

TLUMIČ ODPRUŽENÍ

jako prvek ovlivňující jízdní vlastnosti automobilu

Ing. František Pražák

Školitel: Doc. Ing. Ivan Mazůrek CSc.

Osnova prezentace

1. Současná problematika diagnostiky tlumiče odpružení

2. Cíl disertační práce

3. Přístup k diagnostice tlumiče odpružení pomocí mat. simulace

- diagnostický model hydraulického tlumiče
- diagnostický čtvrtinový model automobilu

4. Hodnocení bezdemontážní diagnostiky tlumičů odpružení

- impulsní dokmitový test
- rezonanční adhezní test
- rezonanční amplitudový test

5. Nová metodika bezdemontážní diagnostiky tlumičů

- přejezdový test

6. Experimentální testy

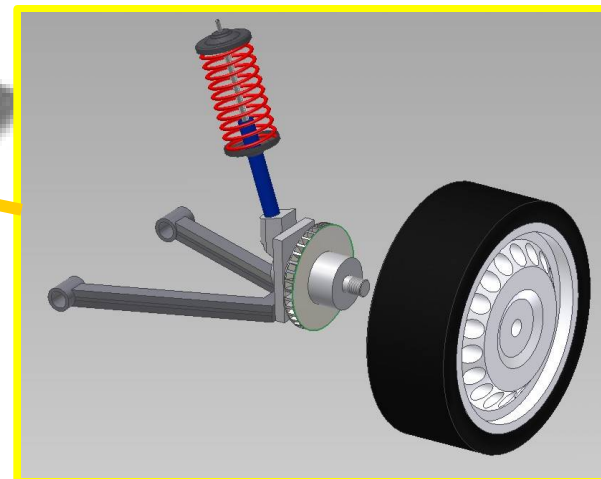
7. Závěr a zhodnocení disertační práce

8. Odpovědi na otázky oponentů



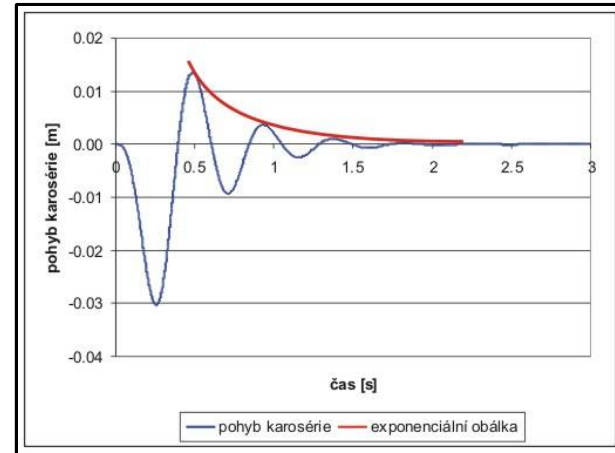
1. Současná problematika diagnostiky tlumiče odpružení

Tlumič odpružení

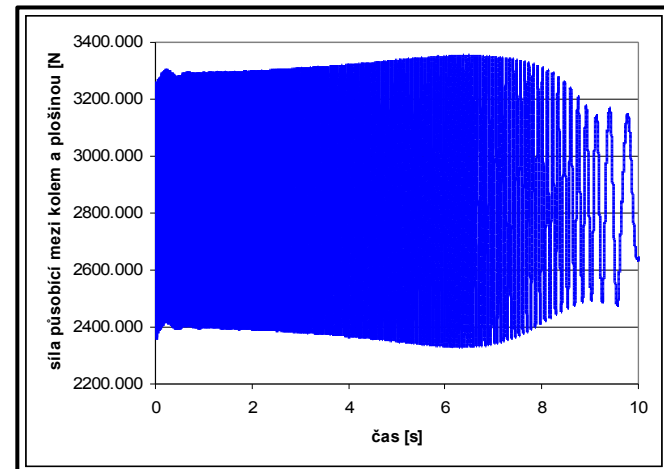


Bezdemontážní diagnostika tlumičů odpružení

1. Impulsní dokmitový test

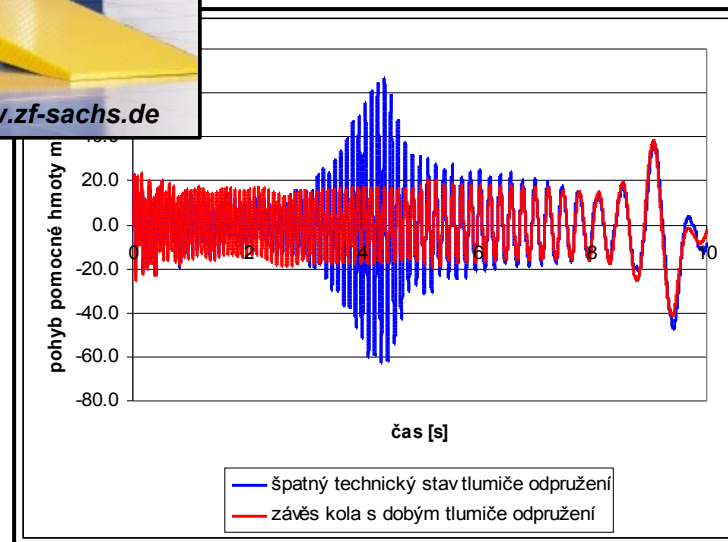


2. Resonanční adhezní test



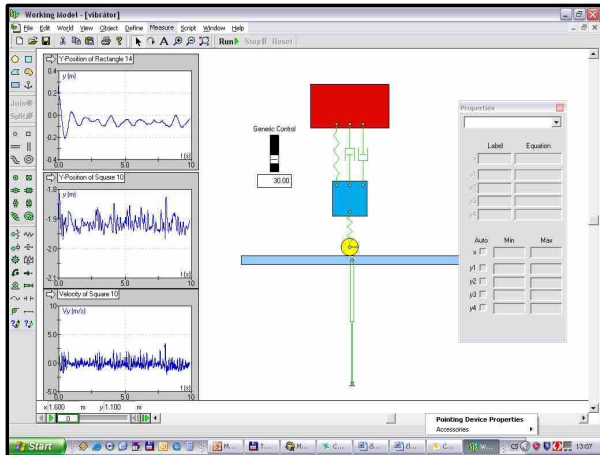
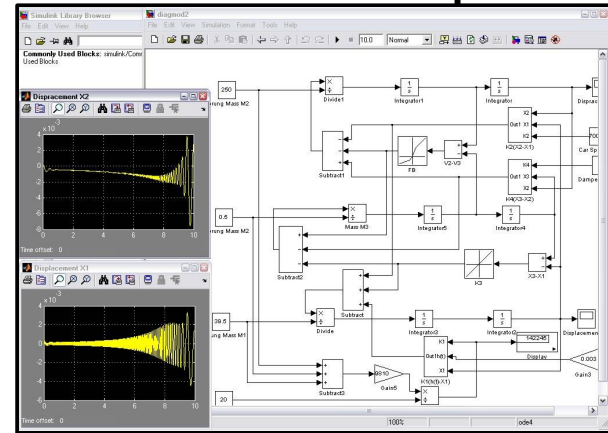
Bezdemontážní diagnostika tlumičů odpružení

3. Resonanční amplitudový test



1. Současná problematika diagnostiky tlumiče odpružení

Přístup k matematickému modelování



Mathcad Professional - [EUSAMA_3-2001]

File Edit View Insert Format Math Symbols Window Help

Normal Arial CE 12 B I U

Calculator

$X := (S_{10} \quad Y_{10} \quad S_{20} \quad Y_{20} \quad S_{30} \quad Y_{30})^T$

Z rovnic (1) (2) (3) vyjádříme zrychlení

$$(1) \quad a_1 = \frac{1}{m_1} [Fk_2(X_2 - X_0) + Fk_3(X_4 - X_0) + k_1 \cdot (h(t) - X_0)]$$

$$(2) \quad a_2 = \frac{1}{m_2} (Fk_2(X_0 - X_2) + Fk_4(X_4 - X_2) + Fb(X_5 - X_3))$$

$$(3) \quad a_3 = \frac{1}{m_3} (Fk_3(X_0 - X_4) + Fk_4(X_2 - X_4) + Fb(X_3 - X_5))$$

Maticový zápis soustavy rovnic:

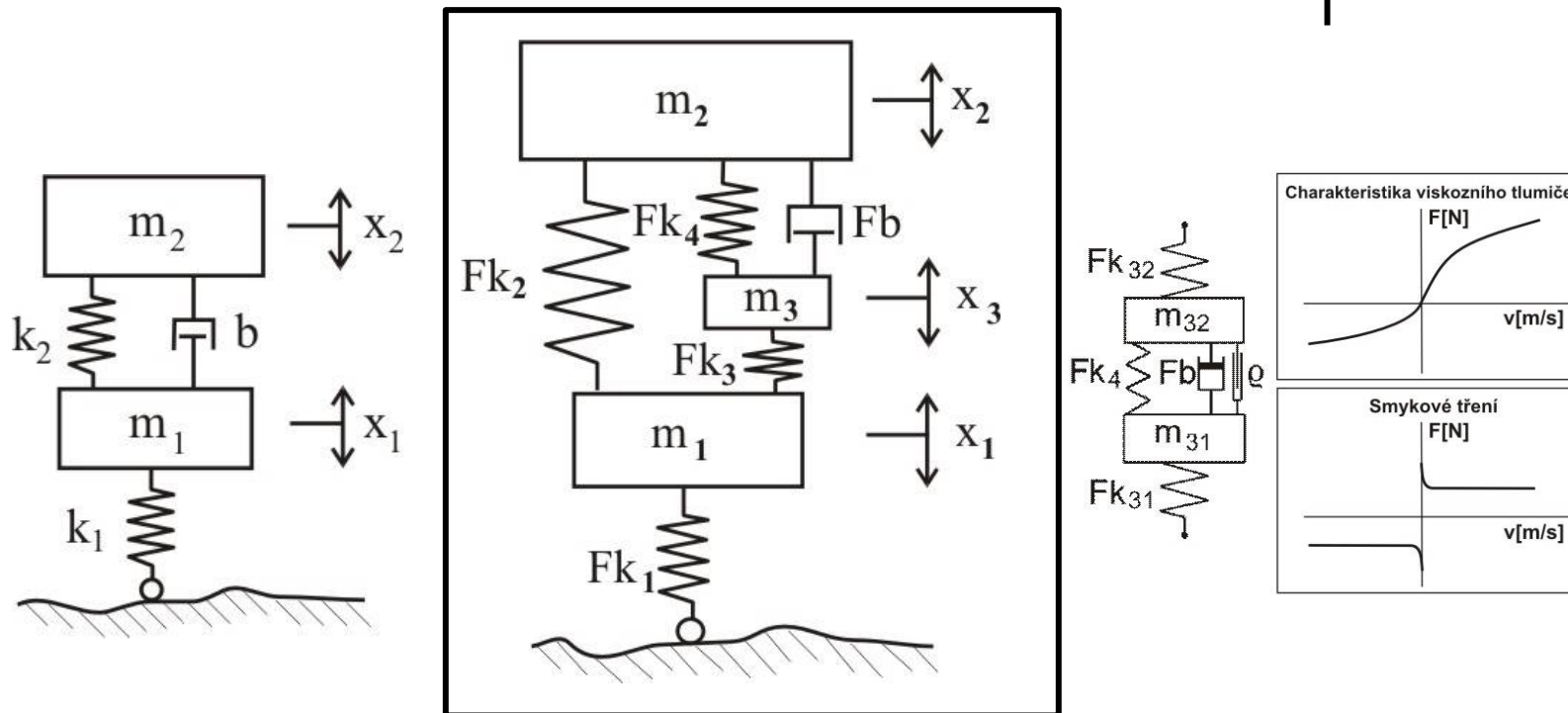
$$DS(t, X) = \begin{bmatrix} \ddot{X}_1 \\ \frac{1}{m_1} [Fk_2(X_2 - X_0) + Fk_3(X_4 - X_0) + k_1 \cdot (h(t) - X_0)] \\ \ddot{X}_3 \\ \frac{1}{m_2} (Fk_2(X_0 - X_2) + Fk_4(X_4 - X_2) + Fb(X_5 - X_3)) \\ \ddot{X}_5 \\ \frac{1}{m_3} (Fk_3(X_0 - X_4) + Fk_4(X_2 - X_4) + Fb(X_3 - X_5)) \end{bmatrix}$$

