motorových vozidel*. 3. přeprac. rozšíř. a aktualiz. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc. 2006. ISBN 80-239-6464-X.
2. KRMELA, J. *Návrh výpočtového prostorového modelu radiální pneumatiky*. Česká třebová: 2004. Disertační práce. Univerzita Pardubice, Doprávní fakulta Jana Pernera.
3. DOČKAL, V. J. KOVANDA a F. HRUBEC. *Pneumatiky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01882-2.
4. OLIVÍK, P. Bezvzduchové pneumatiky. Budoucnost? [Pneumatiky bez vzduchu...] In: *AUTOREVUE.CZ* [online]. 17. 12. 2011 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/bezvzduchove-pneumatiky-budoucnost>
5. PREKOP, Š. a L. VÁRKOLY. *Gumárska technológia II*. Trenčín: GC Tech, 2003. ISBN 80-88914-85-X.
6. KRMELA, J. *Systémový přístup k výpočtovému modelování pneumatik I*. Brno: Tribun EU, 2008. ISBN 978-80-7399-365-8.
7. *Technologie výroby pneumatik BARUM CONTINENTAL ZLÍN* [online]. [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.vossost.cz/pk/Data/HTML/vyrobapneu.htm>
8. Mindestprofiltiefe von Reifen. www.reifen-felgen.org [online]. [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.reifen-felgen.org/profiltiefe.php>
9. Reifenbau - Wie entsteht ein Reifen? In: *Youtube* [online]. 7. 10. 2008 [cit. 2012-05-03] Kanál uživatele pmmagazin. Dostupné z: http://www.youtube.com/watch?v=qBNk5JBV-9c&feature=player_embedded
10. MÁLEK, M. *Konstrukce motocyklového pláště a formy*. Zlín: 2011. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/14831/m%C3%A1lek_2011_dp.pdf?sequence=1
11. JAN, Z. a B. ŽDÁNSKÝ. *Automobily 1: Podvozky*. 3. vyd. Brno: Avid, 2004.

12. Značení pneumatik. *Pneu mania* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.pneu-mania.com/znaceni-pneumatik/>
13. SVOBODA, J. *Teorie dopravních prostředků: Vozidla silniční a terénní*. 4. přeprac. vyd. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03005-9.
14. TOUFAR, P. *Vliv parametrů a vlastností pneumatik na jízdní dynamiku vozidel*. Brno: 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=44306
15. POŠTA, J. A. K. *Oprávenství a diagnostika II*. Praha: Informatorium, 2002. ISBN 80-86073-88-2.
16. MARCÍN, J. *Pneumatiky: výroba, použití, údržba*. Praha: SNTL, 1976.
17. Vše o pneumatikách. *A PNEU* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.apneu.cz/zna.html>
18. VLK, M. et al. Studijí opory: Experimentální mechanika. *Web ústavu mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně* [online]. 2003 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: http://www.umt-old.fme.vutbr.cz/_studium_/opory/Experimentalni_mechanika.pdf
19. Odporové snímače polohy spojité. *Automatizace - snímače* [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.snimace.xf.cz/>
20. BUREŠ, J. Součinitel smykového tření. *conVERTER* [online]. 2000-2007 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/smykove-treni.htm>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Pneumatika, plášť, kolo a duše.....	10
Obr. 2 – Typy kol dle provedení střední nosné části [1]	11
Obr. 3 – Požadavky na pneumatiky ([2] doplněno).....	11
Obr. 4 – Nová konstrukce pneumatiky firmy Bridgestone [4]	12
Obr. 5 – Hlavní oblasti pláště [5]	13
Obr. 6 – Běhoun [7]	13
Obr. 7 – Indikátor opotřebení [8]	14
Obr. 8 – Polyamidový nárazník [7]	14
Obr. 9 – Nárazník [7].....	14
Obr. 10 – Bočnice [7]	15
Obr. 11 – Ochranný patní pásek [7]	15
Obr. 12 – Výztužný pásek [7].....	16
Obr. 13 – Patkové jádro [7]	16
Obr. 14 – Patkové lanko [7]	16
Obr. 15 – Kostrová vložka [7]	17
Obr. 16 – Vnitřní guma [7].....	17
Obr. 17 – Základní typy plášťů podle stavby kordové vrstvy [6]	18
Obr. 18 – Deformace pneumatiky v čelním řezu [3].....	19
Obr. 19 – Deformace pneumatiky v osovém řezu [3]	19
Obr. 20 – Tvar dotykové plochy [3]	19
Obr. 21 – Schéma zatížení pneumatiky [3]	23
Obr. 22 – Zkoušky pneumatik jako celek [2]	24
Obr. 23 – Statický adhezor	25
Obr. 24 – Snímač síly a jeho umístění na statickém adhezoru	26
Obr. 25 – Ohybový snímač síly	27
Obr. 26 – Umístění starého snímače posuvu (vlevo) a nový snímač	27
Obr. 27 – Konstrukce natáčení podložky pomocí tří šroubů s popisem.....	30
Obr. 28 – Konstrukce natáčení podložky pomocí tří šroubů v prostoru.....	30
Obr. 29 – Konstrukce na principu pantu včetně popisu	31
Obr. 30 – Konstrukce na principu pantu, podložka ve vodorovné poloze	32
Obr. 31 – Konstrukce „škrtecí klapka“ s popisem	33

Obr. 32 – Konstrukce „škrticí klapka“	33
Obr. 33 – Podložka uložená na dvouřadém kuličkovém ložisku s kosoúhlým stykem	34
Obr. 34 – Posuvný rám v rozloženém stavu s popisem.....	35
Obr. 35 – Ukázka a vznik ohybového momentu	35
Obr. 36 – Celá sestava	37
Obr. 37 – Kompletní sestava s optimalizací.....	37
Obr. 38 – Uložení pohybových šroubů (řez)	38
Obr. 39 – Sestava se snímači svislé síly a popisem.....	39
Obr. 40 – Sestava se snímači svislé síly	39
Obr. 41 – Umístění siloměrů u matic pohybových šroubů s popisem.....	40
Obr. 42 – Umístění tenzometrů s popisem	41
Obr. 43 – Umístění úhломěrů s popisem.....	41
Obr. 44 – Možné umístění snímače polohy pro podélný směr s popisem.....	42
Obr. 45 – Možné umístění snímače polohy pro příčný směr	42

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – Radiální tuhost [3]	20
Graf 2 – Úplná radiální deformační charakteristika s vlivem tlaku huštění [3]	20
Graf 3 – Torzní tuhost pneumatiky [3]	21
Graf 4 – Torzní tuhost pneumatiky v závislosti na tlaku [3]	21
Graf 5 – Boční tuhost pneumatiky [3]	22
Graf 6 – Závislost boční tuhosti na tlaku huštění (rad. pneumat.) [3]	22
Graf 7 – Závislost boční tuhosti na tlaku huštění (diag. pneumat.) [3]	22
Graf 8 – Momentová tuhost pneumatiky [3]	23

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Přední pohled na celou sestavu

Příloha č. 2 – Levý pohled na celou sestavu

Příloha č. 3 – Horní pohled na celou sestavu

Příloha č. 4 – Isometrický pohled na celou sestavu

Příloha č. 5 – Isometrický pohled na sestavu v obecném nastavení

Příloha č. 6 – 3D model sestavy a jednotlivých dílů (**pouze v elektronické podobě**)

PŘÍLOHY

