

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Zkušební zařízení pro testování pneumatik silničních vozidel

Antonín Jílek, DiS.

Bakalářská práce

2014

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Antonín Jílek**
Osobní číslo: **D09589**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury**
Název tématu: **Zkušební zařízení pro testování pneumatik silničních vozidel**
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. Dělení pneumatik
 2. Význam zkoušek pneumatik s ohledem na provozní vlivy
 3. Přehled zkušebních zařízení
 4. Zhodnocení zkoušek pneumatik na statickém adhezoru, návrh možných inovací
 5. Závěry a doporučení pro praxi
-

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

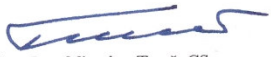
- [1] Krmela J.: Systémový přístup k výpočtovému modelování pneumatik I. Brno, Tribun EU, Česká republika: 2008, 102 s. ISBN 978-80-7399-365-8.
[2] Vlk, F.: Podvozky motorových vozidel, Brno, Česká republika: 2006, 3. vydání, ISBN 80-239.6464.X.
[3] Kolektiv autorů: Gumárska technológia II. Púchov, Matador, GC TECH, Slovenská republika: 2003, 374 s. ISBN 80-88914- 85-X.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Krmela, Ph.D.
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: 21. února 2014
Termín odevzdání bakalářské práce: 31. května 2014


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2014

Prohlášení autora

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, dokládám 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: 26. 5. 2014

Antonín Jílek

.....

Anotace

Práce obsahuje obecnou koncepci pneumatik, základní požadavky na pneumatiky s ohledem na zajištění bezpečnosti, přijatelné životnosti a komfortu při provozu, dále jejich výrobu a materiály použité při výrobě. Hlavním cílem této bakalářské práce je popis zkušebnictví pneumatik, zejména pak popsání metod a zkušebních zařízení pro dynamické zkoušky pneumatik silničních vozidel. Práce se zaměřuje na výrobu, materiály a zkušebnictví se zaměřením na provozní vlivy, konstrukci a životnost materiálů formou rešeršní studie. Dále obsahuje popis, zhodnocení a případné návrhy změn měření při zkouškách na statickém adhezoru.

Klíčová slova

Pneumatika, provozní vlivy, zatížení, životnost, statický adhezor

Title:

Anotation

The work contains a general conception of tyres, basic requirements for tyres with respect to provision of safety, acceptable service life and operating comfort, further it contains their production and material used in production. The main aim of the bachelor's work is to describe tyre testing, especially describing methods and testing device for dynamic examination of road vehicles tyres. The work describes the production, material and testing focused on operating influence, construction, material service life, etc. done in the research study. Further, it contains description, evaluation and possible suggestions of measuring changes done at the static adhesion examination.

Keywords:

Tyre, operating influence, load, service life, static adhesion

Poděkování

Poděkování za podporu během celého mého studia, hlavně v dobách zkouškových období patří mé rodině a přítelkyni, přátelům a spolupracovníkům za vytváření dobrých podmínek pro studium.

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce panu doc. Janu Krmelovi za obětavý přístup, věcné rady a trpělivou pomoc, díky které jsem mohl tuto práci dovést ke zdárnému konci.

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíl práce	10
3. Funkce pneumatiky.....	11
3.1 Rozdělení pneumatik dle konstrukce a využití	12
3.2 Označování pneumatik dle EHK – 30	13
3.3 Údaje a umístění označení na pneumatikách.....	14
3.4 Evropské značení pneumatik	15
3.5 Konstrukce pneumatiky	17
3.6 Technologie výroby pneumatik	18
3.7 Výstužné materiály používané pro zpevnění pneumatik	20
3.8 Operace při výrobě pneumatiky	21
4. Zkušebnictví pneumatik, význam zkoušek na provozní vlivy	23
4.1 Základní rozdělení zkušebnictví pneumatik	23
4.2 Statické zkoušky	26
4.3 Dynamické zkoušky.....	26
5. Zátěžové charakteristiky pneumatik	27
5.1 Druhy zažívacích sil.....	27
5.2 Části pláště	27
5.3 Deformace pneumatiky.....	28
6. Přehled vybraných zkušebních zařízení pro dynamické zkoušky.....	29
6.1 Dynamická bubnová zkušebna pneumatik IKA.....	29
6.2 Pásový zkušební stroj – vyvinutá společností A&D Technology.....	30
6.3 Zkušební zařízení pro zjišťování radiální únavy pneumatik STL	32
6.4 Zařízení pro zkoušky pneumatik zemědělských strojů Rom-300.....	33
6.5 Zkušební zařízení životnosti pneumatik China RTF-7.....	34
6.6 Lineární zkušebna dynamického zatížení pneu Altracon	35
6.7 Zařízení OD-LDT Altracon.....	37
6.8 Dynamický adhezor UPCE.....	39
7. Zhodnocení zkoušek na statickém adhezoru	40

7.1 Popis a funkce statického adhezoru	40
7.2 Popis zkoušky na statickém adhezoru	41
7.3 Nový statický adhezor UPCE	42
7.4 Návrh inovací statického adhezoru	43
8. Závěr a doporučení využitelné v praxi	45
Použitá literatura	47

Seznam obrázků

Obr. 1 - Rozdělení druhů pneumatik [1].....	12
Obr. 2 - Základní udávané rozměry pneumatiky [2].	13
Obr. 3 – tabulka indexu nosnosti pneumatik [16].....	15
Obr. 4 – rychlostní indexy pneumatik [16].....	15
Obr. 5 - Štítek značení výrobců pneumatik v EU [5]	15
Obr. 6 - Uspořádání kordových vláken radiálních a diagonálních pneumatik [2].....	16
Diagonální konstrukce	17
Obr. 7 - Základní konstrukce pneumatik [3].....	17
Obr. 8 - Rozdělení zkoušek [1].....	23
Obr. 9 – Směry zatěžování pneumatik.....	28
Obr. 10 – Části pneumatiky dle zatížení [3]	28
Obr. 11 - Deformace pneumatiky v čelním řezu [1].....	29
Obr. 12 – deformace v osovém řezu a tvar stykové plochy [7]	29
Obr. 14 - Pásový zkušební stroj společnosti AND [8]	32
Obr. 17 - Radiální zkušební zařízení RTF-7 [11]	35
Obr. 18 - Lineární zkušební zařízení pro dynamický otisk stopy [12].....	36
Obr. 19 - Zkušební zařízení OD-LDT při zkoušce [13]	38
Obr. 20 – Snímek pneumatiky v dynamickém adhezoru.....	40
Obr. 21 - Zatížená pneumatika v adhezoru	42
Obr. 22 - foto rozložení sil v dezénu	43

1. Úvod

Vynálezu kola předcházelo mnoho pokusů, jak si lidé chtěli ušetřit každodenní námahu při práci. Objev kola samotného přinesl mnoho všestranných využití. V dnešní době si již nelze dopravní prostředky prakticky bez kol vůbec představit. Dnešní bezdušové pneumatiky prošly dlouhým vývoje a inovacemi od tuhého dřevěného plného vozového kola sestaveného z dílů, posléze loukoťového, loukoťového s pryžovou obručí až po dnešní plněnou bezdušovou pneumatiku. Důležitými mezníky byly objevy pánů Goodyeara, který roku 1839 přišel na vulkanizaci kaučuku sírou, v roce 1845 si pan Robert Wiliam Thompson nechal patentovat hadici plněnou vzduchem a roku 1888 pak J. B. Dunlop dostal v Británii patent na pneumatiku plněnou vzduchem. [2]

Požadavky na pneumatiky vozidel se z důvodů zvyšování bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích, provozních rychlostí, dobré adheze, komfortu jízdy, nízkých odporů valení a životnosti stále zvyšují. Výrobci pneumatik proto hledají stále nové cesty, jak se vyvarovat defektů, špatným provozním vlastnostem a faktorům ovlivňujících bezpečnost, životnost a spolehlivost pneumatik v provozu. Při výrobě se využívají metody zkušebnictví pneumatik, tak i zkoušky samotných plášťů pneumatik. Ke zvyšování kvality se využívá hojně softwarových výpočtových 3-D modelů, napětíových analýz a moderních testovacích zařízení. Metody provádění a vyhodnocování zkoušek jak statických, tak dynamických budou v této práci dále rozvedeny. Již na začátku by měla být zmíněna důležitost zkoušek pro odhalování skrytých výrobních vad pneumatik. Díky těmto zkouškám se vady plášťů pneumatik včas odhalí a eliminují se tak následky defektu pneumatiky a ohrožení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích.

2. Cíl práce

Cílem této práce je provést zhodnocení zkoušek pneumatik na statickém adhezoru a navrhnout možné inovace tohoto zkušebního zařízení.

K dosažení cíle je třeba:

- shromáždit podklady a vypracovat rešeršní studii k zadané problematice
- popsat druhy, kategorie, konstrukce a způsoby zatěžování pneumatik silničních vozidel v provozu a zohlednit tyto způsoby zatěžování při zkouškách
- definovat důvody provádění zkoušek pneumatik, zjištění přínosů zkoušek a hodnotit zkoušky na statickém adhezoru
- navrhnout možné inovace tohoto zkušebního zařízení

3. Funkce pneumatiky

Základními provozními požadavky na pneumatiky kromě dokonalého styku s vozovkou je vedení směru, únosnost zatížení, tlumení, nízký odpor valení, dostatečný přenos výkonu a přijatelná životnost.

Vedení směru - pneumatika musí přesně vést vozidlo a držet stopu aby nedošlo ke ztrátě stability vozidla a zhoršení komfortu jízdy. Pneumatika musí přenést i příčné síly, aby bylo zajištěno vedení vozidla po správné trajektorii pohybu.

Únosnost zatížení – svojí konstrukcí musí pneumatika přenést zatížení při klidovém stání vozidla, ale i při ostatních provozních podmínkách (akcelerace, brzdění...)

Tlumení – pneumatika musí plnit funkci primárního tlumení při nájezdu na nerovnost vozovky (malou překážku). Musí mít při správném tlaku určitou elasticnost. Je tím nastaven komfort jízdy. V historii tento požadavek nemohl být splněn – dáno konstrukcí plných kol později koly obručovými (dokonale tuhými).

Valivý odpor – s valivým pohybem je úzce spjat valivý odpor, který zvyšuje spotřebu paliva (vyšší provozní náklady), a tím spojené emise výfukových plynů.

Přenos výkonu – přenos hnací a brzdě síly při styku s vozovkou vhodným dezénem.

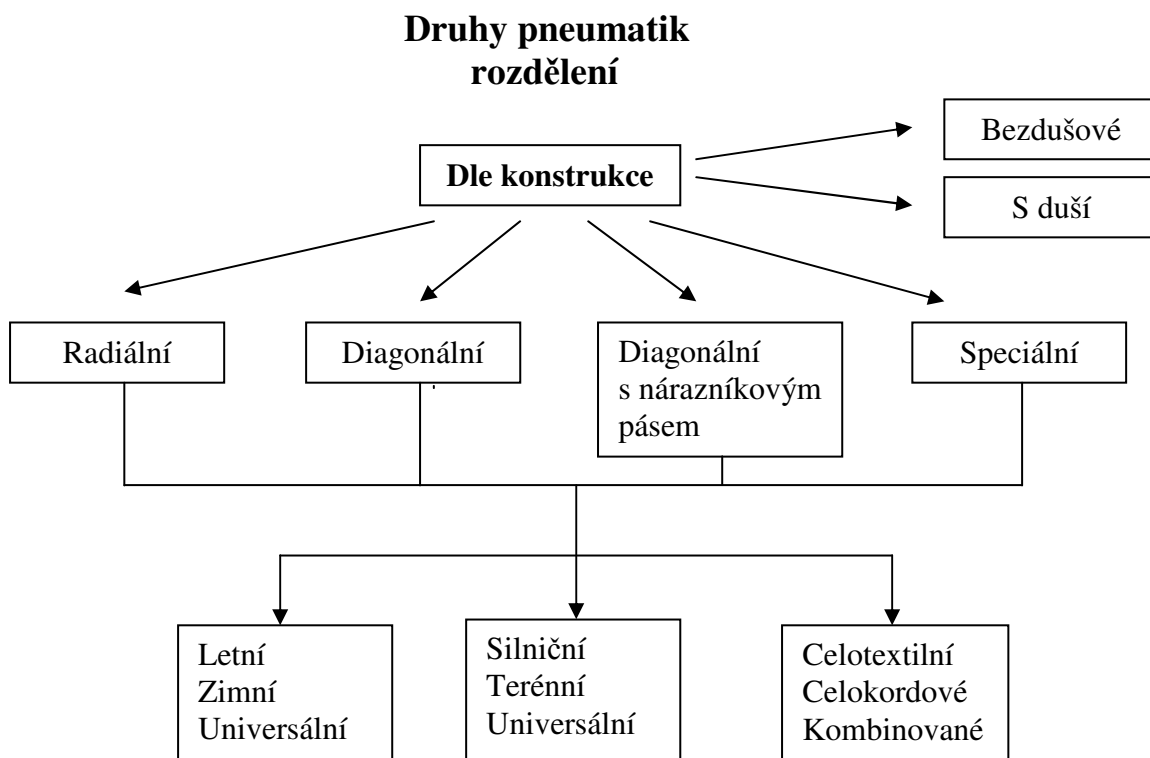
Životnost – vhodným složením pryží je dosaženo vysoké životnosti při optimálním opotřebením. Životnost je ovlivněna správným plnicím tlakem pneumatiky (vliv na tvar a velikost styčné plochy s vozovkou, rozložení tlaků v různých místech pneumatiky při kontaktu s podložkou).

