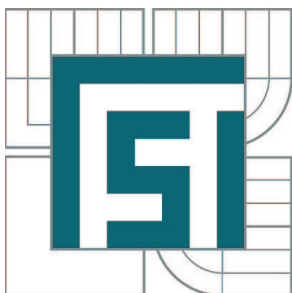


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## HODNOCENÍ NÁPRAVY METODIKOU EUSAMA

AXLE ASSESSMENT USING THE EUSAMA METHODOLOGY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LUKÁŠ VÍTEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. IVAN MAZŮREK, CSc.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Lukáš Vítek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

### **Hodnocení nápravy metodikou EUSAMA**

v anglickém jazyce:

### **Axle assessment using the EUSAMA methodology**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je optimalizovat způsob vyhodnocení útlumu nápravy na testeru EUSAMA. Výstupem by byl program v prostředí DEWESoft7.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat:

- 1.Úvod
- 2.Přehled současného stavu poznání
- 3.Formulaci řešeného problému a jeho analýzu
- 4.Vymezení cílů práce
- 5.Návrh metodického přístupu k řešení
- 6.Analýzu a interpretaci získaných výsledků
- 7.Závěr

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva, technická dokumentace

Typ práce: analytická

Účel práce:pro V-V a tvůrčí činnost ÚK

Seznam odborné literatury:

VLK,F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel,Brno, vydavatelství a nakladatelství Prof.ing.František Vlk DrSc.,2001,ISBN:80-238-6573-0

Vlk F: Dynamika motorových vozidel, Nakladatelství a zasilatelství vlk, Brno 2001, ISBN 80-238-5273-6

EUSAMA – Recommendations for a performance test specification of an “on car” vehicle suspension testing system – TS-02-76.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Ivan Mazůrek, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá optimalizací vyhodnocení nápravy. Úvod je věnován popisu tlumiče odpružení, bezdemontážní zkoušky a dynamice vozidel. Odpružení vozidla musí zajistit posádce dostatečné pohodlí a především bezpečnost. Protože tlumiče odpružení podléhají poškození je nutné je kontrolovat.

Nejdůležitějším principem bezdemontážní diagnostiky pro tuto práci je metodika EUSAMA. Všechna měření jsou realizována na rezonančním adhezním testeru TriTec. Toto zařízení je konstrukčně jednodušší než ostatní rezonanční zkušebny.

## **Klíčová slova**

bezdemontážní diagnostika, tlumič odpružení, zavěšení kol, tester

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with optimization of axle assessment. The introduction is directed to description shock absorber, non-assembling diagnostics and dynamics of vehicles. The automotive suspension is meant to provide comfort and mainly safety for the passengers. Because shock absorber are stressed, it must be controlled.

The most important kind of non-assembling diagnostics for this thesis is EUSAMA methodology. All measurement are realized with resonant adhesive tester, which is named TriTec. This device is structural simpler, then other one.

## **Key words**

non-assembling diagnostics, shock absorber, wheel suspension, tester

## **Bibliografická citace**

VÍTEK, L. Hodnocení nápravy metodikou EUSAMA. Brno, VUT-FSI., 2011, 39 s

---



**PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, na základě uvedené literatury pod vedením doc. Ing. Ivana Mazúrka, CSc.

V Brně dne 20. 5. 2011

Vítek Lukáš.....

---





## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Ivanu Mazůrkovi, CSc. za cenné rady, připomínky a trpělivost.

---



**OBSAH**

---

<b>Úvod</b>	<b>13</b>
<b>1 Přehled současného stavu poznání</b>	<b>14</b>
1.1 Odpružení a zavěšení kola	14
1.2 Bezdemontážní diagnostika	15
1.2.1 Metodika EUSAMA	16
1.3 Dynamika vozidel	18
1.3.1 Svislé kmitání	19
1.3.2 Příčné kmitání	19
1.3.3 Podélné kmitání	19
<b>2 Formulace řešeného problému a jeho analýza</b>	<b>20</b>
<b>3 Vymezení cílů práce</b>	<b>21</b>
<b>4 Návrh metodického přístupu k řešení</b>	<b>22</b>
4.1 Zkušební zařízení	22
4.1.1 Kalibrace tenzometrické váhy	23
4.2 Náhrada závěsu kola	25
4.3 Multifunkční karta	26
4.4 Vyhodnocovací software	27
<b>5 Analýza a interpretace získaných výsledků</b>	<b>29</b>
5.1 Nastavení fyzických kanálů	29
5.2 Ukládání dat	30
5.3 Nastavení matematických kanálů	30
5.3.1 Určení frekvence	30
5.3.2 Statická a minimální hmotnost	31
5.3.3 Výpočet EUS	31
5.3.4 Zachycení frekvence při nejmenším přítlaku	32
5.3.5 Měřicí šablona	33
<b>6 Závěr</b>	<b>34</b>
<b>7 Seznam použitých zdrojů</b>	<b>35</b>
<b>8 Seznam použitých zkratk, symbolů a veličin</b>	<b>37</b>
8.1 Seznam použitých zkratk	37
8.1 Seznam použitých zkratk	37
<b>9 Seznam obrázků a grafů</b>	<b>38</b>
9.1 Seznam obrázků	38
9.2 Seznam grafů	38
<b>10 Seznam tabulek</b>	<b>39</b>

---



## ÚVOD

Díky vhodně vyváženému odpružení jsou automobily dobře ovladatelné a výborné jízdní vlastnosti tak umožňují bezpečnou jízdu za každých povětrnostních podmínek. Faktorem rozhodujícím o správných jízdních vlastnostech vozidla je odpružení podvozku, proto se této oblasti věnují konstruktéři již při vývoji vozu. Značnou pozornost pružinám a tlumičům věnují také výrobci těchto součástí. [13]

Prodejnost vozu je úzce spjata s bezpečností posádky, a proto jednotliví výrobci pružin a hlavně tlumičů spolupracují s konstruktéry již ve stádiu vývoje. Správná funkce tlumičů nespočívá pouze v zajištění pohodlí posádky vozidla, ale tkví hlavně ve zlepšení kontaktu kol s vozovkou. Nadměrně opotřebený tlumič nebo poškozená pružina neudrží kola v potřebném kontaktu se silnicí, pneumatiky na nerovné vozovce odskakují a díky tomu se nebezpečně prodlužuje brzdná dráha vozidla nebo vzniká náchylnost ke smyku. I když jsou tlumiče a pružiny dva různé komponenty, patří nerozlučně k sobě. Můžeme je sloučit v jeden celek „pružící jednotka“ [13]

Stav tlumičů je, kvůli zajištění jejich správné funkce a tím bezpečnosti provozu vozidla, nutné kontrolovat. To je možné po demontáži z vozidla na speciálních strojích, které zjistí přesné charakteristiky daného tlumiče. Další možností přezkoušení je bezdemontážní diagnostika, kde se nehodnotí samotný tlumič, ale zavěšení celého kola. Zkouška bezdemontážní diagnostiky není tak přesná, ale také není tak složitá, časově náročná a tím pádem drahá jako demontážní zkouška. Navíc nám více přiblíží chování vozu v reálných provozních podmínkách díky hodnocení celého závěsu kola i s jeho dalšími vlivy. Demontážní zkouška potvrdí správnou funkci samotného tlumiče, ale i tak může být vozidlo při provozu špatně ovladatelné vlivem např. defektního uložení tlumiče, špatného stavu silentbloků nebo vůlí v řízení.

Cílem této práce je optimalizovat způsob vyhodnocení nápravy metodikou EUSAMA (EUropean Shock Absorber Manufacturer Association). K tomuto účelu je použit program pro měření a analýzu dat s názvem DEWESoft7.0, který během samotného vyhodnocování blíže poznáme a přiblížíme si jeho základní funkce potřebné k zajištění správnosti zkoušky.

Jedná se o jednu z metod bezdemontážní diagnostiky, kde k vyhodnocení funkčnosti nápravy používáme rezonanční adhezní tester TriTec. Ten vychází z metodiky EUSAMA, ale v mnoha důležitých věcech se liší, především kvůli nižší ceně při zachování odpovídající úrovně správnosti vyhodnocení. Tento neměří celou nápravu najednou jak je zvykem u většiny ostatních výrobců, ale měření probíhá postupně po jednotlivých kolech. Výhodou zařízení TtiTec jsou jeho rozměry a s tím spojená snadná manipulace se samotným testerem.