Press F1 for help. Calc: F9 Page: 1

Cílem disertační práce je využití matematického modelování pro analýzu chování závěsu kola automobilu v závislosti na technickém stavu tlumiče odpružení.

Dílčím úkolem této disertační práce je pomocí matematické simulace ověřit meze funkčnosti jednotlivých testerů určených pro bezdemontážní diagnostiku tlumičů. Výsledky matematického modelování ověřit reálnými experimenty na zkušebním vozidle.

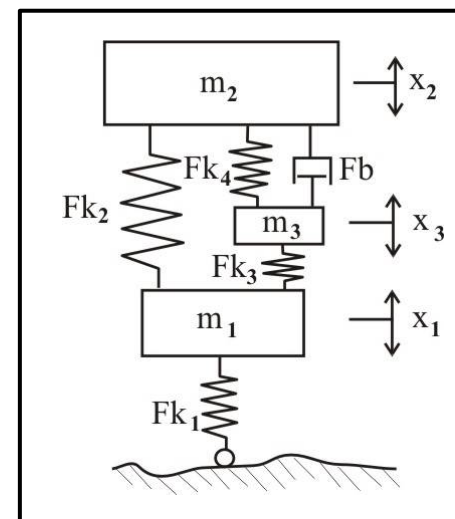
Čtvrtinový model automobilu s podmodelem diagnostického tlumiče odpružení



- pracovat s lomenou nelineární charakteristikou různou pro tah a tlak
- imitovat vůli v uchycení tlumiče
- simulovat pružnosti montážních pružných lůžek
- zohlednit setrvačné hmoty tlumiče
- přihlídnout k pružnost plynové náplně
- simulovat smykové tření v systému
- uvažovat s vlivem přetlaku systému u plynových tlumičů

3. Přístup k diagnostice tlumiče odpružení pomocí mat. simul.

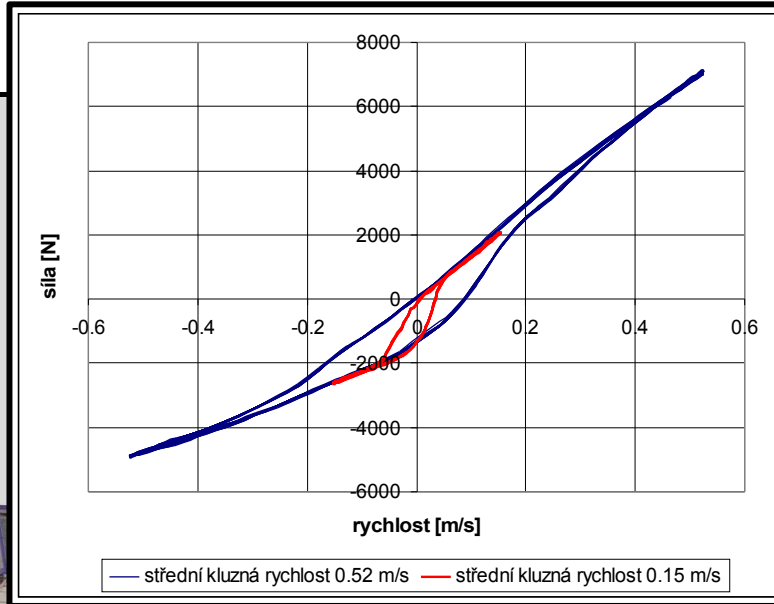
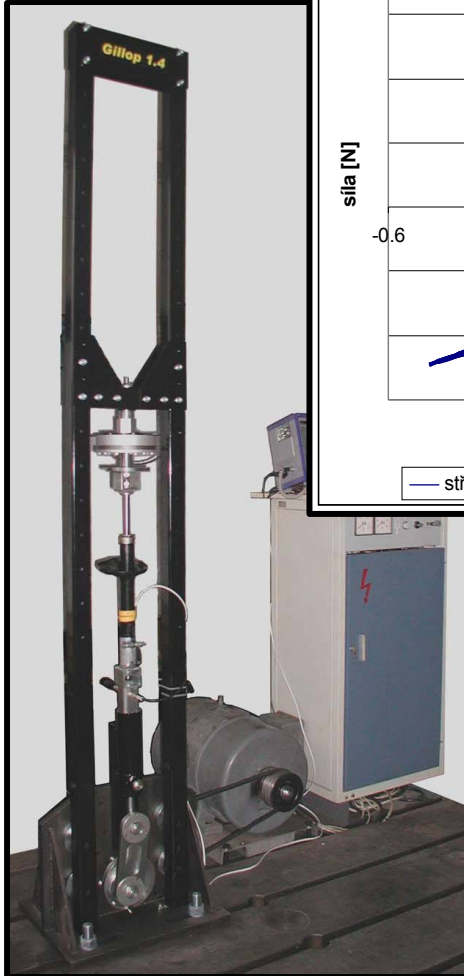
Základní parametry modelu



| | | |
|----------------------------------|------|--------|
| neodpružená hmota m_1 | kg | 39.5 |
| odpružená hmota m_2 | kg | 250 |
| hmota tlumiče m_3 | kg | 0.5 |
| radiální tuhost pneumatiky k_1 | N/mm | 142.25 |
| tuhost vozidlové pružiny k_2 | N/mm | 70 |
| tuhost uchycení tlumiče | N/mm | 5000 |

3. Přístup k diagnostice tlumiče odpružení pomocí mat. simul.

Tlumič odpružení – rychlostní charakteristika



MultiGillop

Název souboru: FR-T511.015
Datum měření: 23.4.2006
Délka testu [s]: 60

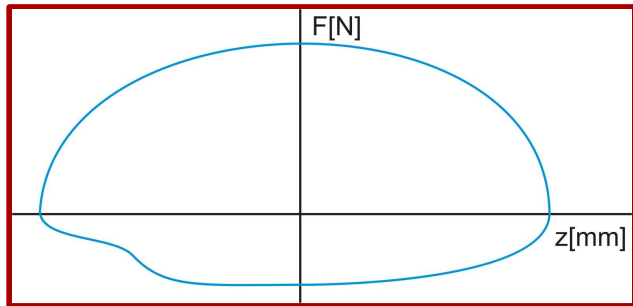
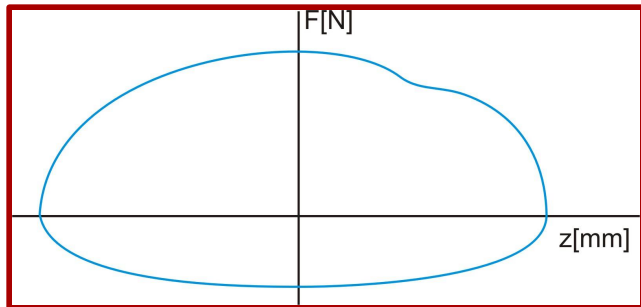
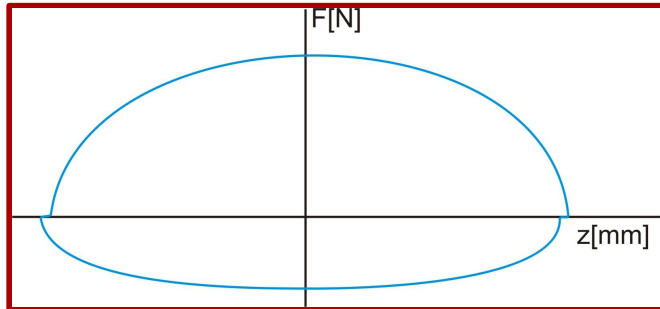
| | v [m/s] | F [N] | b [Ns/m] |
|------|---------|-------|----------|
| bod1 | 0.513 | 7017 | 13333 |
| bod2 | 0.322 | 4472 | 15258 |
| bod3 | 0.160 | 2004 | 14682 |
| bod4 | 0.000 | -342 | 8777 |
| bod5 | 0.000 | -344 | |
| bod6 | -0.025 | -1603 | 50473 |
| bod7 | -0.254 | -3305 | 7416 |
| bod8 | -0.525 | -4928 | 5989 |
| bod9 | -0.528 | -4942 | 4873 |

| | v [m/s] | stlačený | roztážený |
|-------|---------|----------|-----------|
| bod10 | -0.327 | 10.932 | 13.815 |
| bod11 | -0.162 | 6.235 | -0.986 |
| bod12 | -0.013 | 30.165 | -28.338 |
| bod13 | 0.013 | -11.337 | 30.620 |
| bod14 | 0.162 | 23.103 | 28.718 |
| bod15 | 0.327 | 34.888 | 24.641 |

