

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Pneumatiky pro silniční vozidla

Autor: **Petr MATOUŠEK**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav NĚMEC, CSc.**

Akademický rok 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr MATOUŠEK**
Osobní číslo: **S14B0043P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Pneumatiky pro silniční vozidla**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Zpracujte rešerši a odborné pojednání o významu, konstrukci a výrobě pneumatik pro silniční vozidla se zaměřením na konstrukci kompozitu, na rozlišení podle druhu použití a na použité materiály. Popište vliv provozních podmínek na funkci pneumatiky, legislativní požadavky a využití pneumatiky pro bezpečnou jízdu vozidla.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Charakteristika pohybu vozidla
2. Provozní podmínky silniční dopravy
3. Konstrukce pneumatiky a materiály
4. Pneumatiky, jejich vývoj a druhy
5. Pneumatiky a bezpečná jízda

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

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojího inženýra 1. Brno: Computer Press, 1999

VLK, F. Podvozky motorových vozidel. Brno: Vlk, 2006

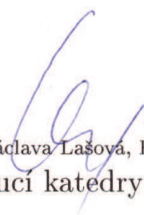
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Roubal**
Expert z praxe

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




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

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Doc. Ing. Ladislavu Němcovi, CSc. za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled.

Poděkování patří také Ing. Janu Roubalovi za cenné rady při konzultacích, připomínky a metodické vedení během zpracování mé bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Matoušek	Jméno Petr		
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 - Dopravní a manipulační technika			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Němec, CSc.	Jméno Ladislav		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Pneumatiky pro silniční vozidla			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	57	TEXTOVÁ ČÁST	57	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Bakalářská práce je zaměřena na problematiku pneumatik pro silniční vozidla. Úvodní část se zaměřuje na silové účinky na pneumatiku a provozní podmínky silniční dopravy. Následuje konstrukční část se zaměřením na strukturu a materiály pneumatiky. Závěrečná část pojednává o výrobě pneumatik a technických opatřeních pro bezpečnou jízdu.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>Pneumatika, silové účinky na pneumatiku, provozní podmínky dopravy, materiálová struktura pneumatiky, technologie výroby pneumatiky</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Matoušek	Name Petr	
FIELD OF STUDY	2301R016 - Transport Vehicles and Handling Machinery		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Němec, CSc.	Name Ladislav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Tires for road vehicles		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	57	TEXT PART	57	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor thesis deals with the tires for road vehicles. The introductory part is focused on the force effect on tire and road operating conditions. Next part is focused on the structure and materials of the tire. The final part discusses the manufacturing process and technical provision of the safe driving.
KEY WORDS	Tire, Force effect on tire, Operating conditions of transport, Structure of a tire, The tire manufacturing process

Obsah

1.	CHARAKTERISTIKA POHYBU VOZIDLA.....	14
1.1	PŘENOS HNACÍ SÍLY NA VOZOVKU.....	14
1.2	VÝZNAM ADHEZE.....	15
1.3	BRZDĚNÍ.....	17
2	PROVOZNÍ PODMÍNKY SILNIČNÍ DOPRAVY	21
2.1	DRUH DOPRAVY – SILNIČNÍ DOPRAVA.....	21
2.1.1	<i>Dopravní prostředky.....</i>	<i>21</i>
2.1.2	<i>Dopravní cesty.....</i>	<i>21</i>
2.2	DRUHY POVRCHU.....	22
2.3	VLIV POČASÍ.....	22
3	KONSTRUKCE PNEUMATIKY A MATERIÁLY.....	28
3.1	KONSTRUKCE KOL.....	28
3.1.1	<i>Ráfky.....</i>	<i>28</i>
3.1.2	<i>Rozměry a značení ráfků.....</i>	<i>29</i>
3.1.3	<i>Kola disková a litá.....</i>	<i>31</i>
3.1.4	<i>Kola drátová.....</i>	<i>31</i>
3.1.5	<i>Kola plastová.....</i>	<i>31</i>
3.2	JEDNOTLIVÉ ČÁSTI PNEUMATIKY.....	31
3.2.1	<i>Vnitřní vložka, vrstva vzduchotěsné syntetické pryže.....</i>	<i>31</i>
3.2.2	<i>Vrstva kostry.....</i>	<i>32</i>
3.2.3	<i>Patka pláště.....</i>	<i>34</i>
3.2.4	<i>Patní lana.....</i>	<i>34</i>
3.2.5	<i>Ohebné pryžové bočnice.....</i>	<i>34</i>
3.2.6	<i>Nárazníky.....</i>	<i>34</i>
3.2.7	<i>Běhoun.....</i>	<i>34</i>
3.3	POUŽÍVANÉ MATERIÁLY.....	35
3.4	TECHNOLOGIE VÝROBY.....	37
3.5	ROZBOR SCHÉMATICKÉHO ZNÁZORNĚNÍ MATERIÁLOVÉ STRUKTURY PNEUMATIKY.....	41
4	PNEUMATIKY, JEJICH VÝVOJ A DRUHY	44
4.1	STRUČNÁ HISTORIE.....	44
4.2	SOUČASNÉ PNEUMATIKY.....	45
4.3	DOJEZDOVÉ PNEUMATIKY.....	45
4.3.1	<i>Klasické dojezdové pneumatiky.....</i>	<i>45</i>
4.3.2	<i>SSR Runflat.....</i>	<i>46</i>
4.3.3	<i>ContiSeal.....</i>	<i>46</i>
4.4	ZNAČENÍ.....	46

5	PNEUMATIKY A BEZPEČNÁ JÍZDA	51
5.1	LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA PNEUMATIKY	51
5.2	PROVOZNÍ POŽADAVKY	51
5.2.1	<i>Vedení směru</i>	51
5.2.2	<i>Nesení zátěže</i>	51
5.2.3	<i>Thumení nárazů</i>	52
5.2.4	<i>Valivý pohyb</i>	52
5.2.5	<i>Přenos výkonu</i>	52
5.2.6	<i>Životnost</i>	52
5.3	RIZIKOVÉ STAVY	52
5.3.1	<i>Aquaplaning</i>	52
5.3.2	<i>Ztráta tlaku</i>	53
5.3.3	<i>Staré pneumatiky</i>	53
5.4	TECHNICKÁ OPATŘENÍ	53
5.4.1	<i>Snímače tlaku TPMS (Tyre Pressure Monitoring System)</i>	53
5.4.2	<i>Centrální dofukování pneumatik CTIS (Central Tire Inflation System)</i>	54
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
6.1	KNIŽNÍ PUBLIKACE	56
6.2	PUBLIKACE NA INTERNETU	56
6.3	OSTATNÍ ZDROJE	57

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1	SILOVÉ POMĚRY PŘI ROVNOMĚRNÉM VALENÍ HNACÍHO KOLA [7]	14
OBRÁZEK 2	SKLUZOVÁ CHARAKTERISTIKA PNEUMATIKY [1]	15
OBRÁZEK 3	ADHEZNÍ ELIPSA [2]	16
OBRÁZEK 4	DOBA DO ZASTAVENÍ VOZIDLA [8]	18
OBRÁZEK 5	SILOVÉ POMĚRY PŘI ROVNOMĚRNÉM VALENÍ BRZDĚNÉHO KOLA [7]	18
OBRÁZEK 6	BRZDNÁ DRÁHA NA SUCHÉ A MOKRÉ VOZOVCE [9]	19
OBRÁZEK 7	ROZLOŽENÍ SIL PŘI VALENÍ ZA PŮSOBENÍ BOČNÍ SÍLY [3]	20
OBRÁZEK 8	STYK PNEUMATIKY S VOZOVKOU: (A) ZA KLIDU PŘI SVISLÉ SÍLE, (B) ZA KLIDU PŘI SVISLÉ A BOČNÍ SÍLE, (C) ZA JÍZDY PŘI SVISLÉ A BOČNÍ SÍLE [3]	20
OBRÁZEK 9	POČÁTEK SKLUZU VE STOPĚ [3]	20
OBRÁZEK 10	DUNLOP SPORT BLURESPONSE [10]	23
OBRÁZEK 11	CONTINENTAL CONTIWINTERCONTACT [11]	23
OBRÁZEK 12	NOKIAN WR SUV 3 [13]	24
OBRÁZEK 13	NOKIAN LINE SV [12]	24
OBRÁZEK 14	KLEBER TRANSALP 2 [15]	24
OBRÁZEK 15	GOODYEAR DURAGRIP [14]	24

OBRÁZEK 17 KUMHO KRS03 [17].....	25
OBRÁZEK 16 MICHELIN XTA2+ENERGY [16].....	25
OBRÁZEK 18 GOODYEAR OMNITRACK MSS II [18].....	25
OBRÁZEK 19 GOODYEAR ULTRAGRIP COACH [19].....	25
OBRÁZEK 20 DUNLOP SPT9 [20].....	26
OBRÁZEK 21 PIRELLI P ZERO [21].....	26
OBRÁZEK 23 TERRAINARMOR [22].....	27
OBRÁZEK 22 SPORTSMAN MV 850 [22].....	27
OBRÁZEK 24 UCHYCENÍ KOLA [4].....	28
OBRÁZEK 25 JEDNODÍLNÝ SYMETRICKÝ PROHLoubENÝ RÁFEK [4].....	29
OBRÁZEK 26 NESYMETRICKÝ BEZPEČNOSTNÍ RÁFEK S PŘEVÝŠENÍM [4].....	29
OBRÁZEK 27 ZÁLIS RÁFKU [4].....	31
OBRÁZEK 28 RADIÁLNÍ PNEUMATIKA [23].....	32
OBRÁZEK 29 DIAGONÁLNÍ PNEUMATIKA [23].....	33
OBRÁZEK 30 PNEUMATIKA SMÍŠENÉ KONSTRUKCE [23].....	33
OBRÁZEK 31 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY PNEUMATIK [24].....	40
OBRÁZEK 32 ZNÁZORNĚNÍ MATERIÁLOVÉ STRUKTURY 1.....	41
OBRÁZEK 33 ZNÁZORNĚNÍ MATERIÁLOVÉ STRUKTURY 2.....	41
OBRÁZEK 34 MATERIÁLOVÁ STRUKTURA PNEUMATIKY_3.....	42
OBRÁZEK 36 DŘÍVĚJŠÍ PNEUMATIKA FIRESTONE [25].....	45
OBRÁZEK 35 SOUČASNÁ PNEUMATIKY.....	45
OBRÁZEK 37 CONTISEAL [27].....	45
OBRÁZEK 38 ODLEHČENÉ REZERVNÍ KOLO [28].....	45
OBRÁZEK 39 RUNFLAT PŘI ZTRÁTĚ TLAKU [27].....	45
OBRÁZEK 40 ZNAČENÍ PNEUMATIKY [29].....	47
OBRÁZEK 41 INDIKÁTOR TWI [30].....	49
OBRÁZEK 42 ROZMĚRY PNEUMATIK: NEZATÍŽENÁ A ZATÍŽENÁ [4].....	50
OBRÁZEK 43 VZNIK AQUAPLANINGU [7].....	53
OBRÁZEK 44 SNÍMAČE TLAKU PRYŽOVÉ A KOVOVÉ [31].....	54
OBRÁZEK 45 CENTRÁLNÍ DOFUKOVÁNÍ [32].....	54

Seznam tabulek

TABULKA 1 SOUČINITEL ADHEZE PRO RŮZNÉ POVRCHY [2].....	16
TABULKA 2 ZNAČENÍ RÁFKŮ [4].....	30
TABULKA 3 VÝZNAM PÍSMEN PRO OZNAČOVÁNÍ RÁFKŮ [4].....	30
TABULKA 4 ZÁKLADNÍ ZNAČENÍ [29].....	46
TABULKA 5 ZÁKONNÉ A STANDARDIZOVANÉ ZNAČENÍ [29].....	47
TABULKA 6 INDEXY RYCHLOSTÍ (SI) PRO OSOBNÍ AUTOMOBILY [5].....	48
TABULKA 7 INDEXY NOSNOSTÍ (LI) PRO NÁKLADNÍ AUTOMOBILY [29].....	49

Úvod

Pneumatika silničního vozidla má mimořádný význam pro jeho bezpečný a spolehlivý pohyb na pozemních komunikacích. Prostřednictvím adhezní elipsy každé ze svých pneumatik je vozidlo ve stálém kontaktu s komunikací a přes tyto malé plošky jsou přenášeny všechny síly, které s pohybem vozidla souvisí. Pneumatika je složitý pryžový kompozit, který prošel více než stoletým vývojem a je neodmyslitelnou součástí každého silničního vozidla. Patří mezi mnoho součástí, které se nejen pohybují s vozidlem, ale i samy o sobě, a k tomuto pohybu má velice složité podmínky.

Seznam použitých zkratk a symbolů

1 Valení automobilového kola

ω_k	[rad s ⁻¹]	úhlová rychlost kola, kinematická veličina
v_k	[m s ⁻¹]	rychlost kola, kinematická veličina
F_x	[N]	tečná obvodová síla
F_k	[N]	tečná hnací síla
F_z	[N]	normálová síla
O_f	[N]	odpor valení
f_v	[-]	součinitel odporu valení
δ	[-]	měrný skluz kola
μ_x, μ_k	[-]	součinitel obvodové a hnací síly
O_k	[-]	osa procházející středem kola
F_o	[N]	vnější síla procházející středem kola
F_ξ, F_ζ	[N]	složky vnější síly
e	[m]	rameno valivého odporu
M_f	[N m]	moment odporu valení
M_k, M_f	[N m]	momenty silových dvojic
p	[MPa]	tlak

2 Adheze

μ	[-]	součinitel adheze
-------	-----	-------------------

3 brzdění

v	[m s ⁻¹]	počáteční rychlost vozidla
t_r	[s]	reakční doba řidiče
t_p	[s]	časová prodleva brzd
t_n	[s]	doba náběhu brzd
v_n	[m s ⁻¹]	rychlost vozidla po náběhu brzd
a_n	[m s ⁻²]	střední zpomalení při náběhu brzd
a	[m s ⁻²]	zpomalení během plného brzdění
s_r	[m]	dráha ujetá během reakční doby řidiče
s_p	[m]	dráha ujetá během doby prodlevy brzd
s_n	[m]	dráha ujetá během doby náběhu brzd
s_b	[m]	dráha ujetá během plného brzdění
s	[m]	celková dráha potřebná k zastavení vozidla

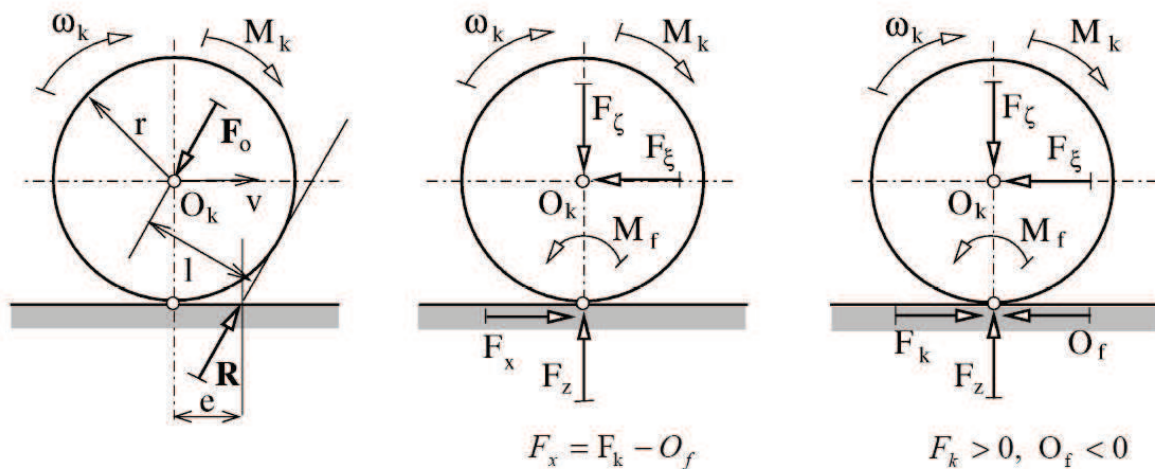
4 rozměrové parametry pneumatiky

H	[mm]	výška profilu pneumatiky
B	[mm]	šířka pneumatiky
H/B	[%]	profilové číslo
r_{stat}	[mm]	statický poloměr kola

1. Charakteristika pohybu vozidla

1.1 Přenos hnací síly na vozovku

Při rozboru silových účinků uvažují případ silových poměrů na hnacím kole při rovnoměrném valení kola. Předpokladem při rovnoměrném valení $\omega_k = konst.$, $v_k = konst.$, uvažujeme buď nulovou tíhovou sílu, nebo takovou, která je zahrnuta do vnější síly F_o procházející středem kola O_k . Na obrázku umístěného v levé části jsou znázorněny výsledné silové účinky a reakce působící na kolo. Obrázky napravo zobrazují možné náhrady akčních a reakčních silových účinků pomocí jejich složek. Výsledný akční silový účinek F_o je zde rozložen do složek F_ξ, F_ζ . Reakční silový účinek je nahrazen složkami F_x, F_z a působícím momentem $M_f = F_z e$, kde e představuje rameno valivého odporu.