## 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Jak již bylo naznačeno, práce je zaměřena na jednu z metodik bezdemontážního zkoušení tlumičů. Vzhledem k tomu je kapitola rozdělena na tři podkapitoly:

- odpružení a zavěšení kola
- bezdemontážní diagnostika
- dynamika vozidel

### 1.1 Odpružení a zavěšení kola

Tlumiče odpružení vytvářejí spolu s pružinami a stabilizátory rozhraní mezi odpruženou (karoserie) a neodpruženou (kola a náprava) částí vozidla. Zatímco pružiny eliminují vliv nerovností vozovky na vozidlo, tlumič odpružení eliminuje následné vzniklé nežádoucí kmitání karoserie. Síly vznikající mezi pneumatikami a vozovkou při akceleraci, brzdění nebo zatáčení, jsou přenášeny malými stykovými plochami. Důležitou funkcí tlumiče odpružení, kromě snížení účinku kmitání vozidla na cestující, je zajištění stálého styku kola s vozovkou při přejezdu nerovností a tak zajištění bezpečnosti jízdy. [8]

Odpružení zmenšuje přenos kmitavých pohybů nápravy na karoserii a chrání posádku i náklad před nežádoucími otřesy. Systém odpružení je z hlediska komfortu jízdy zpravidla navržen tak, aby vlastní frekvence odpružené hmoty vozidla byla v rozmezí 1–2 Hz, což je přibližná frekvence lidské chůze a lidské orgány jsou právě této frekvenci nejlépe přirozeně přizpůsobeny.[21]

U většiny vozidel s pohonem přední nápravy jsou přední kola zavěšena pomocí vzpěr MacPherson. [4,16]



Obr. 1-1 Závěs kola [3]

Tvůrcem tohoto typu zavěšení kol je inženýr Fordovy automobilky pan Earle Steele MacPherson. Konstrukce, kterou navrhl, byla poprvé použita v roce 1950. Při pohonu předních kol je výhodné umístit motor napříč nad poháněnou nápravou. Takovou situaci pak lze řešit jen pomocí závěsu typu MacPherson. [4,16]

Prostor pro motor a převodovku je vytvořen tím, že místo horního ramene je vnutá pružina a tlumič pérování spojen s karosérií. Úlohu otočného čepu (umožňuje otáčení kola do žádaného směru) zde převzal teleskopický tlumič s tělesem otáčejícím se kolem středové pístní tyče. Pružina i tlumič jsou uloženy souose. Vozy s touto nápravou jsou poměrně citlivé na špatné vyvážení předních kol. Rovněž přenos vibrací a hluku při pohybu kol po silnici na karoserii je větší. Řeší se to hlavně pružným uložením vnutých pružin v karoserii a jejich uchycením přes valivé ložisko. [16]

### 1.2 Bezdemontážní diagnostika

1.2

---

Tlumiče odpružení lze nejpřesněji posoudit po demontáži z vozu na speciálním měřicím zařízení, kde je zjišťována tlumící schopnost při definovaných rychlostech stlačování a roztahování tlumiče. Tato metoda je nákladná vzhledem k ceně měřicího zařízení a časové náročnosti zkoušky, proto se nejčastěji používá při výzkumných a vývojových zkouškách. [8]

Časová náročnost demontáže spolu s vysokými nároky na produktivitu opravárenské činnosti vedly k zavedení zkoušek přímo na vozidle, tzv. bezdemontážnímu testu pružícího a tlumícího systému vozidla. Výhodou těchto zkoušek je vysoký komfort a rychlost zkoušky. Skutečnost, že není testován jen hydraulický systém tlumiče, ale celé zavěšení kola, se ovšem může stát nevýhodou při snaze o lokalizaci příčiny nevyhovujícího stavu nápravy. Vzhledem k tomu, že je měřen útlum celého zavěšení kola, je takové měření ovlivněno pružností pneumatik, zavěšením kol (vůle v závěsu kola, suché tření) a ovlivňováním se jednotlivých tlumičů navzájem a také způsobem měření, resp. konstrukcí měřicího zařízení. [8]

Pro testování tlumičů se používají tyto principy [8,10,11]:

#### Aktivní testery

Jsou založeny na rozkmitání kola periodickým zdvihem měřící plošiny:

- rezonanční amplitudový test - Boge
- rezonanční adhezní test - metodika EUSAMA

#### Pasivní testery

Je vytvořen pouze jeden impuls zhoupnutím karoserie:

- impulsní dokmitový test - TriStar Shock Tester, M-Tronic
- volný pád z malé výšky - KONI

### 1.2.1 Metodika EUSAMA

S cílem sjednotit testovací postup při posuzování technického stavu zavěšení kol zavedlo „Sdružení evropských výrobců zkušeben tlumičů“ (EUropean Shock Absorber Manufacturers Association, zkratka EUSAMA) v roce 1971 jednotné zkušební podmínky a od roku 1976 se dodnes tato metodika používá v diagnostických linkách na testování tlumičů. [5,8]

#### Princip metody

Svisle kmitající plošina rezonančního testeru, na které spočívá měřené kolo, kmitá s výchylkou 6 mm a proměnnou frekvencí, simulující nerovnosti vozovky a současně zaznamenává přítlačnou sílu kola. Vychází se z myšlenky, že důležité je přezkoušet kvalitu kontaktu kola s vozovkou, tj. přilnavost kola k vozovce (adhezi). Neprovádí se měření kmitání (rezonance) zkušebny. Změří se maximální hmotnost, kterou působí v klidu stojící kolo na plošinu zařízení (100 %) a ta se porovná s hmotností, kterou toto kolo působí na plošinu při rozkmitání, kdy zkušebna simuluje nerovnosti vozovky při různých rychlostech. Výhodou tohoto způsobu testování tlumičů je přiblížení reálným podmínkám. Frekvenční rozsah kmitání je zpravidla 0–25 Hz. Během měřicího procesu se tedy zjišťuje její nejmenší hodnota při různých rychlostech. Ta se projevuje obvykle v rozsahu 12–16 Hz. Záleží na typu vozidla i tlumiče. V přeneseném slova smyslu se zjišťuje schopnost tlumiče odpružení (přesněji celého systému zavěšení kola) udržovat stálý kontakt kola s vozovkou. [1,8] Jak již bylo řečeno, rezonanční testery jsou ve své podstatě velmi objektivním způsobem testu. Hlavní problém ovšem spočívá v tom, že tento způsob měření nezahrnuje pouze tlumič (což by bylo potřeba), ale celou nápravu. Proto jsou tyto systémy často nazývány spíše jako tester závěsu kola, čímž je logicky mnohem lépe vyjádřený pravý stav věci. Na konečném výsledku se totiž velmi výrazně projevují takové věci jako vůle kol, uložení a samozřejmě i některé další drobnosti, kterou může být například utržený silentblok uložení motoru. A zejména tyto závady jsou pak později předmětem dohadů, zda příčinou špatného hodnocení tlumičů je jejich opotřebení nebo jiný neidentifikovaný problém, například na nápravě. [1]

#### Rezonanční frekvence

Na frekvenci kmitání kolem 15 Hz se objevuje na grafu, zobrazujícím průběh závislosti přilnavosti na frekvenci, minimum přilnavosti, odpovídající číselné hodnotě. Frekvence, na níž se uvedené minimum projevuje, se nazývá frekvence rezonanční. Její hodnota je silně ovlivněna takovými faktory, jako je podíl hmotnosti vozu, připadající na měřené kolo, druh pneumatik a tlak vzduchu v nich a tvrdost pružin. Není tedy pravidlem, že rezonanční frekvence musí nutně mít hodnotu 15 Hz, může se s ohledem na zmiňované parametry posouvat na nižší či vyšší hodnoty. Uvedené faktory rovněž menší či větší měrou ovlivňují výslednou přilnavost. [8]

#### Způsob hodnocení

Výsledkem zkoušky podle metody EUSAMA je nejmenší hodnota přítlaku kola k plošině v průběhu testu. Směrnice doporučuje vyjadřovat zjištěnou veličinu v poměru ke statické hodnotě přítlaku (podíl váhy na kolo). Pokud např. v klidu



(staticky) působí kolo na zkušební plošinu hmotností 250 kg a minimální hmotnost přenášená na plošinu při rozkmitání tohoto kola je 100 kg, pak minimální hodnota adheze je 40 %. Při měření se vyjadřuje adheze pro jednotlivé nápravy vždy pro levé a pravé kolo. [8]

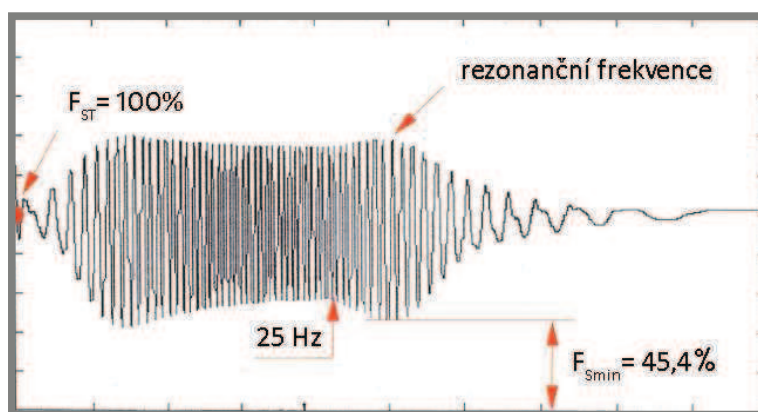
Podle metodiky EUSAMA se tlumiče hodnotí takto [8]:

$$EUS = \frac{F_{Smin}}{F_{ST}} \cdot 100$$

$EUS$  (%) - minimální naměřená hodnota adheze

$F_{Smin}$  (N) - minimální přitlačná síla kola působící na plošinu

$F_{ST}$  (N) - statická přitlačná síla kola působící na plošinu



Obr. 1-2 Přitlačná síla kola [12]

Způsob vyhodnocení tlumiče[8]:

**Minimální naměřená hodnota adheze**

- nad 60 %
- 41 – 60 %
- 21 – 40 %
- 1 – 20 %
- 0 %

**Hodnocení stavu tlumiče**

- výborný
- dobry
- vyhovující
- nevyhovující
- špatný/neúčinný

Mezi výrobce dnešních zkušeben založených na EUSAMA principu patří firmy BEISSBARTH, CARTEC, MAHA a ROBOTERM. [1,2]:



