

SCIENTIFIC PAPERS  
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE  
Series B  
The Jan Perner Transport Faculty  
18 (2012)

**VĚDECKOVÝZKUMNÝ PROFIL  
KATEDRY DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ A DIAGNOSTIKY**

Miroslav TESAŘ

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky se do své současné podoby transformovala v roce 2009 sloučením původní katedry dopravních prostředků s katedrou provozní spolehlivosti dopravních prostředků a infrastruktury. V této době měla katedra pět oddělení: oddělení silničních vozidel, oddělení kolejových vozidel, oddělení jakosti spolehlivosti a diagnostiky, oddělení ekologických aspektů dopravy a oddělení hydromechaniky a termodynamiky. Postupem doby, hlavně na základě reálných potřeb výuky, ale i v souladu se zaměřením výzkumných aktivit pracoviště, se organizační uspořádání katedry změnilo do současné podoby.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky má čtyři oddělení. Oddělení silničních vozidel, oddělení kolejových vozidel, oddělení provozu a diagnostiky a oddělení ekologických aspektů dopravy. Toto organizační uspořádání odpovídá nově koncipovanému oboru, který byl vytvořen v rámci reakreditace Dopravní fakulty Jana Pernera v roce 2012. Obor dopravní prostředky zahrnuje zaměření silniční vozidla, zaměření kolejová vozidla a zaměření ekologické aspekty dopravy.

Nedílnou součástí činnosti katedry je vedle zajištění výuky pro všechna zaměření oboru vědeckovýzkumná činnost. Oblasti vědeckovýzkumné činnosti odpovídají svým zaměřením organizačnímu členění katedry na jednotlivá oddělení.

## 1. Oddělení silničních vozidel

Oddělení se dlouhodobě zabývá problematikou jízdní stability silničních vozidel. Za počátek těchto hlavních aktivit lze považovat řešení projektu Ministerstva dopravy ČR v letech 2001÷2003 s názvem „Vývoj a posuzování hodnocení stability vozidel“. Projekt byl zaměřen na způsoby a možnosti hodnocení dynamické klopné stability cisternových automobilů. Požadavek řešení projektu byl vyvolán novým homologačním předpisem EHK/OSN č. 111 „Jednotná ustanovení pro homologaci cisternových vozidel kategorie N a O vzhledem ke stabilitě proti překlopení“, který vstoupil v platnost v roce 2000. Úspěšné vyřešení tohoto projektu předurčilo další výzkumné aktivity oddělení silničních vozidel. Nebyly však zaměřeny pouze na stabilitu proti překlopení, i když to lze považovat za stěžejní oblast, ale zahrnovaly výzkumné aktivity v oblasti jízdní a směrové stability obecně. V této oblasti byly na oddělení silničních vozidel obhájeny čtyři disertační práce a jedna habilitační práce. Další činnost oddělení se odvíjela také od rozvíjející se spolupráce s partnerskými podniky. Základem byla spolupráce s výrobcem autobusů firmou SOR Libchavy. V rámci této spolupráce se činnost oddělení zaměřila na experimentální zkoušení jízdní stability. Společně se SOR Libchavy byla provedena řada jízdních zkoušek prototypů autobusů zaměřených například na optimalizaci tlumičů pérování. Byly prováděny také jízdní zkoušky prototypů kloubových autobusů s cílem nalezení optimálního ladění tlumičů člankových kloubů.

Pro zajištění experimentálních měření při jízdních zkouškách je oddělení silničních vozidel vybaveno měřicí aparaturou pro měření odezev silničního vozidla při jízdních zkouškách, konkrétně měření vektoru posuvné rychlosti vozidla, směrové úchytky, stáčivé rychlosti, bočního a podélného zrychlení, úhlu klopení nebo klonění. Kromě těchto veličin je aparaturou možné měřit i úhel natočení volantu/kol (nepřímou) a ovládací sílu na pedálu (v blízké budoucnosti).