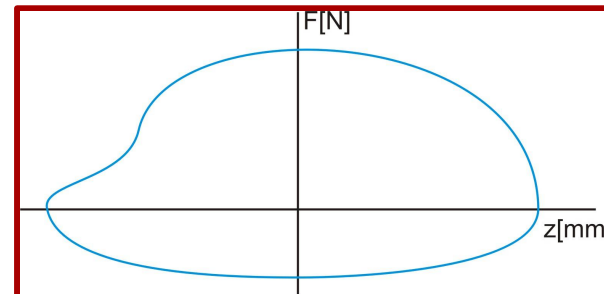
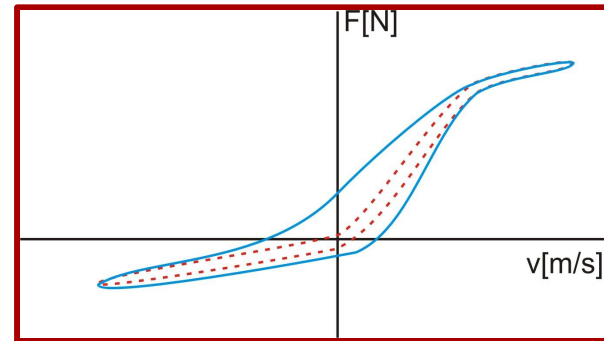
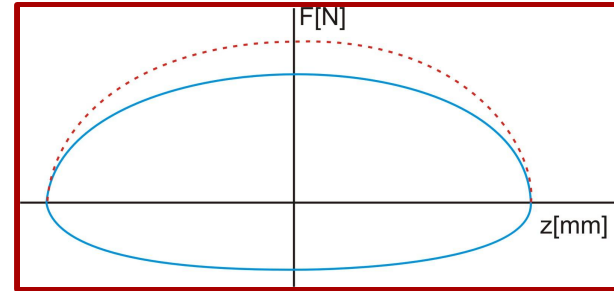
Střední teplota [°C]: 59.2
Rozpětí teploty [°C]: 4.9
Statická střední síla [N]: -573
Odhad třecí síly [N]: 125
Odhad tuhosti [N/mm]: 11.05

3. Přístup k diagnostice tlumiče odpružení pomocí mat. simul.

Tlumič odpružení – typické závady



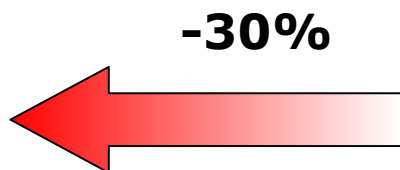
www.koni-na.com



3. Přístup k diagnostice tlumiče odpružení pomocí mat. simul.

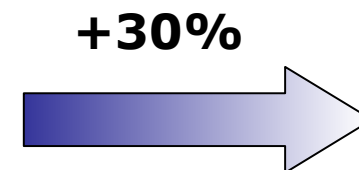
Provedené simulace

Citlivostní analýza jednotlivých testerů



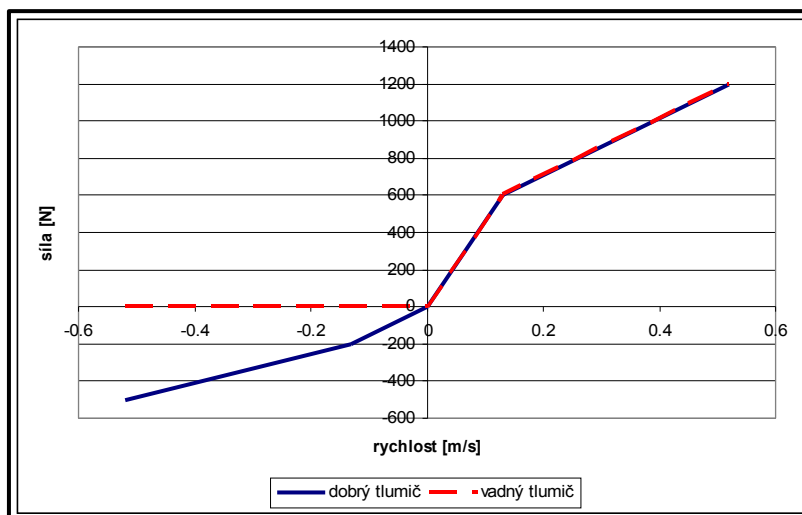
-30%

| | | |
|----------------------------------|------|--------|
| neodpružená hmota m_1 | kg | 39.5 |
| odpružená hmota m_2 | kg | 250 |
| hmota tlumiče m_3 | kg | 0.5 |
| radiální tuhost pneumatiky k_1 | N/mm | 142.25 |
| tuhost vozidlové pružiny k_2 | N/mm | 70 |
| tuhost uchycení tlumiče | N/mm | 5000 |



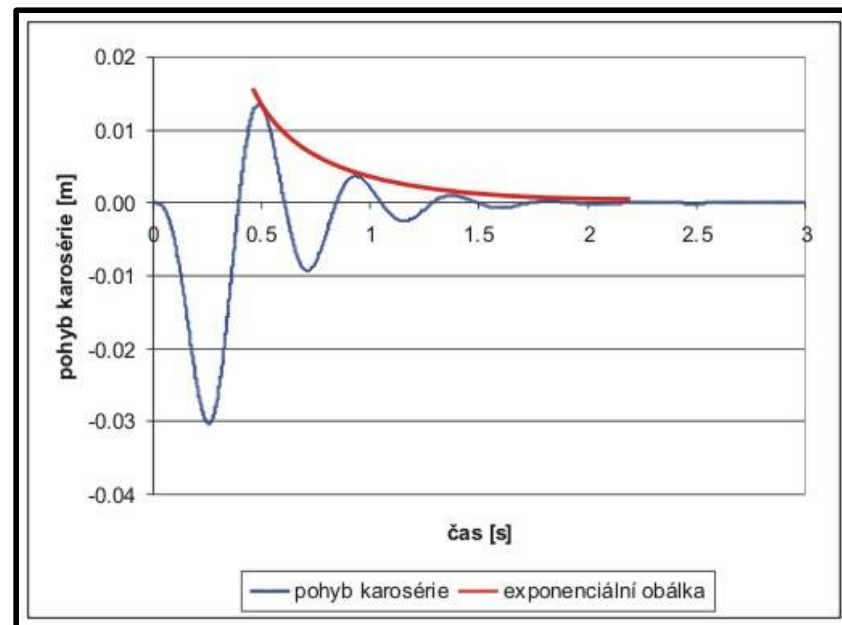
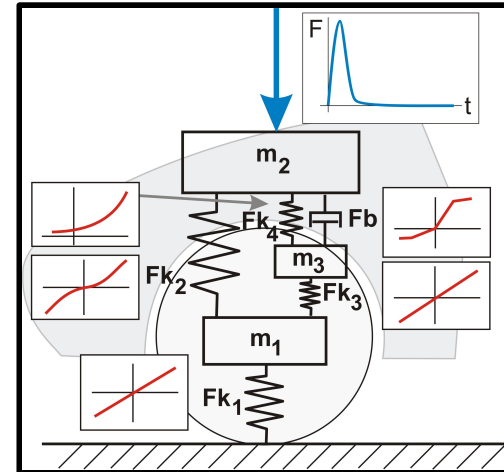
+30%

Projev vybrané závady tlumiče odpružení



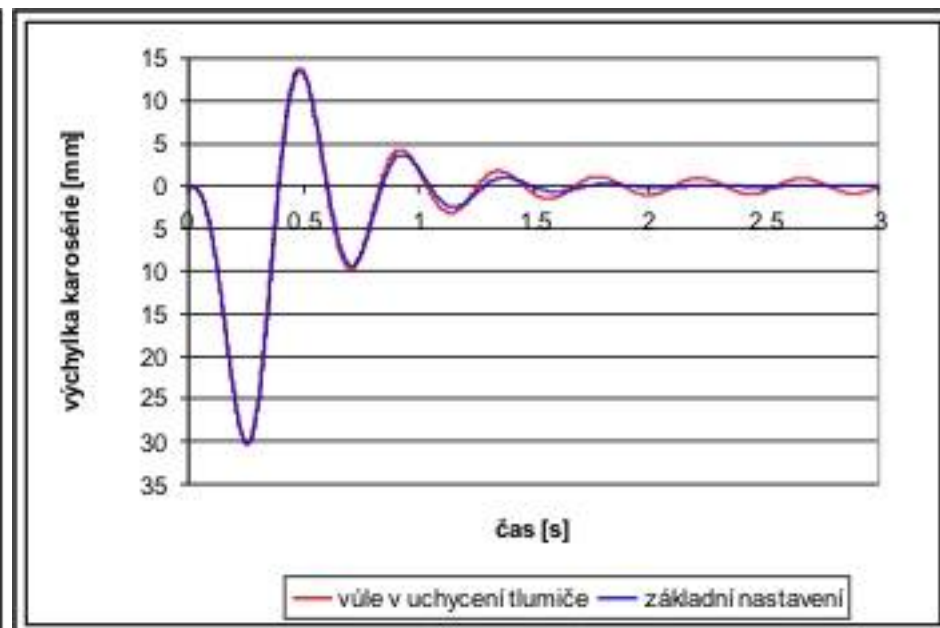
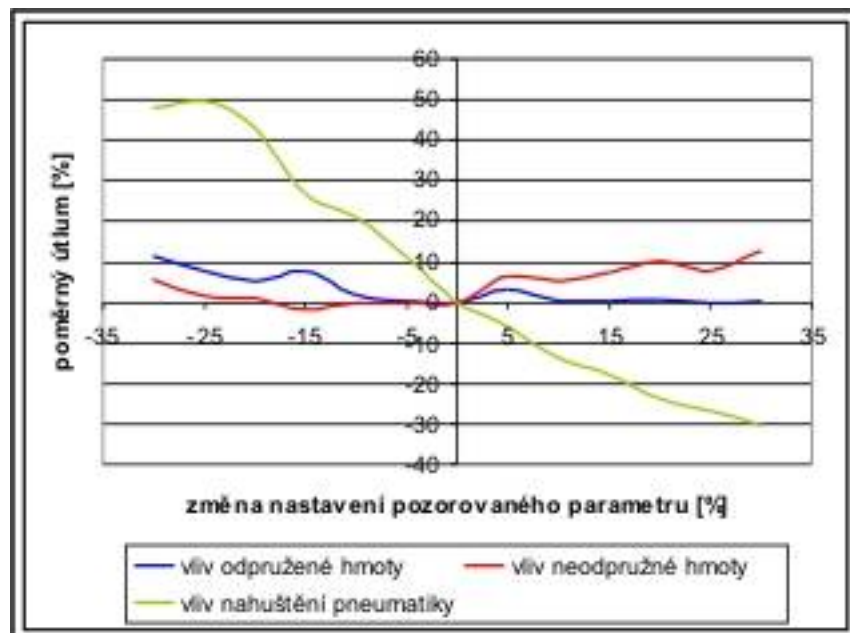
4. Hodnocení bezdemontážní diagnostiky tlumičů odpružení