Obr. 1-3 Testovací linka CARTEC [5]

---

### 1.3 Dynamika vozidel

Kmitavé vlastnosti automobilu se běžně posuzují podle dvou měřítek. Z hlediska jízdního pohodlí je rozhodující svislé zrychlení, které působí na řidiče a cestující. Pro jízdni bezpečnost a namáhání vozovky je důležité znát dynamickou sílu mezi kolem a vozovkou. [14]

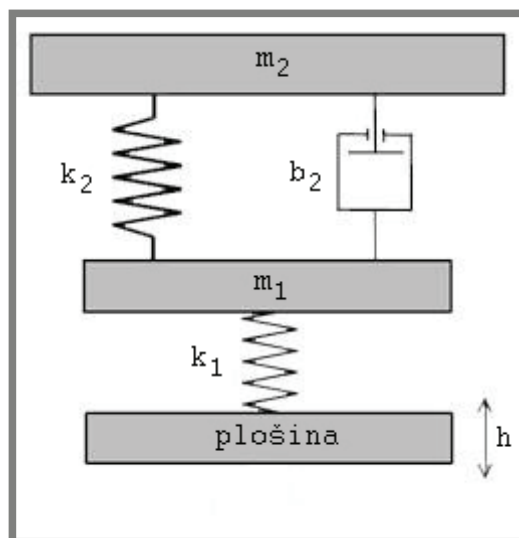
Cestující v dopravních prostředcích jsou vystavováni vibracím a otřesům, které mohou různým způsobem ovlivňovat, hlavně zhoršovat, organické funkce, a také způsobovat zdravotní poškození. Tímto nežádoucím působením dochází u řidiče k únavě, která ovlivňuje jeho výkon a reakční schopnosti, což zvyšuje také nebezpečí vzniku dopravní nehody. U kmitání automobilů je důležité zejména tzv. celkové kmitání, tj. vibrace, které se přenášejí ze sedadla, na kterém exponovaná osoba sedí, nebo z plošiny, na které stojí, na celé tělo. [14]

Při působení vibrací dochází k vynucenému kmitání některých částí lidského organismu nebo celého těla. Záleží přitom zejména na způsobu přenosu na lidský organismus a na fyzikálních vlastnostech vibrací (intenzita, frekvence). Pokud je budící frekvence blízká vlastní frekvenci některých důležitých orgánů a částí lidského organismu nebo celého těla, dochází k závažným rezonančním jevům. [14]

U kmitání motorových vozidel je možno za rozhodující považovat svislé kmity. Pro tento směr kmitání leží vlastní frekvence lidského organismu mezi 4 až 6 Hz. V této frekvenční oblasti dochází nejen k rezonančnímu kmitání horní části trupu, ale rovněž k rezonanci obratlů a žaludku. Pro vodorovný směr celkových vibrací se vyskytuje rezonanční kmitání kolem 1 až 3 Hz. Člověk snáší vodorovné kmitání (tzn. kolmé k páteři) hůře než kmity ve směru páteře. [14]

### 1.3.1 Svislé kmitání

Pohyby odpružených částí nad přední nápravou a nad zadní nápravou tzv. nadnášení je možné považovat za nezávislé a k vyšetření základních kmitavých vlastností lze použít jednoduchý dynamický model o dvou stupních volnosti. [14]



Obr. 1-4 Schéma rezonančního adhezního testeru[5]

Hmotnost  $m_2$  vyjadřuje část celkové hmotnosti odpružené části vozidla připadající na jednu nápravu a hmotnost  $m_1$  je hmotnost kol nápravy a dílů nápravy, které nejsou odpruženy. Tuhost obou pružin nápravy je  $k_2$ , součinitel tlumení obou tlumičů je  $b_2$ . Radiální tuhost pneumatik je  $k_1$ . Tlumící síla pneumatiky může být zanedbána, protože tlumící účinek pneumatiky je nepatrný. Plošina kmitá se zdvihem  $h$ . [5,14]

### 1.3.2 Příčné kmitání

Vlivem rozdílných nerovností pod levými a pravými koly vozidla dochází k příčnému úhlovému kmitání, tj. ke kolébání. Pro jednoduchost nebudeme uvažovat vazbu mezi přední a zadní nápravou a budeme vyšetřovat pouze kmitání dílčího systému, tvořeného jednou nápravou a částí nástavby, připadající na tuto nápravu. [14]

### 1.3.3 Podélné kmitání

Pokud jsou nerovnosti na levé a pravé straně stejné, pak nedochází ke kolébání, nýbrž pouze k nadnášení a houpání. Pokud nejsou svislé pohyby nástavby a její klonivé pohyby navzájem vázány, pak při houpání vozidla nedojde k jeho nadnášení. [14]

## **2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO ANALÝZA**

Tato práce je zaměřena na způsob vyhodnocení technického stavu tlumičů metodikou EUSAMA. Použitý rezonanční adhezni tester TriTec není schopný měřit celou nápravu současně, tudíž je nutné provést měření pod každým kolem zvlášť. Celý zavěs kola je vyhodnocen na základě naměřených hodnot adheze kola k plošině testeru. Jelikož se jedná o metodu bezdemontážní diagnostiky, je výsledek hodnocení samotného tlumiče ovlivněn dalšími vlivy. Mezi tyto se řadí především technický stav částí nápravy automobilu a nesprávný tlak v pneumatikách. Tyto nepříznivé vlivy ovlivňující správné posouzení stavu samotného tlumiče jsou ovšem důležité pro vyhodnocení nápravy jako celku. Kdy se kontrola správné funkce nápravy bezdemontážním způsobem velice přibližuje reálným provozním podmínkám, které jsou důležité pro správné vyhodnocení vzhledem k bezpečnosti provozu vozidla.

### **3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE**

Cílem bakalářské práce je optimalizovat způsob vyhodnocení útlumu nápravy na rezonančním adhezním testeru TriTec, jenž vychází z metodiky EUSAMA, v programovém prostředí pro měření a analýzu dat DEWESoft7.0.

Optimalizace v obslužném programu začne kalibrací a vyfiltrováním naměřených dat získaných z tzv. fyzických kanálů, ze kterých je nyní možné získat pomocí matematických kanálů požadované charakteristiky. Mezi tyto patří např. statická přítláčná síla kola působící na plošinu (v našem případě průměrná z celého průběhu kmitání, jenž se zanedbatelně liší), minimální přítláčná síla kola působící na plošinu a výsledná hodnota EUS vyjádřená z naměřených hodnot zařízením TriTec. Frekvence, při které má kolo nejmenší adhezi k plošině, by se měla při správném měření pohybovat kolem 15 Hz. Což je dobré ověřit pro posouzení správnosti vyhodnocení s přihlédnutím na hmotnost vozidla, pružící jednotku nebo tlak v pneumatikách. Proto je vhodné zjistit kmitočet při nejnižší hodnotě přítláčné síly na vidlici testeru.

Samotné měření začne až po vypnutí motoru, aby měřící technik mohl odhalit případnou závadu závěsu kola na základě akustického projevu. Přibližně při frekvenci 24 Hz se spustí měření ukládané do souboru pomocí aktivace spuštění záznamu dat při výskytu nastavených příznaků tzv. triggeru. Po uplynutí deseti sekund od spuštění se ukládání dat ukončí a záznam je možné začít analyzovat. K tomu je určena měřící šablona, která poskytuje informace důležité pro vyhodnocení testu. Patří sem maximální hmotnost působící na vidlici, rezonanční frekvence a výsledná hodnota EUS.

## 4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

K vyhodnocení závěsu kola bude použit rezonanční adhezní tester, experimentální vozík, multifunkční karta a vyhodnocovací software. U každého z nich budou v této kapitole přiblíženy základní parametry a vlastnosti, které je potřeba uvažovat při samotné zkoušce.

### 4.1 Zkušební zařízení

Rezonanční adhezní tester TriTec je zkušební zařízení vyvinuté doc. Ing. Ivanem Mazůrkem, CSc. z Ústavu konstruování Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně. Přístroj vychází z principu EUSAMA, avšak oproti klasickým testerům využívajícím této metodiky má několik specifických vlastností, díky jimž je zařízení jednodušší, mobilní a méně nákladné. Většina rezonančních adhezních testerů je zabudována v úrovni podlahy, kdy plošina kmitá s výchylkou 6 mm. Ta je odvozena z obvodové rychlosti přibližně  $0,471 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  využívané při demontážních zkouškách tlumičů. Pokud není kolo vozidla umístěno přesně na středu plošiny, nijak to nebrání přesnému určení přítlaku kola na plošinu. Excentrické zatížení je ošetřeno pomocí tenzometrického snímače „Single point“. U zařízení TriTec kmitá vidlice s výchylkou 3 mm, kdy je určení přítlaku kola záležitostí přesného usazení do vidlice a vizuální kontroly. Při této výchylce je obvodová rychlost přibližně poloviční, tedy  $0,2355 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Při výzkumu v reálných podmínkách se zjistilo, že tato obvodová rychlost je dostačující, protože tlumiče při běžném provozu tuto rychlost překonají jen zřídka. [20]



Obr. 4-1 Tester TriTec [6]