Senzorovou část tvoří:

- **Correxit S-CE s gyroskopem** (snímač vektoru rychlosti a stáčivé rychlosti; Corrsys-Datron, Německo, 2ks)
- **Snímač** s čipy **ADXL 311** (snímač zrychlení; Analog Devices, USA , 1 ks),
- **U-GAGE Q45U** (snímač vzdálenosti; Banner, USA , 4 ks),
- **WDS-500-P60** (snímač vzdálenosti, lankový potenciometrický, s adaptérem pro měření úhlu natočení volantu; Micro-Epsilon, ČR, 1 ks),
- Optická brána **BOS 36K** vozidla (Balluff, Německo, 1 ks).

Měřicí ústředna:

- digitální měřicí ústředna Cronos PL-2-DIO (1 ks) s pomocnými digitálními měřicími ústřednami Cansas (2 ks) komunikujícími s hlavní měřicí ústřednou po sběrnici CAN a umožňující tak vytvoření distribuovaného měřicího systému; měřicí systém je možné použít i pro dlouhodobý sběr dat bez přítomnosti obsluhy; výrobcem je firma imc Meßsysteme,

- analogová měřicí ústředna **Dewe-Rack-16** s 16 měřicími moduly (Dewetron, Rakousko) a multifunkční kartou sběru dat **DAQCard-AI-16E-4** (National Instruments, USA).

Software:

- **imc Devices** (SW pro měření s ústřednami Cronos a Cansas, imc Meßsysteme, Německo),
- **LabVIEW** (univerzální SW pro měření a regulaci; výrobce je firma National Instruments, USA; pro měření kartou sběru dat DAQCard využíván vlastní datalogger MerCorr),
- **Famos** (SW pro zpracování dat získaných z ústředn Cronos a Cansas, imc Meßsysteme, Německo),
- **DIAdem** (univerzální SW pro zpracování dat z měření; National Instruments, USA).

Aparatura je modifikovatelná a umožňuje přizpůsobení různým zadáním zkoušek. Pracovníci oddělení mají bohaté zkušenosti s měřením jízdních vlastností. Měřicí aparatura je nejčastěji používaná při zkouškách stability a ovladatelnosti brzdných vlastností nebo jízdní dynamiky silničních vozidel.

V návaznosti na problematiku klopné stability silničních vozidel byl v letech 2008 až 2010 zrealizován vlastní záměr oddělení k provedení experimentálních měření v oblasti klopné stability cisternových vozidel. V rámci této výzkumné aktivity byl pro potřeby oddělení zapůjčen cisternový automobil T – 148 CA. Po technických přípravách byly realizovány poměrně náročné experimenty, které směřovaly k ověření jednak matematických simulací, které byly v rámci této oblasti výzkumu prováděny, ale také pro ověření nezbytnosti experimentů jako nedílné součásti výzkumu v oblasti jízdní stability silničních vozidel. Výsledky náročných experimentů byly využity v rámci disertační práce, která bude v letošním roce předložena k obhajobě.

S oblastí jízdní stability také souvisí podíl na projektu GAČR „Inteligentní systém směrového řízení vozidla STEER - BY – WIRE“ jako spoluřešitel s TU v Liberci v letech 2006 až 2008. Jedním z hlavních výstupů tohoto projektu byla možnost zahájit realizaci stavby experimentálního vozidla vybaveného systémem 4WS. Toto vozidlo bude nadále využíváno pro výzkum jízdní a směrové stability a možnosti systému 4WS z hlediska vlivu na směrovou stabilitu vozidel. Přínosem tohoto vnitřního projektu pracoviště, mimo otevření možností pro pokračování výzkumu jízdní stability, byla skutečnost, že na návrhu a realizaci stavby experimentálního vozidla se podíleli studenti oboru formou bakalářských a diplomových prací. Experimentální vozidlo je také úspěšně využíváno i na propagaci oboru dopravní prostředky i Dopravní fakulty Jana Pernera v rámci různých akcí, jako například veletrhu GAUDEAMUS.

Protože na výsledném chování vozidla z pohledu jeho jízdní stability se nemalou měrou podílejí také pneumatiky, je logické, že další oblastí výzkumu, která navazuje na předešlé aktivity, je oblast pneumatik a jejich vlastností. Tyto aktivity vycházejí z

diplomových prací, z disertační práce a z habilitační práce obhájených v rámci oddělení silničních vozidel. Tyto práce se věnovaly výpočtovému modelování pneumatik metodou konečných prvků a experimentálnímu stanovení materiálových parametrů jako vstupů do výpočtů. Na tyto výzkumné aktivity budou navazovat také experimentální měření s využitím zmiňovaného experimentálního vozidla a s využitím dynamického adhezoru, který bude součástí výbavy nového Výukového a výzkumného centra v dopravě (VVCD). Toto centrum budované jako moderní výukové a výzkumné zázemí Dopravní fakulty Jana Pernera zahájí svoji činnost v říjnu 2013.