Hlavní požadavky na kola s pneumatikami jsou:

- nízká hmotnost, vysoká pevnost, statická a dynamická vyváženost
- vhodné deformační charakteristiky, dobré tlumení nerovností, nízká hlučnost a valivý odpor, dobrá odolnost proti opotřebením a nízká hladina hluku při provozu
- vysoká životnost
- schopnost protektorování a recyklace, přijatelná cena

3.1 Rozdělení pneumatik dle konstrukce a využití

Pneumatiky, respektive pláště pneumatik rozdělujeme jako složitou kompozitní sestavu a dělíme je hned podle několika hledisek (obr. 1):



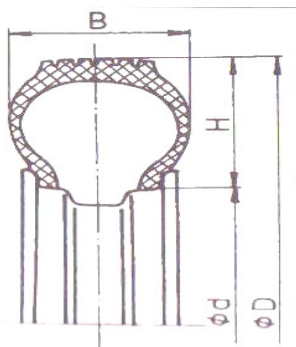
Obr. 1 - Rozdělení druhů pneumatik [1]

Rozdělení pneumatik **dle způsobu použití** pro:

- osobní automobily
- nákladní automobily, autobusy a přívěsy
- sportovní
- užitková vozidla, pracovní a zemědělské stroje a traktory, speciální pracovní stroje
- vojenská vozidla
- civilní a vojenská letadla
- motocykly, mopedy
- jízdní kola
- invalidní vozíky [1]

3.2 Označování pneumatik dle EHK – 30

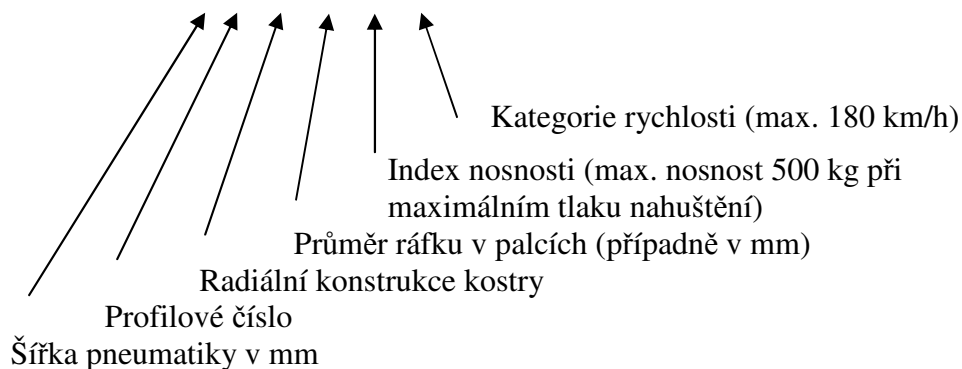
Základními hodnotami při označování pneumatik jsou (obr. 2):



B – šířka profilu pneumatiky v nezatíženém stavu
H - výška profilu pneumatiky
d- průměr ráfku

Obr. 2 - Základní udávané rozměry pneumatiky [2].

Příkladem uvedu označení 185/75 R14 84 S [2]



$$\text{Profilové číslo pneumatiky} = (H/B) \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

Profilové číslo, dle vzorce (1) udává poměr výšky pneumatiky k její šířce. S ohledem do historie motorismu se dnes pozvolna přechází k pneumatikám s větší styčnou plochou a únosností – pneumatikám s nižšími profilovými čísly pro náhradu dvoumontáží.

Výhody pneumatik s nižšími profily: těžiště vozidla je umístěno níže, pneumatika drží dobře směr lepší přenos sil, ovladatelnost, přilnavost na suchu. Nevýhodami jsou kvůli větší ploše styku horší odolnost proti aquaplaningu, větší aerodynamický odpor, zhoršení komfortu jízdy a větší hlučnost.

U pneumatik pro nákladní automobily navíc:

index nosnosti (obr. 4) označován např. 154/149 – index nosnosti je uváděn pro použití kola samotného/dvoumontáží. Starší způsob označení PR (ply rating) vyjadřuje pevnost kostry odpovídající příslušnému počtu bavlněných vložek (skutečný počet ocelových výztuží je obvykle nižší). Např. 8PR, 10PR, 12PR... až 18PR. [2]

3.3 Údaje a umístění označení na pneumatikách

Na bočnicích pneumatik výrobce vždy značí základní parametry a vlastnosti pneumatiky (Příloha č. 1):

- (1) poloha identifikátoru opotřebení (TWI);
- (2) výrobce
- (3) upozornění vhodnosti využití pro zimní období
- (4) označení profilu
- (5) označení pro bezdušové použití
- (6) relativní očekávaná životnost podle testů v USA (180 = 180%)
- (7) hodnocení brzdné schopnosti za mokra (A, B nebo C dle testů)
- (8) hodnocení tepelné odolnosti při vyšších rychlostech
- (9) označení velikosti
- (10) bezpečnostní upozornění pro montáž nebo použití
- (11) radiální konstrukce
- (12) počet a materiál vrstev ve středu běhounu a boku pneumatiky
- (13) homologační značka
- (14) interní kód výrobce
- (15) maximální přípustné zatížení a max. přípustný tlak v pneumatice
- (16) značka DOT dle směrnic amerických dopravních úřadů
- (17) kód DOT pro výrobní závod, velikost a provedení pneumatiky
- (18) datum výroby (zde 37. výrobní týden v roce 1992)
- (19) označení velikosti
- (20) země původu

Další uváděné značení pneumatik:

TUBELES (tl) - bezdušové provedení

TUBE TYPE (tt) – provedení s duší

REGROOVABALE - konstrukce pneumatiky povoluje dodateční prohlubování dezénových drážek

MAX LOAD – maximální nosnost pneumatiky (single) a dvou pneumatik vedle sebe v dvoumontáži (dual) v kg při maximálním tlaku huštění v kPa za studena

SIDEWALL PLY STEEL – složení pláště v oblasti boku a koruny

TREAD 5 PLIES – oblast koruny 5 ocelových vložek

E8 xx xxx – homologační znak a číslo homologace (E8 udává homologační znak ČR)

LHR – zvýšená odolnost proti průrazu

Rf = Reinforced - zesílená kostra

RFT, případně jiné – dojezdové pneumatiky (dojezd bez nahuštění až 80 km a rychlosti do 80km/h)

regumerat, retread – protektor

M + S = Mud and Snow (bláto a sníh) – pneumatika pro zimní provoz

Inside, outside – označení vnitřní a vnější strany pneumatiky s asymetrickým dezénem

MFS – pneumatika s ochranou ráfku při poškození pneumatiky

LI – index nosnosti, Rf (rainforced) – zesílená konstrukce pro větší únosnosti

XL (extra load) – zvýšený nosnostní index – vhodné pro těžší vozidla (obr. 3) [2]

Li	kg	Li	kg	Li	kg	Li	kg	Li	kg
50	190	65	290	80	450	95	690	110	1060
51	195	66	300	81	462	96	710	111	1090
52	200	67	307	82	475	97	730	112	1120
53	206	68	315	83	487	98	750	113	1150
54	212	69	325	84	500	99	775	114	1180
55	218	70	335	85	515	100	800	115	1215
56	224	71	345	86	530	101	825	116	1250
57	230	72	355	87	545	102	850	117	1285
58	236	73	365	88	560	103	875	118	1320
59	243	74	375	89	580	104	900	119	1360
60	250	75	387	90	600	105	925	120	1400
61	257	76	400	91	615	106	950	121	1450
62	265	77	412	92	630	107	975	122	1500
63	272	78	425	93	650	108	1000	123	1550
64	280	79	437	94	670	109	1030	124	1600

Obr. 3 – tabulka indexu nosnosti pneumatik [16]

SS – rychlostní index pneumatik (obr. 5)

Symbol	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	H	V	W	Y	ZR
Max. rychlost [km/h]	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	240	270	300	>240

Obr. 4 – rychlostní indexy pneumatik [16]

3.4 Evropské značení pneumatik

Výrobci používají dle nařízení EU mimo rozměrového značení také štítky informující o základních vlastnostech pneumatik (obr. 5):

The diagram illustrates the EU tire label with three main categories:

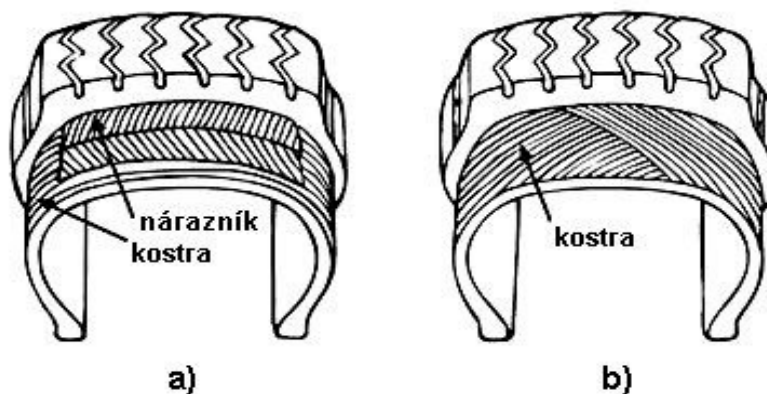
- Fuel Efficiency:** A scale from A (green) to G (red) with a fuel pump icon. A tire is shown with a 'C' rating.
- Wet Grip:** A scale from A (green) to G (red) with a wet road icon. A tire is shown with a 'C' rating.
- Noise:** A scale from 65 dB to 75 dB with a speaker icon. A tire is shown with a '72 dB' rating.

Additional icons on the right side of the diagram include a fuel pump, a wet road, and a speaker, each corresponding to the categories above.

Obr. 5 - Štítek značení výrobců pneumatik v EU [5]

Pneumatiky radiální a diagonální konstrukce

Dle směru kladení vrstev výstužných materiálů dělíme pneumatiky na radiální a diagonální (obr. 6)



a) radiální; b) diagonální uspořádání

Obr. 6 - Uspořádání kordových vláken radiálních a diagonálních pneumatik [2]

Radiální konstrukce

základní kordové tkaniny jsou uloženy ve směru kolmém na osu pneumatiky. Na koruně pneumatiky je tkanina zakončena vrstveným pásem koruny skládajícím se z několika vrstev doplněnými ocelovými nárazníky. Ty jsou na sebe vrstveny tak, aby se vzájemně překrývaly v různých směrech (obr. 6a).

U radiálních pneumatik se často využívá ocelových kordů zajišťujících jejich vysokou mechanickou pevnost. Při kombinaci textilních kordů s ocelovým nárazníkem výrobci značí tyto pneumatiky jako „steel“ a pouze ocelové jako „al steel“. Bočnice je měkká, ale dostatečně pevná. Zajišťuje tak dobrý útlum při nájezdu na nerovnost ale i dostatečnou pevnost pro přenesení příčných a odstředivých sil. Nepřekrývají se tu vrstvy tkaniny, jako u pneumatik diagonálních a nedochází k zahřívání. Styčná plocha v příčném směru je při ideálním nahuštění stále stejná, při velkém zatížení se mění pouze ve směru podélném. Přenos síly je tak ideálně zajištěn celou šířkou běhounu.