Obrázek 1 Silové poměry při rovnoměrném valení hnacího kola [7]

Při řešení silových účinků na kole zavádíme tři podmínky rovnováhy, z nichž minimálně jedna musí být momentová, ostatní jsou složkové.

- $M_f = F_z e = O_f r$ - moment odporu valení, kde e představuje rameno valivého odporu
- $O_f = O_{fp} + O_{ft}$ - odpor valení, neboli myšlená síla, která vyjadřuje ztráty, jež vznikají při valení kola vlivem deformace podložky a pneumatiky. Pro hnací kolo můžeme uvažovat $O_f = 0$ a nezávisí na krouticím momentu M_k . Odpor valení zapříčiňuje zejména tření při deformaci pneumatiky (hystereze), tření v dotykové plošce pneumatiky s vozovkou a její přisávání k podložce. O_{fp} znázorňuje ztrátu tečné síly F_k , jež vznikla deformací podložky. Za předpokladu tuhé podložky platí $O_{fp} = 0$. O_{ft} tvoří hysterezní ztrátu tečné síly F_k , jež vznikla deformací pneumatiky. Tato složka je až 90% odporu.

- F_z - radiální složka reakce R
- $F_x = F_k \pm O_f$ - tečná složka reakce R, neboli síla, která posouvá kolo. Pro hnací kolo platí záporné znaménko, pro kolo brzdící znaménko kladné.
- $F_k = M_k / r$ - tečná hnací, (brzdící síla) na obvodu kola
- R - výsledná reakce vozovky

Momenty M_k , M_f reprezentují momenty silových dvojic. Poté pro rovnovážný stav musí platit vztah $Mk = F_o l = R_z e$, kde $Rz = F_z$.

Abychom mohli porovnávat silové veličiny různých typů pneumatik a zatížení, zavedeme následné parametry bezrozměrného charakteru.

$$\mu_x = F_x / F_z \quad - \text{ součinitel obvodové síly}$$

$$\mu_k = F_k / F_z \quad - \text{ součinitel hnací síly}$$

$$f_v = O_f / F_z \quad - \text{ součinitel odporu valení}$$

Poté pro obvodovou sílu F_x platí vztah $\mu_x = \mu_k - f_v$

Hodnotu součinitele odporu valení f_v ovlivňují zejména tlak huštění pneumatiky, rychlost jízdy, teploty pneumatik a radiální zatížení. U osobních automobilů se hodnota f_v pro tlak nahuštění $p = 0,15 \div 0,2 \text{ MPa}$ na betonové vozovce pohybuje v rozmezí $0,012 \div 0,017$ u radiálních pneumatik a $0,015 \div 0,02$ u diagonálních pneumatik.

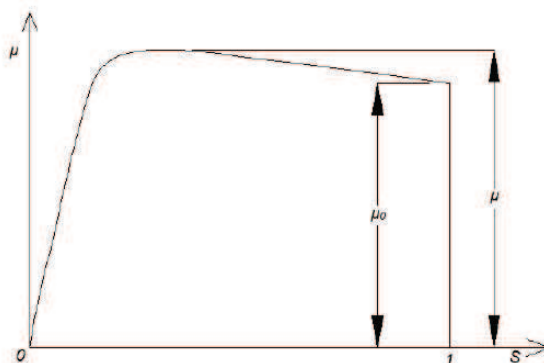
1.2 Význam adheze

Součinitel adheze, známý též jako přilnavost je charakterizován schopností přenosu tečných sil ve stykovém místě dvou povrchů bez zřetelného pohybu.

Velikost součinitele adheze μ nejvíce ovlivňují následující faktory:

- jakost povrchu vozovky
- jakost povrchu pneumatiky
- rychlost jízdy
- poměr ve stopě kola, zejména na velikosti skluzu

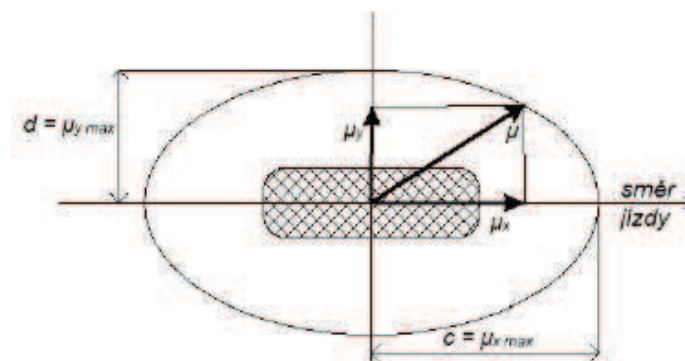
Nejvyššího hodnoty součinitele adheze je dosaženo při optimálním skluzu, přibližně při $15 \div 30 \%$.



Obrázek 2 Skluzová charakteristika pneumatiky [1]

Adhezní elipsa

Adhezní elipsa slouží k určení součtové adheze, jejíž můžeme v požadovaném směru maximálně využít. Adhezní síla v dotykové plošce pneumatiky s vozovkou je využívána na brzdění, rozjezd v podélném směru a na boční vedení v kolmém směru. Vektorovým součtem podélné x-ové a příčné y-ové složky (μ_x , μ_y) dostaneme jedinou výslednou sílu, která udává využití součinitele adheze při styku pneumatiky s vozovkou. Může nastat situace, kdy výsledný součet této síly nemusí dosahovat mezní hodnoty adheze μ , nesmí ji však překročit.



Obrázek 3 Adhezní elipsa [2]

Tabulka 1 Součinitel adheze pro různé povrchy [2]

Druh povrchu		Součinitel adheze μ
beton	suchý	0,8 – 1,0
	mokrá	0,5 – 0,8
asfalt	suchý	0,6 – 0,9
	mokrá	0,3 – 0,8
dlažba	suchá	0,6 – 0,9
	mokrá	0,3 – 0,5
makadam	suchý	0,6 – 0,8
	mokrá	0,3 – 0,5
polní cesta	suchá	0,4 – 0,6
	mokrá	0,3 – 0,4
tráva	suchá	0,4 – 0,6
	mokrá	0,2 – 0,5
hluboký písek, sníh		0,2 – 0,4
náledí	0°C	0,05 – 0,10
	-10°C	0,08 – 0,15
	-20°C	0,15 – 0,20

1.3 Brzdění

Pojem brzdění lze chápat jako záměrné snižování rychlosti vozidla nebo zamezení pohybu proti rozjetí stojícího vozidla. Popis brzdění probíhá následovně. Brzdná dráha, kterou vozidlo ujede od okamžiku, kdy řidič spatří překážku, do okamžiku zastavení vozidla můžeme rozdělit na následující dílčí dráhy.

- dráha ujetá během reakční doby řidiče
- dráha ujetá během doby prodlevy brzd
- dráha během doby náběhu brzd
- dráha během doby plného brzdění

$s_r = v t_r$ [m] - dráha ujetá během reakční doby řidiče za předpokladu rovnoměrného pohybu vozidla. v představuje počáteční rychlost vozidla [m s^{-1}] a t_r reakční dobu řidiče [s]. Reakční doba řidiče od prvního spatření překážky do okamžiku dotyku brzdového pedálu bývá mezi $0,5 \div 1,5$ sekundy.

$s_p = v t_p$ [m] - dráha ujetá během doby prodlevy brzd za předpokladu rovnoměrného pohybu vozidla. t_p představuje časovou prodlevu brzd [s]. Prodleva brzd znázorňuje časový úsek od prvního dotyku brzdového pedálu řidičem do okamžiku, kdy dojde k dotyku třecích ploch brzd. Hodnota prodlevy se pohybuje mezi $0,03 \div 0,06$ sekundy.

$s_n = v t_n - \frac{1}{2} (a_n t_n^2)$ [m] - dráha ujetá během doby náběhu brzd za předpokladu zpomaleného pohybu. t_n představuje dobu náběhu brzd [s] a a_n střední zpomalení při náběhu brzd [m s^{-2}], $a_n = a/2$. Doba náběhu brzd tvoří časový úsek od prvního dotyku třecích ploch brzd po úplné brzdění, kdy dochází k ulpívání částí běhounu na povrchu vozovky. Doba náběhu brzd je přibližně mezi $0,07 \div 0,5$ sekundami.

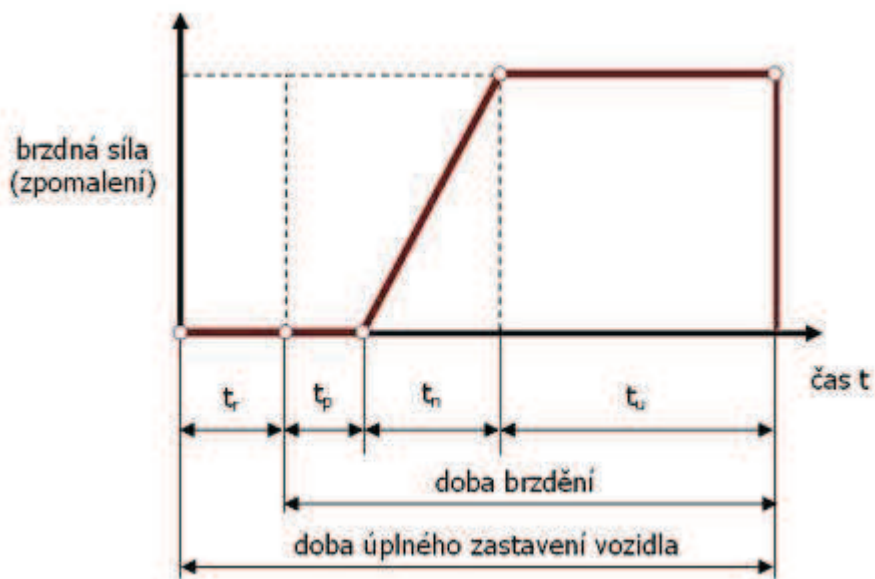
$s_b = v n^2 / (2 a)$ [m] - dráha ujetá během plného brzdění za předpokladu pohybu s rovnoměrným zpomalením. a představuje zpomalení během plného brzdění [m s^{-2}] a vn rychlost vozidla po náběhu brzd [m s^{-1}],

$$v_n = \sqrt{v^2 - 2a_n s_n}$$

- celková brzdná dráha potřebná k zastavení vozidla je dána součtem dílčích vzdáleností.

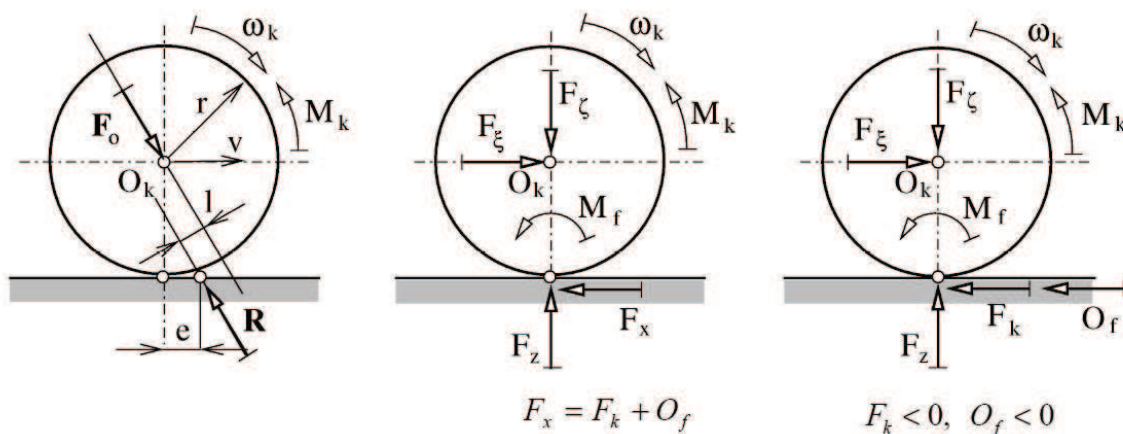
$$s = s_r + s_p + s_n + s_b = v (t_r + t_p + t_n) - \frac{1}{2} a_n t_n + \frac{v_n^2}{2a}$$

[6]

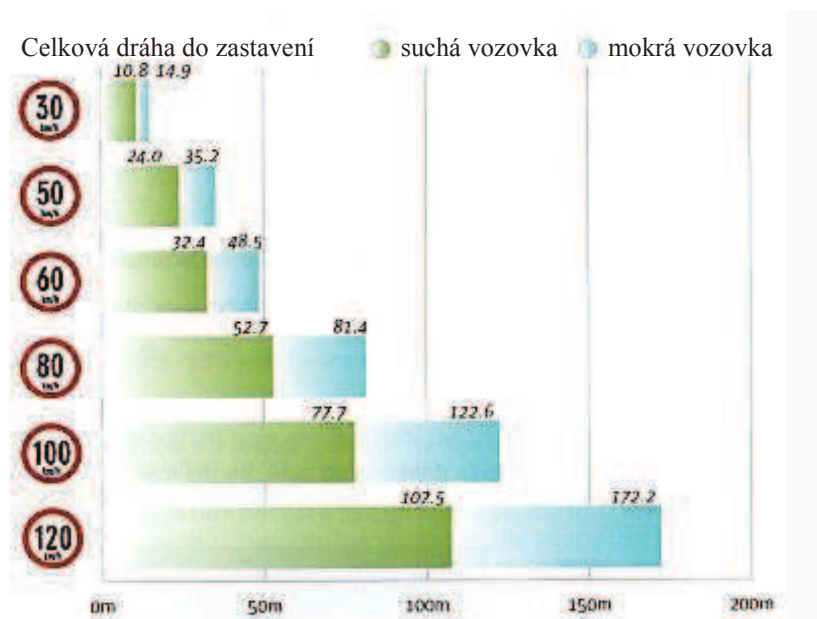


Obrázek 4 Doba do zastavení vozidla [8]

Silové poměry při brzdění byly popsány výše při rozboru silových poměrů při rovnoměrném valení hnacího kola. Rozdíl je pouze ve směru výsledných reakcí.