Díky zahájení činnosti VVCD se dále rozšíří možnosti výzkumných aktivit v oblasti silničních vozidel, mimo jiné i vybaveností tohoto pracoviště sklopnou plošinou, která umožní pokračovat ve výzkumu klopné stability. Další možnosti rozšíření výzkumných aktivit poskytne získání SW ADAMS, který patří mezi nejpoužívanější multibody systémy hlavně v oblasti automobilového výzkumu. Speciální modul MSC Car umožňuje komplexní vyšetřování jízdní dynamiky automobilů. Bude se tak moci propojit matematické modelování s experimentálním měřením k dosažení kvalitních výstupů v oblasti jízdní dynamiky vozidel, kam směřová stabilita bezesporu patří.

## **2. Oddělení ekologických aspektů dopravy**

Činnost oddělení je tematicky zaměřena na snižování negativních účinků dopravy na životní prostředí, zejména:

- na tribotechnickou diagnostiku (na analýzu olejů a ferrografickou analýzu otěrových částic, na obrazovou analýzu a na studium otěrových částic s využitím rastrovací elektronové mikroskopie a lokální elektronové mikroanalýzy),
- na aplikaci chemometrických metod v analýze provozních hmot (zejména klasických i alternativních paliv, maziv, brzdových kapalin a chladicích kapalin) pro dopravní prostředky,
- na aplikaci environmentálních systémů řízení a metod hodnocení rizik ve firemní praxi, na environmentální legislativu a na využití informačních systémů o životním prostředí a jeho monitoringu.

Tribotechnická diagnostika je bezdemontážní metodou využívající mazivo jako médium, umožňující získat informace o procesech a změnách v systémech, v nichž je mazivo aplikováno. Je založena na analýzách a zkouškách vzorků maziv odebraných ze sledovaných mechanismů. Při hodnocení degradace olejů v provozu i při sledování průběhu opotřebením mazaných součástí přinášejí důležité informace moderní přístrojové metody, zejména infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací a analytická ferrografie; analýzu morfologie částic izolovaných z olejových filtrů umožňuje rastrovací elektronová mikroskopie v kombinaci s energiově disperzní analýzou.

Vědecko-výzkumná činnost je realizována v laboratořích Univerzity Pardubice v areálu Technologického pavilonu Doubravice, které jsou součástí Univerzitního ekologického centra. Od října 2013 bude zprovozněna i nová laboratoř Výukového

a výzkumného centra v dopravě, vybudovaná díky projektu č. CZ.1.05/4.1.00/04.0137 operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace. Laboratoře oddělení jsou vybaveny níže uvedenou moderní přístrojovou technikou:

- FTIR spektrometry:  
iS10 (Nicolet) s ATR jednotkou,  
Vector 22 (Bruker) s ATR jednotkou a s jednotkou pro měření pevných vzorků  
MIRacle Diamond (Pike Technologies),
- ferrografy Spectro T2FM a REO-1, denzimetr REO 31, ferrometr REO 22,
- 2 bichromatické trinokulární mikroskopy:  
H 6000 (Intraco Micro Tachlovice) s digitální kamerou Micrometrics 318-CU (2 Mpx),  
BX-51 (Olympus) s digitální kamerou DP25-4-2 (5 Mpx) s propojením na PC se systémem pro softwarové zpracování obrazu Stream Essential,
- přístroje pro stanovení teploty vzplanutí v o. k.
- Stabingerův viskozimetr SVM-3000, Viskotester VT-6R, viskozimetr Höppler, refraktometr AR3 a ruční refraktometry, viskozitní lázeň TV 2000 s příslušenstvím,
- laserový analyzátor částic LNF Q200 (Spectro Inc.),
- tester pro hodnocení mazivosti olejů a procesních kapalin Reichert M2 (Petrotest),
- testery pro stanovení teploty varu brzdových kapalin Alba Diagnostic Velvana s příslušenstvím, přístroj TESTO 735-1 aj.