Diagonální konstrukce

U diagonálních pneumatik jsou kordové tkaniny uloženy vůči ose pneumatiky pod úhlem (bývá 30 – 40°). Počet vrstev záleží na rozměru a únosnosti pneumatiky. Svou konstrukcí mají diagonální pneumatiky vyšší tuhost bočnic a poddajnější běhoun, což je výhodné zejména při jízdě v terénu. Mají ale v porovnání s radiálními pneumatikami vyšší valivý odpor a rychleji se opotřebovávají.

Přeložením jednotlivých tkanin pod úhlem se má pneumatika při jízdě tendenci nepatrně zužovat a rozšiřovat (obr. 6b), dochází tím k energetickým ztrátám a v dlouhodobém důsledku ke zkracování životnosti pneumatiky. V nezátíženém stavu má diagonální pneumatika při kontaktu se zemí kulatý, mírně elipsovitý tvar. Po zatížení se postupně zplošťuje. Čím je zatížení větší, tím více jsou krajní části běhounu tlačeny k zemi, zatímco střed běhounu je naopak od povrchu oddalován. To má za následek snížení celkové přilnavosti.

3.5 Konstrukce pneumatiky

Každá pneumatika je vyrobena složitým technologickým postupem z těchto základních (obr. 7) :



Obr. 7 - Základní konstrukce pneumatik [3]

1 Vnitřní guma je vrstva vzduchotěsné syntetické pryže plnící funkci duše, které se dříve u starších konstrukcí pneumatik používaly pro plnění vzduchem.

2 Kostra pneumatiky je složená z vrstvených textilních či kordových vláken zalitých do pryže. Slouží, jako nosný prvek. Každé vlákno dokáže odolávat zatížení až 15 kg a tím

zajišťuje dostatečnou odolnost vůči tlaku při zatížení vozidla. Podle koncepce vrstev výstužných materiálů rozlišujeme pneumatiky na radiální a diagonální.

3 Patka pláště slouží k přenosu točivého momentu motoru a brzdění z ráfku pneumatiky přes pneumatiku na vozovku. Je složena z několika částí spojených pryží. Každá část patky má svůj význam pro zpevnění, a přenos síly z ráfku na pneumatiku.

4 Patní lana pro vyšší únosnost patky. Díky vysoké pevnosti zaručují bezpečné spojení patky s ráfkem a zajišťují konstantní obvod dosedací plochy patky na ráfek.

5 Pryžové bočnice chrání pneumatiku proti nárazům (nárazům o obrubníky, výmoly atd.)

6 Nárazníky jsou ocelová vrstvená lanka spojená s vrstvami pryže přilepené k sobě a ploše běhounu pod úhlem 60°. Musí zachycovat obvodové a příčné síly, tlumí nárazy od vozovky. Umístěním pod běhounem chrání pneumatiku proti průrazu.

7 Běhoun - tvarem dezénu zajišťuje odvod vody mezi styčnou plochou a vozovkou pro dobrý kontakt pneumatiky s vozovkou. Použitá pryž musí mít dobré vlastnosti proti oděru (malé opotřebení), proti průrazu, tvarem musí zajistit dobrý přenos hnací sil a odvod vody.

3.6 Technologie výroby pneumatik

Samotná technologie a technologický postup při výrobě pneumatik jsou velice důležitými faktory, které ovlivňují vlastnosti pneumatik při jízdě a jejich životnost. Složení směsi a konstrukčních prvků pneumatik je základem provozních a funkčních vlastností pneumatiky.

Suroviny pro výrobu

Z 80% hmotnosti se pneumatika skládá z přírodní a syntetické pryže, další přísady nezbytné pro spojení a požadované vlastnosti směsi pro výrobu jsou olej, použitý jako změkčovadlo, technické saze pro získání černé barvy a další zpevňovací materiály, vulkanizační aktivátory a retardéry a pomocné ztužovadla a antidegradační látky.

Přírodní složkou jsou kaučuky. Jsou to makromolekulární elastomery (látky, které se po deformaci vrací do původního stavu) získávané z kaučukodárných dřevin druhu Hevea

brasiliensis uměle pěstovaných na plantážích v subtropickém podnebí v Jižní Americe, jihovýchodní Asii a Africe. Nařezáváním kůry těchto dřevin z nich vytéká na povrch přírodní latex, který obsahuje částice kaučuku. Vysrážením za pomoci kyseliny mravenčí se z tohoto produktu separuje složka, kterou jde za použití dalších technologií využít k přípravě přírodní pryže. Pro výrobu je však nutné tyto přírodní složky kombinovat se složkami syntetickými z důvodu menší ekonomické náročnosti. Přesné ložení pryží použitých na jednotlivé části pneumatiky bývá know-how jednotlivých výrobců a je přísně utajované. Je však vždy podrobena přísným jakostním normám. Složení směsi pro výrobu je závislé na konkrétním použití pneumatik a prostředí, ve kterém budou pneumatiky provozovány (např. letní, zimní směsi, směsi pro závodní speciály případně lesní a zemědělské stroje, atd.). Pro jednotlivé části pneumatiky jsou použity pryže rozdílného složení. Při směšování a míchání surovin se celá směs zahřívá na teplotu cca 120 °C, aby došlo k důkladnému spojení jednotlivých složek.

Průměrně se v procentuálním objemovém množství každá pneumatika skládá ze 48 % kaučuku, 36 % doplňkových přísad – aditiv, technických sazí, 16 % výstužných materiálů – kordů a patních lan v závislosti na druhu pneumatiky (účelu využití). [4]

Nejdůležitější přísady využité ve směsi pro dosažení požadovaných vlastností

Při výrobě pneumatik je použito hned několik složek, které zdokonalují vlastnosti pryže:

- **Saze** – svou schopností vázat se na molekuly kaučuku se využívají z několika důvodů. Pryže po smísení se sazemi dostávají specifickou černou barvu, získávají tím pevnost, požadovanou tvrdost a odolnost proti zahřívání a opotřebením. Objemově saze tvoří cca 25% složení pryže pneumatiky. Synteticky získáváme tzv. retortové saze spalováním par olejů ve speciálních pecích.
- **Silika** – báze oxidu křemičitého se mísí se sazemi pro zimní směsi. Pryže s obsahem siliky tvrdnou až při nízkých teplotách, jsou tedy velice vhodné pro běhouny zimních pneumatik
- **Antidegradanty** – látky používané pro ochranu pryže vůči stárnutí způsobované zejména působením vzdušného ozonu tzv. antioxidanty a antiozonanty. Stárnutí pryže má za důsledek zhoršení adhezních vlastností, proto je nutné tomuto jevu předcházet. Hlavní složkou antidegradantů je parafín, získávaný jako druhotný produkt z uhlovodíkových složek při odparafinování olejů.

- **Složky pro podpoření vulkanizace** – nejpoužívanější složkou je síra a pryskyřice pro zvýšení lepidlosti jednotlivých složek. Hojně používaným aktivátorem vulkanizace je oxid zinečnatý označovaný jako zinková běloba. Při vulkanizaci tím pak pryže tvoří síťovou strukturu. Pro dosažení požadované doby operace vulkanizace se používají při výrobě tzv. *urychlovače a retardéry vulkanizace*.
 - **Změkčovadla** – využíváné pro získání požadovaných vlastností pryže. Používají se specifické druhy minerálních olejů – pryž tím při vulkanizaci získává pružnost a tažnost. Olejové složky se též nazývají termínem *plnidla*
 - **Ztužující přísady** – zejména již zmiňovaná síra, silika a saze.
- Všechny tyto složky se mísí dohromady za teploty až 120 °C a dostáváme pryž požadovaných vlastností podle druhu použití. [4]

3.7 Výstužné materiály používané pro zpevnění pneumatik

Obecně se výstužné materiály používané pro zpevnění konstrukce pneumatik nazývají kordy. Použité materiály musí mít požadované vlastnosti: vysokou pevnost, rozměrovou stálost, dobrou teplotní vodivost a dobrou odolnost proti oděru, únavě porušení a šíření trhlin. Kordy mohou být složeny z různých materiálů, například z bavlny, celulózy (dříve dnes už se nevyužívá), polyesteru, nebo je možné jako kordy využít spletené drátěné ocelové sítě, či aramidové kordy.

Jaký materiál bude použit při výrobě, rozhodují provozní požadavky daného typu pneumatiky a vlastnosti, které od pneumatiky požadujeme:

Bavlněné vlákno – pro své vlastnosti a poměrně nízkou pevnost se bavlněné plátina v dnešní době používají jen u plášťů jízdních kol.

Polyamidová vlákna – vykazují dobrou odolnost proti ohybu, vysokou pevnost a elastické vlastnosti. Ve srovnání s ostatními „plastovými“ vlákny mají ale nižší teplotu měknutí.

Aramidová vlákna – (aromatické polyamidy) mají dobrou tepelnou vodivost, rozměrovou stálost a vysokou pevnost.

Polyester – velmi často využívaný materiál pro své dobré vlastnosti – dobré tepelné stabilitě vysoké pevnosti a dobré odolnosti chemickým vlivům se hojně využívají jako kordy

pneumatik osobních automobilů. Ke zlepšení přilnutí pryže k vláknům a zlepšení adheze mezi výstužnými kordovými vlákny a pryžovou směsí je nutné vlákna impregnovat. K tomuto účelu se využívají epoxidy nebo izokyanáty.

Ocelové kordy – zejména se využívá nerezových ocelí díky své dobré chemické korozivzdornosti, pevnosti a rozměrové stálosti. Většinou se využívají dráty průměru 0,15 mm splétané do sítí v nárazníkových páslech radiálních pneumatik, nebo i v kostrách pneumatik pro vysoké zatížení označovaných „All Steel“. Pro zlepšení přilnutí kaučukové matrice se musí na ocelové dráty nanést povlaková vrstvička mosazi.

Ocelových drátů se využívá také pro výrobu patních lan. [1] [4]

3.8 Operace při výrobě pneumatiky

Pneumatiky se vyrábí technologií vulkanizace za vysoké teploty a tlaku:

- pro výrobu pneumatiky se nejdříve vyrobí všechny komponenty (textil, ocelové pásy lana) které je před samotnou vulkanizací zapotřebí povrchově upravit a pogumovat. Při výrobě je použito 10 – 30 komponent, dle druhu využití pneumatiky.

Postup při výrobě pneumatik:

- umístění komponent do stroje – vrstvení jednotlivých částí kostry pneumatiky v přesném pořadí za dodržení podmínek se kladou jednotlivé části (patní lana pruhy pryže, kordy) – vznikne surový polotovar kostry pláště.

- do kostry pneumatiky obepnuté pásovým celkem je vháněn vzduch pod tlakem, kostra se vyboulí a vznikne polotovar pneumatiky.

- zahříváním polotovarů ve vytápěném lisu je polotovar podrobený vulkanizaci. Vulkanizace je chemický proces trvající několik minut vyvolaný ve složkách pryží pro spojení jednotlivých částí pneumatiky.

- vysokým parním tlakem je pneumatika zavedena po profilované formy umístěné v lisu, za vysoké teploty a tlaku vznikne při vulkanizaci dezén pneumatiky a popisky na bočnicích pneumatik. Touto operací je pneumatice dána konečná podoba i rozměry. [2]

- přezkoušení pneumatiky

- vizuální kontrola odhalí vady na povrchu pneumatiky

- strojová kontrola – kontrolovány rozměry, radiální a boční házivost, zkouška udržení požadovaného tlaku ...

- vybrané kusy z každé série vyrobených pneumatik podléhá dalšímu zkušebnímu procesu pro zjištění jakosti a požadovaných parametrů výrobku, například prozařováním rentgenovým paprskem pro zjištění vnitřních vad, atd.