Impulsní dokmitový test



4. Hodnocení bezdemontážní diagnostiky tlumičů odpružení

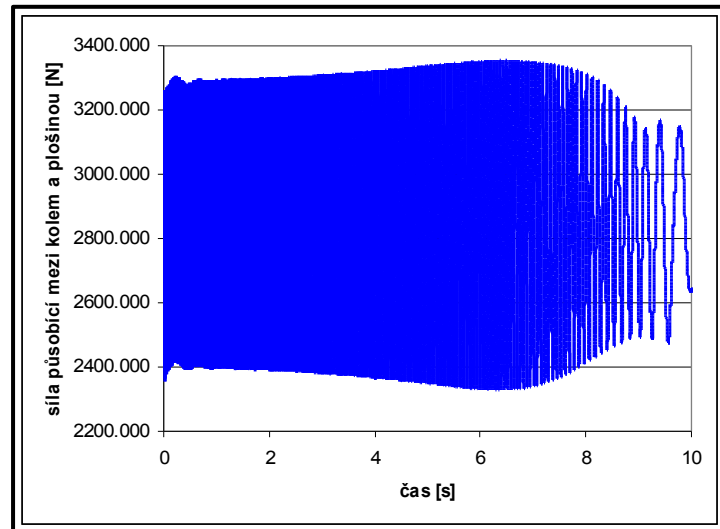
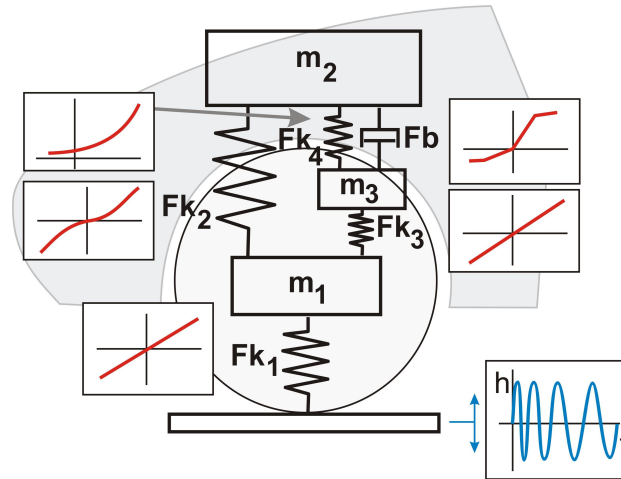
Impulsní dokmitový test



| | měrný útlum | pokles útlumu [%] |
|---------------------------|-------------|-------------------|
| základní nastavení | 0.221 | 0 |
| vůle v uchycení | 0.219 | -0.905 |
| měkké pryžové lůžko | 0.213 | -2.74 |
| snížená funkčnost tlumiče | 0.192 | -12.33 |

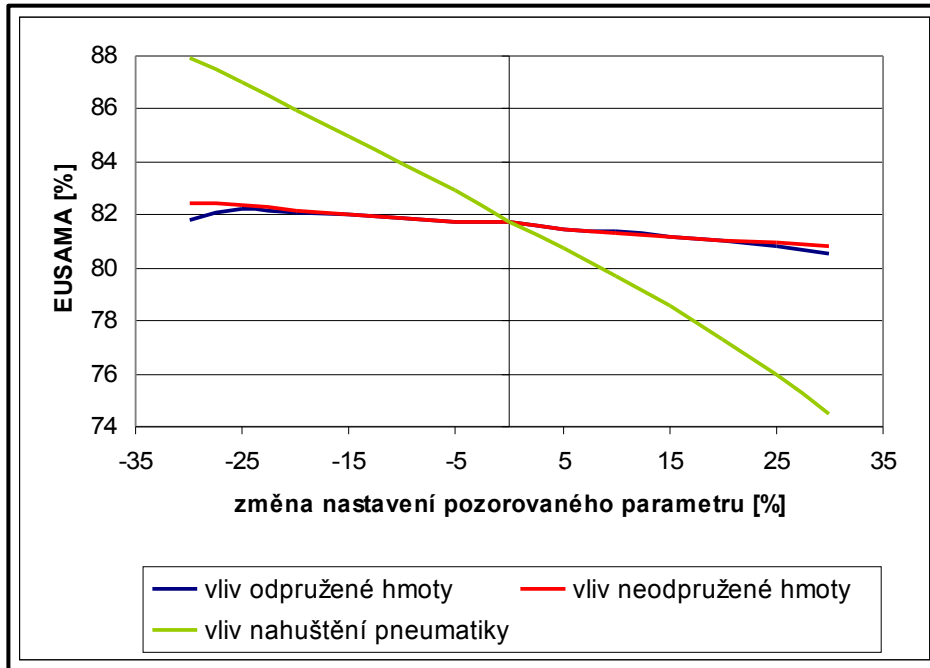
4. Hodnocení bezdemontážní diagnostiky tlumičů odpružení

Resonanční adhezní test



4. Hodnocení bezdemontážní diagnostiky tlumičů odpružení

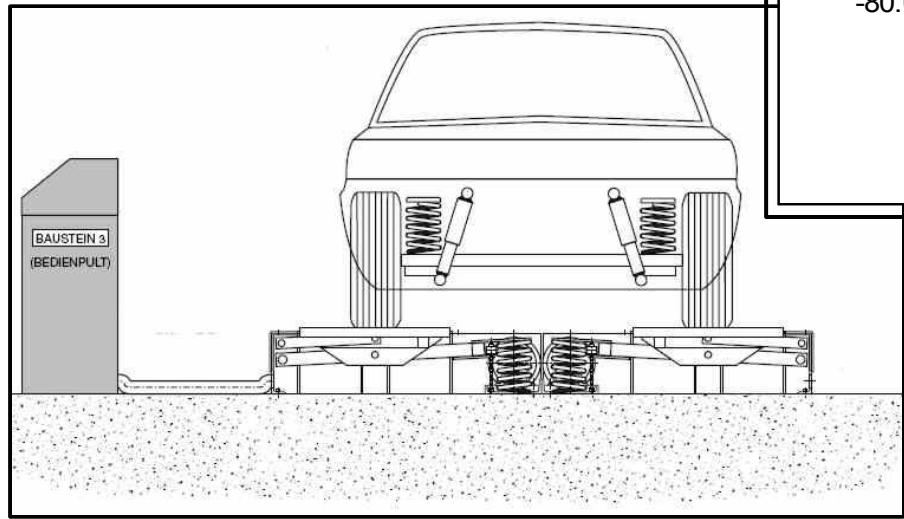
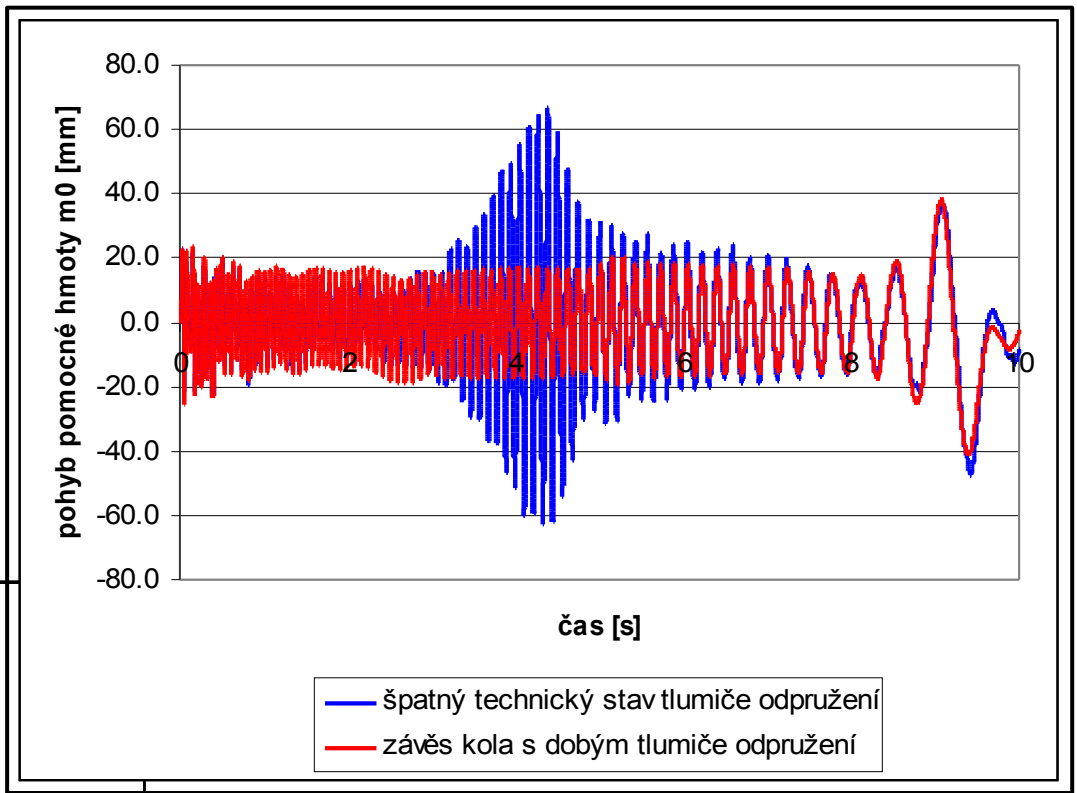
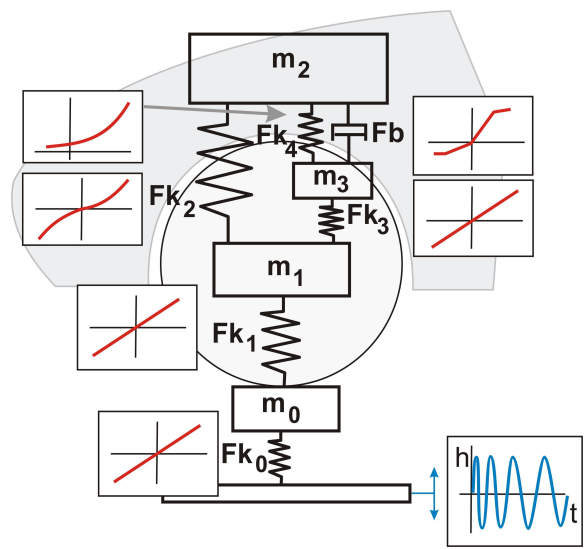
Resonanční adhezní test



| | EUSAMA [%] | Sníží přítlaku síly [%] |
|---------------------------------------|------------|-------------------------------|
| Základní nastavení | 81.72 | 0 |
| Vůle v uchycení | 79.73 | -2.44 |
| Pružné lůžko | 80.55 | -1.43 |
| Vada v tlumící charakteristice | 78.41 | -4.05 |