Další test dokonce ukázal, že tlumič s pozitivním výsledkem zkoušky při výchylce 3 mm, jenž je poté vyhodnocen na rezonančním adhezním testeru s výchylkou 6 mm jako negativní podle metodiky EUSAMA, je v lepším stavu než tlumič, který by vyhovoval na testeru s výchylkou 6mm a jevil se jako defektní na zařízení

s výchylkou 3 mm. Obvodová rychlost  $0,2355 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , která odpovídá rychlosti tlumiče při provozu vozidla je v tomto případě rozhodující, protože se tlumič při provozu vozidla téměř nepohybuje rychlostí odpovídající obvodové rychlosti  $0,471 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  převzaté z demontážního způsobu hodnocení.

$$v_o = 2\pi \cdot f \cdot r$$

- $v_o$  ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) - obvodová rychlost  
 $f$  (Hz) - kmitočet  
 $r$  (m) - polovina zdvihu

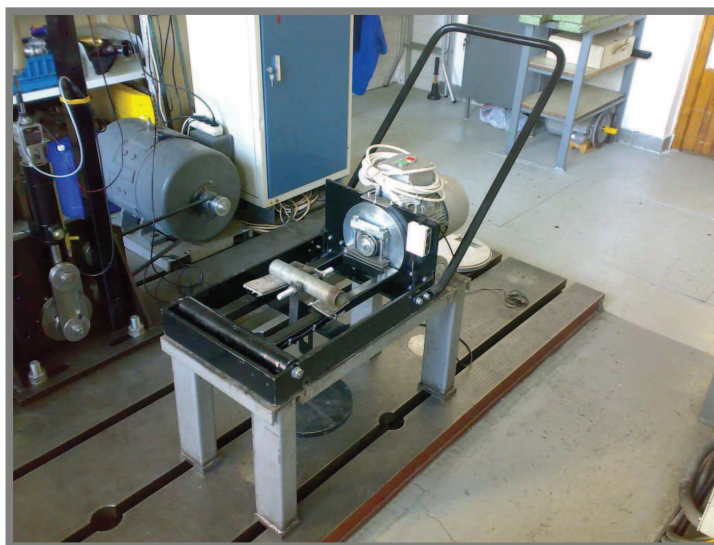
Výchylka 3mm umožňuje použít slabší elektromotor, tím se stane celý průběh testu klidnější. Zlepšuje se tím vyhodnocení lehkých aut, která mají na testerech s větší výchylkou tendenci poskakovat. Přístroj je díky méně výkonnému, tím pádem menšímu a levnějšímu elektromotoru mobilní. Výsledky naměřené systémem TriTec je nutné korigovat na hodnoty odpovídající metodice EUSAMA.

$$EUS = \frac{F_{ST} - 2(F_{ST} - F_{Smin})}{F_{ST}} \cdot 100 = \frac{2F_{Smin} - F_{ST}}{F_{ST}} \cdot 100$$

- $EUS$  (%) - minimální naměřená hodnota adheze  
 $F_{Smin}$  (N) - minimální přitlačná síla kola působící na plošinu  
 $F_{ST}$  (N) - statická přitlačná síla kola působící na plošinu

#### 4.1.1 Kalibrace tenzometrické váhy

Kalibrace je soubor úkonů, kterými se za specifikovaných podmínek stanoví vztah mezi hodnotami veličin, které jsou indikovány měřicím systémem nebo přístrojem a odpovídajícími hodnotami, které jsou realizovány etalony (standards). [9]



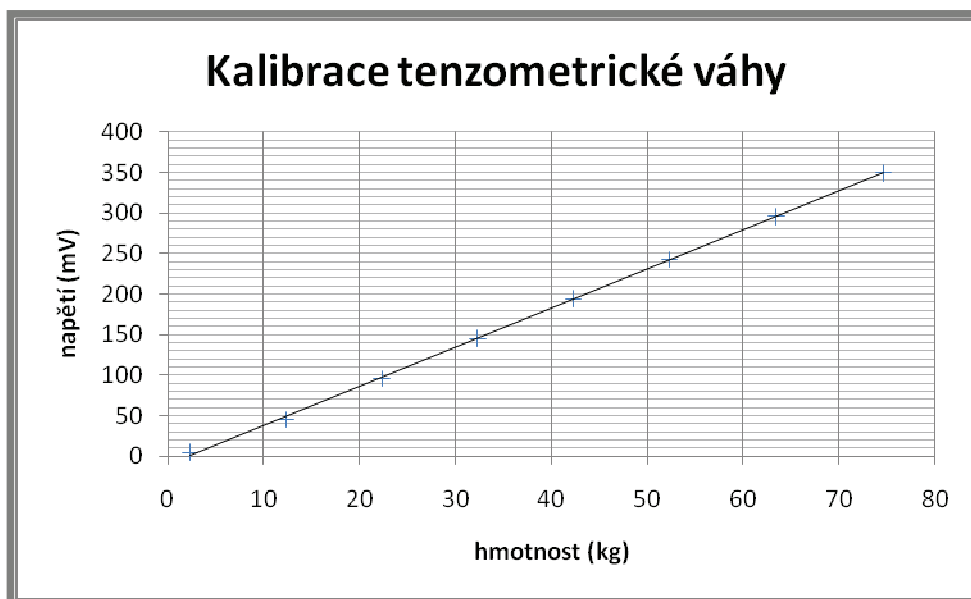
Obr. 4-2 Kalibrace tenzometrické váhy



Pro dostatečnou přesnost měření je nutné definovat vztah mezi hodnotami napětí vstupního signálu a jim příslušnými hodnotami reprezentujícími hmotnost, která spočine na plošině testeru. Kalibrace byla provedena s pomocí sady závaží a digitálního multimetru. Sada obsahovala pět závaží o váze 10 kg, čtyři závaží o váze 5,575 kg a přípravek pro uchycení vážící 2,325 kg. Získané údaje jsou obsaženy v tabulce a grafu, který zobrazuje lineární průběh změny napětí v závislosti na hmotnosti.

Tab. 4-1 Kalibrace tenzometrické váhy

napětí [mV]	hmotnost [kg]
5,0	2,325
45,2	12,325
96,1	22,325
145,5	32,325
194,4	42,325
242,5	52,325
295,6	63,475
349,3	74,625



Graf. 4-1 Kalibrace tenzometrické váhy

Při samotném nastavení fyzického kanálu v DEWESoftu je také možnost přiřadit hmotnost příslušnému napětí vstupního kanálu. Nejprve program změřil napětí připadající nezátžené vidlici, které se přesně neshodovalo s napětím získaným při kalibraci tenzometrické váhy. Je to způsobeno rozsahem váhy, která začíná měřit přibližně od pěti kilogramů. Poté se určí hmotnost, která odpovídá napětí při vozíku umístěném na přístroji. Hmotnost byla vypočtena pomocí přímé úměry z hodnot získaných při kalibraci tenzometrické váhy a již zmíněného napětí.



Vztah pro výpočet hmotnosti vozíku:

$$m_v = \frac{U_v \cdot m_p}{U_p} = \frac{260,77 \cdot 52,325}{242,5} = 56,267 \text{ kg}$$

$m_v$ (kg)	- hmotnost vozíku
$m_p$ (kg)	- nejbližší hmotnost při kalibraci tenzometrické váhy
$U_v$ (V)	- napětí vstupního signálu při zatížení vidlice vozíkem
$U_p$ (V)	- napětí vstupního signálu odpovídající hmotnosti $m_p$

## 4.2 Náhrada závěsu kola

4.2

Experimentální přivěsný vozík je náhrada závěsu kola. K jeho využití je potřeba uvažovat čtvrtinový model o dvou stupních volnosti, oproti skutečnému automobilu. Byl navržen kvůli projektu počítačového modelování, které je nyní na pokročilé úrovni. I přesto je třeba matematický model ověřit, protože některé vlivy dynamické soustavy jsou obtížně matematicky popsatelné (tření, materiálová pružnost). Jelikož jsou zkoušky skutečného automobilu poměrně komplikované a finančně náročné, byl pro projekt počítačového modelování vyvinut experimentální přivěsný vozík. Tento simuluje dynamické chování závěsu kola, a přitom má jednoduchou konstrukci s nízkými náklady na výrobu. Lze ho využít pro jakýkoli podobný model sestávající z odpružené a neodpružené hmoty. [17]



Obr. 4-3 Experimentální vozík

Základem konstrukce vozíku je rám z motocyklu Jawa Mustang. Vlastní frekvence kmitání odpružené hmoty je 2 Hz, stejně jako u automobilu. Z této hodnoty vychází základní rozměry vozíku (délka oje a délka kyvné vidlice), velikost a rozložení hmotnosti a také potřebná tuhost odpružení. Konstrukce vozíku umožňuje

jednoduchými změnami upravit jeho dynamické chování. Pro změnu hmotnosti odpružené hmoty jsou na vozíku připravené dva nosiče sloužící pro přídatnou zátěž. V průběhu zkoušky vozík vážil přibližně 56,3 kg. [17]