Obrázek 5 Silové poměry při rovnoměrném valení brzděného kola [7]



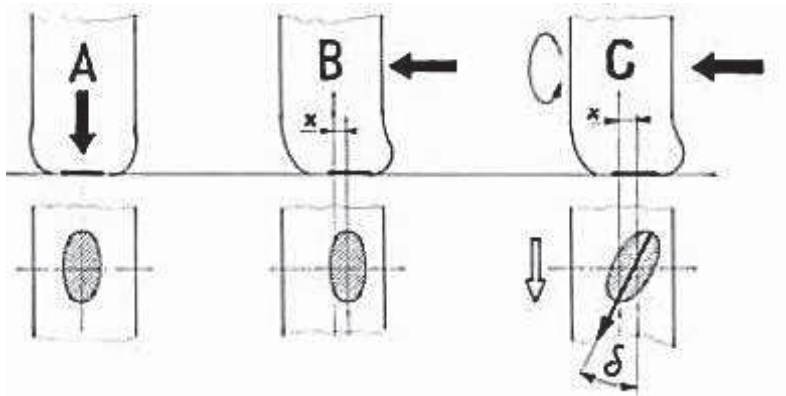
Obrázek 6 Brzdná dráha na suché a mokré vozovce [9]

Jízda v zatáčkách

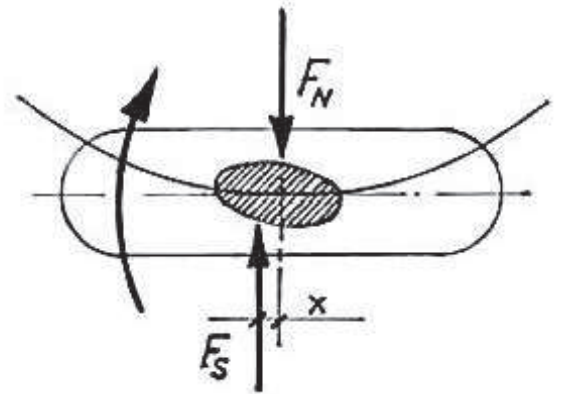
Pneumatika se při styku s vozovkou deformuje vlivem zatížení a to tak, že stopa dezénu a kostry vytváří eliptický tvar. Pneumatika má schopnost přenášet přibližně stejnou velikost síly v jakémkoliv směru. Tato síla se dá rozložit do složky ve směru jízdy například při akceleraci či brzdění a na složku kolmou na směr jízdy, zejména odstředivou sílu v zatáčce. Při působící boční síle na pneumatiku v klidové poloze se styková elipsa posouvá mimo rovinu symetrie. Při jízdě v zatáčce se styková eliptická ploška natáčí tak, že dezén ze střední roviny nabíhá k zadnímu konci stopy. To doprovází deformace, která postupně roste a tím se kolo valí v ose nové stopy, která je odchýlená o úhel δ proti rovině symetrie kola. Úhel natočení δ závisí na konstrukci pneumatiky, na úhlu navinutých vláken na kostře pneumatiky, tvaru, rozměrech a na jejím nahuštění. Vzniklé deformace narůstají směrem k zadnímu konci stopy. V oblasti pružných deformací je stopa stále elipsou.

Výslednice sil působící ve stopě F_s působí až za osou rotace kola a společně s vnější boční silou $F_N = -F_s$ působící v závěsu kola, vytváří vratný moment. Ten se snaží při průjezdu zatáčkou vrátit kolo do původního směru, tedy do přímého směru jízdy.

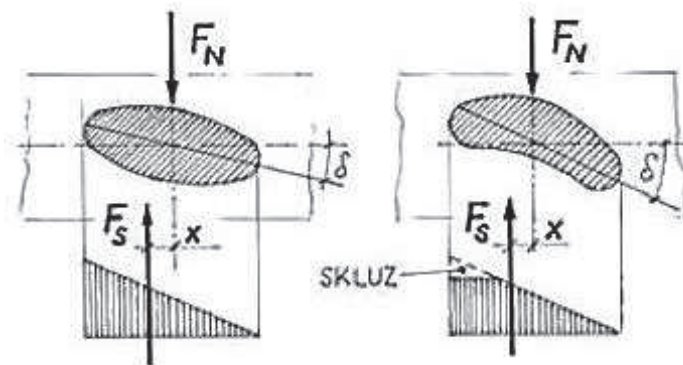
Nastane-li případ, kdy se překročí adheze v zadní části, stopa se zdeformuje a dezén začne klouzat. To má za následek smyk.



Obrázek 8 Styk pneumatiky s vozovkou: (A) za klidu při svislé síle, (B) za klidu při svislé a boční síle, (C) za jízdy při svislé a boční síle [3]



Obrázek 7 Rozložení sil při valení za působení boční síly [3]



Obrázek 9 Počátek skluzu ve stopě [3]

2 Provozní podmínky silniční dopravy

Definice: Provozní podmínky jsou všechny skutečnosti, které mají vliv na jízdu vozidla, tj. způsob jeho užívání, zejména pak charakter a stav dopravní cesty, hustota dopravního provozu, opotřebení vozidla, spotřeba pohonných hmot a povětrnostní podmínky.

2.1 Druh dopravy – silniční doprava

Všechno co vyrábíme a vyrobíme je dopravováno, a všechno čím dopravujeme, musí být vyrobeno. Tato věta vyjadřuje snad nejlépe význam a rozmanitost dopravy. Doprava je neoddelitelnou součástí společenského procesu, ve kterém zajišťuje pohyb, podmínku stálého vývoje. V této práci se zabýváme silniční dopravou, kterou tvoří elementy:

- dopravní prostředky
- dopravní cesty
- lidský faktor

Pneumatiky, součást každého silničního dopravního prostředku, která při jeho provozu je jako jediná v trvalém kontaktu s dalším elementem silniční dopravy, dopravní cestou, a je nejvíce ovlivňována způsobem používání, lidským faktorem.

2.1.1 Dopravní prostředky

Silniční doprava je prováděna vozidly, která se rozdělují podle účelu na:

- Silniční vozidla

Druhy silničních vozidle jsou: motocykly, osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, speciální vozidla, přípojná vozidla, ostatní silniční vozidla

- Zvláštní vozidla

Druhy silničních vozidel jsou: zemědělské a lesnické traktory a jejich přípojná vozidla, pracovní stroje samojízdné a přípojně, nemotorové pracovní stroje, vozíky pro invalidy atd.

Silniční vozidla dále rozdělujeme do kategorií podle určených parametrů na:

- kategorie L, mopedy, motocykly, tříkolky, lehké čtyřkolky, motokola
- kategorie M (1,2,3), vozidla pro přepravu osob
- kategorie N (1,2,3), vozidla pro přepravu nákladů
- kategorie O, přípojná vozidla a kategorie S, pracovní stroje

2.1.2 Dopravní cesty

Silniční doprava je prováděna vozidly na dopravních cestách. Pro tento účel se nazývají pozemní komunikace. Jejich existenci, vztahy, povinnosti a potřeby určuje zákon. Pro tyto záležitosti jsou rozděleny do kategorií takto:

Rozdělení pozemních komunikací:

- Dálnice a rychlostní komunikace
- Silnice I. – III. třídy
- Místní komunikace I. – IV. třídy
- Účelové komunikace

2.2 Druhy povrchu

Pozemní komunikace se ze stavebního hlediska vyznačují náročnou technickou záležitostí. Proto jsou všechny záležitosti související s jejich výstavbou a údržbou upraveny provádějící vyhláškou, předpisy a normami. Pro volbu vhodných pneumatik je důležitá ta část silniční komunikace, kterou nazýváme vozovka. Na výstavbu vozovek používáme nejčastěji tyto materiály:

- kamenivo (přírodní, těžené, šterkopísek)
- zeminy (píscité hlíny, hlinité písky, zahliněné šterky)
- pojiva (cement, vápno, živice, případně další chemická pojiva)

Konstrukce vozovky včetně charakteru jejího povrchu je odvozena od předpokládané intenzity dopravního provozu, hmotnosti dopravních prostředků a dalších vlivů včetně povětrnostních.

2.3 Vliv počasí

Vedle působení dopravního provozu, především jeho intenzity, působí na opotřebení a negativní změny stavu vozovky povětrnostní vlivy. Tyto vlivy můžeme stručně vyjádřit jako:

- působení vzduchu - rychlost proudění
 - teplota vzduchu
 - chemické složení
- působení vody - gravitační voda
 - spodní voda
 - teplota vody

Pro volbu pneumatik jsou tedy důležité:

- druh a kategorie dopravního prostředku
- druh pozemní komunikace, povrch její vozovky
- klimatické podmínky, za kterých bude doprava uskutečněna

Pneumatiky pro silniční vozidla:

Dopravní prostředek: **osobní automobil, kategorie M1**

Provozní podmínky:

dopravní cesta - dálnice, silnice I. - III. třídy, místní a účelové komunikace
cesty se zpevněným suchým povrchem, zimní provoz na
upravených komunikacích

klimatické podmínky - mírné střední a subtropické pásmo

provozní využití - osobní a rodinné potřeby, služební vozidlo pro
přepravu osob a drobného materiálu

Pneumatiky: letní - Dunlop Sport Bluresponse 195/65 R15 91H

zimní - Continental ContiWinterContact TS 850 – 195/65 R15



Obrázek 10 Dunlop Sport Bluresponse [10]



Obrázek 11 Continental ContiWinterContact [11]

Dopravní prostředek: **osobní automobil off-road, M1,G**

Provozní podmínky:

dopravní cesta - dálnice, silnice I. - III. třídy, místní a účelové komunikace
cesty se zpevněným i nezpevněným suchým i mokřým
povrchem, zimní provoz na upravených i neupravených
komunikacích

klimatické podmínky - mírné střední a subtropické pásmo

provozní využití - služební vozidlo pro pracovníky lesní správy,
zemědělských družstev, firem pro přenos energií a informací,
záchranné služby, horské služby, policie a hasičů, přepravu
osob, pomůcek, nářadí a drobného materiálu

Pneumatiky: letní - Nokian Line SV – 215/65 R16 102 H

zimní - Nokian WR SUV 3 – 255/55 R18 109 V XL



Obrázek 13 Nokian Line SV [12]



Obrázek 12 Nokian WR SUV 3 [13]

Dopravní prostředek: **užitkový automobil do 3,5 t, kategorie N1**

Provozní podmínky:

- | | |
|---------------------|---|
| dopravní cesta | - dálnice, silnice I. - III. třídy, místní a účelové komunikace cesty se zpevněným suchým povrchem, zimní provoz na upravených komunikacích |
| klimatické podmínky | - mírné střední a subtropické pásmo |
| provozní využití | - zásobovací a rozvážkové vozidlo pro přepravu osob, zboží a materiálu |

Pneumatiky: letní - Goodyear Duragrip - 205/65 R15 94T

zimní - Kleber Transalp 2 – 225/70 R 15 112 R



Obrázek 15 Goodyear Duragrip [14]



Obrázek 14 Kleber Transalp 2 [15]

Dopravní prostředek: **nákladní automobil nad 3,5 t do 12 t, kategorie N2**

Provozní podmínky:

- | | |
|---------------------|---|
| dopravní cesta | - dálnice, silnice I. - III. třídy, místní a účelové komunikace cesty se zpevněným suchým povrchem, zimní provoz na upravených komunikacích |
| klimatické podmínky | - mírné střední a subtropické pásmo |
| provozní využití | - zásobovací a rozvážkové vozidlo pro přepravu nákladů, zboží a materiálu na krátké a střední trasy |

Pneumatiky: letní - Michelin XTA2+ Energy 445/45 R19 160 J TL
zimní - Kumho KRS03 215/75 R17 126/124M TL



Obrázek 17 Michelin XTA2+Energy [16]



Obrázek 16 Kumho KRS03 [17]

Dopravní prostředek: **nákladní automobil nad 12 t, kategorie N3**

Provozní podmínky:

- | | |
|---------------------|---|
| dopravní cesta | - dálnice, silnice I. - III. třídy, místní a účelové komunikace cesty se zpevněným suchým povrchem, zimní provoz na upravených komunikacích |
| klimatické podmínky | - mírné střední a subtropické pásmo |
| provozní využití | - přeprava nákladů na dlouhé a velmi dlouhé trasy v tuzemsku a zahraničí, tzn. kamionová doprava |

Pneumatiky: letní - Goodyear Omnitrac MSS II - 12.00 R24 160 K
zimní - Goodyear UltraGrip Coach - 315/80 R22,5 156 L



Obrázek 18 Goodyear Omnitrac MSS II [18]



Obrázek 19 Goodyear UltraGrip Coach [19]

Dopravní prostředek: **pracovní stroj samojízdný, kategorie SS**

Provozní podmínky:

- | | |
|---------------------|--|
| dopravní cesta | - silnice I. - IV. třídy, cesty se zpevněným suchým povrchem, zimní provoz na upravených komunikacích |
| klimatické podmínky | - mírné střední a subtropické pásmo |
| provozní využití | - provádění prací, pro které je stroj určen a přesuny v oblasti pracovního nasazení, na delší vzdálenosti je stroj přepravován na podvozku tažným vozidlem |

Pneumatiky: terénní - Dunlop SPT9 - 365/80 R20 B153/141 TL EM



Obrázek 20 Dunlop SPT9 [20]

Pneumatiky pro zvláštní úkoly a účely:

Dopravní prostředek: **závodní formule F1**

Provozní podmínky:

- | | |
|---------------------|---|
| dopravní cesta | - závodní okruh, komunikace se zpevněným povrchem |
| klimatické podmínky | - mírné střední a subtropické pásmo |
| provozní využití | - závodní okruhy |

Pneumatiky: slicky - Pirelli P Zero



Obrázek 21 Pirelli P Zero [21]

Dopravní prostředek: **Taktické vozidlo Sportsman MV850 TerrainArmor Edition**

Provozní podmínky:

- | | |
|---------------------|---|
| dopravní cesta | - extrémní offroad, těžce přístupný terén |
| klimatické podmínky | - mírné střední a subtropické pásmo |
| provozní využití | - přeprava vojenského personálu |

Pneumatiky: TerrainArmor



Obrázek 23 TerrainArmor [22]



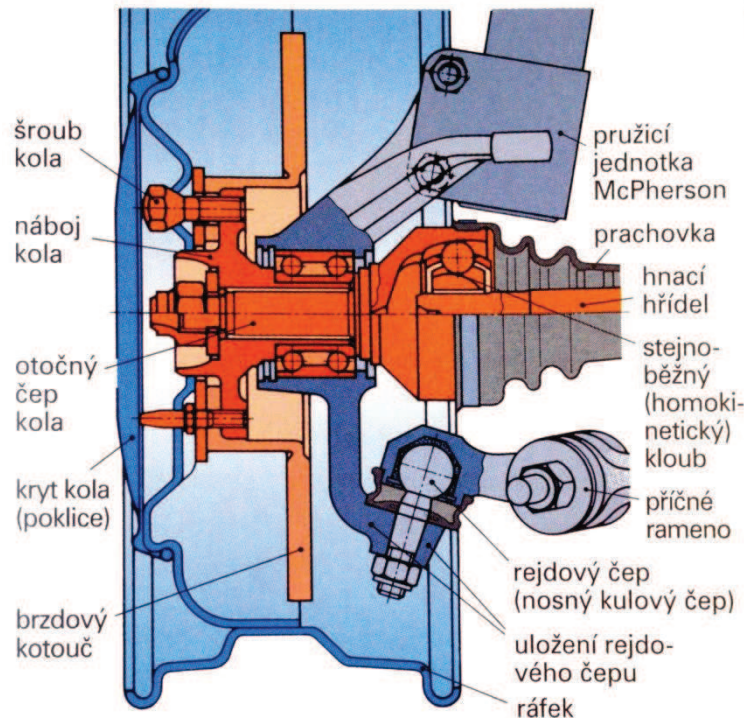
Obrázek 22 Sportsman MV 850 [22]

Z konstrukčního pohledu na pneumatiky jednotlivých kategorií silničních vozidel nedochází k výrazným změnám s ohledem na její použití. K největším rozdílům patří používání odlišných vlastností používaných směsí.