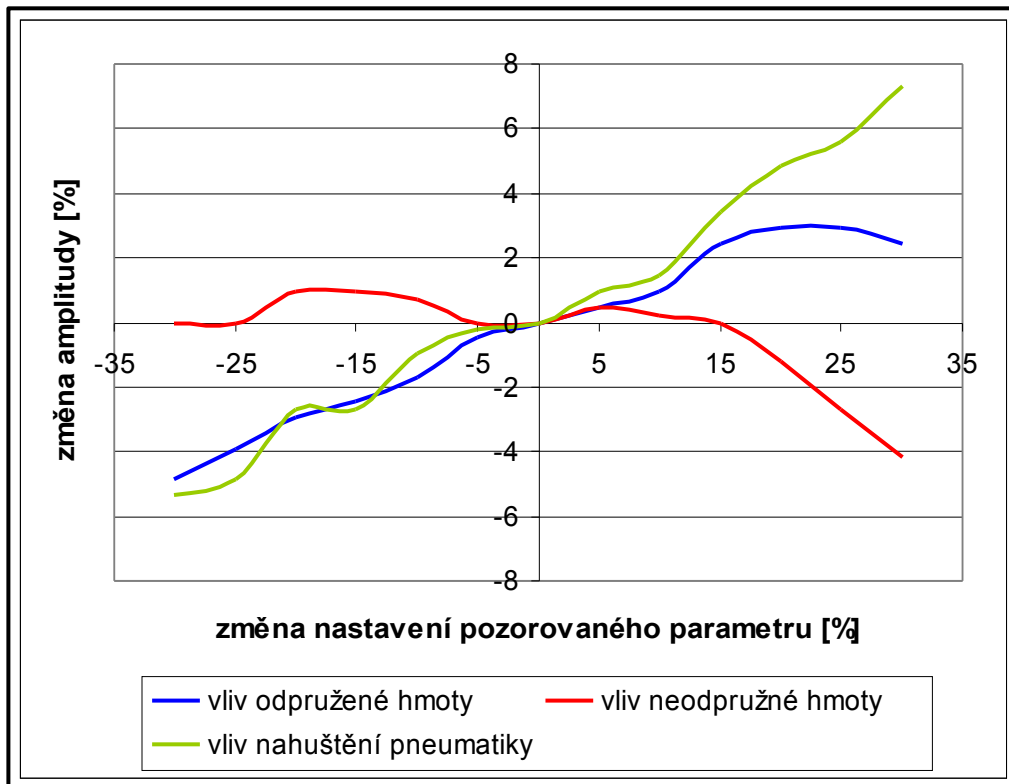
4. Hodnocení bezdemontážní diagnostiky tlumičů odpružení

Resonanční amplitudový test



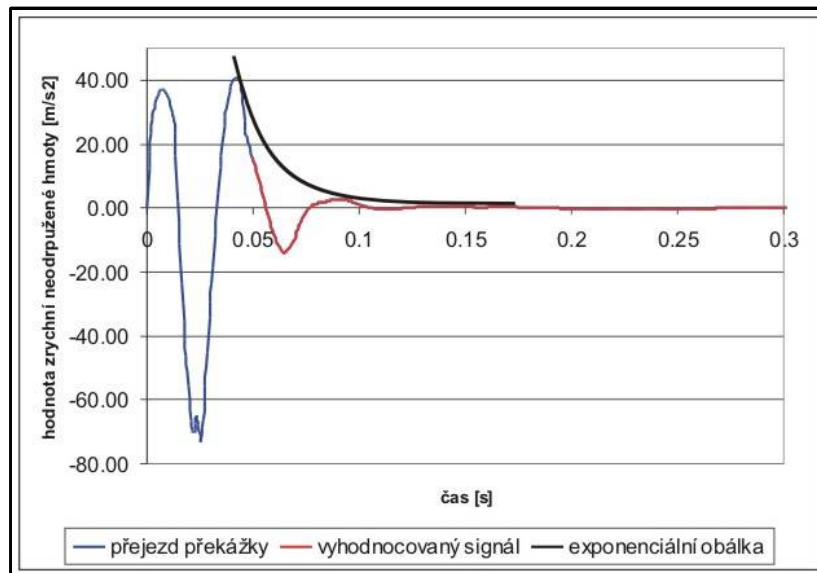
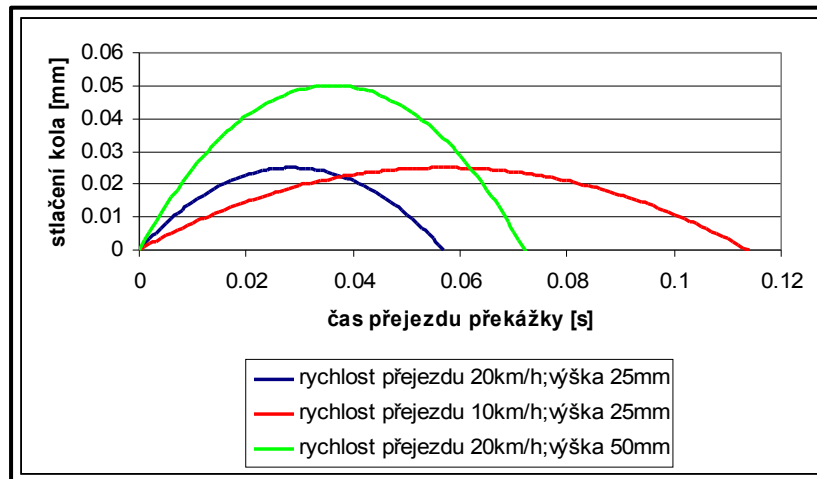
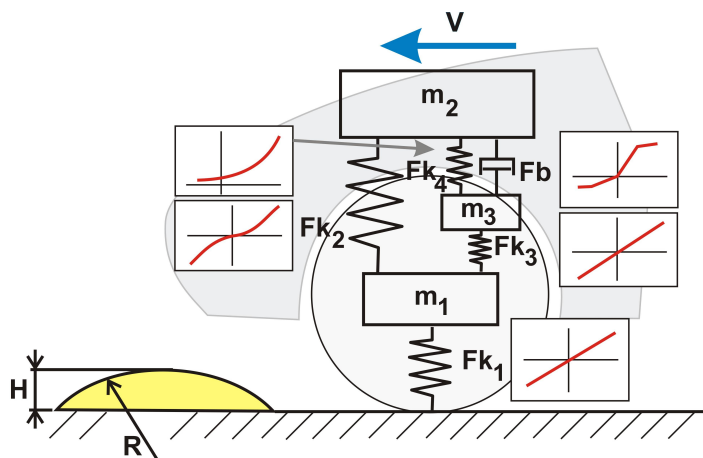
4. Hodnocení bezdemontážní diagnostiky tlumičů odpružení

Resonanční amplitudový test

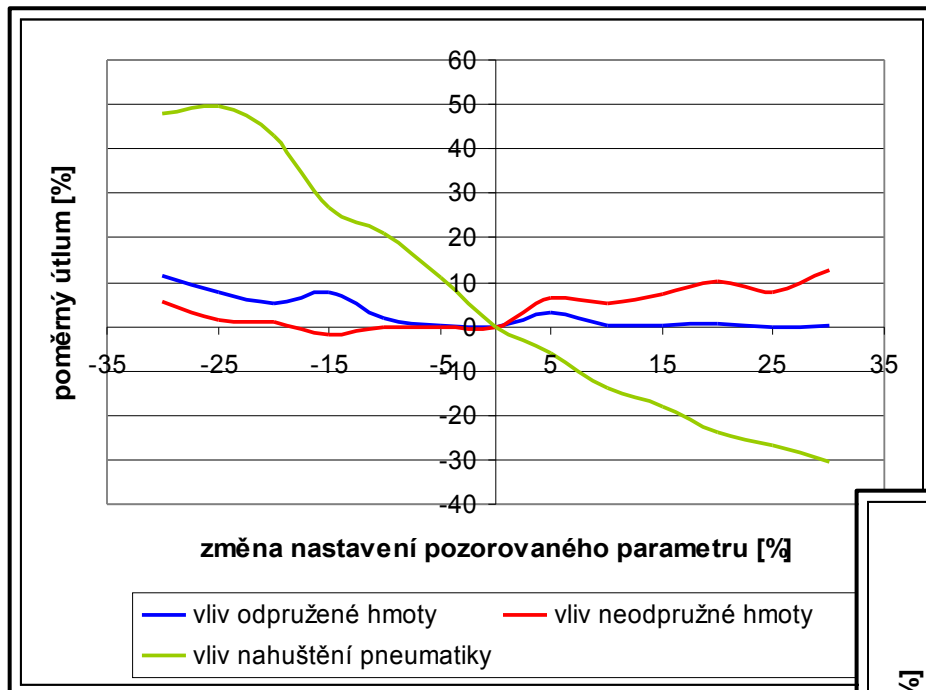


| | Max. amplituda [mm] | Změna amplitudy [%] |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Základní nastavení | 20.5 | 0 |
| Vůle v uchycení | 20 | -2.44 |
| Pružné lůžko | 20 | -2.44 |
| Vada v tlumící charakteristice | 27.3 | 33.17 |