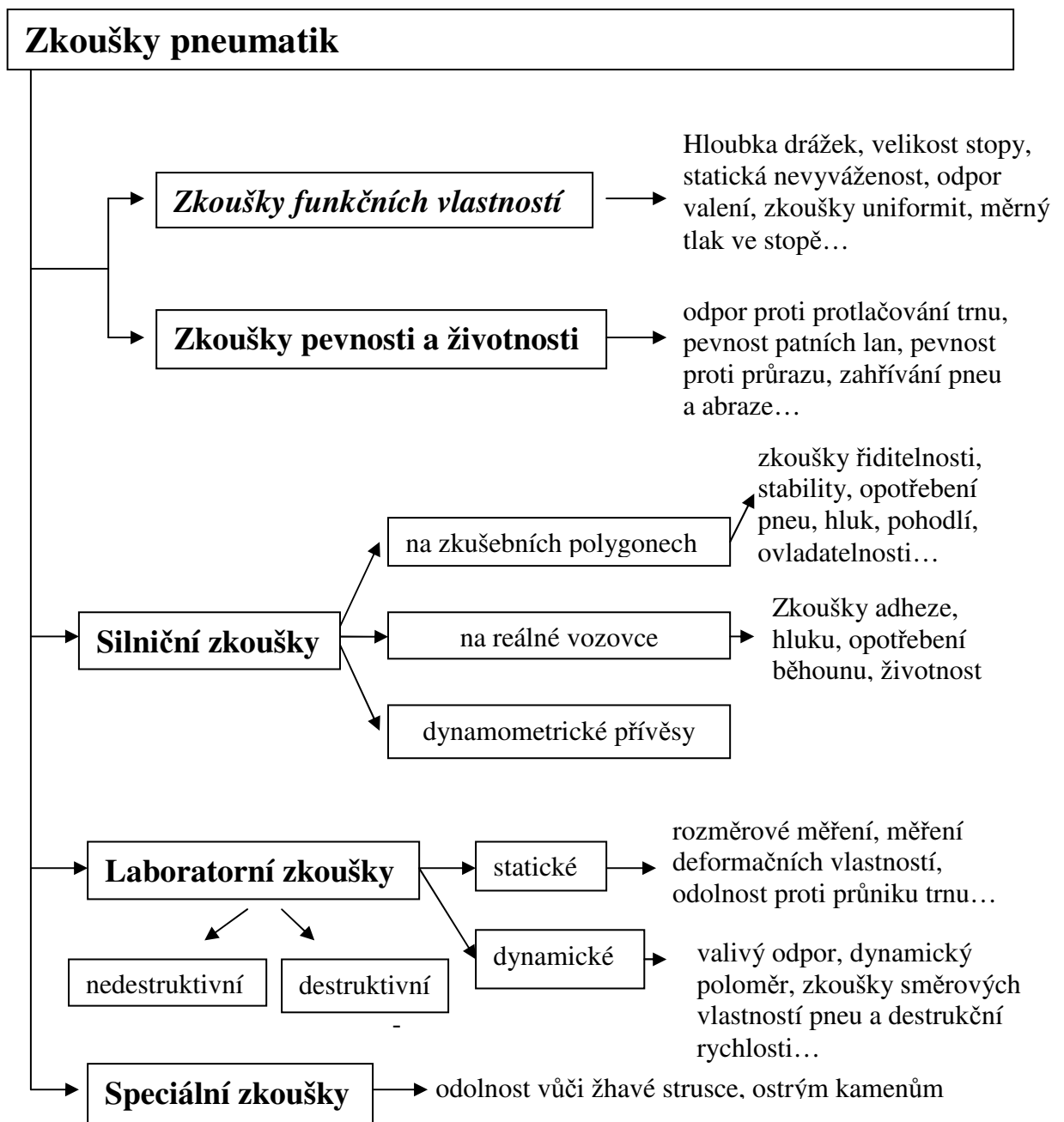
Po přezkoušení jsou označeny etiketou a euro štítkem udávajícím hodnoty valivého odporu, hlučnosti a přilnavosti za mokra a poté expedovány k zákazníkovi.

4. Zkušebnictví pneumatik, význam zkoušek na provozní vlivy

Pneumatiky a jejich zkoušky je třeba posuzovat ze dvou základních hledisek – zkoušky pro zjišťování výrobních parametrů (pevnosti a životnosti) a vad, druhým zkoušky provozních vlastností.

4.1 Základní rozdělení zkušebnictví pneumatik

Z komplexního hlediska zkoušky dělíme na výrobní a zkoušky vlastností (obr. 8):



Obr. 8 - Rozdělení zkoušek [1]

Jak silniční, tak laboratorní zkoušky mají svá specifika využití a striktně dané metody provádění. Oba druhy přinášejí specifické výsledky a hodnoty, které pak výrobci využívají k dalším návrhům vylepšení konstrukcí a materiálů pro výrobu. To vše pak vzájemně vede k dokonalejší konstrukci, ve které jsou skryty výsledky výzkumu v podobě dokonalejší trakce, menších valivých odporů, eliminaci aquaplaningu, eliminaci zahřívání a hlučnosti pneumatik při valení ve spojení s rozumnou životností pneu.

Silniční zkoušky se provádějí na pneumatikách namontovaných přímo na zkušebních vozidlech nebo dynamometrických přívěsech. Zkouší se při silničním provozu, nebo na speciálních polygonech na přímé i členité dráze rozdílného složení vozovky. Simulují se různé povětrnostní podmínky a zjišťují se jízdní vlastnosti pneu.

V této práci dále budou rozvedeny zkoušky laboratorní s popisem vybraných zkušebních zařízení. V České republice je několik akreditovaných zkušebních laboratoří oprávněných provádět testy pneumatik, udělovat homologace (úřední schválení) nových i obnovených pneumatik pro provoz na pozemních komunikacích. Jednou ze zkušeben v ČR pověřenou Ministerstvem dopravy k provádění zkoušek je např. akreditovaná zkušební laboratoř č. 1253 společnosti IGTT a.s. ve Zlíně. Ta je pověřena k provádění zkoušek podle předpisů EHK OSN a udělování homologací pneumatik pro provoz na evropských komunikacích.

Předpisy a normy pro zkoušky a homologaci pneumatik:

EHK OSN č. 30 - pro zkoušky pneumatik osobních automobilů

EHK OSN č. 54 - pro zkoušky nákladních automobilů

EHK OSN č. 75 - pro pneumatiky motocyklů

EHK OSN č. 106 - pro zkoušky zemědělských pneumatik

EHK OSN č. 108 - pro zkoušky obnovených pneumatik osobních automobilů

EHK OSN č. 109 - pro zkušebnictví obnovených pneu nákladních automobilů

EHK OSN č. 117 - pro emise hluku při odvalování pneumatiky na mokré vozovce, valivých odporů

[6]

Existují další normy, které ne musí odpovídat evropským standardům, ale jsou světově uznávané. Těmito normami se musí řídit všechny zkušební laboratoře provádějící zkušebnictví a homologaci pneumatik, jako statutární orgán pověřený k těmto úkonům. Tyto předpisy upravují postupy pro zadání žádosti o homologace, definují způsoby značení pneumatik, postupy zkoušek a udělení homologace a kontroly shody výrobků.

Další platnou normou pro udělování homologací je Zákon č. 256/2001 Sb. O podmínkách provozu na pozemních komunikacích a vyhláškou č. 341/2002 O schvalování technické způsobilosti vozidel k provozu na pozemních komunikacích.

Dělení laboratorních zkoušek:

- *Zkoušky statické*

- zkoušky pneumatik, jako celku
- Zkoušky účelově oddělených částí pneumatik
- Zkoušky elastomerů (matric)
- zkoušky textilních a ocelových kordů (výstužných materiálů)

- *Zkoušky dynamické*

- zkoušky funkčních vlastností bez porušení
- zkoušky funkčních a provozních vlastností, vytrvalostní zkoušky do porušení pneumatiky (vysokou rychlostí, přetížením)

4.2 Statické zkoušky

Statické zkoušky pneumatik probíhají za klidu (bez rotačního pohybu). Posuzují se jimi deformační a pevnostní vlastnosti radiálních a diagonálních pneumatik, v závislosti za zatěžující síle umístěných vůči pevné podložce, případně funkční a pevnostní vlastnosti jednotlivých částí. Pneumatika má vlastnosti do jisté míry pružné membrány, která má specifické vlastnosti dané konstrukcí a mění tvar a styčnou plochu k pevné podložce úměrně velikosti zatěžující síly a tlaku nahuštění pneumatiky. [1]

Mezi *statické nedestruktivní zkoušky patří*: rozměrová měření (volný obvod, průměr pláště, šířka), zakřivení běhounu a zkoušky otisku rozložení tlaku ve styčné ploše mezi běhounem a podložkou při různých hodnotách zatížení i bez zatížení.

Mezi *statické destruktivní zkoušky patří*: pevnostní zkoušky konstrukce - patních lan, trhací zkoušky vzorků částí pneu, zkoušky odolnosti proti proniknutí cizího tělesa

4.3 Dynamické zkoušky

Zkoušky probíhající za dynamických podmínek lze dělit na zkoušky:

- zkouška obvodové házivosti, měření dynamického poloměru pneumatiky
- zkoušky destrukčních rychlostí, hluku, dynamické radiální tuhosti a útlumu pneumatik
- zkoušky životnosti a opotřebení běhounu (do porušení pneumatiky)
- zkoušky valivých odporů a zahřívání pneu při valení
- zkoušky bočního vedení a odolnosti vyzutí patky pneumatiky z ráfku
- kombinace výše uvedených zkoušek [1]

Dynamické zkoušky přináší výrobcům pneumatik cenné informace o chování navržených pneumatik před zahájením výroby (záběr, skluz deformační, pevnostní a dynamické charakteristiky). Dle získaných informací lze pak upravit složení, případně konstrukci pneumatiky tak, aby plně vyhovovala požadavkům na pneumatiky kladených výrobcí vozidel a tím i komfortu a bezpečnosti při jízdě.

Jak statickými, tak dynamickými metodami lze provádět zkoušky všech kategorií vozidel od jízdnicích kol po těžké jednoúčelové pracovní stroje, nebo např. náročné zkoušky pro závodní vozidla.

5. Zátěžové charakteristiky pneumatik

Pneumatiky jsou při provozu zatěžovány třemi základními směry, se kterými, se kterými se musí počítat již při návrzích konstrukcí pneumatik.

5.1 Druhy zažívacích sil

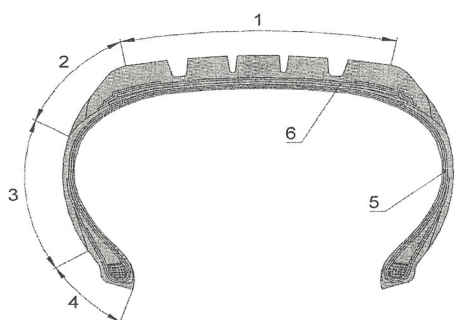
Základní směry působení zatěžovacích sil jsou uvedeny na obr.