3 Konstrukce pneumatiky a materiály

3.1 Konstrukce kol

Kola nesou hmotnost vozidla a přenášejí přes pneumatiky hnací a brzdné síly. Konstrukce kola je tvořena z ráfku, disku kola se středovým otvorem a otvory pro uchycení šrouby. U konstrukce kol rozlišujeme následující druhy, kola disková, kola hvězdicová, u kterých je disk nahrazen ocelovou hvězdicí a kola drátová. Spojení kola s nábojem je zprostředkováno pomocí příruby, která je otočně uložena na čepu kola a spojena pomocí šroubů a matic.



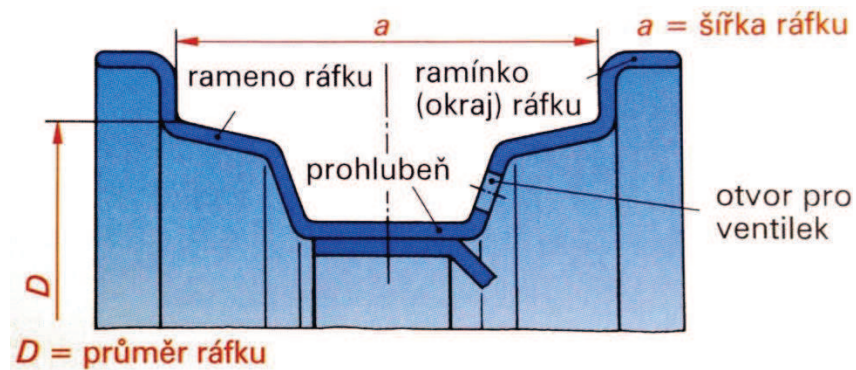
Obrázek 24 Uchytení kola [4]

3.1.1 Ráfky

Ráfek slouží k uložení a spojení pneumatiky takovým způsobem, aby byl umožněn přenos svislých, bočních a obvodových sil a to bez pohybu mezi pneumatikou a ráfkem. Ráfky můžeme rozdělit na ty, které jsou pevně spojeny s diskem tzv. disková kola a na ráfky odnímatelné. Dále rozdělujeme na jednodílné (prohloubené, ploché) a dělené ráfky (vícedílné) jež se používají u užitkových vozidel.

Prohloubené ráfky

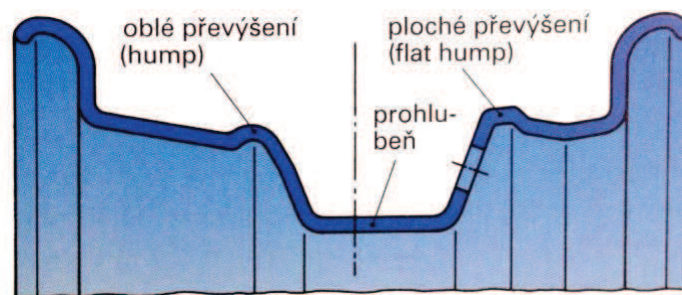
Nejčastější použití zejména pro osobní automobily jako jednodílné prohloubené ráfky. Technologie výroby těchto ráfků jsou ve formě odlitků či výkovek z jednoho kusu lehkého materiálu a následně pevně snýtovány či svařeny s diskem kola. Příčné průřezy ráfků jsou buď symetrické, nebo nesymetrické.



Obrázek 25 Jednodílný symetrický prohloubený ráfek [4]

Bezpečnostní ráfky

U bezdušových radiálních pneumatik je nutné používat prohloubených bezpečnostních ráfků, jež mají po celém obvodu v blízkosti prohlubně dosedací plochu pro patku pláště pneumatiky, která je opatřena oblým převýšením označovaným Hump (H). Pokud je toto převýšení ploché, nazývá se Flat Hump (FH). Tyto převýšení jsou konstruovány proto, aby se patka pláště při projíždění zatáčkou při vyšších rychlostech nesesmeknula do prohlubně ráfku vlivem velkých bočních sil. U bezdušových pneumatik sesmeknutí způsobí rychlý únik vzduchu, což může vést k dopravní nehodě.



Obrázek 26 Nesymetrický bezpečnostní ráfek s převýšením [4]

Vícedílné ráfky

Používají se pro usnadnění montáže a demontáže pneumatiky.

Trilex

Použití těchto ráfků zejména u hvězdicových kol. Ráfek je tvořen třemi segmenty, které do sebe vzájemně zapadají a následně jsou k hvězdici spojeny pomocí šroubů.

3.1.2 Rozměry a značení ráfků

Značení a rozměry ráfků podléhají normalizaci a výrobci je uvádějí na každém kole. Označení je tvořeno šířkou ráfku v palcích a průměrem ráfku v palcích. Tyto rozměry jsou u prohloubených ráfků odděleny znakem „x“. Písmena uvedená za šířkou ráfku předepisují tvar okraje ráfku a písmena uvedená za průměrem ráfku předepisují druh ráfku.

Příklad označení: $6 \frac{1}{2} J \times 15 H ET 35$

Tabulka 2 Značení ráfků [4]

Značení	Význam
6 1/2	Šířka ráfku v palcích
J	Písmeno označující tvar a rozměry ramínka ráfku
X	Prohloubený ráfek (jednodílný)
15	Průměr ráfku v palcích
H	Bezpečnostní ráfek – oblé převýšení (hump) Pouze na vnější dosedací ploše patky
ET 35	Zális 35 mm

Tabulka 3 Význam písmen pro označování ráfků [4]

Značení	Význam
H2	Oblé převýšení na obou stranách ráfku
FH	Ploché převýšení na vnější dosedací ploše patky
FH2	Ploché převýšení na obou stranách ráfku
CH	Kombinované převýšení: ploché převýšení na vnější dosedací ploše patky a převýšení na vnitřní dosedací ploše patky
EH	Velké převýšení (Extended Hump)
SDC	Poloprohloubený ráfek (Semi Drop Center)
TD	Speciální ráfek se sníženou výškou ramínka, tím se dosahuje lepšího komfortu pružení pneumatik. Drážka v rameni ráfku zachycuje patku pláště pneumatiky, takže není možné sesmeknutí patky pláště u pneumatiky bez tlaku. Údaj o šířce ráfku a průměru ráfku je udáván v mm.

Zális diskového kola

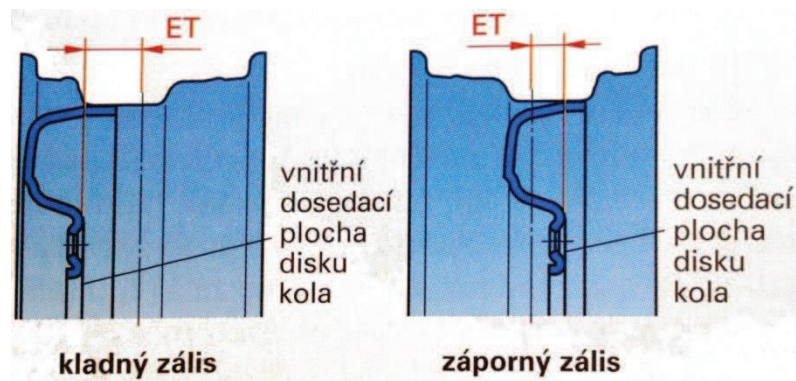
Zális udává hodnotu rozměru od středu roviny ráfku k vnitřní dosedací ploše příruby disku.

Kladný zális

U kladného zálisu je vnitřní dosedací plocha disku kola vůči střední rovině ráfku posunuta směrem k vnější straně kola.

Záporný zális

U záporného zálisu je vnitřní dosedací plocha disku kola vůči střední rovině ráfku posunuta směrem k vnitřní straně kola. Použitím těchto ráfků lze zvětšit rozchod.



Obrázek 27 Zális ráfku [4]

3.1.3 Kola disková a litá

Disková kola se nejvíce používají u osobních a nákladních automobilů. Nejčastější způsob výroby je lisováním z ocelového plechu, popř. jako odlitek z lehkých slitin. Disk je s ráfem spojen buď nýty, nebo technologií svařování. Výhody těchto kol spočívají ve snížení hmotnosti a vlivem ventilačního účinku výrazně zlepšují odvod tepla z okolí kola a brzd.

3.1.4 Kola drátová

U těchto typů kol je ráfek vyroben buď z oceli, nebo hliníku, drátěné paprsky jsou z oceli. Na tyto kola lze namontovat pneumatiky s duší či provedení bezdušové. Použití je zejména u terénních strojů a motocyklů, protože vykazují velkou pružnost při nízké hmotnosti.

3.1.5 Kola plastová

Tato kola vznikla za účelem snížení hmotnosti, ekologické šetrnosti k životnímu prostředí a menší energetické náročnosti na výrobu. Používají se u některých závodních speciálů.

3.2 Jednotlivé části pneumatiky

Pneumatika je kompozit, neboli celek, který se skládá z několika materiálů s odlišnými vlastnostmi. Základem je pryž tvořící 80-85% pneumatiky, různé druhy vláken 12-15% a 2-3% připadá na ocelové dráty nebo umělohmotnou síť.

3.2.1 Vnitřní vložka, vrstva vzduchotěsné syntetické pryže

Tato vrstva se používala u dřívějších typů pneumatik a plnila stejnou funkci jako duše.

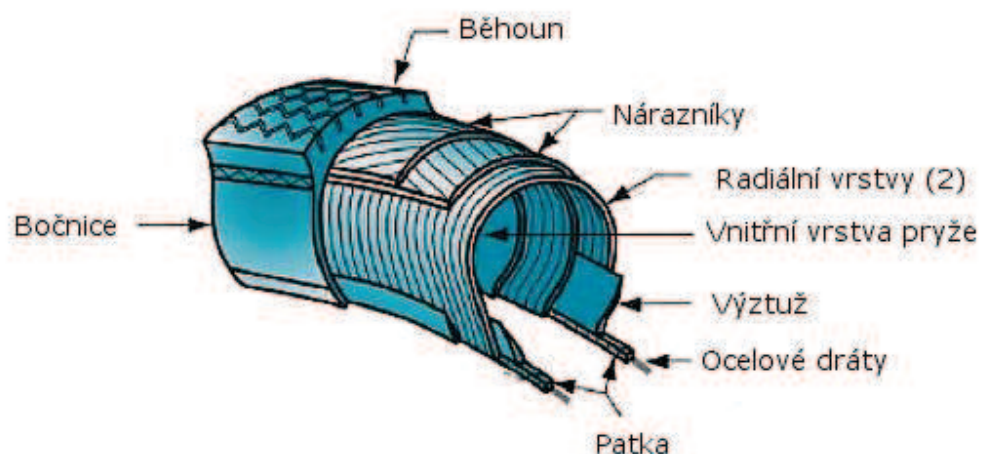
3.2.2 Vrstva kostry

Základní část pneumatiky, která ovlivňuje hlavní parametry pneumatiky. Vrstvu kostry tvoří kordová vlákna např. rayonová vlákna (umělé hedvábí), polyesterové kordy, polyamidové kordy a ocelové kordy. U sportovních pláštů se využívají syntetická vlákna jako kevlar. Dle směru navinutí pásů jednotlivých vláken rozlišujeme na pneumatiky radiální, diagonální a pneumatiky smíšené konstrukce.

Radiální pneumatiky

Radiální pneumatiky rozdělujeme do tří základních skupin na celotextilní, kombinované a celoocelové. U celotextilních se polyamidový kord nachází v kostře i nárazníku. Kombinované mají polyesterový či polyamidový kord v kostře a ocelový kord v nárazníku. Celoocelové radiální pneumatiky, jak je z názvu patrné, obsahují ocelový kord v kostře i v nárazníku. Radiální pláště mají oproti diagonálním pláštům větší plochu pláště, která přichází do styku s vozovkou. Z toho plyne zvýšení účinku brzd a zkrácení brzdě dráhy a to až o 10%. U těchto pláštů se při konstrukci využívá spojení kostry s radiálně uloženými nitěmi a pásového nárazníku, jehož nitě jsou vzhledem k nitím kostry posunuty o úhel 90°. Pro materiál nárazníku se pro osobní automobily používají zejména ocelové kordy, ale i kordy polyamidové. Tyto kordy vlivem své tuhosti stabilizují tvar pneumatiky a zároveň vymezují pohyby vzniklé u běhounu při odvalování pneumatiky. Dosáhne se snížení valivého odporu, sníží se i nežádoucí síly, které mají vliv na oděr, zlepši se stabilita pneumatiky a styk běhounu s povrchem vozovky. Hlavní výhoda těchto pláštů spočívá v maximální využitelnosti pevnosti kordů, jelikož zde nedochází ke vzniku stříhových sil, kostra se méně zahřívá než u diagonálního uspořádání a může se použít menší počet kordových vložek. Vložky jsou uspořádány od patky k patce a to tak, aby vzdálenost mezi nimi byla co nejkratší. Kordové vložky s pokládají na pneumatiku stejným směrem a oproti diagonálním pláštům je jich za potřeby zhruba polovina. S ohledem na podélnou pevnost se používá 2 až 6 vrstev nárazníku. Uspořádání jednotlivých vrstev je takové, že nitě svírají s obvodovou kružnicí v podélném směru úhel 5 a 25°.

Tyto pneumatiky zaznamenávají nejvyšší rozvoj zejména v oblasti automobilové a nákladní dopravy.

