

Experimentální Analýza Napětí 2007

LABORATORY OF EXPERIMENTAL METHODS IN MECHATRONICS

LABORATOŘ EXPERIMENTÁLNÍCH METOD V MECHATRONICE

Antonín Potěšil¹, Aleš Lufinka², Petr Škop³

Abstract: The paper enlightens several project activities devoted in the last years to the setting up of practical laboratory workplaces at the Technical University of Liberec (TUL). The aim of the projects was to achieve innovation of the specialization “mechatronics” at the Faculty of Mechatronics and Interdisciplinary Engineering from the point of view of the professional needs and to make both the Bachelor study programmes and particularly Master’s and Doctoral study programmes more attractive. However, exploitation of the laboratories is also aimed at needs of other faculties of the Technical University. An important contribution was participation of the partner industrial enterprises and knowledge companies, such as Škoda Auto, a.s., e4t, s.r.o., VÚTS, a.s., LENAM, s.r.o. etc. Financial resources for realisation of this purpose have been taken from two project sources: Operational EU programme “Development of human resources 3.3.2” and FRVŠ, sphere of topics A – Innovation and development of laboratories for practical training within university education.

Keywords: experimental mechanics

1. Úvod

Během posledních dvou let byly na fakultě mechatroniky a mezioborových inženýrských studií na TU v Liberci (dále jen FM TUL) zahájeny v oblasti fyzikálního experimentu dva projekty. Záměrem prvního projektu - FRVŠ, tématický okruh A - Inovace a rozvoj laboratoří pro praktickou výuku ve vysokoškolském vzdělávání bylo významným způsobem přispět ke strategickým cílům vedení FM TUL, které jsou zaměřeny na podporu a investiční vybavenost experimentálních laboratoří v nově reakreditovaném studijním programu. Druhým projektem byl neinvestiční projekt řešený v rámci dotací z ESF - Operačního programu EU „Rozvoj lidských zdrojů 3.3.2“ pod názvem „Inovace a realizace studijního oboru Mechatronika v kontextu požadavků průmyslu“. Období realizace tohoto projektu spadá do termínu 1.11.2005 – 30.10.2007 a jeho hlavním cílem je realizace modulárního systému výuky akreditovaného studijního oboru Mechatronika, který by vytvořil absolventům tohoto oboru podmínky pro zvýšení jejich flexibility při vstupu do průmyslové praxe.

2. Budování partnerských vztahů

Přímými spoluřešiteli a hlavními partnery projektu jsou Škoda Auto, a.s. a e4t electronics for transportation, s.r.o. Realizace projektu probíhá jednak na FM TUL a na vybraných pracovištích ve Škoda Auto a ostatních partnerů. V rámci projektu je rozvíjena a především posílena účinná spolupráce pracovišť TUL s organizacemi zaměstnavatelů, odborných,

¹ Doc. Ing. Antonín Potěšil, CSc., LENAM, s.r.o. a FM TU v Liberci, Hálkova 6, 461 17 Liberec, tel.: +420 602 174 470, e-mail: antonin.poteshil@lenam.cz

² Ing. Aleš Lufinka, FS TU v Liberci, Hálkova 6, 461 17 Liberec, tel.: +420 728 828 617, e-mail: ales.lufinka@tul.cz

³ Doc. Ing. Petr Škop, CSc., VÚTS, a.s., U Jezu 525/4, 461 19 Liberec 4, tel.: +420 607 769 757, e-mail: petr.skop@vuts.cz

výzkumných, vývojových a znalostních pracovišť a firem, např. Cadence Innovation, k.s., VUTS, a.s., LENAM, s.r.o., FAB, a.s. aj.

Vybraným pracovníkům těchto subjektů jsou poskytovány motivované možnosti dlouhodobě a účinně se spolupodílet na odborném růstu a znalostní profilaci cílové skupiny studentů oboru Mechatronika tak, aby její absolventi byli obsahově i formálně připraveni na svoji profesní dráhu.

Specifickým cílem projektu je i orientace a preferování systému celoživotního vzdělávání se zvýšením jeho kvality tím, že se na jeho realizaci budou účinně a aktivně podílet, prostřednictvím svých odborníků a specialistů, všechny v projektu angažované subjekty.