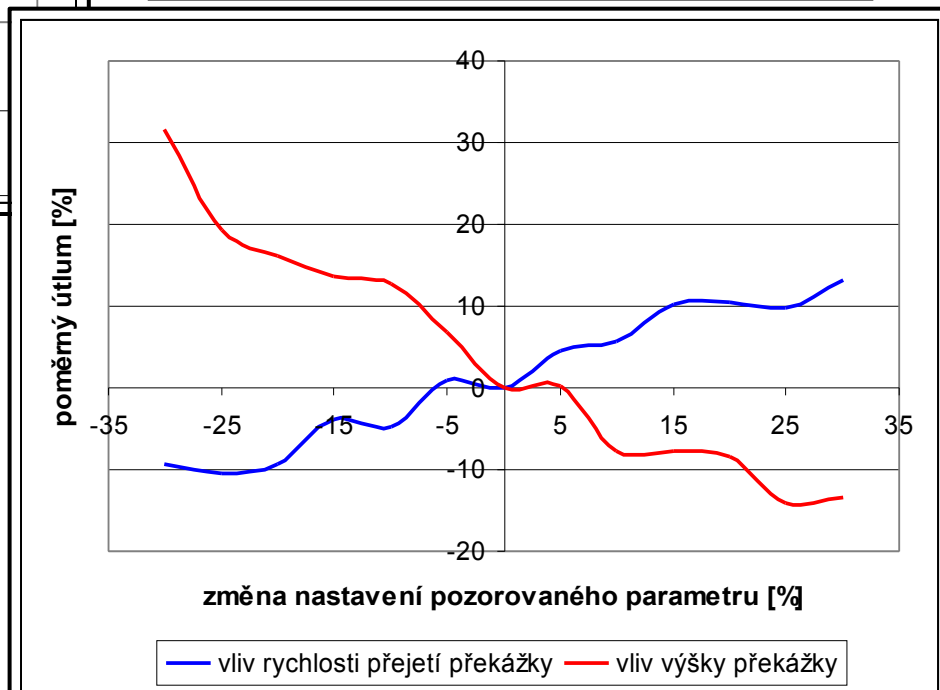
Přejezdový test



Přejezdový test

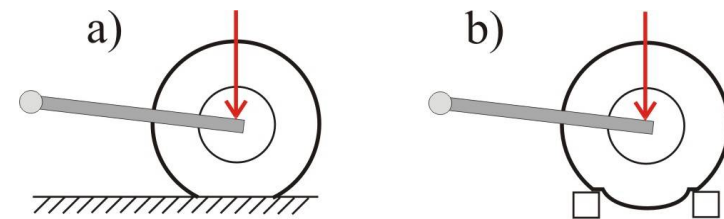
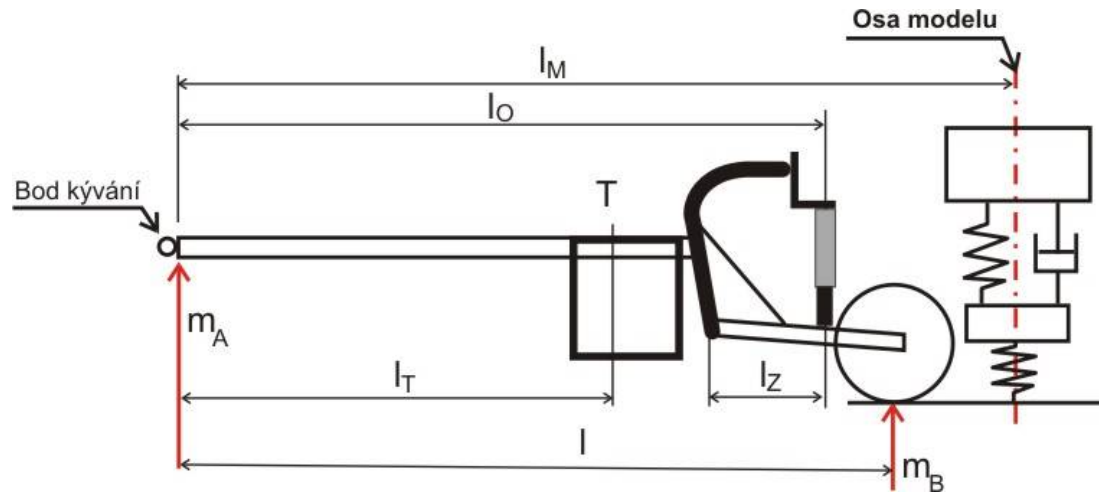


| | Poměrný útlum [-] | Sníží tlumení [%] |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Základní nastavení | 0.335 | 0 |
| Vůle v uchycení | 0.275 | -14.03 |
| Pružné lůžko | 0.286 | -17.91 |
| Vada v tlumící charakteristice | 0.222 | -33.73 |



6. Experimentální testy

Experimentální vozík



6. Experimentální testy

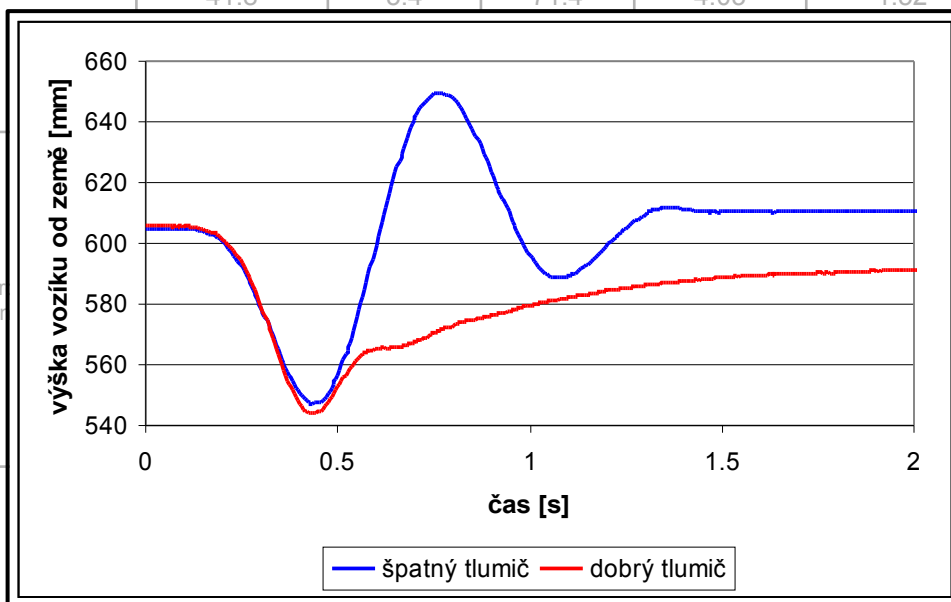
Impulsní dokmitový test

| | Odpružená hmota [kg] | neodpružená hmota [kg] | tuhost pneumatiky [N/mm] | tuhost odpružení [N/mm] | teoretická vl. Frekvence odpružené hmoty [Hz] |
|---------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|---|
| rovina, tlak pneu 1.5 atm | 41.8 | 10.5 | 71.4 | 4.03 | 1.52 |
| | 56.3 | 10.5 | 71.4 | 4.03 | 1.31 |
| | 70.2 | 10.5 | 71.4 | 4.03 | 1.17 |
| | 41.8 | 5.4 | 71.4 | 4.03 | 1.52 |



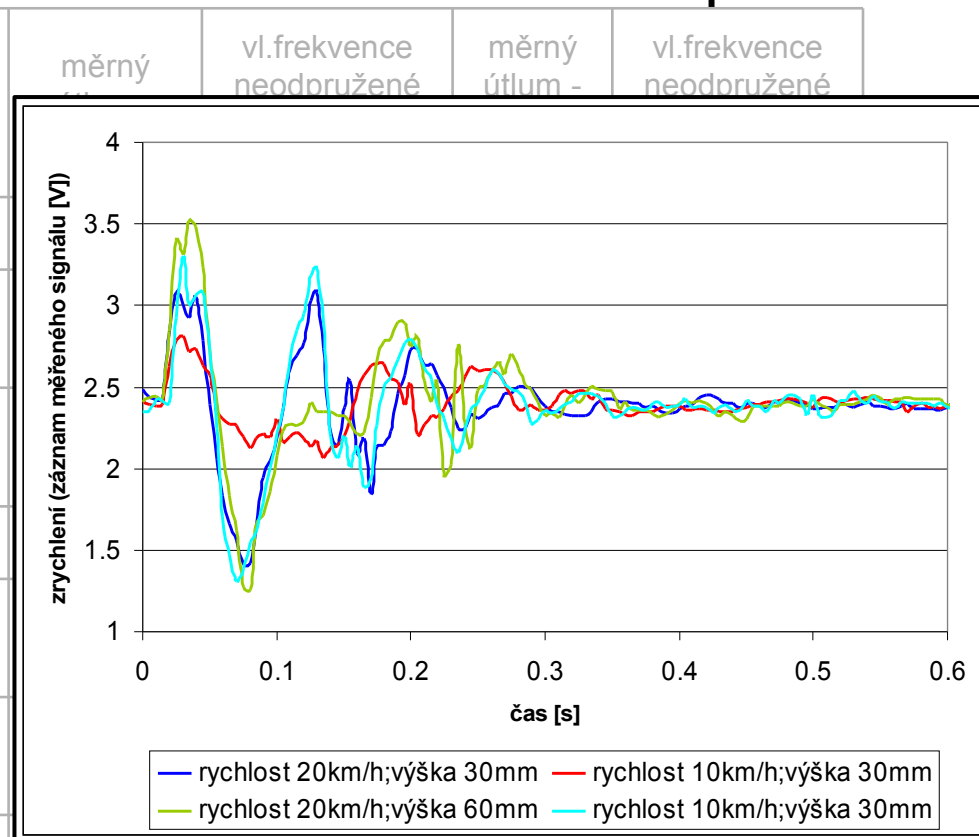
1.54

1.39



Přejezdový test

| | | |
|---------------------|---|---------------------------|
| tlak v pne [atm] |  | výška překážky [mm] |
| 0.7 | | 30 |
| 0.7 | | 30 |
| 0.5 | | 60 |



| | | | |
|-------|--------|-------|--------|
| 0.088 | 14.015 | 0.289 | 18.131 |
| 0.107 | 12.549 | 0.385 | 11.617 |