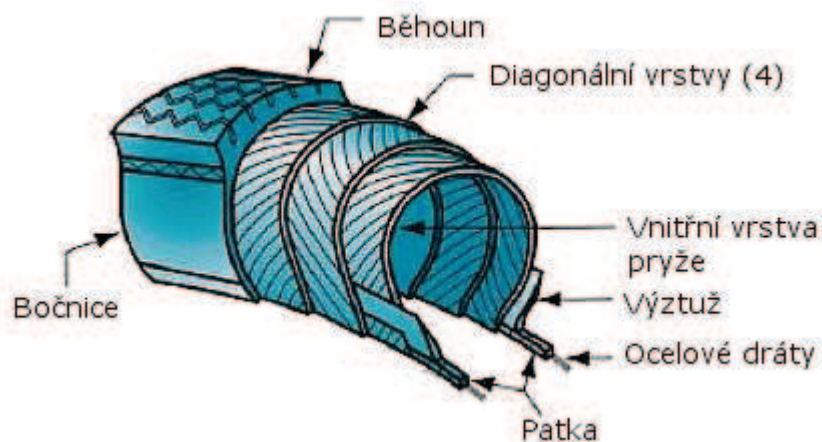


Obrázek 28 Radiální pneumatika [23]

Diagonální pneumatiky

Kordové nitě u diagonálních pneumatik jsou konstrukčně uspořádány tak, že dochází v jednotlivých vložkách ke vzájemnému křížení pod úhlem 50 až 70° stupňů. Tyto vložky se nejčastěji vyskytují v sudém počtu a jsou vedeny přes patní lana. V některých případech se kordová kostra pláště opatřuje nárazníkem o malé pevnosti, který slouží pouze jako výztuž kostry pláště a nepřenáší žádné obvodové síly. Tyto nárazníky bývají nejčastěji vyrobeny ze stejných textilních vláken jako u kostry pláště. Vložky nárazníků se nanášejí ve dvou vrstvách a vyznačují se tím, že jsou užší než vložky kostrové a ústí až do ramenní části pláště.

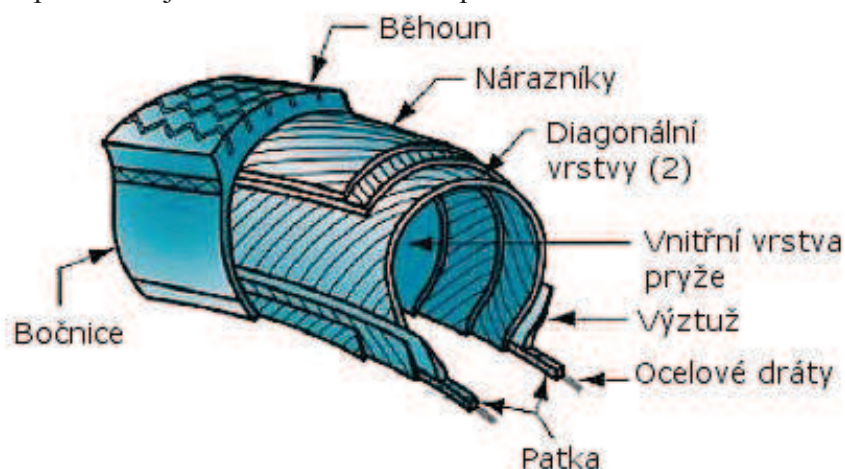
Výhodu diagonálních plášťů představuje tuhá vyztužená bočnice a ohebná část běhounu. Srovnáme-li tento plášť s radiálním pláštěm, zjistíme, že u diagonální pneumatiky vzniká větší vývin tepla, vyšší valivý odpor, opotřebení běhounu v závislosti na velikosti styčné plochy běhounu a tím i kratší životnost pláště. Tento typ pneumatik se využívá zejména u zemědělských strojů, motocyklů, dále pak u užitkových a závodních motorových vozidel.



Obrázek 29 Diagonální pneumatika [23]

Pneumatiky smíšené konstrukce (bias-belted)

Pneumatiky smíšené konstrukce též nazývané diagonální pneumatiky s nárazníkovým pláštěm tvoří přechod k radiálním pneumatikám. Konstrukce kostry se velmi podobá té diagonální a jako výztuž slouží dvě a více vrstev nárazníkového kordu. Tento typ plášťů se v současnosti téměř nepoužívá a je nahrazen radiálními plášti.



Obrázek 30 Pneumatika smíšené konstrukce [23]

3.2.3 Patka pláště

Tvoří vyztuženou spodní část pláště, která je zesílená vysokopevnostním ocelovým lankem. U nákladních vozidel se používají pro zesílení dvě ocelová lanka. Patka přiléhá k ráfku účinkem působením tlaku v pneumatice. Patka pláště přenáší síly působící mezi ráfkem a pneumatikou. U bezdušových pneumatik musí zajistit utěsnění vzduchu, čehož je docíleno potažením patky měkčí vrstvou pryže, pomocí níž patka pláště snáze dolehne na ráfek. Další variantou mohou být obvodové žlábkové těsnění ploše patky, které vytvářejí labyrintové těsnění.

3.2.4 Patní lana

U patních lan se používá zejména ocelový drát, jenž je pomosazený nebo pobronzovaný. Pro osobní pláště se používají dráty o průměru 0,89 milimetrů, u nákladních plášťů 1,8 milimetrů.

3.2.5 Ohebné pryžové bočnice

Zajišťují spojení běhounu s patkami pneumatiky a chrání kostru pneumatiky před mechanickým poškozením a povětrnostními podmínkám.

Vyrábí se z přírodní, nebo syntetické pryže. Hlavní výhodou při použití syntetické pryže je minimalizace efektu odsakování pneumatiky od vozovky vlivem větší hystereze. Avšak při poklesu teploty pod -5°C tvrdne, což má za následek zhoršení adhezních vlastností pneumatiky.

3.2.6 Nárazníky

Nárazník pneumatiky vytváří pružné spojení kostry pláště a běhounu. Je tvořen z několika vrstev pogumovaných ocelových kordů, které mezi sebou svírají úhel přibližně 60° . Hlavní funkce nárazníku zajišťují zvýšení dynamického spojení kostry a běhounu a odolnost kostry pneumatiky proti průrazu. Nárazníky u radiálních plášťů pozitivně ovlivňují stabilitu v obvodovém směru a omezují nežádoucích pohybů ostatních částí běhounu.

3.2.7 Běhoun

Část pneumatiky, u které dochází ke styku s vozovkou, kde má zásadní význam dezén umístěný na povrchu pneumatiky. Ten je tvořen soustavou podélných a příčných drážek o předepsané hloubce. Podélné drážky zajišťují přenos bočních sil a tím ovlivňují směrovou stabilitu. Příčné drážky přenášejí tažné síly na vozovku. Drážky také sehrávají důležitou roli v odvodu vody pod pneumatikou a tím omezují vznik rizikového stavu aquaplaningu.

U běhounů pro osobní automobily se používá jako plnivo silika, která propůjčuje pneumatice dobré adhezní vlastnosti na různých druzích povrchu a odolávat opotřebení a obrušování povrchu běhounu.

3.3 Používané materiály

Elastomery (kaučuky)

Přírodní

Přírodní kaučuk se získává ze stromů *Hevea Braziliensis* a mnohých rostlin jež obsahují mléčně zbarvenou mizu zvanou latex. Vlastní příprava přírodního kaučuku začíná na plantážích shromažďováním latexu a dále se zpracovává koagulací kyselinou octovou či kyselinou mravenčí. Takto upravené bloky se následně proplachují vodou, poté se vysuší a nakonzervují.

Syntetické

Vstupní surovinou pro výrobu syntetického kaučuku je ropa. Syntetické kaučuky mají podobné vlastnosti jako přírodní kaučuky a při výrobě pneumatik se navzájem doplňují. Přidáním ztužujících plniv dosáhneme dokonce lepších mechanických vlastností.

Přísady do kaučukových směsí

Saze

Významná plniva do gumárenských směsí tvoří saze. Saze mají ve vulkanizátech za následek zvýšení pevnosti v tahu, modulu elasticity, tvrdosti a otěruvzdornosti. Zároveň přispívají ke snížení tažnosti a odrazové pružnosti.

Silika

Silika, nebo také hydratovaný oxid křemičitý se přidává do gumárenských směsí pro zlepšení jízdních vlastností. Příměs siliky přispívá ke zkrácení brzdné dráhy na mokré vozovce, snížení valivého odporu a výrazně zlepšuje adhezní vlastnosti při záběru pneumatiky i při jízdě v zatáčkách.

Antidegradanty, antioxidanty, antiozonanty

Látky, které omezují předčasnou degradaci, neboli stárnutí pryže vlivem působení oxidačních procesů urychlené teplem, světlem a dynamickým namáháním. Patří sem zejména fenoly a vosky.

Změkčovadla

Za změkčovadla považujeme směs různých chemických sloučenin v podobě kapalin či pryskyřic. Tyto látky zvyšují lepivost jednotlivých směsí, plasticitu a zlepšují deformaci.

Vulkanizační činidla

Látky, které v krátkém časovém intervalu navzájem spojují molekuly kaučuku pomocí chemických vazeb a dochází k tzv. síťování. To má za následek, že dojde k přeměně viskosní kaučukové směsi v elastický vulkanizát. Vulkanizací se rozumí zahřívání kaučukové směsi s přídavkem vulkanizačních činidel po dobu, než dojde k sesíťování. Nejpoužívanější vulkanizační činidla tvoří síra, organické peroxidy a pryskyřice či oxidy kovů.

Aktivátory vulkanizace

Aktivátory vulkanizace jsou látky zvyšující účinnost síťování, jelikož se zvyšuje koncentrace příčných vazeb jednotlivých molekul kaučuku ve vulkanizátu. Používají se organické i anorganické aktivátory jako například ZnO.

Urychlovače vulkanizace

Urychlovače vulkanizace tvoří látky, které zrychlují síťování a zvyšují účinnost vázání síry na makromolekuly kaučuku. Urychlovače se používají zejména kvůli možnosti nižšího dávkování síry a umožňují nižší teplotu vulkanizace.

Retardéry vulkanizace

Retardéry vulkanizace se používají za účelem zpomalení rychlosti síťování při procesu vulkanizace. Retardéry prodlužují zpracovatelskou bezpečnost kaučukových směsí. Postupně jsou nahrazovány tzv. inhibitory navulkanizace, které umožňují přizpůsobit průběh vulkanizace.

3.4 Technologie výroby

Mnozí z nás si při laickém pohledu na pneumatiku představí černou obruč z pryže, která se vyskytuje na vozidle a zajišťuje bezprostřední kontakt vozidla s vozovkou. S pomocí pneumatik může řidič přepravit jak sebe a své spolujezdce, tak i náklad z bodu A do bodu B. Pneumatika je navržena tak, aby zajistila pohodlnou a bezpečnou jízdu s ohledem na jízdní vlastnosti, jako například snadné řízení, brzdění a zatáčení. Proto musí být odolné. To je v rozsahu toho, co většina z nás ví.

Pneumatika je moderní technický výrobek, vyrobený z přibližně patnácti komponent, jako jsou výztužné materiály z textilních a ocelových kordů, patní lana, a několik druhů profilů z kaučukových směsí. Tyto komponenty při vzájemném provázání slouží k získání požadovaných vlastností pneumatiky.

Před samotným výrobním procesem pneumatiky je třeba navrhnout a vyrobit tvar pláště. Navrhnutý plášť se následně testuje na tzv. bubnových zkouškách, kde se testuje soudržnost, kilometrový výkon a plynupropustnost. Po těchto zkouškách následují zkoušky na pozemních komunikacích.

Začátek výrobního procesu tvoří míchání kaučukových směsí. Dílčí komponenty směsí jsou míchány vícestupňově v hnětičových linkách. Poté se tato směs zpracovává na tzv. dvouválcích s prořezávacím zařízením, kde směs odchází v podobě pláště a následně je ochlazená a naložena na paletu. Tyto pláсты slouží pro další zpracování. Směsi, ze kterých se vyrábí plášť pneumatiky obsahují přírodní, či syntetický kaučuk a přibližně deset dalších složek, jako jsou saze, silika, antiozonanty, antioxidanty, vulkanizační systém, urychlovače a řadu dalších přídatných látek. Každá s těchto látek má vliv na užité vlastnosti pneumatiky. Silika způsobuje zkrácení brzdné dráhy na mokré komunikace a snižuje valivý odpor. Antiozonanty prodlužují životnost pneumatiky.

Vnitřní guma

Výroba profilované vnitřní gummy se provádí na čtyřválcovém kalandru. Směs je nejprve válcována do tenké fólie. Poté se ochladí a navine do kazety. Z kazety putuje do kalandru, kde se nacházejí profilované válce nastavené na konečnou tloušťku fólie. Vnitřní guma je obvykle složena ze spodní a horní fólie. Spodní fólie má rozměry v závislosti na parametrech pneumatiky a tvoří vrstvu, která zabraňuje úniku hustícího plynu z pneumatiky. Řezáním horní fólie získáme dva ramenní pásy. Vyválcovaná fólie putuje na chladicí dopravník, kde dojde ke spojení těchto fólií.

Gumování textilních kordů

Textilní kordy

Mezi jeden z důležitých druhů polotovarů patří pogumovaný textilní kord. Kord je pogumován kaučukovou směsí. Tento výztužný materiál je třeba nastříhat na požadované rozměry, spojit do nekonečného pásu a navinout do zásobníku. Lepivostí dílčích vrstev dosáhneme spojení výztužných materiálů při konfekci pláště.

Patní lano

Základ patního lana tvoří pogumované ocelové dráty, které jsou navíjeny na konfekční kolo. Na takto navinutá dvě patní lana se následně položí profil jádra. Výrobní stroje a zařízení na výrobu patních lan jsou tvořeny několika cívkami, které jsou uloženy v cívečnici. Na těchto cívkách je navinut pobronzovaný drát, který se odvíjí a následně prochází skrz vytlačovací stroj, kde zároveň dochází k opláštění kaučukovou směsí. Takovýmto způsobem upravené dráty jsou navíjeny na konfekční kolo o daném průměru. Vytlačovací stroj, který je součástí jádrovací linky vyrábí profil jádra pro dvě patní lana. Vytlačený tvar se navede na temperační buben, kde dojde k ochlazení a vysrážení profilu. Profil dále pokračuje do smyčkového zásobníku. Poté dojde k odříznutí profilu na požadovanou délku a položí se na konfekčním bubnu na patní lano. Tato kombinace patního lana s jádrem zaručí dokonalé usazení pláště na ráfku. Dále dochází ke zlepšení stability vozidla i při průjezdu zatáčkou a jízděných vlastností pneumatiky.

Ocelový nárazník

U pogumovaného ocelového kordu nárazníku nejdříve dochází ke stříhání pod specifickým úhlem 18 až 32 stupňů. Následně jsou jednotlivé nastříhané kusy mechanicky spojovány v nekonečný pás, který se navíjí do cívek, jenž jsou uloženy v cívečnicích. Poté se dráty odvíjejí přes vodící zařízení do požadované sestavy, kde se dráty oboustranně pogumují, ochladí a opět navinou do cívek. Ocelový nárazník v pneumatice slouží ke stabilizaci parametrů, ovlivňuje opotřebení běhounu a zlepšuje stabilitu vozidla.