Tým realizátorů projektu postupně naplňuje následující konkrétní prvky projektu:

1. Výcvik a výchovu cílové skupiny cca stovky studentů oboru Mechatronika v kontextu potřeb průmyslových subjektů s překonáním bariér mezi univerzitním prostředím a prostředím praxe.
2. Ve spolupráci s partnery projektu jsou připravovány nové studijní náplně a zajišťuje se odborný provoz experimentálních pracovišť a laboratoří pro obor Mechatronika s řadou nových experimentálních úloh v připravovaných laboratořích.
3. Postupně probíhá ovlivnění studijního oboru Mechatronika jednak v kontextu jeho koncem roku 2005 schválené reakreditace navazujícího magisterského programu, a jednak v prosazení akreditace dalšího doktorského oboru „Mechatronika“.
4. Počítá se s nabídkou vytvořených kapacit nových laboratoří i pro příbuzné studijní obory fakulty Mechatroniky a fakulty strojní na TUL a dále i pro speciální kurzy a školení pracovníků průmyslu a služeb v rámci programu celoživotního vzdělávání (rekvalifikační programy apod.).

Záměrem řešitelů je, aby shora uvedené programové body zejména 2 až 4 „přetrvaly“ v delším časovém horizontu právě nastartovaný 2-letý časový rámec projektu.

3. Laboratoře 1 a 2

I když inovativní procesy probíhají v rámci realizace obou projektů napříč všemi pracovišti fakulty mechatroniky, v příspěvku se zaměříme na oblast výuky měřicích metod a nasazení nových měřicích technologií v prvním ročníku 2-letého navazujícího magisterského studia, tj. LAB 1 v zimním semestru a LAB 2 v letním semestru. Tím jsou studentům vytvářeny předpoklady k tomu, že dále uvedené experimentální metody mohou využít při realizaci jednak diplomových témat a dále pak v rámci svých doktorandských studií.

Získání shora uvedeného projektu FRVŠ umožnilo pořídit následujících zařízení:

1. Portable single-point laser vibrometer Ometron VH-1000-D.
2. Digitální vysokorychlostní kamera Olympus iSpeed2.
3. Měřicí systém DEWE-RACK-4 s programovatelným můstkovým zesilovačem DAQP-BRIDGE-B a se sw podporou DEWESoft LITE.

Tato zařízení jsou využívána v rámci výuky experimentálních technik, viz dále.

V rámci realizace projektu dotovaného z ESF jsou modulově koncipována experimentální témata. Jejich obsah tvoří zajímavé a praktické úlohy, které studenti provádějí pod dohledem a vedením zkušených odborníků. V současné době je jejich struktura následující:

Zimní semestr:

1. Reologické modely technických materiálů při prostém tahu a tlaku
2. Měření malých deformací prostřednictvím odporových tenzometrů
3. Základy navrhování a konstrukce měřicích řetězců pro tenzometrii
4. Tenzometrické snímače pro statické měření sil s využitím měřicího systému DEWE-RACK-4 a soupravy HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK - DAK 1.
5. Měření napjatosti na povrchu tělesa
6. Rovinná napjatost – tenzometrická růžice
7. Konstrukční a technologické koncentrátoři napětí
8. Měření mechanického kmitání s aplikací vibrometru Ometron VH-1000-D
9. Ráz s aplikací vysokorychlostní kamery Olympus iSpeed2
10. Únavové poškození konstrukce při časově proměnlivém zatížení
11. Řešení rovinných prutových soustav pomocí metody konečných prvků

Letní semestr:

1. 4. Elektronika v automobilu, protokol CAN, měření na vozidle Škoda (4 lekce)
5. Přesná měření a analýza úhlových rychlostí a zrychlení točivých strojů a zařízení
6. Měření a analýza příkonů a výkonů řízených servopohonů
7. Snižování vibrací mechanismů jejich optimalizací
8. Zvyšování kvalitativních a výkonnostních parametrů výrobních strojů
9. Experimentální vyhodnocování navržených tlumicích členů, posuzování konstrukcí rámu strojů, experimentální modální analýza
10. Konstrukce a vlastnosti měřicích analyzátorů