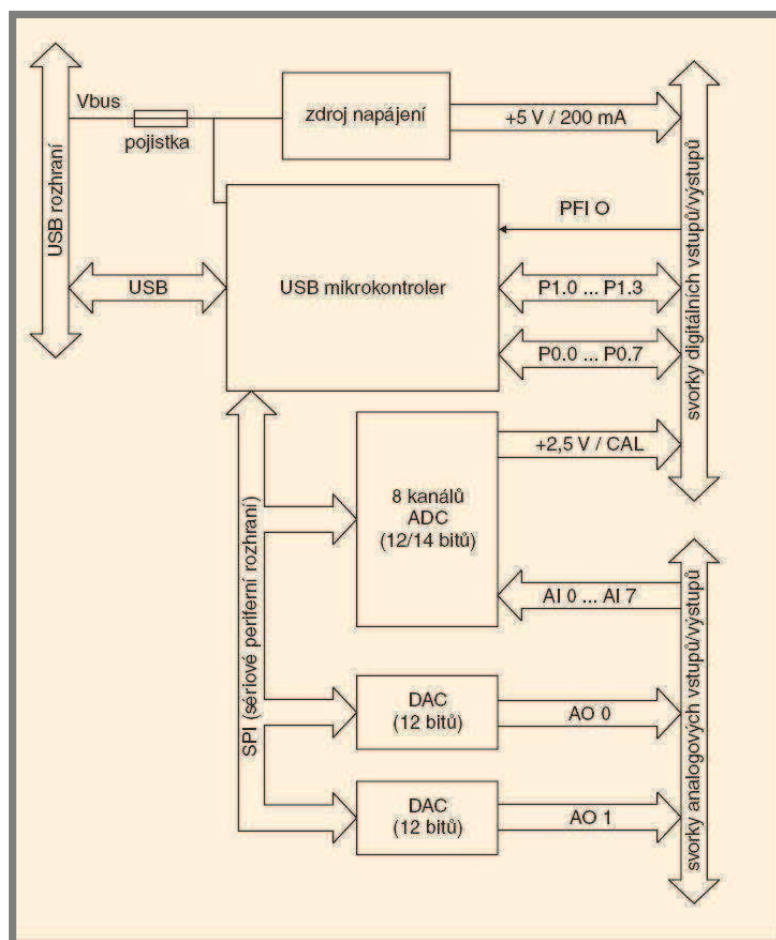
### 4.3 Multifunkční karta

Použita je multifunkční karta National Instruments NI USB-6009. Její blokové schéma je znázorněno na obr. 4–5. Karta je vybavena osmi analogovými vstupy (AI 0 až AI 7-Analog Input), dvěma analogovými výstupy (AO 0 a AO 1- Analog Output), dvanácti obousměrnými digitálními linkami (P0.0 až P1.3) a jedním 32bitovým čítačem (vstup PFI 0, který může sloužit rovněž jako vstup pro spouštění-trigger). Analogové vstupy AI lze zapojit buď jako osm nesymetrických kanálů (tzn. proti společné zemi) nebo jako čtyři diferenciální (symetrické) kanály. [19]



Obr. 4-4 Multifunkční karta NI USB-6009 [18]

K vyhodnocení nápravy na zařízení TriTec jsou použity dva analogové vstupy zapojené jako nesymetrické kanály. První vstup je přiřazen snímači tenzometrické váhy, druhý přísluší čítači pulsů.



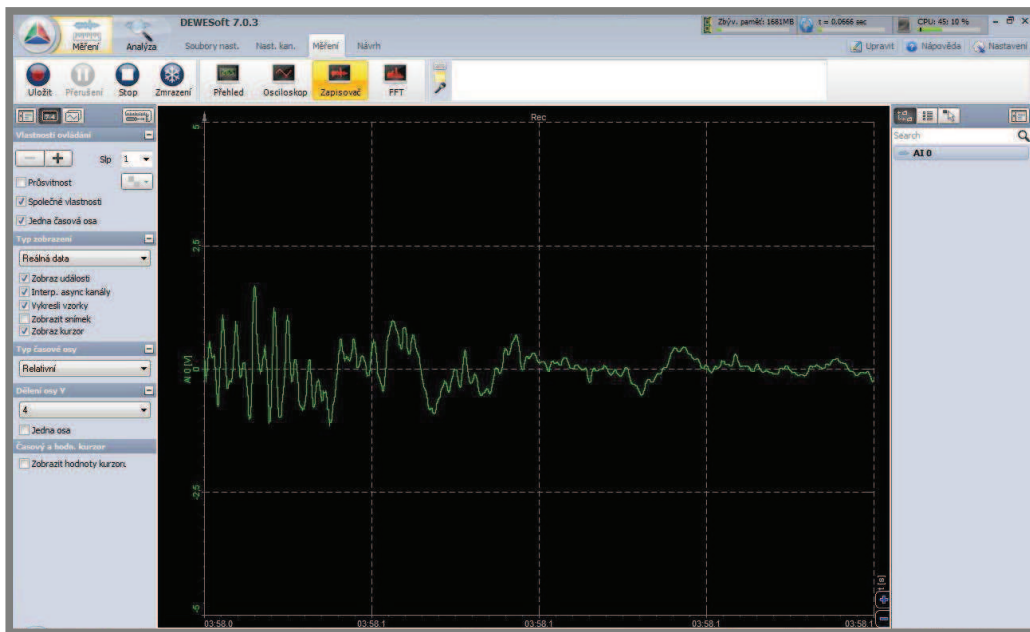
Obr. 4-5 Blokové schéma karty NI USB-6009 [19]

#### 4.4 Vyhodnocovací software

Program DEWESoft7.0 patří mezi testovací a měřicí systémy společnosti DEWETRON. Umožňuje synchronně poskládat data z mnoha různých zdrojů do jednoho záznamu. Dále umožňuje ukládání a export dat s následnou analýzou a tiskem protokolu. [7]

Program obsahuje následující části: konfiguraci celého systému, různé typy zobrazení naměřených dat, jejich ukládání, analýza a export. Konfigurace systému zahrnuje nastavení sériové komunikace použité pro řízení jednotlivých modulů, nastavení parametrů zabudované multifunkční karty. Systém umožňuje použití karet firem National Instruments, Data Translation nebo Microstar a samotnou konfiguraci reálných modulů. Program je schopen identifikovat až 255 kanálů. Nastavení samotných modulů zahrnuje možnost volby vstupní citlivosti a frekvenčního rozsahu, zápisu názvu kanálu, měřené fyzikální veličiny, kalibrační přepočítání a volbu zobrazení střední, efektivní, minimální a maximální hodnoty. Konfigurační část zahrnuje i volbu vzorkovací rychlosti, závislé na použité kartě a aktivaci spouštění záznamu dat při výskytu nastavených příznaků. Zobrazení měřených dat lze použít ve formě digitálních ukazatelů, osciloskopické obrazovky a zapisovače v časové oblasti nebo v souřadnicích x-y. Digitální ukazatele lze

v případě potřeby rozmístit na pozadí obrazu testovaného technologického celku podle skutečné polohy jednotlivých měřených míst. [15]



Obr. 4-6 Uživatelské prostředí programu DEWESoft7.0

Na všech obrazovkách lze měřená data ukládat na disk, a to hned několika způsoby. Nejjednodušší je ručně myší stisknutím tlačítek „Uložit“ a „Stop“, nebo podle zadaných podmínek z libovolného vybraného analogového kanálu a konečně externím digitálním signálem. Další skupina funkcí provádí analýzu zaznamenaných dat. K dispozici FFT analýza, výpočet a zobrazení orbitů a funkce frekvenční odezvy. V módu analýzy lze data exportovat v odpovídajících formátech do dalších programů, např. FlexPro, Ideas-UNV nebo Ideas-ATI, Microsoft Excel popř. do textového souboru ASCII. [15]

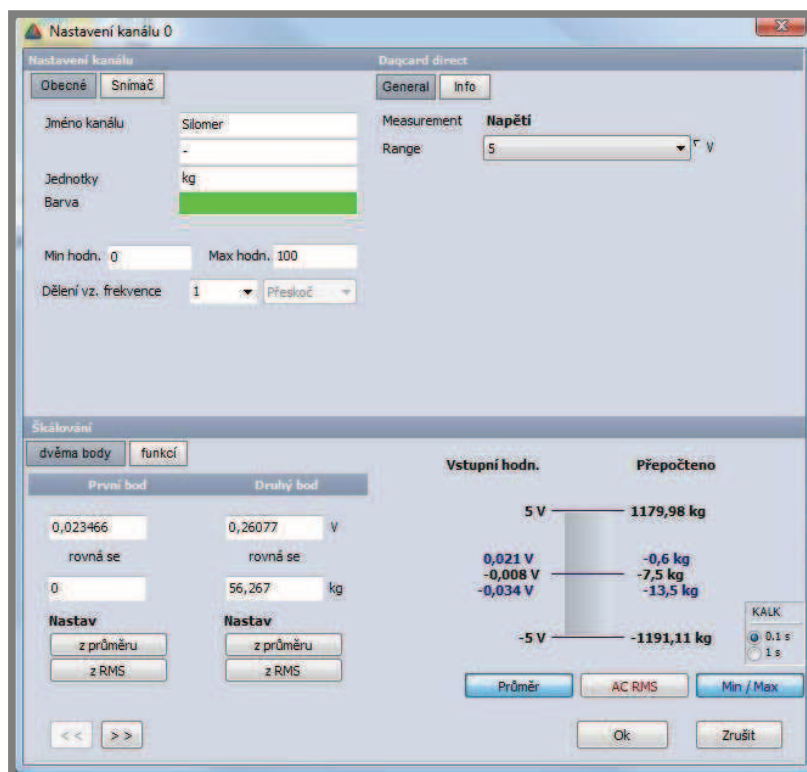
## 5 ANALÝZA A INTERPRETACE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

K měření a vyhodnocení záznamu experimentálního vozíku na rezonančním adhezním testeru TriTec je použit obslužný program DEWESoft, který nabízí všechny funkce potřebné k provedení zkoušky.