Dezén

Běhoun

Poté co vytlačovací stroj vytlačí profil běhounu je profil ochlazen, nařezán a následně uložen do vozíku. Jediné místo pneumatiky, kde dochází ke kontaktu s vozovkou je běhounová směs a dezén pneumatiky, které určují jízděné vlastnosti. Složení této směsi má za úkol zajištění adheze v různém prostředí, jako např. za sucha či mokra. Mezi další atributy na běhounovou směs patří dobrý záběr, brzdné vlastnosti směsi a její životnost. Pro zlepšení přilnavosti k mokrému povrchu a snížení valivého odporu se u běhounových směsí využívá siliky.

Konfekce osobních radiálních pláštěů

Konfekce

Mezi nejčastější způsoby konfekce pneumatik pro silniční vozidla se používá dvoustupňová technologie. Na prvním stupni je vyráběna kostra pláště, kde jsou postupně na konfekční buben nanášeny vnitřní guma, kord, vycentrovaná patní lana s profilem jádra a nakonec sdružený profil bočnice s patním páskem. Na druhém stupni jsou na buben navinuty ocelové nárazníky, na které je položen polyamidový nárazník a běhoun. Polyamidový nárazník se nejčastěji využívá u vysokorychlostních pneumatik. Poté se pomocí přepravníku přeneše nárazníkový prstenec nad kostru pláště, a na středním bubnu dojde ke spojení v jeden celek. Tento celek se také nazývá surová pneumatika, která je přesunuta k závěrečné výrobní operaci a to vulkanizaci.

Lisování a vulkanizace

Vulkanizace

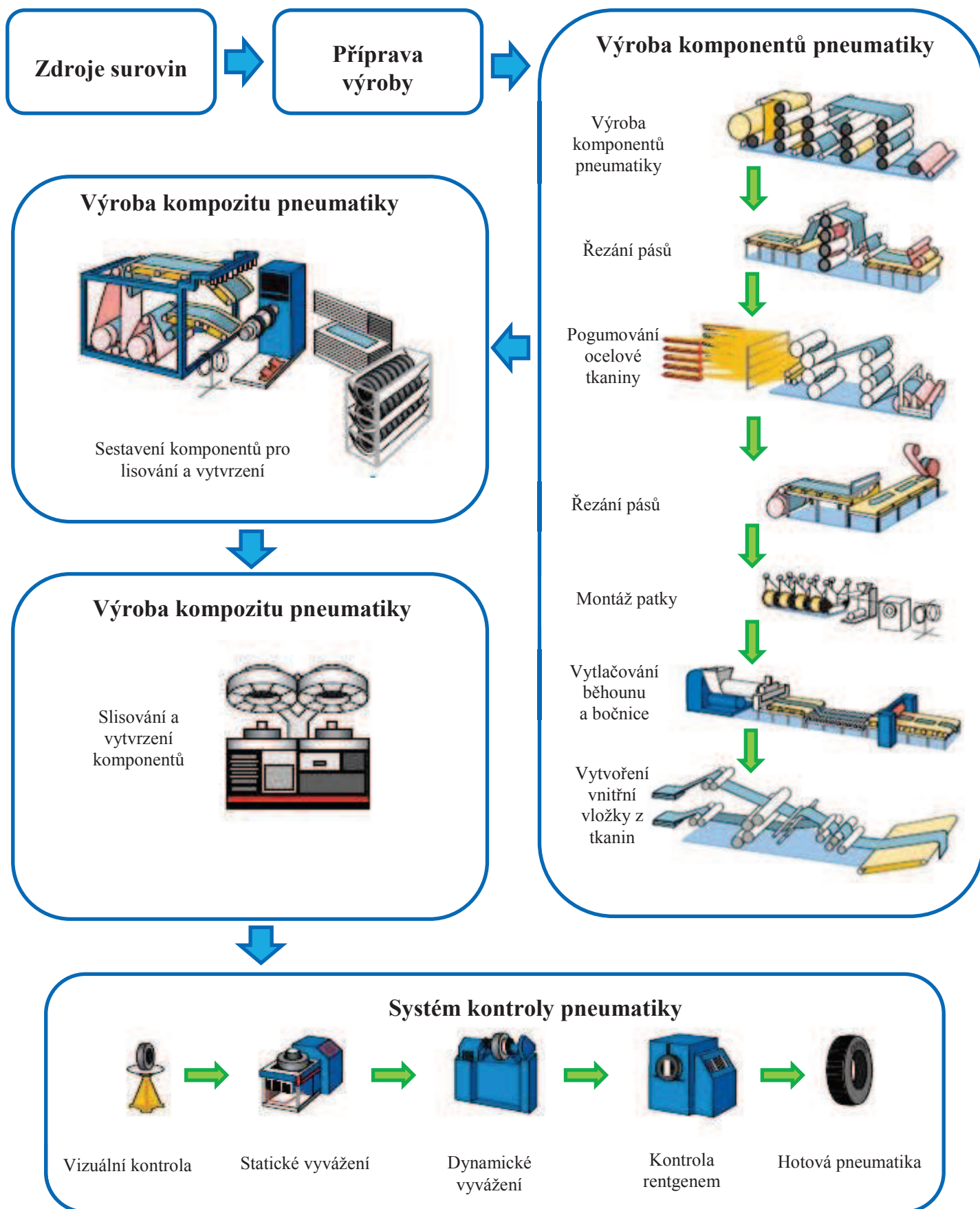
Proces lisování a vulkanizace začíná tak, že zakladač automaticky vloží surovou pneumatiku do tvárnice vulkanizačního lisu. Lis vyvine potřebný tlak, který potřebuje pro výrobu hotové pneumatiky. Současně s působícím tlakem je surová pneumatika zahřívána na vysokou teplotu pomocí kovové formy. Tato forma dává pneumatice výsledný tvar pláště a dezénu. Po uplynutí potřebného časového intervalu nutného k vulkanizaci je lis otevřen a pneumatika hotová. Teprve procesem vulkanizace získává pneumatika své vlastnosti, jako je elasticita, tažnost, tvrdost a odolnost proti opotřebení. Kaučukové směsi mají plastické vlastnosti, které se procesem vulkanizace mění v elastickou pryž.

Kontrola kvality výrobků

Kontrola kvality

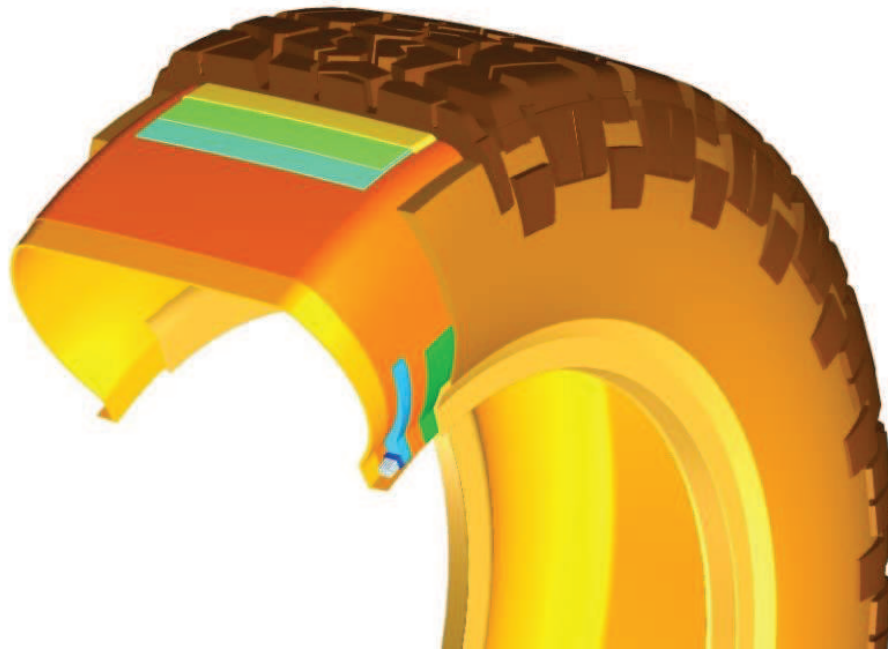
Kontrola kvality výsledné pneumatiky se provádí vizuálně a za pomoci testorů. Nejprve je pneumatika prohlédnuta z vnější a vnitřní strany. Pneumatiky, které úspěšně projdou vizuální kontrolou, pokračují k tzv. testu uniformity popř. dalším testům, jako je RTG, vyvážení atd. Při testu uniformity se kontrolují pláště pneumatik, zjišťují se silové a geometrické nerovnosti v chování pláště. Tento test simuluje reálné použití pneumatiky na vozidle. Pneumatiky musí vykazovat minimální vibrace či nerovnoměrnosti, kolísání radiálních a bočních sil a v neposlední řadě konus efekt.

Při výrobě pláště rozlišujeme konstrukci pláště na diagonální, radiální a smíšené pláště.

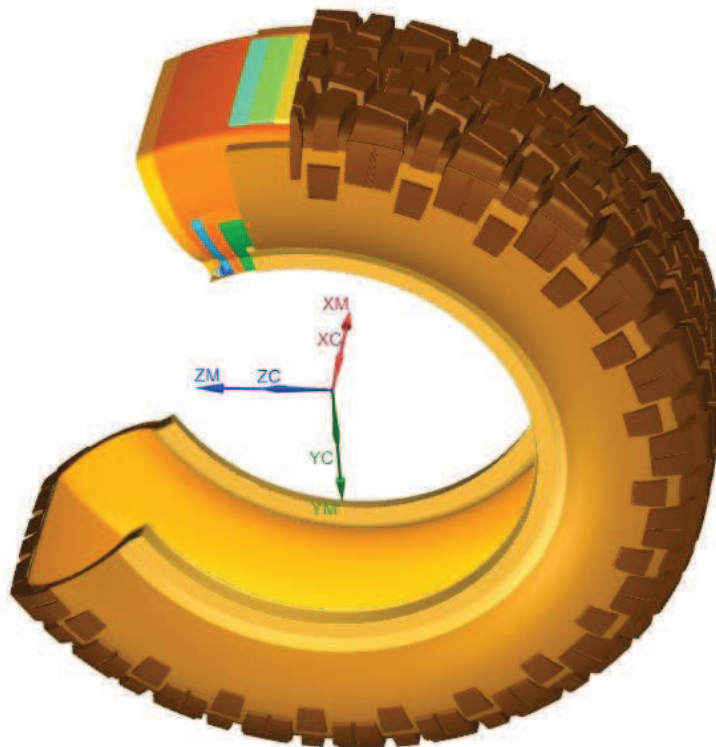


Obrázek 31 Technologický postup výroby pneumatik [24]

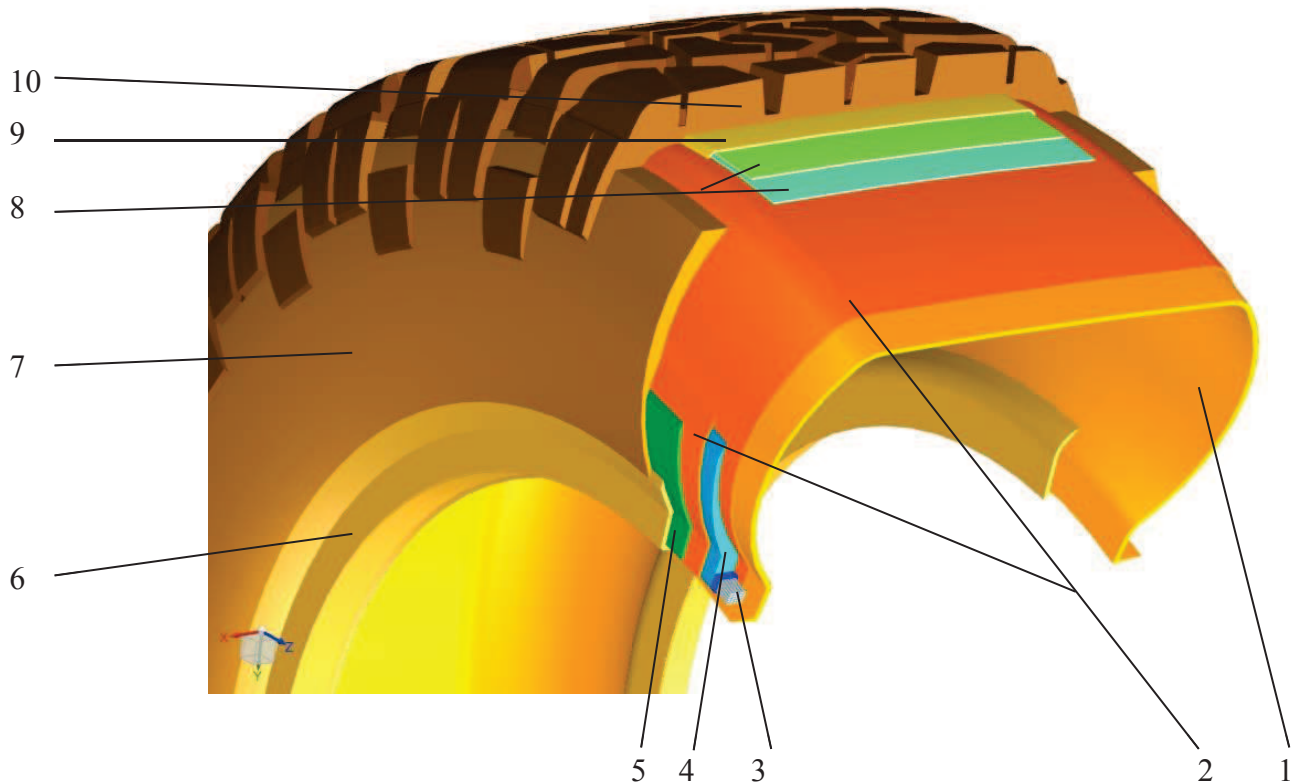
3.5 Rozbor schématického znázornění materiálové struktury pneumatiky



Obrázek 32 Znázornění materiálové struktury 1



Obrázek 33 Znázornění materiálové struktury 2



Obrázek 34 materiálová struktura pneumatiky_3

1	Vnitřní guma
materiál	- butylový kaučuk
funkce	- zamezuje úniku vzduchu z vnitřního prostoru pláště, zároveň plní funkci duše u bezdušových pneumatik
2	Textilní kord
materiál	- polyamidová, aramidová, skleněná vlákna, pogumovaná při procesu pogumování
funkce	- Slouží k přenosu tažného momentu, zamezuje roztržení pneumatiky během působení pracovního tlaku
3	Patní lano
materiál	- pogumované ocelové kordy
funkce	- slouží je správnému usazení pneumatiky na ráfku, zajišťuje těsnost mezi ráfkem a pneumatikou, přenáší podélné síly vlivem tření
4	Jádro
materiál	- syntetický kaučuk
funkce	- zajišťuje boční tuhost pláště, přenáší příčné síly, tvoří přechod mezi tuhou částí patky a elastickou částí bočnice

- 5 **Výztužný pásek**
materiál - pogumované nylové, nebo aramidové kordy
funkce - slouží k vystužení oblasti mezi patkou a boční stěnou
- 6 **Ochranný patní pásek**
materiál - syntetický kaučuk
funkce - zajišťuje těsnost a pevné spojení s ráfkem
- 7 **Bočnice**
materiál - přírodní kaučuk
funkce - chrání kostru pneumatiky před mechanickými poškozeními, nepodléhá stárnutí
- 8 **Nárazník**
materiál - vrstvy pogumovaných ocelových kordů
funkce - udává životnost pneumatiky, chrání před poškozením kostry pláště má pozitivní vliv na snížení velikosti valivého odporu
- 9 **Polyamidový nárazník**
materiál - pogumovaný nylonový kord
funkce - zpevnění spodní části běhounu, má pozitivní vliv na velikost použitelnosti rychlostí, snížení velikosti valivého odporu
- 10 **Běhoun**
materiál - směs syntetického a přírodního kaučuku
funkce - **vnější část** – životnost, přilnavost, přenos působících sil
 - **vnitřní část** – chrání před mechanickým poškozením kostry a nárazníku a před působením ostatních vlivů, snížení velikosti valivého odporu

4 Pneumatiky, jejich vývoj a druhy

Kola s pneumatikami tvoří kompaktní celek, který spojuje vozidlo s vozovkou. Jejich hlavní funkcí je nesení hmotnosti vozidla a nákladu, přenášení hnacích a brzdících momentů a bočních sil. Vozidlová kola mají důležitou roli zejména v pružící soustavě vozidla, kde zajišťují jízdní komfort a bezpečnost jízdy. Tato vozidlová kola mají dvě hlavní části, a to pneumatiku a kolo.