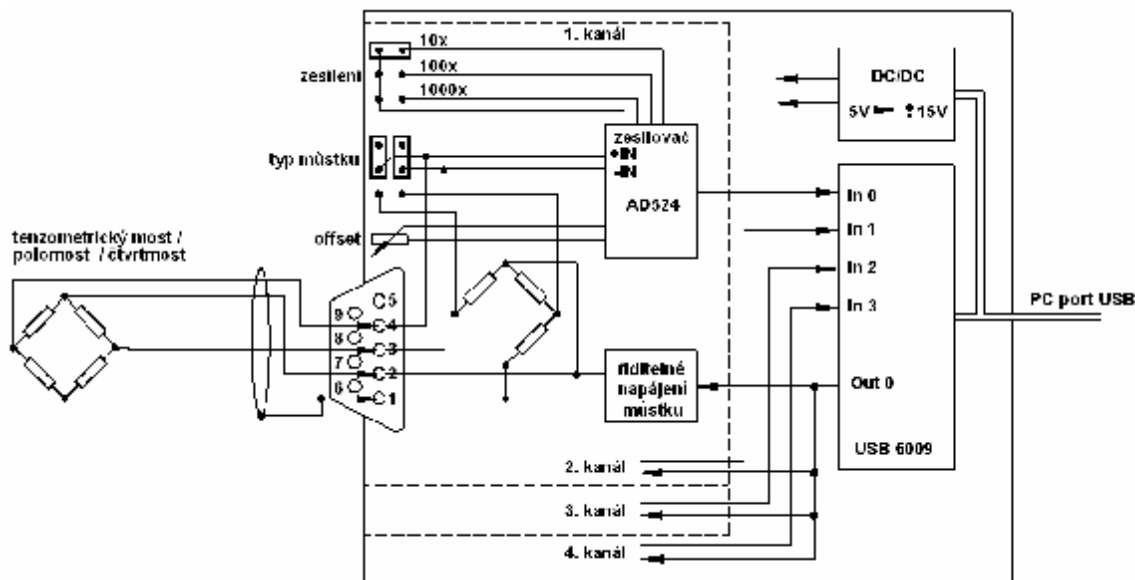
4. Navrhování a konstrukce měřicích řetězců a zařízení

Mezioborová forma výuky na fakultě mechatroniky, rovněž v oblastech praktické elektroniky, je dobrým předpokladem k tomu, aby se její absolventi stali ve svém budoucím zaměstnání odborníky ve využívání měřicích technologií při realizacích různých fyzikálních měření a experimentů. V rámci tohoto záměru jsou posluchačům oboru Mechatronika předávány znalosti a zkušenosti z aktuálně realizovaných odborných aktivit pracovníků TUL v průmyslu. Příkladem je návrh a konstrukce měřicího řetězce, který se stal základem vybudování 5-ti studentských pracovišť. Vybavení těchto pracovišť je studentům poskytnuto pro řešení úloh tématicky orientovaných na využívání experimentální tenzometrie.

Měřicí řetězec je založen na měřicí kartě USB 6009 od firmy National Instruments. Výhodou této karty je, že je to externí karta, k počítači se připojuje standardním USB portem. Do počítače se nemusí proto nijak zasahovat, k libovolnému počítači ji stačí připojit, nainstalovat ovladač a může se měřit. Další výhodou je, že součástí dodávky je rozsáhlé softwarové vybavení Measurement and Automation Explorer. To obsahuje kromě bohatých možností pro nastavení měřicích kanálů i jednoduchý datalogger, který umí data sejmout, zobrazit v grafu a uložit ve formátu Microsoft Excel pro další zpracování. Pro realizaci jednoduchého měření není proto třeba obstarávat a instalovat již žádný další software. Karta má čtyři vstupní diferenciální kanály, 14-ti bitový převodník, dva analogové výstupy a 12 logických kanálů. Maximální rychlost sběru dat je 48 kS/s. Vstupní rozsah kanálů se dá programově nastavit v několika úrovních od $\pm 1V$ do $\pm 20V$. To je vlastně jediná nevýhoda této karty, vstupní zesílení není příliš velké a proto na vstupy nelze připojit tenzometrický můstek přímo. To je však vlastnost i mnohem dokonalejších a dražších karet, tenzometrické měření vyžaduje většinou použití předzesilovače. Proto byl pro účely těchto laboratorních seminářů postaven jednoduchý předzesilovač, využívající jednočipový zesilovač AD 524 od Analog

Devices. Tento obvod bez jakýchkoliv dalších externích součástek realizuje přesný diferenciální zesilovač s nastavitelným zesílením (1, 10, 100 a 1000) a možností kompenzace vstupního offsetu (nevyvážení můstku). Na desce předzesilovače je mimo zesilovače integrován i regulovatelný napájecí zdroj pro napájení tenzometrického můstku. Pro jeho řízení se používá analogový výstup měřicí karty. Deska dále obsahuje odpory pro kompletaci čtvrt- nebo polo-mostu. Veškeré funkce se nastavují ručně, pomocí jumper propojek.