Závěrečné zhodnocení

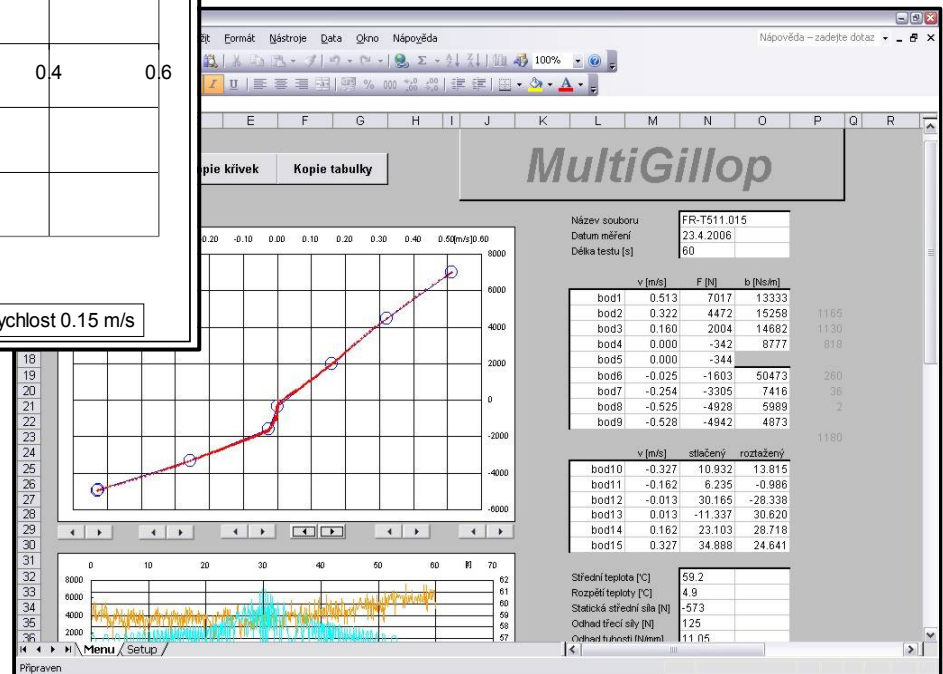
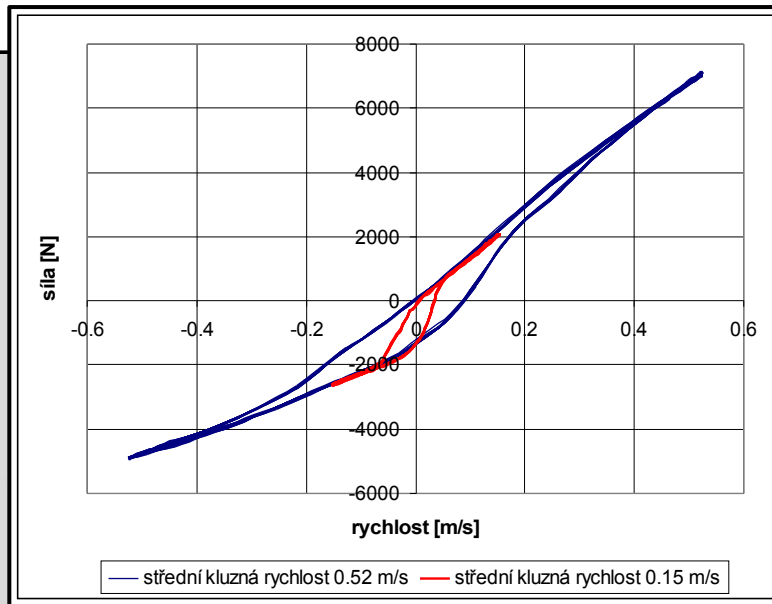
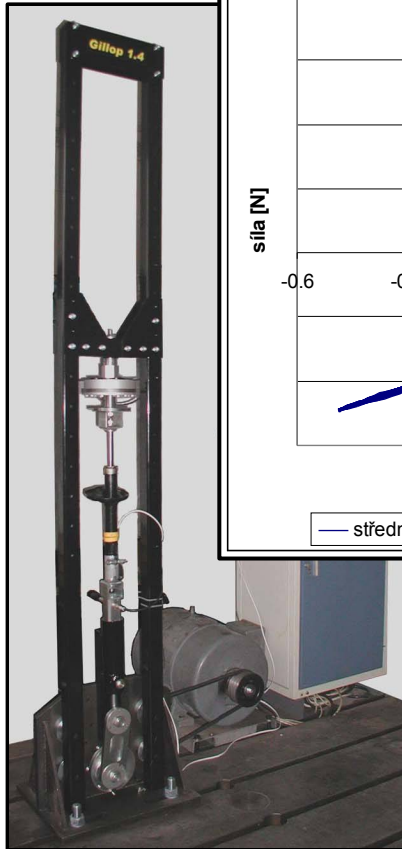
1. Byl vytvořen matematický diagnostický čtvrtinový model automobilu s podmodelem hydraulického tlumiče
2. Provedla se citlivostní analýza testerů určených pro bezdemontážní diagnostiku tlumičů odpružení
3. Ověřili se možnosti experimentálního vozíku představující fyzický model čtvrtinového modelu automobilu
4. Prezentovala se nová metodika bezdemontážní diagnostiky – Přejezdový test

Děkuji za pozornost ...

8. Odpovědi na otázky oponenta

Ing. Bronislav Růžička

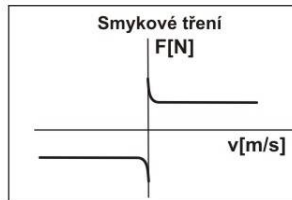
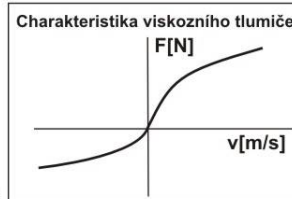
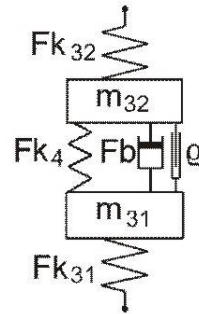
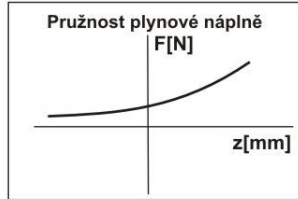
Globální charakteristika tlumiče a stanovení charakteristik ostatních komponent při tvorbě matematického modelu



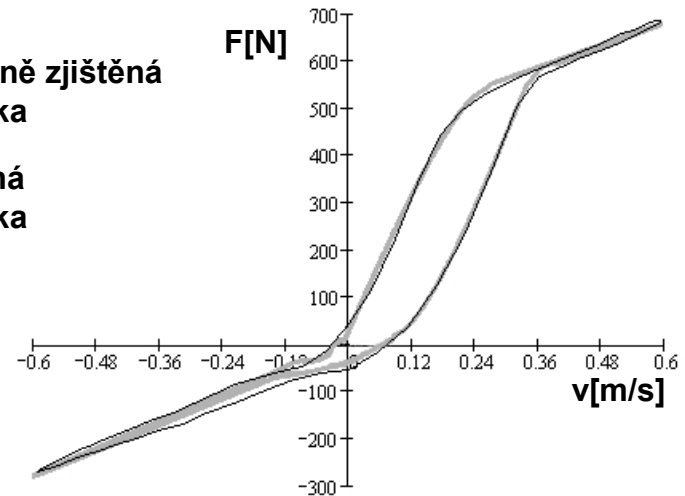
8. Odpovědi na otázky oponenta

Ing. Bronislav Růžička

Globální charakteristika tlumiče a stanovení charakteristik ostatních komponent při tvorbě matematického modelu



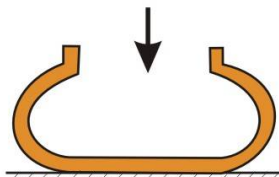
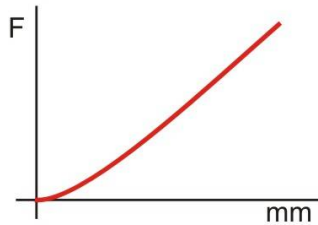
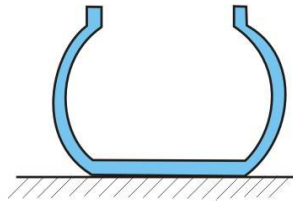
- experimentálně zjištěná charakteristika
- namodelovaná charakteristika



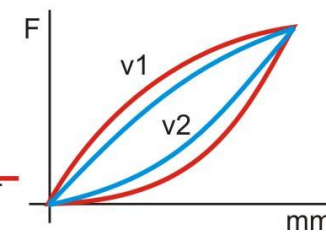
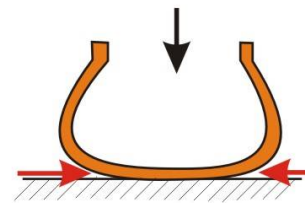
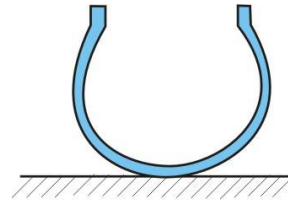
Ing. Bronislav Růžička

Vliv dynamického stlačování pneumatiky na celkovou hodnotu útlumu závěsu kola

Běžná pneumatika osobního automobilu

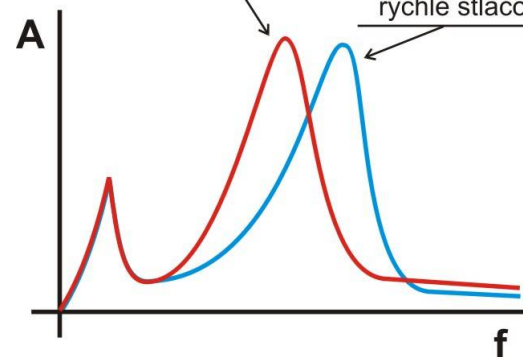


Bantamová pneumatika



pomalé stlačování pneumatiky

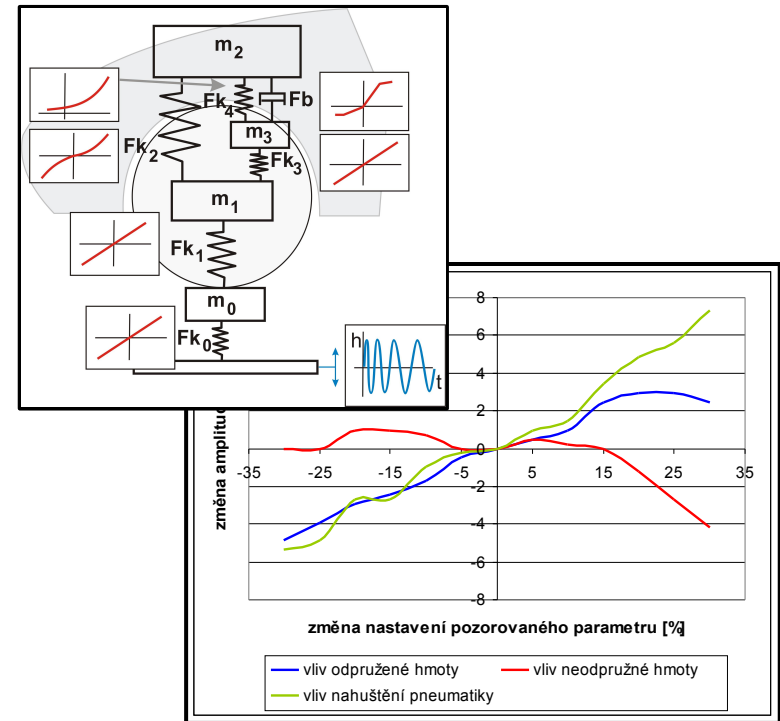
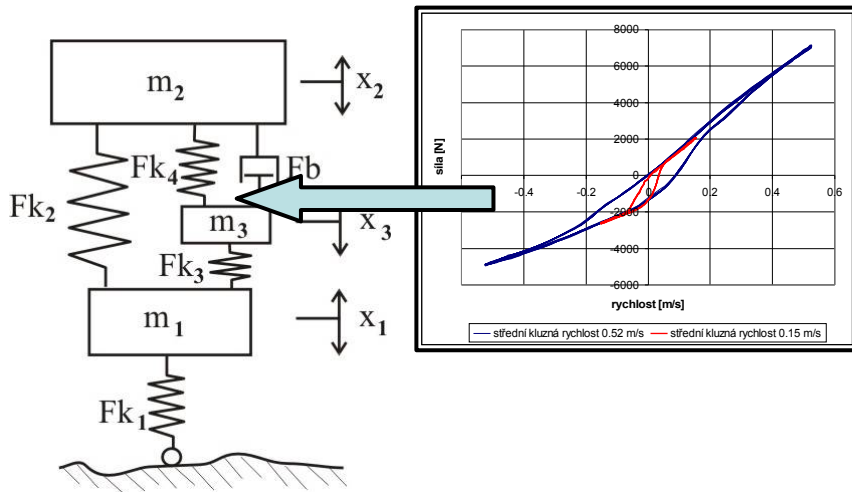
rychlé stlačování pneumatiky