4.1 Stručná historie

Pneumatikami se dříve nazývali železné pásy, které se přidělávali na obvod dřevěných kol, jež se používali u kočárů a povozů. Postupem času se objevovali materiály, které tyto kovové pásy nahradili.

V roce 1839 Charles Goodyear náhodou objevil vulkanizaci kaučuku smísením přírodního latexu a síry. První pneumatiku, která byla plněna vzduchem, si nechal patentovat Robert William Thomson. Tuto pneumatiku tvořil dutý pás z indické pryže naplněný vzduchem. Tento pás obepínala silná vrstva kůže, jež byla uchycena na kolo. Bohužel v době vývoje této pneumatiky nebylo využití a tak postupem času upadla v zapomnění.

Roku 1888 John Boyd Dunlop přišel s podobnou konstrukcí pneumatiky jako R. W. Thomson. Avšak v této době už měla své využití například u jízdních kol a tak se dostala do povědomí.

Dalšího vývoje, který ovlivnil životnost výztužného systému i pneumatiky samotné, se dosáhlo použitím kordové tkaniny při výrobě pláštěů na místo křížového textilu. Tato tkanina se používala od roku 1914. Použité materiály pro výrobu pláštěů se neustále vyvíjeli. Nejdříve se používal jako výplň irský len, který byl později nahrazen bavlnou. V roce 1923 se používal kord na bázi regenerované celulózy též obchodně nazývaný jako raylon. Následně roku 1937 se už vyskytoval pro výrobu pláštěů ocelový kord, který se kombinoval s polyamidovými vlákny.

První plnohodnotná pneumatika vyrobená na bázi syntetického kaučuku se objevila v roce 1943. Roku 1948 vyvinula firma Michelin svou první radiální pneumatiku. Bezdušová pneumatika se vyskytla až v roce 1972 firmou Dunlop.

V dnešní době procházejí pneumatiky neustálým procesem inovace a vývoje pro zajištění požadovaných vlastností pneumatiky s ohledem na bezpečnost při provozu na pozemních komunikacích.

4.2 Současné pneumatiky

Dnešní pneumatiky jsou vyráběny s ohledem na dané použití. Pomocí simulačních nástrojů se navrhnu pneumatiky pro konkrétní typ zatížení a prostředí, ve kterém se budou vyskytovat. Následně se otestují v simulačních programech, zhotoví se prototyp, který se vyzkouší v reálných podmínkách, a při dosažení požadovaných vlastností se začnou hromadně vyrábět.

U dřívějších pneumatik nebyla možnost těchto simulací, a proto se vyráběli na základě zkušeností s postupným vývojem. Nároky na dřívější pneumatiky se od těch dnešních poměrně odlišovaly.

Směry vývoje v oblasti gumárenství se soustředí především na bezpečnost při provozu na pozemních komunikacích. Dalšími požadavky jsou zajištění a zvýšení přilnavosti pneumatiky při nižším valivém odporu a stabilita vozidla.



Obrázek 36 Dřívější pneumatika Firestone [25]



Obrázek 35 Současná pneumatiky
Continental ContiPremiumContact 5 [26]

4.3 Dojezdové pneumatiky

4.3.1 Klasické dojezdové pneumatiky

Mezi nejpoužívanější dojezdové pneumatiky patří ty rezervní, jež plně nahrazují pneumatiky umístěné na vozidle. Alternativou těchto rezerv jsou odlehčená dojezdová kola menších rozměrů. Další variantou je tzv. opravný balíček obsahující lepidlo ve spreji a mini kompresor. Tato směs se aplikuje do defektní pneumatiky, kde zalepí otvory menší než 4 mm.



Obrázek 39 Runflat při ztrátě tlaku [27]



Obrázek 38 Odlehčené rezervní kolo [28]



Obrázek 37 ContiSeal [27]

4.3.2 SSR Runflat

System Runflat se oproti klasické konstrukci pneumatiky liší ve vyztužení bočnic. V případě defektní situace se vyztužené bočnice zdeformují. Na runflat pneumatikách můžeme jet rychlostí 80 km/h ve vzdálenosti až 80 km. Tyto pneumatiky se však vyznačují větší tuhostí a tedy rozdílnými vlastnostmi na vozovce.

4.3.3 ContiSeal

Technologii ContiSeal vyvinula společnost Continental. Princip této technologie spočívá ve viskózní těsnící vrstvě, která je nanášena na vnitřní plochu pneumatiky. Tato vrstva dokáže zatěsnit otvory až do 5 mm.

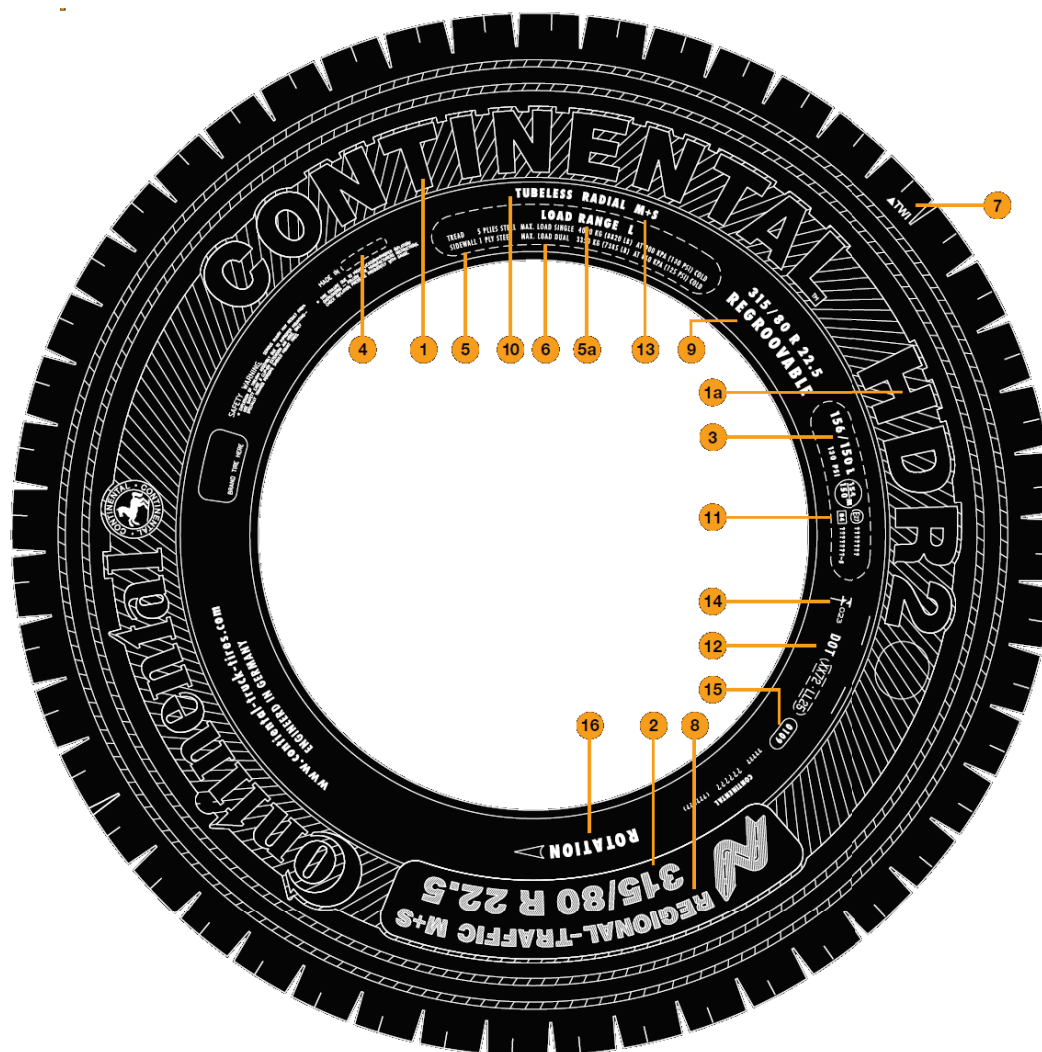
4.4 Značení

Značení pneumatik se provádí za účelem zjednodušení orientace při výběru pneumatiky. Provádí se vylisováním na bočnici pneumatiky.

Příklad označení: Continental HDR2 315/80 R 22.5 156/150L (154/150 M) TL

Tabulka 4 Základní značení [29]

315	Šířka pneumatiky v mm
80	Profilové číslo – poměr výšky a šířky v %
R	Radiální konstrukce
22.5	Průměr ráfku (v palcích)
158	4000 kg – nosnost pneumatiky (S) v jednomontáži
150	3350 kg – nosnost pneumatiky (D) ve dvojmontáži
L	Rychlost 120 km/h
(154/150 M)	Alternativní index nosnosti a rychlosti
TL	Bezdušové provedení



Obrázek 40 Značení pneumatiky [29]

Tabulka 5 Zákonné a standardizované značení [29]

Pozice	Význam	Příklad
1	Výrobce	(jméno nebo logo)
1a	Označení typu dezénu	-
2	Označení rozměru	315 = šířka pneumatiky v mm
		80 = profilové číslo (výška profilu je 80% šířky pneumatiky)
		R = radiální konstrukce (D = diagonální, B = bias belted)
3	Technické parametry	22.5 = průměr ráfku (v palcích)
		156 = index nosnosti pro jednomontáž (LI)
		150 = index nosnosti pro dvojmontáž (LI)
4	Země výroby	L = index rychlosti (SI)
		-

5	Údaje podle amerických bezpečnostních standardů	-
5a	Kategorie nosnosti	V souladu s americkými standardy
6	Označení nosnosti podle amerických standardů	-
7	TWI (Tread Wear Indicator) – indikátor opotřebení	-
8	Doporučené použití	Pouze u pneumatik Continental pro nákladní vozidla
9	Možnosti prořezávání	Regroovable = výrobce určil pro pneumatiku možnost prořezávání
10	Bezdušové (tubeless) provedení, Pneumatika s duší (Tube type)	
11	E	Pneumatika odpovídá hodnotám požadovaným směsnici ECE-R 54
	4	Kód země, která udělila homologační osvědčení
12	DOT	Americké ministerstvo dopravy (odpovědné za bezpečnostní standardy pneumatik)
13	M+S	Bláto a sníh (Mud and Snow). Výrobce označil, že pneumatika má lepší záběrové vlastnosti v podmínkách jízdy na sněhu nebo blátě.
14	Označení pro Brazílii	-
15	Kód výrobce	Datum výroby (týden/rok)
16	Rotace	Doporučený směr otáčení

Index rychlosti (SI – Speed Index)

Je taková maximální rychlost, při které může pneumatika nést hmotnost určenou indexem nosnosti za daných specifických podmínek. Symbol se značí velkými písmeny jako pro osobní, tak pro nákladní automobily.

Tabulka 6 Indexy rychlostí (SI) pro osobní automobily [5]

Index rychlosti	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	>300

Index nosnosti (LI – Load Index)

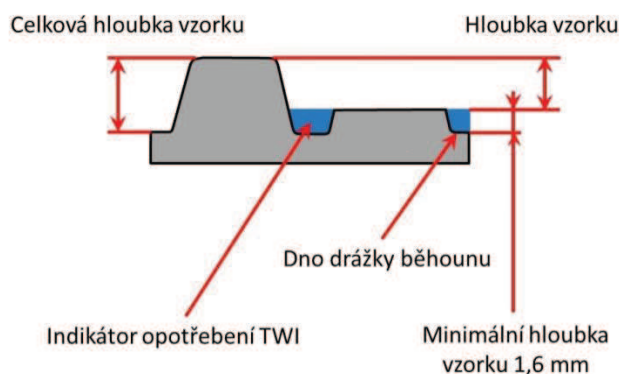
Toto číslo určuje maximální nosnost pneumatiky při rychlosti určené kategorií rychlosti za daných specifických podmínek.

Tabulka 7 Indexy nosností (LI) pro nákladní automobily [29]

Index nosnosti	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156
Nosnost [kg]	3075	3150	3250	3350	3450	3550	3650	3750	3875	4000

Indikátor opotřebení TWI

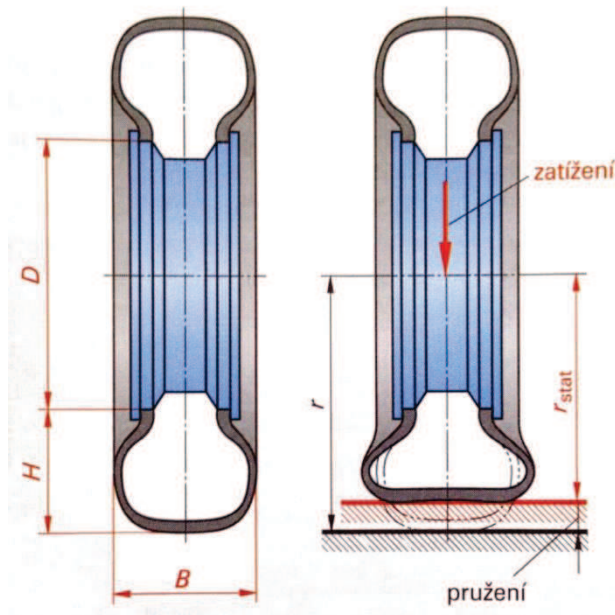
Tento indikátor se zavedl z důvodu bezpečnosti. Ve většině zemí má předepsanou minimální hodnotu. V dezénu pneumatiky se nacházejí přechodové můstky, které slouží jako indikátor pneumatiky. Nastane-li situace, kdy můstky splynou s dezénem je nutné pneumatiky okamžitě vyměnit. Protože takovéto pneumatiky neplní svoji funkci kvůli ztrátě záběrových vlastností.



Obrázek 41 Indikátor TWI [30]

Rozměrové parametry pneumatiky

- H - výška profilu pneumatiky
 B - šířka pneumatiky
 H/B - profilové číslo pneumatiky [%]
 r_{stat} - statický poloměr, u zatíženého kola nevykonávajícího pohyb se jedná o vzdálenost středu kola k povrchu vozovky.