### 5.1 Nastavení fyzických kanálů

Pro vyhodnocení nápravy na rezonančním adhezním testeru TriTec jsou použity dva analogové kanály. Je potřeba nastavit dynamickou vzorkovací frekvenci, která pro kartu NI USB-6009 odpovídá hodnotě přibližně 1 kHz.

Vstupní signál kanálu tenzometrické váhy je potřeba upravit podle provedené kalibrace váhy. V nastavení fyzického kanálu siloměru se určí hodnota napětí při odlehčené vidlici. Poté se váha zatíží a určí se napětí vstupního signálu, které odpovídá hmotnosti experimentálního vozíku. Při měření budeme tedy vycházet z hmotnosti, jelikož výsledná hodnota *EUS* je v procentech a je jedno zda porovnáváme přítlačné síly kola k vidlici nebo hmotnosti. Pro měření experimentálního vozíku je zvolený rozsah od 0 kg do 100 kg pro lepší přehlednost. Pokud by se měřilo skutečné vozidlo, rozsah by se musel upravit podle váhy připadající na jednotlivá kola např. 0 kg až 400 kg. U vstupního kanálu čítače pulsů stačí nastavit napěťový rozsah na 10 V, aby kanál nepřetěkal.

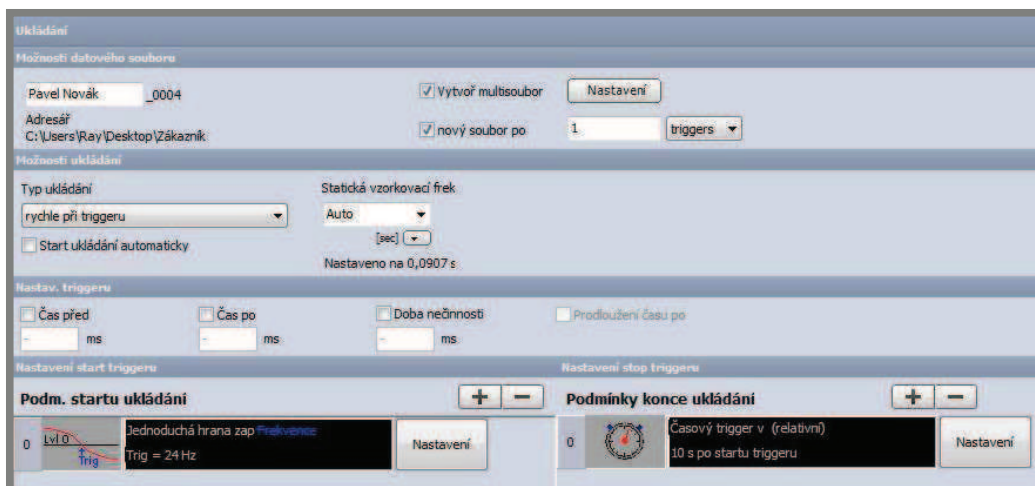


Obr. 5-1 Okno nastavení kanálu siloměru



## 5.2 Ukládání dat

Soubory se budou ukládat do zvoleného adresáře, před uložením se musí pojmenovat. Pro identifikaci stačí zadat jméno např. zákazníka. Dále se nastaví funkce multisouboru, kdy dalším naměřeným souborům bude narůstat pořadové číslo. Tím odpadne opakované zadávání identifikačních údajů.



Obr. 5-2 Obrazovka ukládání dat

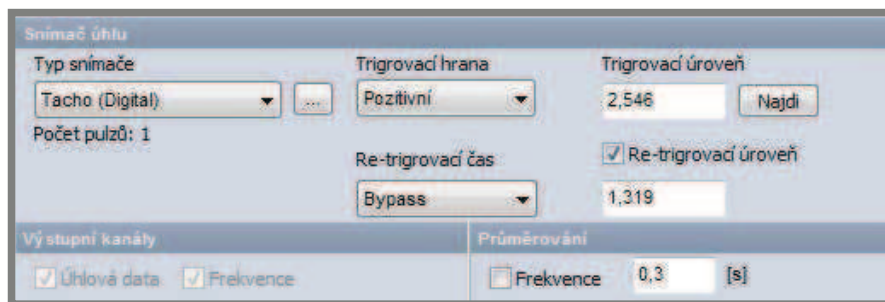
Samotné měření závěsu kola je vhodné začít po vypnutí motoru ze smluvené frekvence 25 Hz, kdy kmitočet klesne např. pod hranici 24 Hz. Bylo by zbytečné ukládat data nesouvisející s průběhem samotné zkoušky, kterými jsou hodnoty při zapnutí a rozběhu motoru. Možnost spuštění záznamu až po vypnutí motoru dává měřícímu technikovi prostor pro zjištění závady podle jejího zvukového projevu při kmitající vidlici. Začátek měření se nastaví pomocí „start triggeru“, měření trvá deset sekund podle nastavení „stop triggeru“. Po uplynutí této doby se záznam uloží a měření je možné analyzovat.

## 5.3 Nastavení matematických kanálů

Matematické kanály slouží ke zpracování fyzických kanálů prostřednictvím matematických funkcí, kterými jsou především rovnice, filtry, statistické funkce, křivky a jiné např. exaktní frekvence, snímání úhlu, FFT a obálková analýza. S každou použitou funkcí se vytvoří nový matematický kanál vycházející z fyzického nebo již vytvořeného matematického kanálu. Tyto kanály jsou výborným pomocníkem analýzy dat a mají mnoho užitečných funkcí.

### 5.3.1 Určení frekvence

Z pulsů druhého fyzického kanálu se pomocí snímače úhlu a jeho funkce „tacho“ určí frekvence otáčení setrvačnicku a tím i kmitající plošiny. Jako trigrovací je zvolena náběžná hrana a trigrovací úroveň si zvolí DEWESoft při zapnutém přístroji.

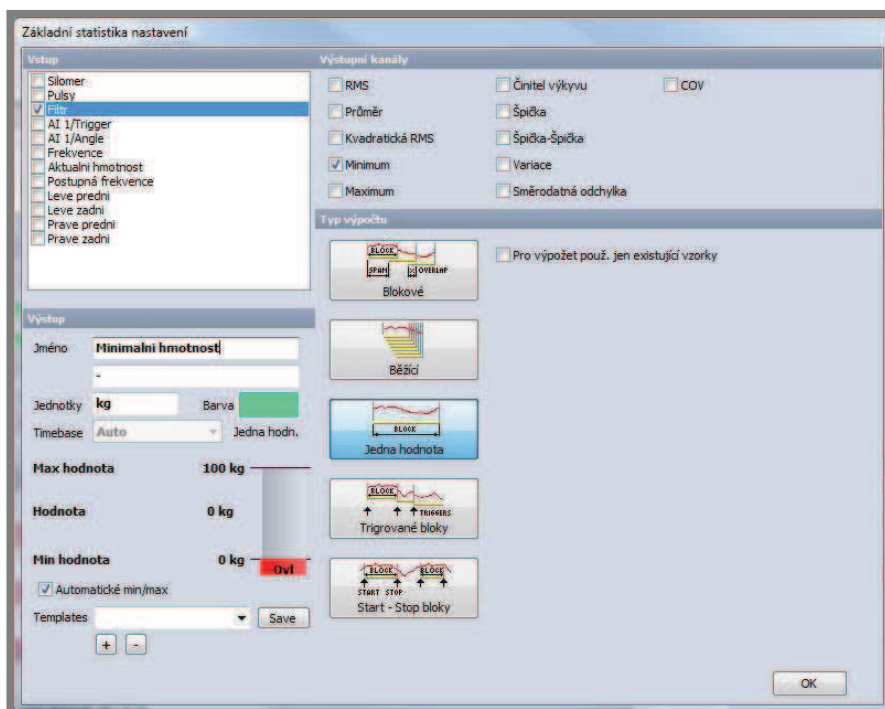


Obr. 5-3 Obrazovka snimače úhlu

### 5.3.2 Statická a minimální hmotnost

5.3.2

Vstupní signál kanálu siloměru je potřeba nejprve vyfiltrovat, k tomu byl použit FIR filtr. Z vyfiltrovaného kanálu je vypočtena statická hmotnost jako průměrná. Ta odpovídá hmotnosti kola stojícího na vidlici testeru v klidu. V míře přitlaku kola představuje stoprocentní adhezi. Minimální hmotnost je jedna nejnižší hodnota v průběhu celé zkoušky. Každá z hmotností je určena na základě jednoho matematického kanálu nezbytného pro vyhodnocení zkoušky.