Pro každé měřicí pracoviště byl sestavena jednotka obsahující jednu kartu USB 6009, a zatím dva předzesilovače. Jednotka počítá s možností rozšíření až na čtyři předzesilovače, aby mohly být využity všechny vstupy karty. V jednotce je vestavěn i DC-DC měnič pro napájení předzesilovačů a můstků, který využívá napětí 5V na portu USB. Jednotka je tedy napájena přímo z USB portu počítače, nepotřebuje napájení ze sítě, čímž je naprosto bezpečná pro použití pro výuku. Blokové schéma jednotky je na obrázku 1.



Obr. 1

5. Výsledky projektu a závěr

Jak bylo již výše uvedeno pořízené experimentální techniky a zařízení byly již v průběhu školního roku 2006/2007 využity poprvé na fakultě mechatroniky v předmětu Laboratoře 1 (zimní semestr 4. ročníku oboru Mechatronika). Využití bylo realizováno v rámci seminárních přednášek, kde byli posluchači seznámeni s principy a účelem zařízení a pak pomocí těchto zařízení provedli vlastní měření a jeho vyhodnocení. Výsledek byl zdokumentován formou protokolu z měření.

Ve spolupráci s dalšími kolegy na TUL Doc. J. Beranem (ved. katedry textilních a jednoúčelových strojů, fakulta strojní), Doc. L. Ševčíkem (ved. katedry částí a mechanismů strojů, fakulta strojní), Ing. A. Cvrkalem (katedra textilních technologií, fakulta textilní) byla rychlostní kamera iSPEED2 využita pro účely diplomových a doktorských prací v druhé polovině roku 2006.

Další využití pořízených technologií je zahrnuto do programů předmětů Laboratoře 2 na fakultě mechatroniky (letní semestr 4. ročníku oboru Mechatronika) a dalších předmětů reakreditovaného navazujícího magisterského studijního programu N 2612 Elektrotechnika a informatika (Vybrané partie z fyziky, Identifikace dynamických systémů, Bezdotykové metody měření, Robotika, Počítačové simulace elektromechanických systémů aj.).

Je vhodné poznamenat, že oproti přehledu předmětů v „Žádosti o projekt“ (leden 2005), kde byla deklarována využitelnost shora uvedených měřících technologií v tehdejších studijních programech, proběhla a dále průběžně probíhá inovace studijních programů z hlediska potřeb praxe, což má dopad jednak na obsahy sylabů stávajících předmětů, přičemž některé předměty vymizely, jiné vznikly a některá nosná studijní témata byla převedena a popř. i aktualizována. Potvrzuje to i skutečnost změny organizační struktury na fakultě mechatroniky od 1. ledna 2007, kdy zanikla struktura 8-mi kateder a vznikla struktura 4 ústavů.

Snad nejvýznamnějším přínosem projektu je umožnění využití získaných technologií v doktorandských studijních programech a tedy ve vlastním odborném výcviku doktorandů. Ti ve většině případů spolupracují na výzkumných, předvývojových a vývojových projektech spojených s potřebami průmyslových subjektů (Škoda Auto, a.s., Cadence Innovation, k.s. aj.).

Příkladem je např. doktorand pan Ing. Petr Hošek, který pracuje na tématu „Monitoring, zpracování a analýzy datových výstupů z měřících řetězců dynamických dějů“, které je úzce spjato s realizací dynamických experimentů ve Škodě Auto, a.s.

Využívání nových zařízení bylo projednáno s garantem předmětů nově akreditovaného oboru „Inovativního inženýrství“ na fakultě strojní Doc. L. Ševčíkem, jehož pracoviště „Hydrodynamická laboratoř“ spolupracuje s pracovišti fakulty mechatroniky (předměty Dynamika strojních konstrukcí, Experimentální metody, Technická diagnostika). Tyto předměty jsou uváděny do výuky právě v tomto školním roce.