Při specifických analýzách je možné také společně využívat rastrovací elektronový mikroskop Vega Tescan 5130 SB s energiově-disperzním analyzátozem Quantax 200 a s naprašovačkou SC7620 (Quorum).

Vědeckovýzkumná činnost oddělení EADD je úzce spojena se spoluprací s řadou institucí a firem, např. Univerzitou obrany v Brně, Centrem dopravního výzkumu v Brně, s Českými drahami (zejména s Depem kolejových vozidel Česká Třebová), s Dopravními podniky (Zlín, Praha, Pardubice), s Armádou České republiky, se SAINT-GOBAIN VERTEX Litomyšl a Paramo Pardubice, s Fuchs-Oil Corp., s Třineckými železárnami i s řadou menších firem zejména z pardubického regionu (s autoservisy, lakovnami, s dopravci provozujícími těžká nákladní vozidla, s Výzkumným ústavem LHM a s řadou dalších).

Výsledky vědecko-výzkumné činnosti oddělení jsou průběžně publikovány v odborných časopisech a na konferencích, kde pracovnice oddělení zveřejnily více než dvě stovky odborných prací. Podílely se rovněž na řešení projektů v rámci hospodářských smluv.

Do vědecko-výzkumné činnosti a do řešení projektů se zapojují rovněž studenti technických oborů bakalářského, navazujícího magisterského a doktorského stupně studia.

### **3. Oddělení provozu a diagnostiky**

Výzkumná činnost na OPaD je realizována zejména v následujících oblastech:

#### **3.1 Problematika hluku a vibrací se zaměřením na dopravní prostředky**

V současné době je problematika snižování hluku a vibrací velmi aktuální. Vědecko-výzkumná činnost oddělení je konkrétně zaměřena na problematiku hluku a vibrací dopravních prostředků, zejména kolejových vozidel. V současné době existuje celá řada dostupných protihlukových i protivibračních opatření na infrastruktuře, ať už to jsou protihlukové bariéry, absorbéry na kolejnicích, pružné upevnění kolejnic s pružnými podložkami pod patou kolejnice, izolované pražce, pevná jízdní dráha, protivibrační rohože a další. Stejně tak existuje i několik protihlukových opatření aplikovaných na vozidlech. Ovšem naprosto chybí přesné zhodnocení efektivity těchto protihlukových opatření, zejména v podmínkách české republiky a s ohledem na aktuální prostředí a aktuální stav vozidlového parku. Deklarace výrobců jsou příliš optimistické a nereflektují aktuální podmínky implementace, jako je technický stav vozidel a místní podmínky. Ani v evropském měřítku není k dispozici dostatek údajů o efektivitě těchto opatření. U dat, která jsou k dispozici téměř vždy chybí údaje o úvodním stavu před implementací, pro verifikaci se nejčastěji používá pouze jedna definovaná souprava vozidel a ve všech případech naprosto chybí údaje o efektivitě opatření s ohledem na běžný normální provoz, kde je do výsledků zahrnut i přirozený rozptyl technického stavu běžně provozovaného vozidlového parku. Cílem výzkumu v této oblasti je tedy zhodnocení efektivity používaných protihlukových a protivibračních opatření na základě měření a podrobné analýzy dat v časové a frekvenční oblasti. Na základě těchto analýz jsou výstupem výzkumu návrhy a doporučení.

Další oblastí výzkumu v této oblasti je optimalizace současných opatření a ověření možností aplikací dalších metod snižování hluku a vibrací vznikajících v interakci dopravního prostředku s dopravní cestou. Dále se v rámci výzkumné činnosti provádí ověření reálné využitelnosti hlukových simulací v oblastech konstrukce vozidel – problematika hlukové optimalizace vozidla ve stádiu návrhu, dále zkoušek a schvalování vozidel do provozu a to konkrétně metodou verifikace simulačních modelů na referenční koleji i reálných provozních tratích.