Obr. 9 – Směry zatěžování pneumatik

5.2 Části pláště

Předně je třeba vysvětlit základní pojmy – části pláště pneumatik, důležité z oblasti zatížení a deformací. Pneumatika se skládá z částí, které mají rozdílné vlastnosti a deformační charakteristiky (obr. 10):



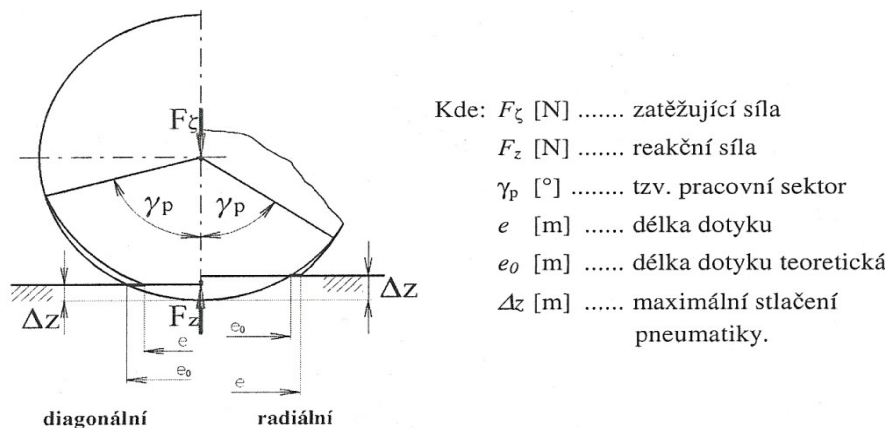
- 1 – Koruna
- 2 – Rameno
- 3 – Bok
- 4 – Patka
- 5 – Kostra
- 6 – Nárazník a výstužný pás

Obr. 10 – Části pneumatiky dle zatížení [3]

5.3 Deformace pneumatiky

Pneumatika jako těleso se při zatížení radiální silou v kontaktu s pevnou podložkou deformuje všemi směry. Charakter prostorové deformace je odlišný u radiální a diagonální konstrukce, lze ale popsat a znázornit (obr. 11):

- v čelním řezu symetrie kola
- prostorovým řezem v místě dotyku kola
- tvarem dotykové plochy

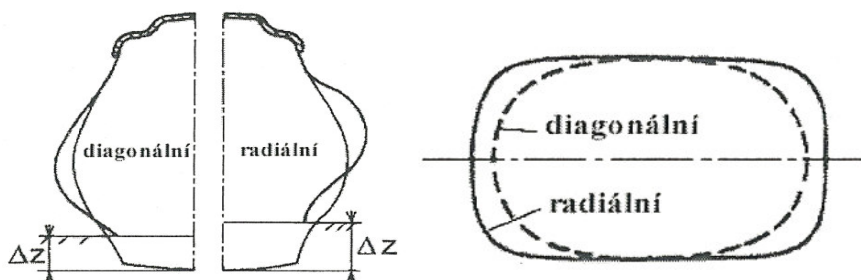


Obr. 11 - Deformace pneumatiky v čelním řezu [1]

a) V čelním řezu kola v případě diagonální konstrukce zasahuje deformace celý obvod kola a výrazněji se projevuje jen v tzv. pracovním sektoru $\pm\gamma_p$ ($\gamma_p \sim 60 - 70^\circ$) a dochází ke zkrácení délky dotyku e vůči délce teoretické e_0 .

Radiální pneumatika má díky tuhému nárazníkovému pásu charakteristiku jinou. Deformace je více přenášena do oblasti boků (více poddajné). Pracovní sektor je menší ($\gamma_p \sim 50 - 60^\circ$) a délka dotyku $e > e_0$. Maximální stlačení Δz pneumatiky je ale díky poddajnějším bokům větší.

b) Deformace v osovém řezu – deformace se projeví výrazněji díky poddajnějším bokům u radiální konstrukce (obr. 12)



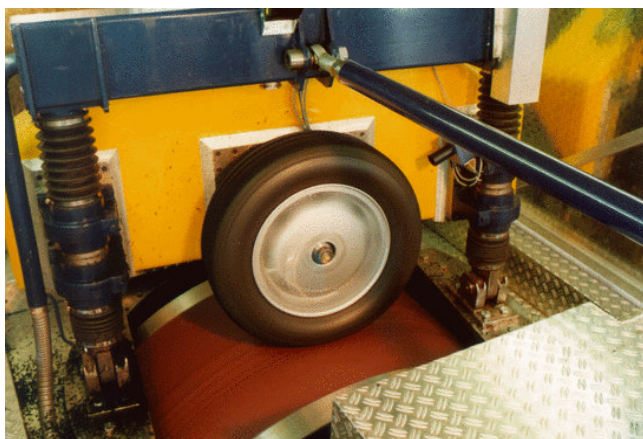
Obr. 12 – deformace v osovém řezu a tvar stykové plochy [7]

6. Přehled vybraných zkušebních zařízení pro dynamické zkoušky

V této části budou popsány příklady zkušebních zařízení prezentující jednotlivé metody zkoušek pneumatik dle provozních vlastností.

6.1 Dynamická bubnová zkušebna pneumatik IKA

Zkonstruoval a vlastní Ústav automobilového inženýrství IKA v CÁCHÁCH (obr. 13)



Obr. 13 - Zkušební stanice IKA 1 [7]

Tímto zkušebním zařízením je možné měřit a hodnotit záběrové a dynamické a skluzové charakteristiky automobilových a motocyklových pneumatik velikosti od 13" do 19" s maximálním zatížením pneumatiky do 10 kN.

Zkušební pneumatika je upevněna na náboji osazeném tenzometrickými snímači umožňující snímat informace z pohybu, filtrovat a převádět je na elektronické signály a vyhodnocovat je. Ty jde dále zpracovávat. Pneumatika je styčnou plochou pláště v kontaktu s rotujícím poháněcím bubnem a je jím poháněna. Zkušební zařízení umožňuje natáčení kola ve svislé ose (ručně/automaticky) a tím měření působících bočních sil. Zatížení pneu je nastaveno pneumaticky po zajištění konstantního zatížení, natáčení a skluz nastaveno hydraulicky. Pneumatiku je možné brzdít a tím simulovat jízdní podmínky při provozu. Náklonem pneumatiky ve svislé ose vůči zkušebnímu bubnu lze zjišťovat chování pneumatiky z hlediska dynamického zatížení – to je výhodné hlavně při testování motocyklových pneumatik, nebo pro zjištění přenosu sil částí pneumatiky.

Dynamickým testem lze zejména simulovat a sledovat chování pneumatiky a zaevidovat hodnoty sil a skluzu přenesených pneumatikou při různých zatíženích laboratorním nasimulováním jízdní zkoušky v různých jízdních režimech.

Technické údaje:

- maximální rychlost bubnu: 180 km / h
- průměr bubnu: 1700 mm
- zatížení max. kola: 10 kN
- odklon: +50 ° až -25 °
- úhel skluzu: + 12 °

dynamické vlastnosti:

úhel skluzu: 2 ° amplitudy při 10 Hz sinusového buzení

odklon: 5 ° amplituda 5 Hz sinusového buzení

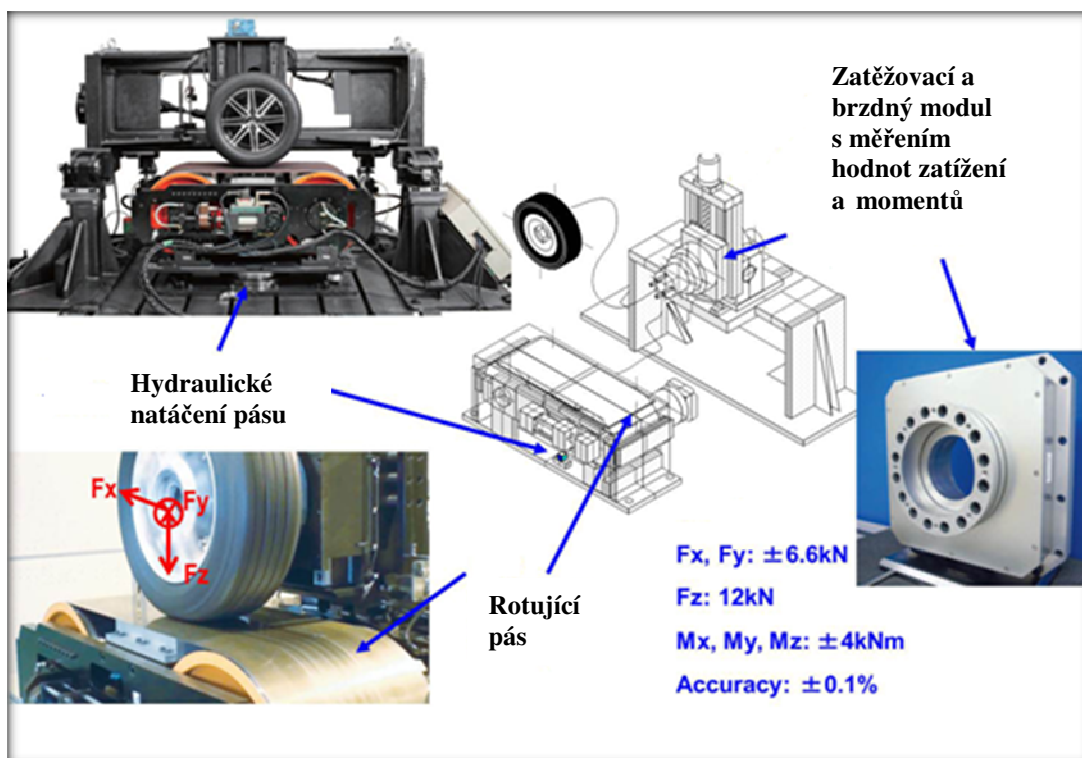
[7]

6.2 Pásový zkušební stroj – vyvinutá společností A&D Technology

Tento zkušební stroj umožňuje měření vnitřních sil působících v pneumatice osobních vozidel za dynamických podmínek. Jedná se o provozní zkoušky pneumatik bez jejich porušení. Odvalováním pneumatiky po pásu s možností současného přibrzd'ování, naklápění kola a možností hydraulicky ovládaného směrového natáčení plošiny s rotujícím pásem a úhlu odklonění ramena, na kterém je upnuto zkoušené kolo, lze získat charakteristiky průběhů sil působících na pneumatiku včetně monitorování zahřívání pneumatiky vlivem vzrůstajícího zatížení až na hodnotu 12 kN a opotřebením při fiktivní jízdní zkoušce. Pohybující se pás je v místě kontaktu zatížení podporován tzv. „vzduchovým ložiskem“ (pod pás je vháněný tlakový vzduch, při větším zatížení voda). Síla a momenty jsou snímány tenzometrickými snímači umístěnými ve snímacím modulu náboje kola (obr. 14), schopnými měřit síly ve třech osách F_x , F_y , F_z a momenty v osách M_x , M_y , M_z viz obrázek, s vysokou vzorkovací frekvencí a jsou dále vyhodnocovány.

Tímto zkušebním zařízením lze simulovat mnoho jízdních režimů včetně brzdných charakteristik a zjišťovat hodnoty, které pneumatika přenese. Hlavní sledované hodnoty jsou skluz, záběrové a brzdné momenty, přenos bočních sil, radiální a boční dynamická pevnost ...

Údaje se při zkoušce graficky zobrazují, je možné je uložit a vyhodnocovat s vysokou vzorkovací frekvencí s možností opakovatelnosti zkoušky s různými typy a konstrukcí pneumatik, zkoušku graficky vyhodnotit a porovnávat.



Obr. 14 - Pásový zkušební stroj společnosti AND [8]

Technická údaje o stroji:

Rozsah zatížení měřící rotující hlavy ve 3 osách: $\pm 6.6\text{kN}$ (F_x , F_y), 12kN (F_z), $\pm 4\text{kNm}$ (M_x , M_y , M_z)

Přesnost $\pm 0,1\%$

Vertikální pohyb ovládání pneumatiky: $\pm 50\text{ mm}$, až 30 Hz , maximální rychlost 300 mm/s

Přesnost regulace svislého pohybu zkušební pneumatiky: $\pm 0,1\text{ mm}$

Úhel skluzu: $\pm 20^\circ$, maximální rychlost $50^\circ / \text{sec}$

Odklon zkoušené pneumatiky: $\pm 15^\circ$, max. $5^\circ / \text{sec}$

Přesnost regulace odklon: $\pm 0,03^\circ$

Svislé zatížení: až 12 kN

Tlak v pneumatikách: až 500 kPa

Rychlost pásu: $\pm 200\text{ km / h}$

Přesnost regulace odklon: $\pm 0.03^\circ$

Přesnost řízení rychlosti pásu: $\pm 0,05\text{ m / s}$ (naprázdno), $\pm 0,14\text{ m / s}$ (při plném zatížení) [8]

6.3 Zkušební zařízení pro zjišťování radiální únavy pneumatik STL

Institut STL funguje jako světově největší nezávislý institut pro testování pneumatik a automobilových dílů ve státě Ohio v USA (obr 15). Provozuje od roku 2004 zkušební zařízení pro zkoušky radiální životnosti velkých pneumatik, jehož princip bude dále rozveden.