8. Odpovědi na otázky oponenta

Doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

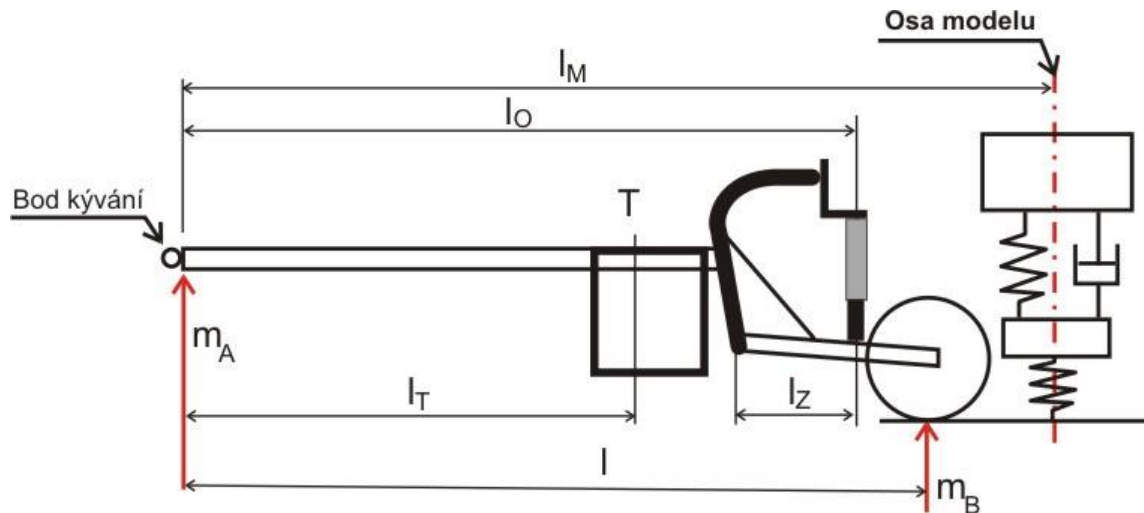
Jak by doktorand sám kriticky zhodnotil přínos své disertační práce pro rozvoj vědního oboru?



8. Odpovědi na otázky oponenta

Doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

Proč není k disertační práci přiložen výkres experimentálního vozíku?



$l = 1600\text{mm}$ - vzdálenost od osy kývání k stykovému bodu pneumatika-vozovka

$l_T = 1020\text{ mm}$ - poloha těžiště vozíku

$l_O = 1400\text{mm}$ - umístění snímačů zrychlení na tlumiči

$l_M = 1600\text{mm}$ - osa modelu

$l_Z = 180\text{mm}$ - umístění tlumiče na závěsu kola (přepákování tlumiče je 1:2)

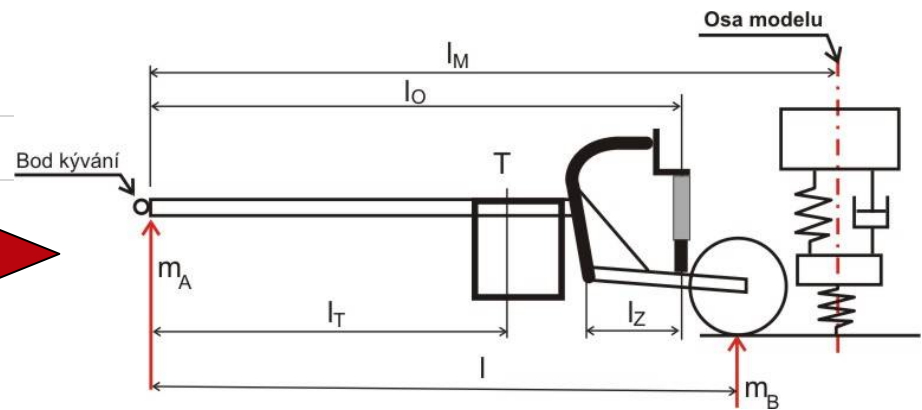
8. Odpovědi na otázky oponenta

Doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

Z jakých předpokladů byly stanoveny hodnoty veličin uvedených v kapitole 5.1 *Identifikace fyzikálních parametrů vozíku*?
Jak byly dále využívány?



Převod na modelová situaci



Parametry vozu Škoda Fábria

| | | |
|----------------------------------|------|--------|
| neodpružená hmota m_1 | kg | 33 |
| odpružená hmota m_2 | kg | 233 |
| hmota tlumiče m_3 | kg | 0.5 |
| radiální tuhost pneumatiky k_1 | N/mm | 142.25 |
| tuhost vozidlové pružiny k_2 | N/mm | 40 |

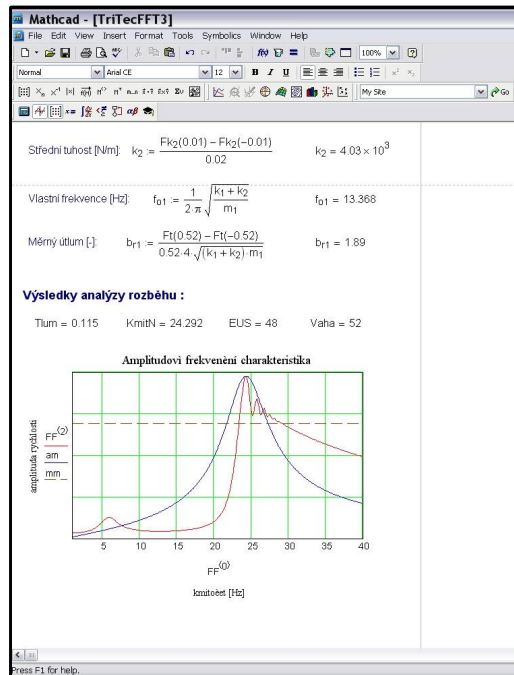
Parametry vozíku

| | | |
|----------------------------------|------|------|
| neodpružená hmota m_1 | kg | 10.5 |
| odpružená hmota m_2 | kg | 51.4 |
| hmota tlumiče m_3 | kg | 0.5 |
| radiální tuhost pneumatiky k_1 | N/mm | 53.4 |
| tuhost vozidlové pružiny k_2 | N/mm | 4 |

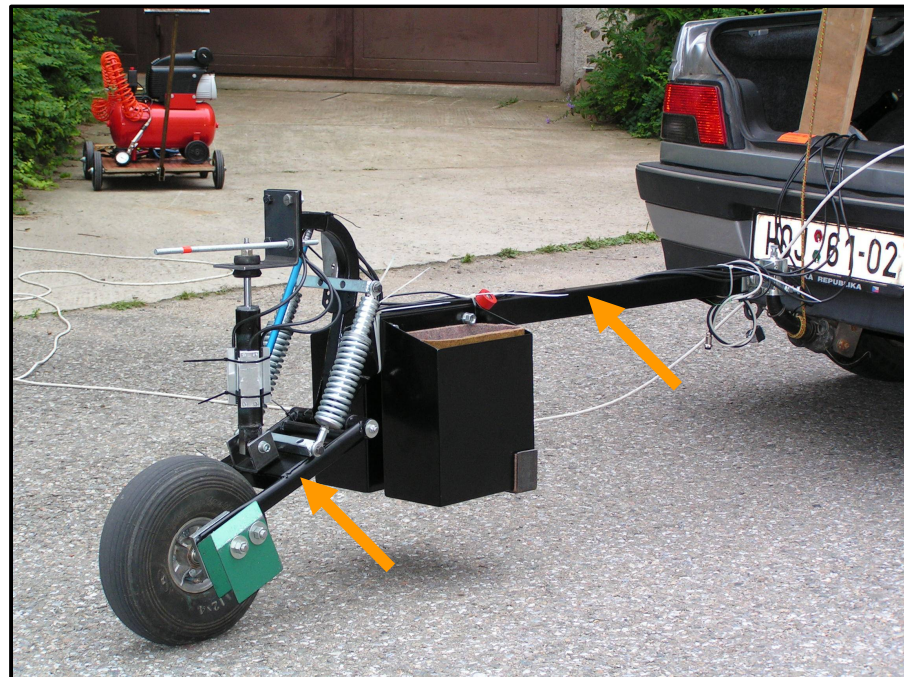
Doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

str. 46: „Po bedlivém prozkoumání tohoto problému, za přispění matematického modelování a výsledků z předchozích testů se ukazuje problémovým prvkem pneumatika“. Jaký byl první odhad doktoranda?

Chybná analýza???



Nežádoucí modální vlastnosti vozíku???



8. Odpovědi na otázky oponenta

Doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

Které další prvky, vedle tlumiče odpružení, ovlivňují jízdní vlastnosti automobilu?

Bezpečnost

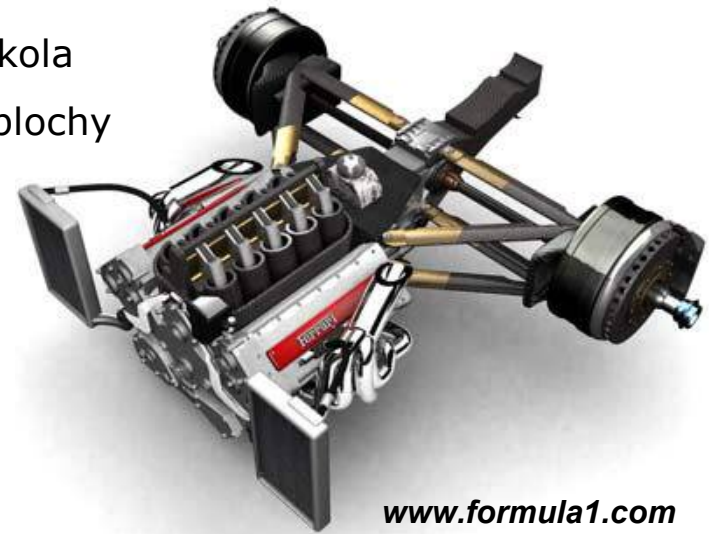


Komfort



www.rsc.org

Pneumatika
Geometrie náprav
Kinemato-elastika závěsu kola
Svislá dynamika závěsu kola
Aerodynamika a přítlačné plochy
Tuhost karosérie



www.formula1.com