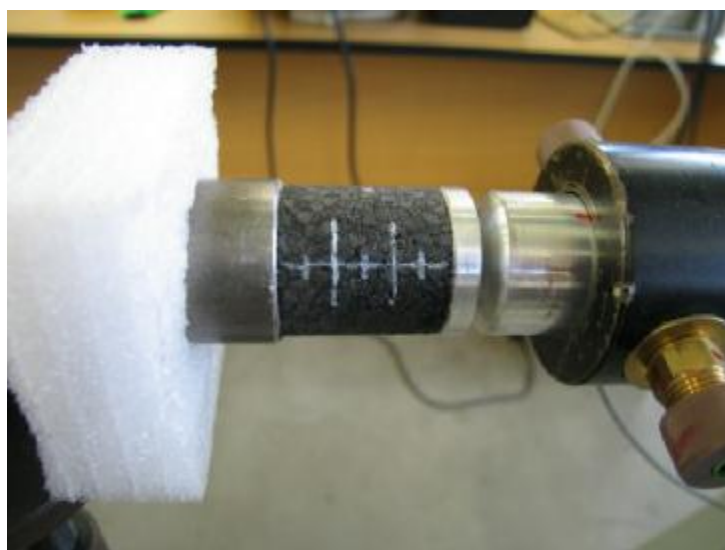
Poděkování: Příspěvek byl podpořen projektem FRVŠ č. 2753/2006 a projektem ESF Operačního programu Rozvoj lidských zdrojů opatření 3.3.2 č. CZ.04.1.03/3.2.15.1/0110.

Autoři příspěvku děkují na významnou koncepční podporu a spolupráci panu