Obr. 15 - Zkušební zkušebna dynamické radiální životnosti institutu STL [9]

Zkušební zařízení, pro zjišťování bočních sil, radiální únavy a životnosti až 2 pneumatik velkých rozměrů až do 120“ (cca 3 m) v průměru a šíře 36 až 48“ (cca 90 – 140 cm). Určen pro testování pneumatik silných traktorů a těžkých stavebních a manipulačních strojů. Pro zjišťování zatěžovacích charakteristik a pro životnostní zkoušky pneumatik. Hlavním sledovaným parametrem je proběh tuno kilometrů do degradace pneumatiky. Zkušební rychlost pneumatiky je od 3,2 do 80 km/h a zatížení až 50 t.

Ovládání zatížení a úhlového natáčení a pohonu je zajištěno hydraulickými okruhy. Pneumatiky jsou během zkušebního cyklu automaticky huštěny na rozdílné hodnoty tlaku v rozmezí 0.5 – 4.5 bar. Vše se děje bez přímého kontaktu obslužného pracovníka. Pracovník vše řídí elektronicky na dálku přes rozhraní Ethernet včetně veličin zátěže, doby testu proběhu km, okolní teploty.... Data monitorovat, vyhodnotit a porovnávat testy mezi sebou. Měřicí přesnost stroje je $\pm 1\%$ [9]

6.4 Zařízení pro zkoušky pneumatik zemědělských strojů Rom-300

Tímto zařízením firmy Tianjin Jiurong (China) je možné provádět zkoušky pneumatik zemědělských a pracovních strojů. Umí měřit hodnoty dynamického radiálního (obvodového) a axiálního (bočního) házení pneumatiky při různých otáčkách a nahuštění pneumatiky (obr. 16).



Obr. 16 - Zkušební zařízení radiální a axiální házivosti [10]

Lze jím testovat pneumatiky průměru 900 – 2300 mm a šířky 230 – 1060 mm. Samotné měření probíhá bezkontaktně pomocí laserových senzorů. Výsledky jsou vyhodnocovány elektronicky – zaznamenány maximální a minimální hodnoty. Toto zkušební zařízení je možné využít pro zjištění házivosti (obvodových a příčných odchylek) vzorkových pneumatik výrobních sérií a tím ke zjištění skutečností potřebných k eliminování a nápravě konstrukčních nedostatků.

Parametry zkušebního stroje:

Příkon: 25 kW

Metoda měření: bezkontaktní laserové

Měření házení rozsah: radiální ± 100 mm, boční ± 40 mm

Přesnost měření:

Radiální $\leq 0,50$ mm (první harmonické vlny)

Boční $\leq 0,50$ mm (první harmonické vlny)

Pneumatika měření tlaku v rozmezí: 0 ~ 450 kPa, ± 10 kPa Hmotnost pneu: do 800 kg

Stroj Rozměry: délka 7000 mm \times šířka 4500 mm \times výška 4050 mm [10]

6.5 Zkušební zařízení životnosti pneumatik China RTF-7

Dynamické zařízení společnosti Tianjin Jiroung slouží ke zjišťování radiální únavy a dynamické životnosti materiálů a stavební kompozice pneumatik osobních, lehkých užitkových vozů a autobusů (obr. 17). Lze souběžně měřit i dvě pneumatiky rozdílných velikostí a hmotností (osobní/nákladní pneumatiku.) najednou. Pneumatika je během zkoušky rozdílně zatěžována a během testu se mění tlaky nahuštění, je natáčena v ose pneumatiky, ale i odkláněna ve svislé ose. Během testu se sledují hodnoty teploty uvnitř pneumatiky, opotřebení, hodnoty přenosu bočních sil, valivý odpor, házivost a proběh tunokilometrů až do úplné degradace pneumatiky. Zkoušky probíhají dle stanovených předpisů.

Tento druh zkoušek má zase využít jako ukazatel životnosti, kvality stavební konstrukce pláště, kvality použitých materiálů pro zjištění výrobce před během nebo vyrobení výrobní série. Touto zkouškou lze simulovat reálný provoz pneumatiky.



Obr. 17 - Radiální zkušební zařízení RTF-7[11]

TECHNICKÁ DATA STROJE:

Průměr/šířka poháněcího bubnu: 1707/500 mm, vertikální konstrukce

Háživost bubnu: $\leq 0,20$ mm

Průměr zkušebních kol: 13" - 24"

Šířka zkušebního kola: 4"-12"

2 zkušební pozice, maximální zatížení: 30 kN / 100 kN s přesností $\pm 1\%$

Zkušební rychlost: max. 140 km/h

Ovládání zatížení: hydraulickými okruhy

Výkon poháněcího motoru: 99 kW

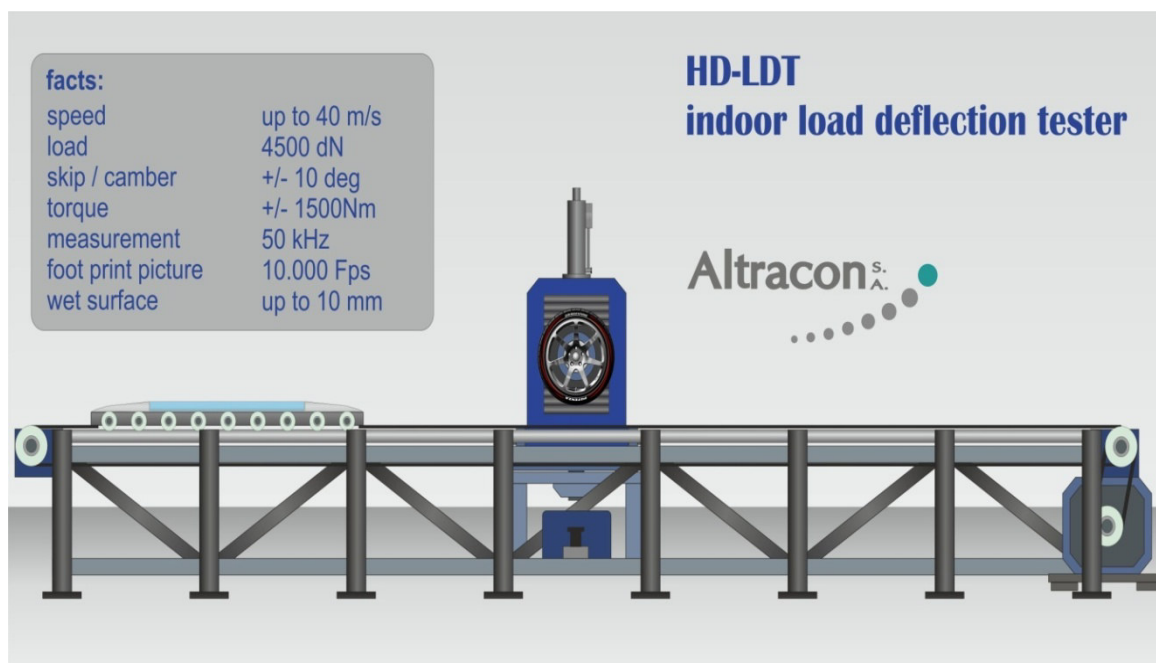
Rozměry: 7200 x 2000 x 3400 mm [11]

6.6 Lineární zkušebna dynamického zatížení pneu Altracon

Toto zkušební zařízení umožňuje měření otisku pneumatiky a monitorování rozložení vnějších a vnitřních sil působících na a vně běhounu pneumatiky za lineárních dynamických podmínek. Tento druh zkušebního zařízení vyniká díky vysoké dynamice hydraulického pohonu ojedinělé vysoké rychlosti zkoušky, při které je i schopno provést monitoring otisku zatížené pneumatiky.

Části zkušebního zařízení (obr. 18):

- dráha s vedením a hydraulickým pohonem měřicí desky
- měřicí deska s křišťálově leštěnou skleněnou monitorovací deskou na vodících kolečkách
- rám s hydraulickým nastavováním natáčení a zatížení s přírubou pro uchycení zkušebního kola
- speciální monitorovací kamera
- vyhodnocovací zařízení se softwarem



Obr. 18 - Lineární zkušební zařízení pro dynamický otisk stopy [12]

Při samotné zkoušce je zkušební kolo otočně nábojem s ložiskem fixováno k zatěžovacímu rámu. Zkušební kolo může být během zkoušky hydraulickým systémem zatěžováno a rychle natáčeno rychlostí až 10° za sekundu a dosahovat tím vysoké dynamiky a variabilnosti měřících zkoušek.

Samotné měření probíhá za pohybu měřící leštěné skleněné desky při kontaktu s pneumatikou, pod kterou se deska pohybuje vysokou rychlostí až 40 m/s. Pneumatika velice rychle zatížena lineárním pohonem až při nájezdu hrany měřící desky s integrovaným stroboskopickým, ve svislé ose F_z s možností vysokého zatížení s přesností ± 20 N, a měřené kolo může být současně urychleno, nebo zpožděno až 1000 Nm. Tím nevznikají rázy při nájezdu se zkušební deskou. Vzniká tak obraz dotyku segmentů dezénu pneumatiky s deskou. Dotyk zachycuje za pohybu vysokorychlostní kamera schopná zachytit až 10.000 snímků za vteřinu při rozlišení 1696 x 1710 pixelů v celém měřícím povrchu.

Díky napájecí jednotce lze také vytvářet vodní film s tloušťkou až 10 mm s přesností $\pm 0,01$ mm. To umožňuje zaznamenat a dále zkoumat funkci běhounu a konstrukce pneumatiky, také chování pneumatiky a přenos sil v osách F_x a F_y pneumatikou „za mokra“. Měřící deska je osazena třemi piezoelektrickými snímači pro snímání zatížení při s frekvencí 50 Hz. Tři maticové senzory (FMS) snímají dynamické rozložení stopy síly během odvalování pneumatiky (viz. Příloha 2) v rozlišení 8 x 8 mm. Jsou tím kompenzovány jakékoliv dynamické účinky sil na výsledky měření. [12]

6.7 Zařízení OD-LDT Altracon

Tento koncept zkušebního zařízení umožňuje měřit deformace pneumatiky osobních a nákladních automobilů – dynamické měření stopy při jízdě, umístěné přímo na vozidle (obr. 19). Měřicí zařízení složené ze speciální křišťálově leštěné skleněné desky (možné zatížení 35 / 100 kN) se zabudovanou monitorovací kamerou je umístěno ve voděodolné schránce přímo ve vozovce. Přejetím pneumatiky přes skleněnou desku sejme kamera obraz zatížení pomocí odrazové desky vysokou snímkovou rychlostí až 10.000 snímků za vteřinu v rozlišení 1696 x 1710 pixelů. Proměnnou hodnotou napájení lze na desce udržovat vodní vrstvu až do 10 mm ± 1mm po celé měřicí ploše a demonstrovat tím funkci konstrukce pneumatiky a profilu běhounu. Měřicí deska spočívá na třech piezo elektrických snímačích a je zaznamenáváno zatížení s frekvencí 20 (100) kHz. Zařízení je pak v kombinaci snímkování vysokorychlostní kamerou a laserovými snímači zrychlení, pomocí moderních softwarů National Instruments schopno zaznamenávat rozložení síly v rozlišení plošek 8x8 mm a převést pomocí barevného spektra do obrazu rozložení zatížení (viz příloha č. 3)

Toto měřicí zařízení může být velice výhodné pro výrobce pneumatik, protože lze tuto zkoušku jednoduše provést společně s ostatními jízdními zkouškami.



Obr. 19 - Zkušební zařízení OD-LDT při zkoušce [13]

Technická specifikace zařízení:

měřicí rychlost: 150 km/h, možné měření do 240 km/h

možné zatížení měřicí plošiny v ose Fz: 35/100 kN

měření sil v osách Fx a Fy: 25 kN/80 kN

velikost měřicí plochy: 1000 x 1000 mm

vzorkovací frekvence snímačů: 25/100 kHz

snímání:

laserové snímače zrychlení při frekvenci: 3 až 50 kHz

rozlišení snímaného obrazu 1696 x 1710 pixelů

napájení 80 – 240 V (Li-MH bateriemi) [13]

6.8 Dynamický adhezor UPCE

Zkušební zařízení určené pro zkoušky záběrových vlastností, valivého odporu a dynamické radiální tuhosti pneumatik, zakoupila UPCE do svého Výukového a výzkumného centra dopravy od výrobce VÚB a.s. Ústí nad Orlicí (obr. 20). Princip zkušebny spočívá v kontaktu pneumatiky pod zatížením s rotujícím bubnem a měření dynamických veličin a sil ve všech třech osách (F_x ; F_y ; F_z). Lze zjistit hodnoty dynamického poloměru pneumatiky přenos směrového zatížení pneumatiky včetně přenosu sil při úhlovém odklonu, deformační charakteristiku za dynamických podmínek. Zkouška může probíhat při rychlosti 180 km/h, většinou se ale měří při 120 km/h. Zatížení a natáčení pneumatiky je pomocí hydraulického okruhu.