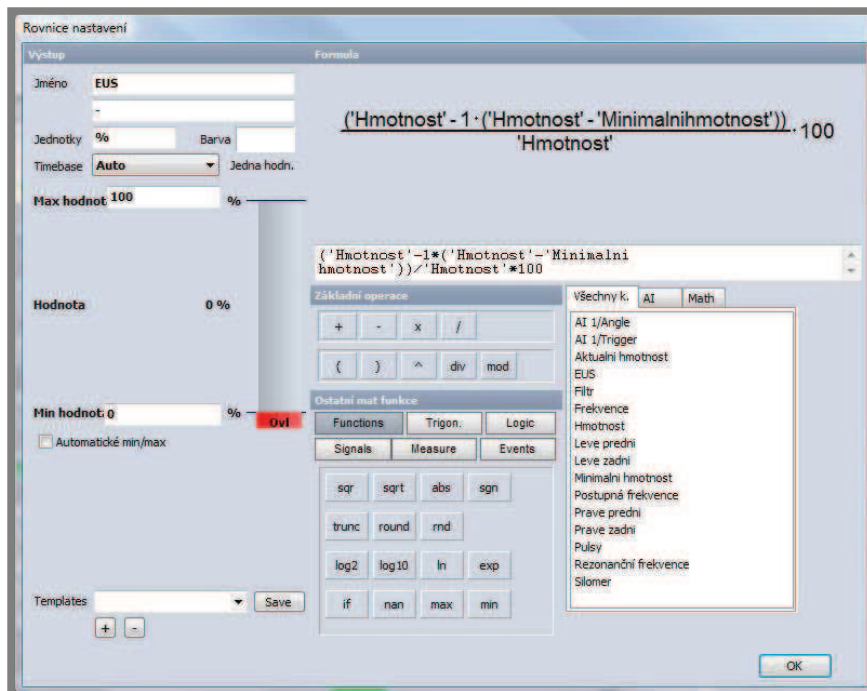


Obr. 5-4 Obrazovka základní statistiky

### 5.3.3 Výpočet EUS

5.3.3

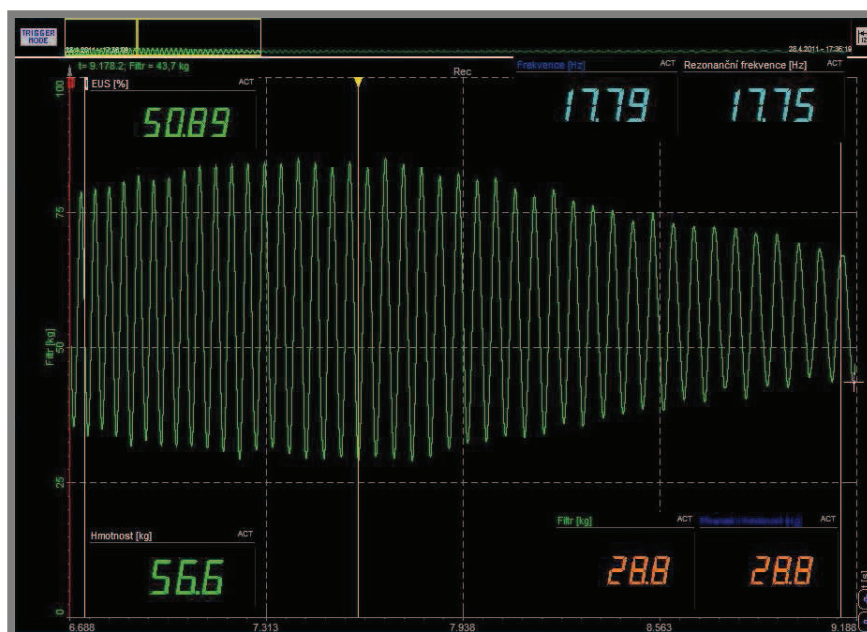
Jak již bylo zmíněno, hodnoty získané při měření zařízením TriTec je nutné korigovat na hodnoty klasického EUSAMA testeru. Tento přepočítání zajistí matematický kanál, do kterého se zapíše rovnice pro výpočet *EUS*. V této rovnici se statická a minimální přitlačná síla zadá pomocí příslušných matematických kanálů.



Obr. 5-5 Okno nastavení rovnic

### 5.3.4 Zachycení frekvence při nejmenším přítlaku

Při provádění bezdemontážní zkoušky závěsu kola je pro ověření správnosti průběhu zkoušky důležité znát rezonanční frekvenci. Ta by se měla pohybovat kolem hodnoty 15 Hz. Jsou tu však faktory, které mohou rezonanční frekvenci posunout, a ke kterým je potřeba přihlídnout např. hmotnost vozidla, tuhost tlumičů, tlak v pneumatikách. Lehké vozidlo má vyšší rezonanční frekvenci, zatímco u vozidla s větší neodpruženou hmotností se rezonanční špička posune k nižšímu kmitočtu.



Obr. 5-6 Zachycení špičky rezonanční frekvence

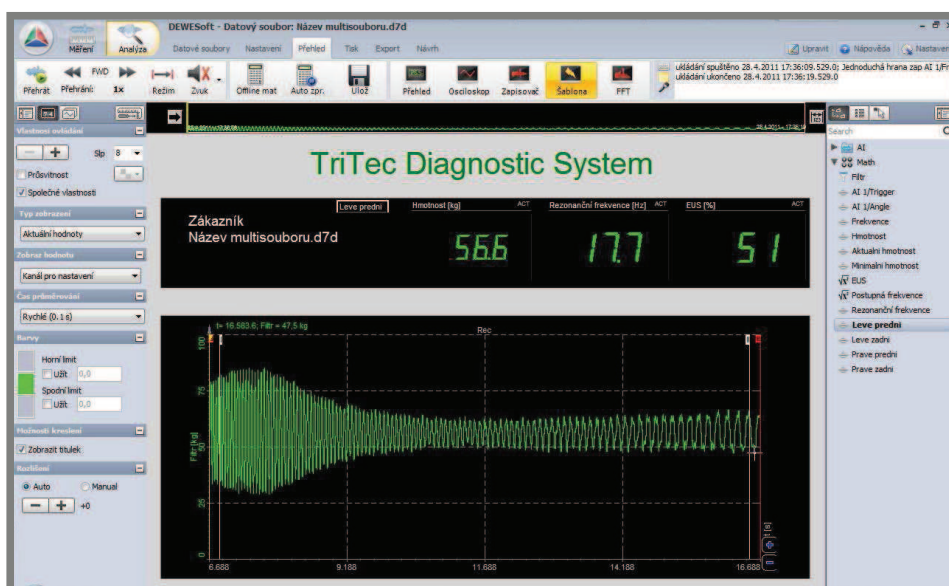


V programu se rezonanční frekvence zjistí tak, že se po spuštění měření porovnávají předchozí a současná minimální hmotnost. Současná hodnota vždy nahradí předchozí, pokud je amplituda větší. Jakmile se začne amplituda zmenšovat, zůstane uložena skutečná rezonanční frekvence při minimálním přitlaku kola. Zachování hodnoty rezonančního kmitočtu zajistí funkce „hold“, která tak učiní při minimální hodnotě přitlaku kola k vidlici. Tato funkce ponechá zjištěné frekvence pro všechny aktuální body do dosažení požadované rezonanční frekvence. Pro vyvolání rezonančního kmitočtu do měřicí šablony je potřeba nastavit další matematický kanál, který zachytí pouze poslední hodnotu zjištěnou funkcí „hold“.

### 5.3.5 Měřicí šablona

5.3.5

K dosažení výsledků zkoušky jsou použity dva fyzické kanály, osm matematických kanálů potřebných k samotnému vyhodnocení a čtyři matematické kanály sloužící k označení pozice měřeného kola. Pro přehlednost byla vytvořena měřicí šablona, ve které je zobrazen zapisovač vyfiltrovaného kanálu siloměru. Dále tři číselné ukazatele zobrazující hmotnost kola stojícího na vidlici v klidu, rezonanční frekvenci a výslednou hodnotu *EUS* korigovanou ze záznamu měření testerem TriTec. Pokud dojde ke ztrátě styku kola a vidlice, pak se v číselném ukazateli nezobrazí pouze nula jako u většiny rezonančních adhezních testerů. Zobrazí se nula nebo záporná hodnota, která poukazuje na odskočení měřeného kola od vidlice testeru. Třetím typem návrhové skupiny jsou dvě textová pole, z nichž je jedno vepsaným textem „TriTec Diagnostic System“. Druhé textové pole má vazbu na název souboru, do kterého se naměřená data uloží. Přes tuto vazbu se jako název souboru uloženého záznamu zadá jméno zákazníka, které bude v šabloně vypsáno vždy na začátku dalšího měření. Pro popis pozice měřeného kola se zvolí jeden ze čtyř kanálů, které obsahují informaci o pozici právě měřeného kola, což zjednoduší označování záznamů a zlepší jejich pozdější identifikaci. Po naměření a výpočtu hodnot se v šabloně zobrazí výsledky zkoušky a křivka ze zapisovače záznamu.



Obr. 5-7 Šablona s výsledky zkoušky

## 6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vyhodnocení nápravy na rezonančním adhezním testeru TriTec podle metodiky EUSAMA. V teoretické části bylo důležité seznámit se s chováním pružící jednotky, zkušebním postupem metodiky EUSAMA a dynamickým chováním závěsu kola. Dalším úkolem bylo provést kalibraci tenzometrické váhy rezonančního adhezního testeru. Poté následovalo určení hmotnosti vozíku podle lineární závislosti napětí na hmotnostech při kalibraci.