Obrázek 42 Rozměry pneumatik: nezatížená a zatížená [4]

5 Pneumatiky a bezpečná jízda


5.1 Legislativní požadavky na pneumatiky

Souhrn z odst. 13) § 21 Vyhlášky č. 341/2002 Sb.¹⁾

z odst. § 40a zákon č. 361/2000 Sb. „o provozu na pozemních komunikacích“²⁾.

Na vozidle musí být namontovány pouze pneumatiky stejných rozměrů a konstrukce s výjimkou pneumatik nouzového dojetí. Rezerva musí být nahuštěna minimálně na tlak, který odpovídá nejvyššímu předepsanému huštění udávané na vozidle. Na téže nápravě musí být použity pneumatiky shodné konstrukce, druhu dezénu a výrobce.

Legislativa povoluje minimální hloubku dezénových drážek u letních pneumatik na 1,0 mm u mopedů a 1,6 mm u ostatních kategorií. Těmito drážkami rozumíme takové, jež jsou opatřeny indikátory opotřebení TWI. V období od 1. listopadu do 31. března za předpokladu, že se na vozovce vyskytne souvislá vrstva sněhu, led či námraza musíme mít vozidlo opatřeno zimními pneumatikami. Minimální hloubku dezénových drážek u zimních pneumatik stanovuje legislativa na 4 mm u vozidel do 3 500kg a to na všech kolech. U vozidel převyšující hmotnost 3 500 kg musí být hloubka hlavních dezénových drážek minimálně 6 mm na všech kolech hnacích náprav.

U kategorií vozidel M₂ M₃ N a jejich přípojných vozidel mohou být drážky dezénů prohloubeny dle způsobu předepsaným výrobcem. Na obou stranách bočnice se nachází symbol , nebo nápis regroovable, jež značí, že se jedná o pneumatiku vhodnou k prořezávání.

Na pneumatiky se mohou montovat protiskluzové řetězy, které se prodávají společně s návodem k montáži s rozměrovými parametry pneumatik, pro které jsou určeny.

5.2 Provozní požadavky

5.2.1 Vedení směru

Pro správné vedení směru je požadováno, aby tlak v pneumatikách v rámci jedné nápravy byl shodný. Případné odlišnosti tlaků by mohli ovlivnit stabilitu vozidla a tím změnit směr jízdy. U automobilů se předepisují různé hodnoty tlaků pro přední a zadní nápravu. Dodržením těchto parametrů se dosáhne ideální směrové stability vozidla. Pneumatiky jsou navrhovány tak, aby byly schopny odolávat vznikajícím příčným silám za nepříznivých povětrnostních podmínek, aby nedocházelo k vychýlení trajektorie vozidla.

5.2.2 Nesení zátěže

Pneumatiky nesou váhu celého vozidla a s ním i náklad a pasažéry. Proto musí být konstruovány tak, aby dokázali přenášet působící síly od zátěže při akceleraci, brzdění a změně směru.

¹⁾ odst. 13) § 21 Vyhlášky č. 341/2002 Sb

²⁾ Zákon č. 361/2000 Sb. ve znění novelizace zákona č. 133/2011 Sb. § 40a „Provoz vozidel v zimním období“.

5.2.3 Tlumení nárazů

Pneumatiky mají schopnost tlumit nárazy při přejezdu přes nerovnosti, čehož se dosáhne díky pružnosti ve vertikálním směru a elasticitě vzduchu, kterým je pneumatika naplněna. Výrobci uvádějí doporučený tlak v pneumatikách pro různé provozní podmínky. Správným provozním tlakem v pneumatice ovlivníme nejenom komfort při jízdě, ale také prodloužíme životnost pneumatiky. Od roku 2015 jsou osobní automobily vybaveny snímači tlaku v pneumatikách, které v případě výchyly tlaků v jednotlivých pneumatikách upozorní řidiče na tuto skutečnost.

5.2.4 Valivý pohyb

Velikost valivého odporu ovlivňuje několik faktorů. U pneumatik je kladen důraz na rovnoměrnost pohybu a minimální valivý odpor. Tyto vlastnosti pozitivně ovlivňují jízdní vlastnosti a spotřebu pohonných hmot automobilu.

5.2.5 Přenos výkonu

Pneumatiky zajišťují přenos užitečného výkonu motoru a brzdě síly na vozovku. Zpracování a konstrukce pneumatiky má vliv na velikost přenášeného výkonu, kde záleží na velikosti styčné plochy běhounu s vozovkou.

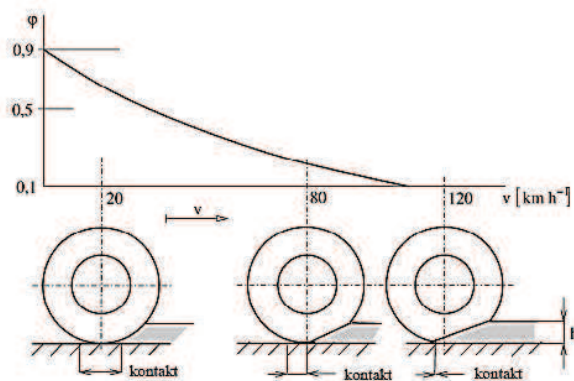
5.2.6 Životnost

Životnost pneumatiky závisí především na stylu jízdy, zátěži, stavu povrchu vozovky, stavu vozidla a v neposlední řadě také na stárnutí pryže. Navzdory těmto zátěžným vlivům a počtu otáček, které pneumatika za dobu své životnosti vykoná, ji můžeme považovat za komponentu s dlouhodobou životností. Jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňující životnost pneumatiky je tlak.

5.3 Rizikové stavy

5.3.1 Aquaplaning

Aquaplaning popisuje děj, při kterém dochází ke ztrátě kontaktu pneumatiky s vozovkou. Při tomto jevu se stává vozidlo neovladatelným. K aquaplaningu dochází zejména při vyšších rychlostech na mokřém povrchu vozovky. Je to způsobeno tím, že drážky v dezénu pneumatiky nestačí odvádět vodu ležící na komunikaci a tím se před pneumatikou tvoří vodní klín. K plnému aquaplaningu dochází tehdy, vzroste-li rychlost, popřípadě stoupne-li vodní sloupec natolik, že se voda dostane mezi pneumatiku a vozovku.



Obrázek 43 Vznik aquaplaningu [7]

5.3.2 Ztráta tlaku

Při ztrátě tlaku narůstá riziko ztráty kontroly nad řízením vozidla. Je-li pneumatika podhuštěná, dochází k mechanickému poškození.

5.3.3 Staré pneumatiky

Stáří pneumatiky má veliký vliv na její vlastnosti. Zejména u pneumatik, jejichž stáří dosahuje deseti let. Tyto pneumatiky ztrácejí vlastnosti směsi a jsou nebezpečné pro použití na pozemních komunikacích.

5.4 Technická opatření

5.4.1 Snímače tlaku TPMS (Tyre Pressure Monitoring System)

Snímače tlaku slouží k měření tlaku a teploty vzduchu v pneumatikách. Snímače fungují na principu vysílání signálu mezi senzorem a přijímačem umístěným ve vozidle. V případě poklesu tlaku v pneumatice kontrolka upozorní řidiče na tuto skutečnost.

Hlavní předností je vyšší bezpečnost posádky při použití TPMS. Řidič včas upozorněný tímto systémem může předejít následnému defektu. Jelikož nám systém bude hlídat správné nahuštění pneumatik, bude optimální valivý odpor, rovnoměrné opotřebení dezénu a v konečném důsledku i nižší spotřeba.

Tento systém monitorování tlaku v pneumatikách je montován do všech automobilů v rámci Evropské unie od 1. listopadu roku 2014. Tato legislativa byla schválena v rámci nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 661/2009 ze dne 13. července 2009.

Montované senzory se dělí pryžové a kovové. Pryžové senzory jsou limitovány maximální rychlostí použitelnosti do 210 km/h .

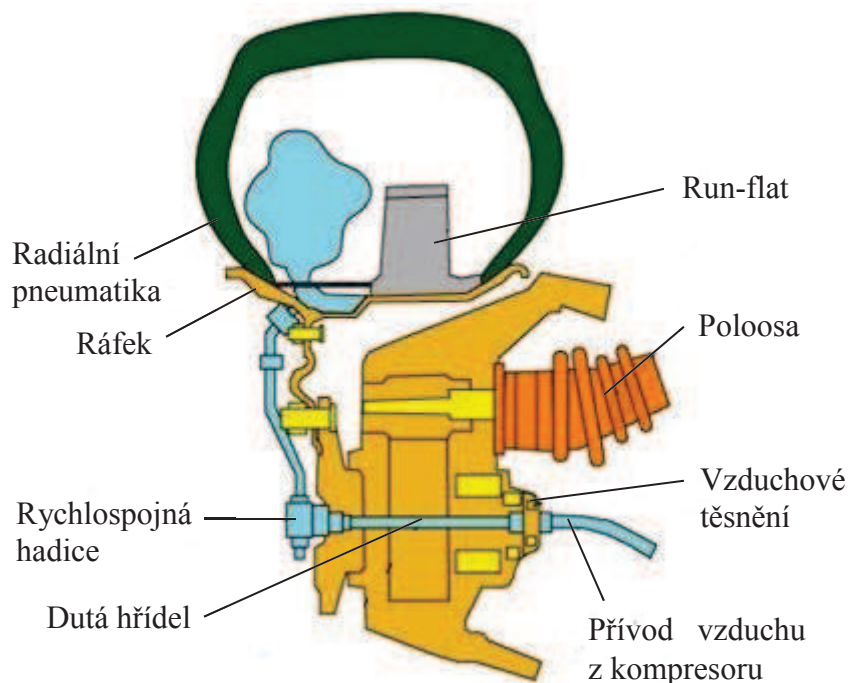


Obrázek 44 Snímače tlaku pryžové a kovové [31]

5.4.2 Centrální dofukování pneumatik CTIS (Central Tire Inflation System)

Tento systém se používá ve vojenské technice a u expedičních vozidel. Systém centrálního dofukování slouží pro udržování konstantního tlaku v pneumatice při defektu, nebo pro účelné snižování tlaku pro získání větší kontaktní plochy a zvýšení trakční síly pneumatiky na vozovku.

Princip tohoto dofukování je jednoduchý. V případě defektu se přivádí vzduch z kompresoru přes střed hnací hřídele až do náboje kola a samotný ventilek. V případě extrémních podmínek se tento přívod zakrytuje proti poškození.



Obrázek 45 Centrální dofukování [32]

Závěr

Jak je u pneumatiky patrný její stoletý vývoj, tak jsem se snažil v jednotlivých kapitolách své práce naznačit i neustálý posun vpřed. Je nevděčné být prorokem, ale na krátkou časovou vzdálenost lze některé trendy reálně předpokládat. Na prvním místě je samozřejmě míra bezpečnosti vozidla a na dalším, hospodaření se získanou energií, tedy její maximální využití. Pro zvýšení bezpečnosti je možné očekávat použití nových materiálů a zavedení technologií, jejich zpracování, které povedou k výrobě kompozitu s vysokou pevností a zároveň také s vysokou mírou elasticity. Pro úsporu energie má význam každé snížení hmotnosti vozidla, tedy i úspora hmotnosti pneumatik.

6 Seznam použité literatury

6.1 Knižní publikace

- [1] Vala, M., Tesař, M., *Teorie a konstrukce silničních vozidel I.*, Univerzita Pardubice, Pardubice, 2002
- [2] Bradáč, A., a kolektiv, *Soudní inženýrství*, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 1997
- [3] PAUER, Václav. *Vývoj konstrukce závodních vozů: vše podstatné z historie techniky formulových vozů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-802-4730-158.
- [4] GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. 3. přeprac. vyd. / . Praha: Europa - Sobotáles, 2007, 685 s. ISBN 978-80-86706-17-7.
- [5] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily*. 2. vyd. Brno: Avid, 2009, 245 s. ISBN 978-80-87143-11-7

6.2 Publikace na internetu

- [7] ŠVÍGLER, Jaromír. *Mechanika vozidel: Doprovodný učební text* [online]. 2013 [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: www.kme.zcu.cz/download/predmety/468-mechanika-vozidel.pdf 468-mechanika-vozidel
- [8] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/brzdna-draha/>
- [9] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://www.drivingschoolireland.com/speed.html>
- [10] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: http://www.dunlop.eu/dunlop_czcs/tires/passenger/sport-bluresponse/
- [11] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://www.pneumatiky.cz/Pneumatiky/Continental-ContiWinterContact-TS-850>
- [12] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://www.tyrereviews.co.uk/Tyre/Nokian/Hakka-Line-SUV.htm>
- [13] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://pneumatiky.heureka.cz/nokian-wr-suv-3-255-55-r18-109v/>
- [14] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://www.pneu360.cz/pneumatiky/goodyear-duragrip-205/65-r15-94t-tl-v32337>
- [15] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://www.pneu360.cz/pneumatiky/kleber-transalp-2-225/70-r15-112r-c-v17698>
- [16] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://www.zbozi.cz/vyrobek/michelin-energy-xta2-445-45-r19-5-160j-tl-dalnicni/>
- [17] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://www.pneu-kvalitne.cz/kumho-kr3-215-75-r17-126-124m-tl.html>
- [18] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: http://www.goodyear.eu/ie_en/tires/truck/omnitrac-mss-II/

- [19] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: http://www.goodyear.eu/cz_cs/tires/truck/ultragrip-coach/
- [20] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: http://www.pneucentrumnn.cz/dunlop-spt9-tl-mpt-det_602503.html
- [21] [online]. [cit. 2015-06-22]. Dostupné z: <http://flteam.leiaja.com/pirelli-espera-ver-novos-records-de-velocidade-na-temporada-2015-de-formula-1/>
- [22] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://www.quadmania.cz/index.php?page=detail-clanku&cid=13825>
- [23] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/klivsie/ch14-9297693>
- [24] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://www.maxxis.com/media/420097/flowchart.pdf>
- [25] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://www.ebay.com/itm/750-16-FIRESTONE-4-1-2-WIDE-WHITEWALL-BIAS-TIRE-Rim-Cap-Not-Included-/191005174108?hash=item2c78cba95c&vxp=mtr>
- [26] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://www.pneumatiky.cz/Pneumatiky/Continental-PremiumContact-5>
- [27] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: http://www.continental.cz/www/pneumatiky_cz_cz/temata/osobni_pneu/link-contiseal.html
- [28] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: http://www.continental.cz/www/pneumatiky_cz_cz/temata/vyber_pneumatiky/spare_wheel_cz.html
- [29] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: www.continental.com/www/download/transport_sk_sk/hlavni/technic/download/tirebasics_pdf_sk.pdf
- [30] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: www.mdcz.cz/
- [31] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://www.wuerth.cz/produkty/rdks>
- [32] [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/ctis-central-tire-inflation-system/>

6.3 Ostatní zdroje

- [6] Přednáška v rámci projektu OP VK 2.2 " Inovace studijního oboru Dopravní a manipulační technika s ohledem na potřeby trhu práce" CZ.1.07/2.2.00/15.0383