Doc. Ing. Vladimírovi Humenovi, CSc., který přispěl k realizaci projektů svými bohatými odbornými, životními a pedagogickými zkušenostmi.

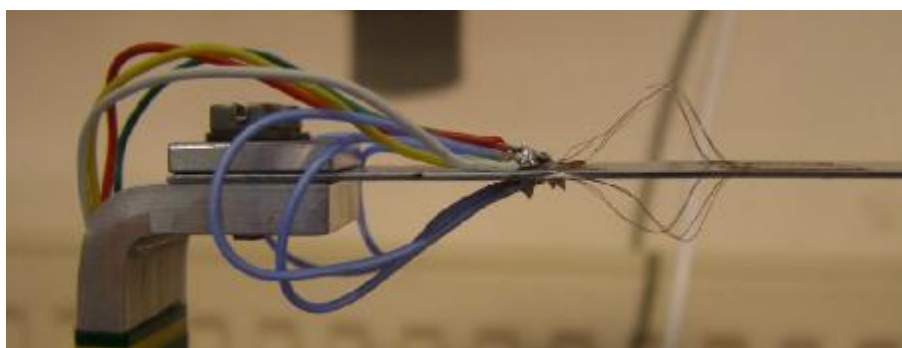
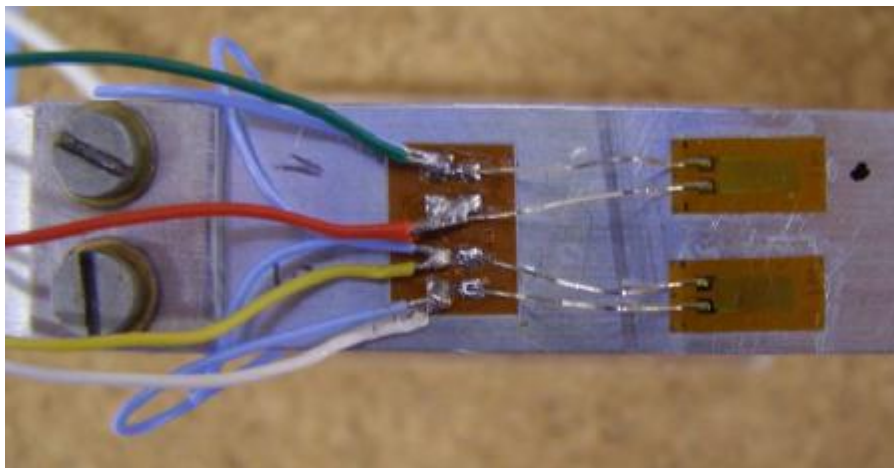
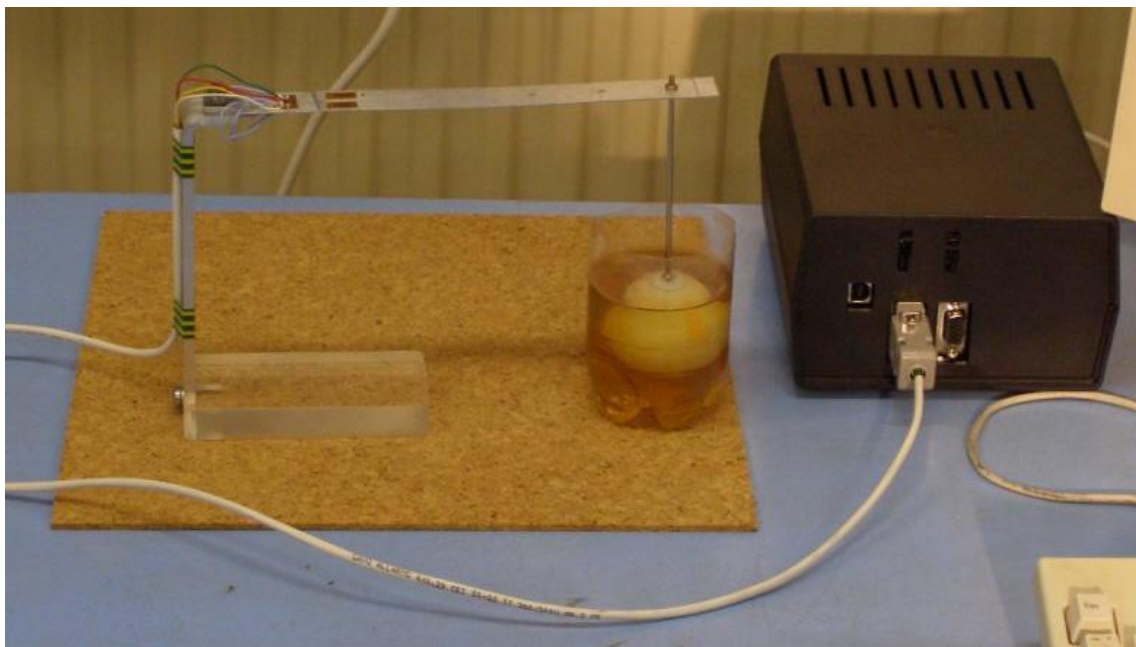
6. Fotogalerie projektu