Jakmile byla kalibrace dokončena, mohlo začít vytváření uživatelského prostředí v programu DEWESoft7.0. Pro vytvoření měřicího prostředí bylo podstatné správně nastavit vstupní analogové kanály a získat z nich důležitá data pomocí matematických kanálů. Všechny kanály byly pojmenovány tak, aby jejich název co nejuvěstivěji odpovídal jejich funkci. Nejprve se provedl převod napětí vstupního kanálu tenzometrické váhy na hmotnost pomocí údajů získaných při kalibraci s následným vyfiltrováním tohoto kanálu. Dalším krokem bylo zjištění hmotnosti závěsu kola, pokud stojí na vidlici testeru v klidu. Poté se nastavil kanál, který v sobě nese informaci o minimální hmotnosti, která se projeví při největším odlehčení. Pokud by kolo odskočilo od vidlice, nabyl by tento kanál hodnotu nula. Tyto dva kanály byly základem pro vytvoření dalšího, který pomocí rovnice pro korekci hodnot TriTecu na hodnoty EUSAMA vyjádřil míru přilnavosti kola k vozovce v procentech. Pro určení správnosti průběhu zkoušky bylo nutné zjistit rezonanční frekvenci. Po jejím určení se vytvořila měřicí šablona, ve které zobrazí jen výsledky zkoušky. Poté se nastavila podmínka spuštění ukládání dat, vytváření multisouborů a podmínka ukončení záznamu do souboru. Kromě názvů zákazníka musí každý uložený soubor nést informaci o pozici měřeného kola. Tato informace se přiřadí v měřicí šabloně před spuštěním měření.

Výsledkem této práce je optimalizace vyhodnocení technického stavu tlumiče odpružení a zhotovení uživatelského prostředí.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Autorevue.cz* [online]. 5.9.2001 [cit. 2011-03-5]. Testování tlumičů automobilu. Ano či ne? - díl čtvrtý . Dostupné z WWW: <<http://www.autorevue.cz/testovani-tlumicu-automobilu-ano-ci-ne---dil-ctvrty>>
- [2] *Economypoint.org* [online]. 2006 [cit. 2011-03-5]. EUSAMA. Dostupné z WWW: <<http://www.economypoint.org/e/eusama.html>>.
- [3] *Datsunsuriname.com* [online]. 2002 [cit. 2011-03-8]. Performance . Dostupné z WWW: <[http://www.datsunsuriname.com/M\\_tiidaSL/performance/performance2.html](http://www.datsunsuriname.com/M_tiidaSL/performance/performance2.html)>.
- [4] *Autolexicon.net* [online]. 2011 [cit. 2011-03-10]. Náprava MacPherson . Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/naprava-macpherson-mcpherson>>. ISSN 1804-2554.
- [5] *Feco.sk* [online]. 2005, poslední změna 24.11.2009 [cit. 2011-03-10]. Diagnostické linky pre osobné a ľahké úžitkové vozidlá. Dostupné z WWW: <<http://www.feco.sk/diagnostika/eusama-linky.html>>.
- [6] *Old.uk.fme.vutbr.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-03-10]. Experimentální metody. Dostupné z WWW: <[http://old.uk.fme.vutbr.cz/images/galerie/predmety\\_188\\_tritec.JPG](http://old.uk.fme.vutbr.cz/images/galerie/predmety_188_tritec.JPG)>.
- [7] *Dewetron.com* [online]. 2009-2010 [cit. 2011-03-11]. Testování a měření v co nejkratším čase, s co nejvyšší kvalitou. Dostupné z WWW: <<http://www.dewetron.com/cz/anwendungen/>>.
- [8] VLK, František. *Diagnostika motorových vozidel*. Vyd.1. Brno : Prof.Ing. František Vlk, DrSc.,nakladatelství a vydavatelství, 2006. 444 s. ISBN 80-239-7064-X.
- [9] *Vahybrabec.com* [online]. 2006 [cit. 2011-03-15]. Kalibrace a úřední ověření. Dostupné z WWW: <<http://www.vahybrabec.com/vahybrabec/7-KALIBRACE-A-UREDNI-OVERENI>>
- [10] *Jurca.tf.czu.cz* [online]. 2005 [cit. 2011-03-15]. Obecné informace o systému. Dostupné z WWW: <<http://jurca.tf.czu.cz/DMV/stanek/moje/bezdemontazni%20testy.htm>>
- [11] Pražák, F., *Tlumič odpružení jako prvek ovlivňující jízdní vlastnosti automobilu, disertační práce*, 2006, VUT v Brně, UK
- [12] *E-autonaprawa.pl* [online]. 2009 [cit. 2011-03-18]. Nadal o amortyzatorach. Dostupné z WWW: <<http://www.e-autonaprawa.pl/artykuly/767/nadal-o-amortyzatorach.html>>.
- [13] PLŠEK, Bořivoj. *Škoda Felicia : Sportovní úpravy*. 2. dopl. vyd. Brno : Computer Press, 2003. 245 s. ISBN 80-7226-619-5.
- [14] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel*. 2. vyd. Brno : Prof.Ing. František Vlk, DrSc.,nakladatelství a vydavatelství, 2003. 432 s. ISBN 80-239-0024-2
- [15] *Dewetron.cz* [online]. 2009-2010 [cit. 2011-03-20]. DEWESoft – software pro měřicí techniky . Dostupné z WWW: <<http://www.dewetron.cz/dewetron/dewesoft.htm>>.
- [16] *Volny.cz* [online]. 2005 [cit. 2011-03-20]. Zavěšení předních kol. Dostupné z WWW: <[http://www.volny.cz/daewoo\\_tico/zaves\\_MP.htm](http://www.volny.cz/daewoo_tico/zaves_MP.htm)>.

- [17] Pražák, F., *Náhrada závěsu kola automobilu*, projekt Fondu vědy, 2006, VUT v Brně, ÚK
- [18] *Pbocko.szm.com* [online]. 2004 [cit. 2011-03-25]. STRAIN GAUGE DAQ - TENZOMETRICKÝ MERACÍ REŤAZEC. Dostupné z WWW: <<http://www.pbocko.szm.com/projects/daq.html>>
- [19] *Automatizace.cz* [online]. 2004 [cit. 2011-03-28]. Multifunkční karta a její aplikace. Dostupné z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=2392>>.
- [20] *Senzorplus.cz* [online]. 2006 [cit. 2011-04-2]. Snímače Vishay Tedeo-Huntleigh "Single point" pro excentrické zatížení . Dostupné z WWW: <[http://www.senzorplus.cz/ted\\_sp.html](http://www.senzorplus.cz/ted_sp.html)>.
- [21] ROUPEC, Jakub. Inteligentní závěsy kol a tlumiče založené na elektrorheologickém principu. *ÚK* [online]. 2006, 1, [cit. 2011-04-25]. Dostupný z WWW: <[http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz\\_soubor.php?id=527](http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=527)>.

**8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN****8****8.1 Seznam požitých zkratek**

8.1

<i>atd.</i>	- a tak dále
<i>např.</i>	- například
<i>popř.</i>	- popřípadě
<i>tj.</i>	- to jest
<i>tzv.</i>	- tak zvaně
<i>VUT.</i>	- Vysoké učení technické

**8.1 Seznam požitých zkratek**

8.1

$EUS$ [%].	- hodnota EUSAMA
$F_{Smin}$ [N].	- minimální síla
$F_{ST}$ [N].	- maximální síla
$m_2$ [kg].	- odpružená hmotnost
$m_1$ [kg].	- neodpružená hmotnost
$k_2$ [ $N \cdot m^{-1}$ ].	- tuhost pružiny
$b_2$ [ $s^{-1}$ ].	- součinitel tlumení
$k_1$ [ $N \cdot m^{-1}$ ].	- tuhost pneumatiky
$h$ [m].	- zdvih plošiny
$v_o$ [ $m \cdot s^{-1}$ ].	- obvodová rychlost
$f$ [Hz].	- kmitočet
$r$ [m].	- polovina zdvihu
$m_v$ [kg].	- hmotnost vozíku
$m_p$ [kg].	- hmotnost z kalibrace
$U_v$ [V].	- napětí u vozíku
$U_p$ [V].	- napětí při $m_p$

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

---

### 9.1 Seznam obrázků

Obr. 1-1 Závěs kola [3]	14
Obr. 1-2 Přítlačná síla kola [12]	17
Obr. 1-3 Testovací linka CARTEC [5]	18
Obr. 1-4 Schéma rezonančního adhezního testeru[5]	19
Obr. 4-1 Tester TriTec [6]	22
Obr. 4-2 Kalibrace tenzometrické váhy	23
Obr. 4-3 Experimentální vozík	25
Obr. 4-4 Multifunkční karta NI USB-6009 [18]	26
Obr. 4-5 Blokové schéma karty NI USB-6009 [19]	27
Obr. 4-6 Uživatelské prostředí programu DEWESoft7.0	28
Obr. 5-1 Okno nastavení kanálu siloměru	29
Obr. 5-2 Obrazovka ukládání dat	30
Obr. 5-3 Obrazovka snímače úhlu	31
Obr. 5-4 Obrazovka základní statistiky	31
Obr. 5-5 Okno nastavení rovnic	32
Obr. 5-6 Zachycení špičky rezonanční frekvence	32
Obr. 5-7 Šablona s výsledky zkoušky	33

### 9.2 Seznam grafů

Graf. 4-1 Kalibrace tenzometrické váhy	24
--	----

**10 SEZNAM TABULEK**

**Tab. 4-1 Kalibrace tenzometrické váhy**

**24**