Obr. 20 – Snímek pneumatiky v dynamickém adhezoru

7. Zhodnocení zkoušek na statickém adhezoru

Statický adhezor je zkušební zařízení určené k provádění zkoušek pneumatik ze statických podmínek – bez rotace pneumatiky.

7.1 Popis a funkce statického adhezoru

Statický adhezor je zkušební zařízení pro zjišťování napětí a deformací při styku zatížené pneumatiky s pevnou podložkou, případně simulovat styk pneumatiky s nerovností vozovky. Jedná se o statickou laboratorní zkoušku, kterou je možné posuzovat tyto vlastnosti pneumatik:

- radiální deformační charakteristiky působením vertikálního zatížení
- radiální pevnost (svislé radiální zatížení / rad posunutí $N \cdot mm^{-1}$)
- torzní (skluzové) deformační charakteristiky simulováním působení krouticího momentu, torzní tuhost pneumatik
- rozložení kontaktních tlaků na podložku za pomoci tlaku citlivých folií
- tvar a velikost stykových ploch při různých hodnotách nahuštění a konstrukci pláště
- pneumatiky na nerovnosti

Součásti statického adhezoru

- rám adhezoru se zatěžovacími a ovládacími a zatěžujícími mechanismy
- náboj s připevněnou zkoušenou pneumatikou
- zkušební zatěžovací prosklená plošina (možnost dokumentace fotografií)
- piezoelektrické snímače zatížení, tenzometrické snímače a snímače posuvu
- počítač s měřícím softwarem
- skener pro kalibraci měřícího systému
- kalibrační listy
- speciální tlaku citlivé měřící folie



Obr. 21 - Zatížená pneumatika v adhezoru

7.2 Popis zkoušky na statickém adhezoru

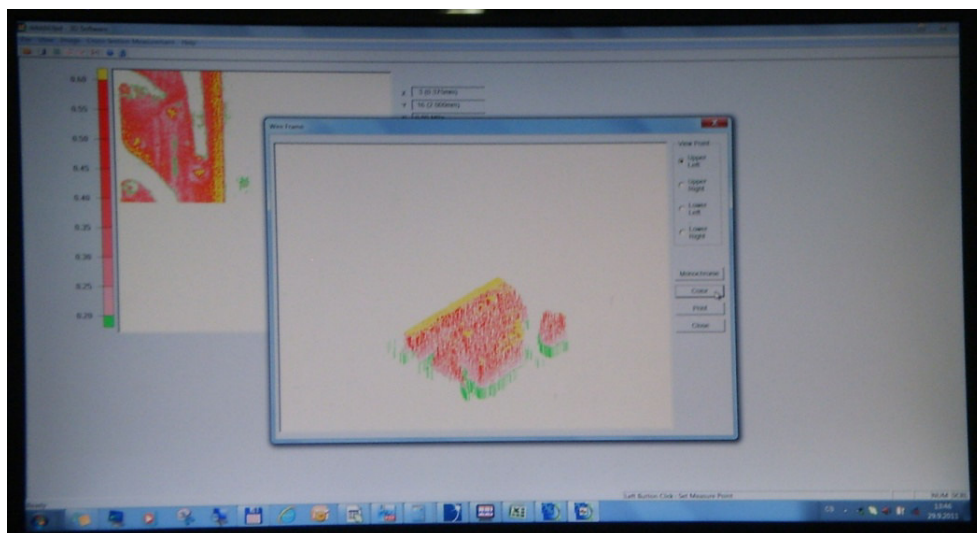
Měřicí metoda je založena na porovnávání (popisu a vyhodnocení) barevných otisků speciální tlaku citlivé folie po zatížení pneumatiky. Z otisku můžeme zjistit lokaci maximálního zatížení rozložení tlaků styku dezénu a podložky při daném tlaku nahuštění pneumatiky. V kombinaci hodnot udávaných snímači podle zatížení a otisku na tlaku citlivé folii je možné za pomoci měřicího softwaru provádět vyhodnocení zkoušky, případně převést hodnoty zatížení do názorného barevného zobrazení velikosti působících sil.

Postup měření:

- kontrola a nastavení zkušebního zařízení, kontrola snímačů a spuštění měřicího softwaru
- kalibrace systému pomocí oskenování měřicího etalonu – kalibračního listu
- vložení tlaku citlivé folie na měřící zatěžovací prosklenou plošinu
- zatížení pneumatiky požadovaným zkušebním tlakem na požadovaný čas
- možnost záznamu otisku fotoaparátem přes skleněnou desku měřící plošiny
- odlehčení pneumatiky

- oskenování zabarvené zkušební folie
- vyhodnocení zkoušky pomocí měřicího softwaru s možností zvětšení konkrétního místa otisku pneumatiky podrobnějšího vyhodnocení lokálního zatížení dezénu viz obr. 29.

Zvětšený obraz zatížení může být výhodný při návrhu a modelování tvaru dezénů, a tím spojených záběrových vlastností pneumatik.



Obr. 22 - foto rozložení sil v dezénu

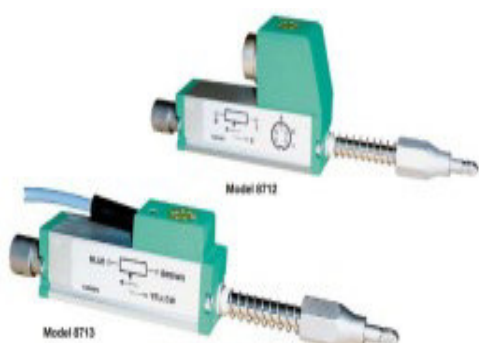
7.3 Nový statický adhezor UPCE

Výukové a výzkumné centrum v dopravě UPCE je vybavena nový statickým adhezorem SA-1 (viz příloha 3), vyrobeným firmou VÚB a. s. Ústí nad Orlicí. Jedná se o stroj s vertikálním směrem zatěžování (hydraulickým okruhem) s ramenem pro uchycení pneumatiky. Rameno se dá úhlově naklápět ve dvou osách. Díky tomu lze měřit síly působící v pneumatice i při odklonu, nebo příklonu pneumatiky – částečné zatížení jedné strany koruny pneumatiky. Měřicí stůl (plošina) je díky jednoduchému ovládní posuvný ve dvou osách – to umožňuje jednoduché měření bočního a torzního obvodového zatížení, měření momentů a torzní podélnou deformaci a tuhost. Není však již uzpůsobena pro snímání kontaktní plochy fotoaparátem (nemá průhlednou skleněnou plošinu). Měřicí zařízení zatím není vybaveno snímači pro zachycení působících sil, a posuvů proto ještě není možné vyhodnocení měření v plném rozsahu.

7.4 Návrh inovací statického adhezoru

Jak bylo zmíněno, nový statický adhezor je jako zařízené zatím schopné provádění zkoušek jen pro názorné vizuální demonstrování zatěžujících sil, případně sejmutí otisku na tlaku citlivou folii bez možnosti dalšího vyhodnocování hodnot zatížení a snímání zatěžující síly. Proto by bylo vhodné, jako návržení vhodných inovací pro toto zkušební zařízení sestavit návrh volby snímačů, pro snímání zatížení, posuvů a sil, aby bylo se zařízením možné provádět kompletní zkoušky včetně vyhodnocení.

Jako vhodné snímače s dostatečnou přesností a rozsahem pro měření posuvů zatěžovacího ramena (změny výšky při zatížení pneumatiky) navrhuji mechanické potenciometrické snímače posuvu Meatest 8712/8713 (Obr. 23). Snímače navrhuji mechanicky připevnit k zatěžovacímu ramenu tak aby se hrotem s, vratnou pružinkou dotýkala výškově posuvné plošiny. Snímače jsou pasivní – potřebují externí napájení.



Vlastnosti

Měřicí rozsahy 0-10 mm až 0 - 150 mm

Nelinearita od 0.05 % z rozsahu

Rozlišení až 0.01 mm

Vysoká životnost až 10^8 operací

Obr. 23 – potenciometrické snímače posunu Meatest [17]

Princip potenciometrického snímače:

Potenciometrické snímače pracují na základě Ohmova zákona (3) – pohybem jezdce po cívce (odporu) dochází ke změně snímaného napětí (tzv. dělič napětí).

Ohmův zákon: $U=R.I$ (2)

Alternativy druhů snímačů využitelných pro toto využití:

optické snímače polohy

ultrazvukové snímače polohy

indukční snímače polohy vhodných parametrů pro bezkontaktní snímání posuvu

Pro snímání působící síly na posuvný stůl v horizontálním směru navrhuji integrovat snímač do otočného prvku přímo do obou ovládacích závitových tyčí posuvného stolu tenzometrický siloměr Lucas tenzo S-50 (viz příloha č. 4). [18]

Principem tenzometrického snímače je založen na principu malá změny odporu závislé na deformaci měřícího členu v oblasti Hookova zákona.

Pro snímání síly zatěžujícího ramena doporučuji rameno osadit prstencovým snímačem tahové a tlakové síly Meatest 8438. Doporučuji vyrobení redukčního členu pro nalisování a upnutí středového náboje kola. Měřící rozsah těchto snímačů je 0 – 200 kN, měl by tedy být dostatečný k tomuto účelu využití. Vlastnosti snímačů jsou uvedeny v citované literatuře [19].

8. Závěr a doporučení využitelné v praxi

Práce měla tyto hlavní úkoly:

- seznámit se základními konstrukčními částmi a popisem těchto částí pneumatik
- rozdělením pneumatik dle konstrukcí a druhů
- seznámení s materiály použitými při výrobě a výrobou samotnou
- seznámení s legislativou spojenou se zkušebnictvím pneumatik a normami, kterým podléhá
- seznámení s druhy zkoušek s ohledem na směry zatěžujících sil působících na pneumatiky
- vypracovat přehled vybraných zkušebních zařízení

V Bakalářské práci byly uvedeny a vzájemně porovnány zařízení pro statické a dynamické zkoušky pneumatik.

V rámci práce byla navržena inovace statického adhezoru. Byl vypracován návrh osazení měřicího zařízení potenciometrickými a tenzometrickými snímači, aby bylo možné zařízení plně využívat ke zkouškám pneumatik dle platných norem.

Doporučení pro praxi:

Velkým přínosem pro rozšíření zkušební techniky by v budoucnosti bylo vybavit Výukové a výzkumné centrum v dopravě Univezity Pardubice dle finančních a ostatních možností ještě zkušebním zařízením Altracon. Zařízení by přineslo komplexnější způsoby měření s možností rychlého vyhodnocení zkoušek pneumatik za dynamických podmínek, rozšířenou o možnost měření styku běhounu pneumatiky „za mokra“ při zaplavení snímací plošiny vrstvou vody.