Obr. 2 - Teoretická příprava posluchačů na realizaci experimentální úlohy
(prostory laboratoří v objektu TUL Doubí-Vesec)
Semináře vedl Doc. Ing. Vladimír Humen, CSc



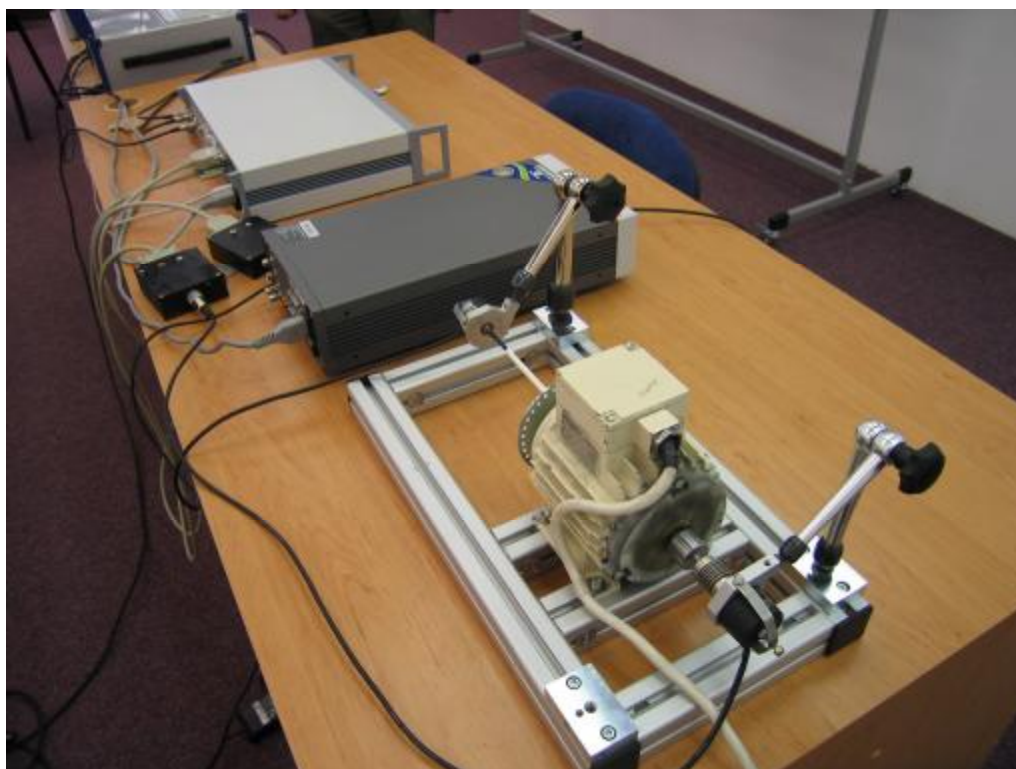
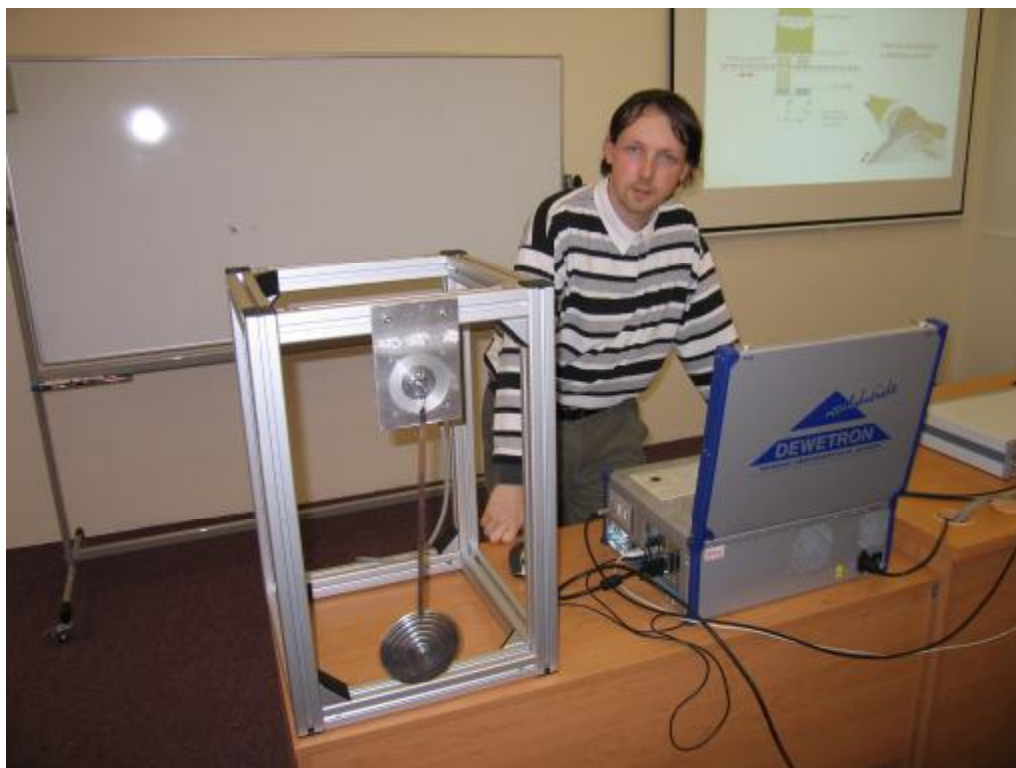
Obr. 3 - Uspořádání impaktního experimentálního zařízení využívající měřicí systém rychlostní kamery iSPEED2 Olympus
Zajistili pracovníci firmy LENAM, s.r.o.



Obr. 4 - Uspořádání experimentální úlohy „Denzitometr“ s aplikací tenzomentů
a s využitím měřicího systému DEWE-RACK-4



Obr. 5 - Standy na měření charakteristik pohonných agregátů vozidel



Obr. 6 - Uspořádání měřicího řetězce pro úlohu
 „Precisní dvoukanálové měření úhlů, úhlových rychlostí a zrychlení“
 Seminář zajistili pracovníci VÚTS, a.s.



Obr. 7 - Uspořádání měřicího řetězce pro úlohu
 „Měření na elektronicky řízeném tkacím stroji CamEl“
 Seminář zajistili pracovníci VÚTS, a.s.



Obr. 8 - Uspořádání měřících standů pro úlohy z oblasti
„Elektronika v automobilu“

Semináře zajistili Ing. Jan Koprnický a Ing. Pavel Herajn, FM TUL
s odbornou podporou pracovníků
Škoda Auto, a.s. a e4t, s.r.o.