Použitá literatura:

- [1] KRMELA, Jan. *Systémový přístup k výpočtovému modelování pneumatik I*. 1. vydání. Brno: Tribun EU, 2008. ISBN 978-80-7399-365-8.
- [2] Vlk, František. *Podvozky motorových vozidel*. 3. vydání, Brno: vydavatelství Vlk, 2006. ISBN 80-239-6464-X
- [3] Kolektiv autorů: *Gumárská technológia II*. Púchov, Matador GC TECH, Slovenská republika: 2003, 374 s. ISBN 80-88914-85-X
- [4] Pneumatiky - konstrukce. AUTOZNALOSTI. *Auto Znalosti* [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.autoznanosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/12-pneumatiky-konstrukce.html>
- [5] Konstrukce, funkce a výroba pneumatiky. *Pneu servis v Rokytnici, Poradce výběru pneumatik* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce-funkce-a-vyroba-pneumatiky.html>
- [6] Energetická účinnost – Označování pneumatik Evropské komise [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/tyres/labelling_en.htm
- [7] Dočkal, V., Hrubec, F., Kovanda, J.: *Pneumatiky*. Skriptum ČVUT, Praha: ČVUT, 1998. 71s. ISBN 80-01-01882-2.
- [8] Homologace pneumatik, Institut gumárenské technologie a testování [online]. [cit. 10-04-2014]. Dostupné z: <http://igt.cz/homologace/>
- [9] Dynamic Tyre Test Rig, Institut pro silniční vozidla univerzity v Cáchách [online]. [cit. 20-04-2014]. Dostupné z :
http://ww.ika.rwthachen.de/forschung/verofentlichung/1998/1998-3/index_en.php
- [10] Flat Belt Tire Test Machine, A&D Technology [online]. [cit. 27-04-2014]. Dostupné z: <http://www.aanddtech.com/FlatBelt.html>
- [11] Standards testing labs produces 10' diameter tyre and wheel radial fatigue testing machine, Standards Testing Laboratories (STL) [online]. [cit. 10-05-2014]. Dostupné z: <http://mrtruck.com/mrtruck/wp-content/uploads/old/tiretest.htm>
- [12] Rom-300, Tianjin Jiurong [online]. [cit. 11-05-2014]. Dostupné z: <http://www.chinajiurong.com/China/ProShow.asp?id=50>

[13] TB whell radial fatigue test macine, Tianjin Jiurong [online]. [11-05-2014]. Dostupné z: <http://www.chinajiurong.com/EngLish/main.asp>

[14] HD_LDT indol load deflection tester, Altracon[online]. [cit. 27-04-2014]. Dostupné z: http://www.altracon.com/eng/Product/Tire_testing/high_dynamic_indoor_load_2014.html

[15] OD-LDT outdoor load deflection tester, Altracon S.A. [online]. [cit. 30-04-2014]. Dostupné z: http://www.altracon.com/eng/Product/Tire_testing/outdoor-load_deflection_2014.html

[16] Rychlostní a zátěžová index pneumatik, Pneunoviny [online]. [cit. 25-05-2014]. Dostupné z: <http://www.pneunoviny.cz/rychlostni-a-zatezovy-index-pneumatik/>

[17] Levný potenciometrický snímač dráhy, Meatest [online]. [cit. 25-05-2014]. Dostupné z: <http://www.meatest.cz/produkty-levny-snimac-drahy-potenciometricky-8712-8713-detail-52>

[18] Tenzometrický siloměr S – 50, Lucas tenzometrické snímače [online].[cit. 23-05-2014]. Dostupné z: <http://www.lukas-tenzo.cz/?i=231/tenzometricky-silomer-s-50>

[19] 8438 Prstenový snímač tahové a tlakové síly, Meatest [online]. [cit.25-05-2014]. Dostupné z: <http://www.meatest.cz/produkty-8438-prstencovy-snimac-tahove-a-tlakove-sily-detail-67>

Seznam vzorců

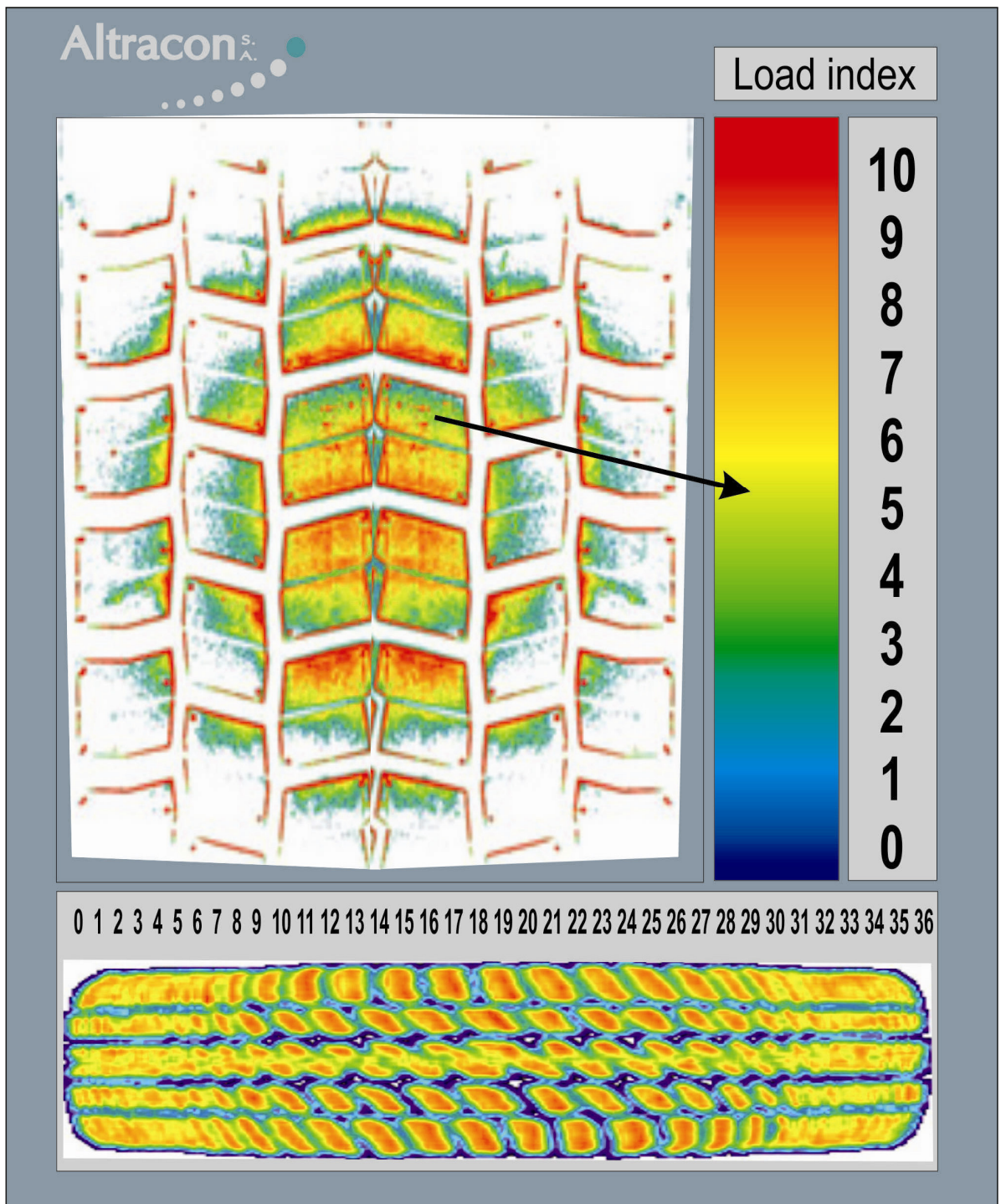
Vzorec 1 – Profilové číslo.....	13
Vzorec 2 – Ohmův zákon.....	44

Seznam příloh

Příloha č. 1.....	52
Příloha č. 2.....	53
Příloha č. 3.....	54
Příloha č. 4.....	55

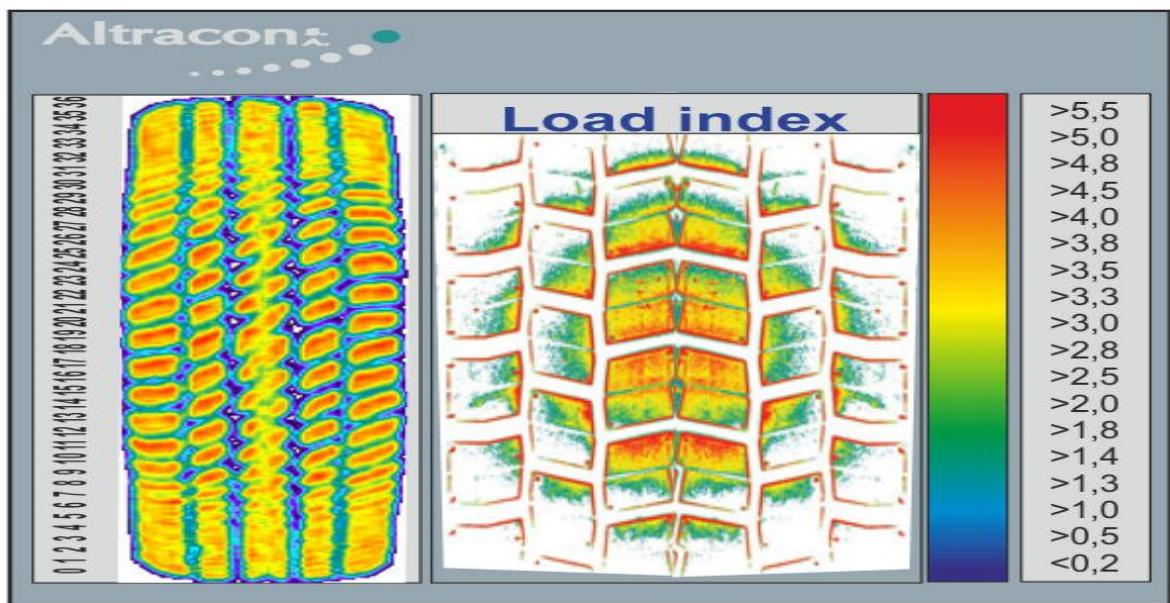
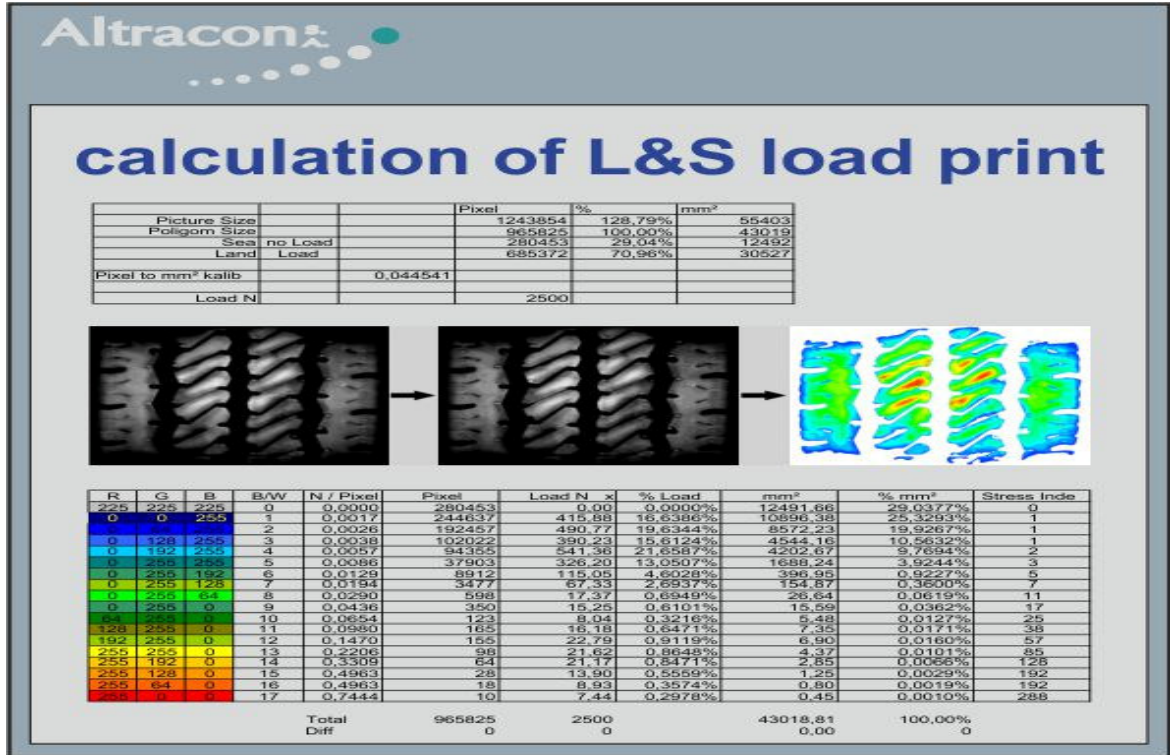
Přílohy

Příloha č. 2



[12]

Příloha č. 3



[13]

Příloha č. 4