#### **3.2 Problematika diagnostiky kolejových vozidel za jízdy**

V rámci projektu Centrum kompetence drážních vozidel je na oddělení OPaD řešena problematika diagnostiky kolejových vozidel za jízdy. Princip diagnostiky kolejového vozidla za jízdy je založen na měření dynamické odezvy vozidla při průjezdu měřicím úsekem. Při tomto průjezdu jsou snímány vibrace na kolejnicových pásech a hlukové emise vozidla. Signály jsou následně analyzovány v časové a frekvenční oblasti. Cílem analýz je zjistit příznaky poruch projíždějícího vozidla ve snímaných signálech. Konkrétní poruše na vozidle bude odpovídat příslušný příznak poruchy v měřeném vibroakustickém (vibrodiagnostickém) signálu.

Miroslav Tesař:

Detekce a lokalizace poruchy respektive příznaku poruchy v signálu je realizována na základě analýzy signálu například metodou diskriminačních funkcí nebo prostřednictvím neuronové sítě. Princip příznakové analýzy spočívá ve zjištění příznaku poruchy v diagnostickém signálu. Pro možnost klasifikace poruch diagnostikovaného objektu - vozidla je nutno předem stanovit seznam uvažovaných poruch a jednoznačně ke každé uvažované poruše přiřadit odpovídající příznak v analyzovaném signálu.

### 3.3 Problematika vibrodiagnostiky strojů

Vibrodiagnostika je diagnostická metoda, která provádí diagnostiku objektu na základě měření a analýzy vibrací daného objektu. Význam vibrodiagnostiky je především v tom, že se jedná o bezdemontážní metodu, kdy je např. diagnostika převodovky realizována na základě analýzy měřených signálů vibrací v časové a frekvenční oblasti. Pro praktickou aplikaci metody je nutno definovat referenční signál odpovídající provozu stroje-zařízení bez poruchy, to je možno realizovat na základě teoretického rozboru dynamických charakteristik daného stroje a na základě realizace referenčního měření na novém - bezchybném zařízení. Na základě analýzy měření vibrací je realizována detekce a lokalizace případných poruch.

Aplikace **vibrodiagnostiky** je v rámci výzkumné činnosti OPaD směřována zejména do oblasti dopravních prostředků.

#### Přístrojové vybavení:

- Multianalyzátor B&K Pulse 3560C – 6 kanálů,
- Měřicí mikrofony B&K 4188 (6 ks) + předzesilovače B&K 2671, 40 m BNC-BNC koaxiální kabely (11 ks), stojany na mikrofony 5m (6 ks),
- Hlukoměr B&K 2236,
- Měřicí systém Kistler (měřicí ústředna+snímače) pro měření vibrací 16 kanálový,
- Univerzální měřicí systémy NI DAQ PAd (3 ks),
- Software - LabVIEW FDS, DEWESOFT 7, PULSE 11, VA-One.

### 4. Oddělení kolejových vozidel.

Vědeckovýzkumná činnost oddělení kolejových vozidel je představena v samostatném článku „20 let Oddělení kolejových vozidel nejen v České Třebové“, uvedeném na str. 13 tohoto sborníku.

### 5. Závěr

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky zahrnuje z hlediska výzkumných aktivit poměrně širokou oblast zájmů v rámci rozsáhlé oblasti dopravních prostředků. Jedná se o pracoviště s významným výzkumným potenciálem, který je využíván v rámci řešení řady projektů, při spolupráci s partnerskými firmami a podniky.

Pracovníci katedry dopravních prostředků a diagnostiky jsou zapojeni do řešení řady projektů. K těm nejvýznamnějším řešených v současné době patří:

- 2005 - 2011: Výzkumné centrum kolejových vozidel. Programový projekt MŠMT, č.1M0519.
- 2011 - 2013: Hlukové emise a vibrace v systému železnice. Projekt TAČR, program alfa č. TA01031267.
- 2009 - dosud: Výukové a výzkumné centrum v dopravě, Programový projekt MŠMT, Operační program: Výzkum a vývoj pro inovace, reg. č.: CZ.1.05/4.1.00/04.0137.
- 2010 - dosud: Dodávka vybavení laboratoří a učeben DFJP, Programový projekt MŠMT.
- 2012- dosud: CKDV - Projekt TAČR č.TE01020038 „Centrum kompetence drážních vozidel“.
- OP „Virtuální vzdělávání v dopravě“ – (ID FS VŠB Ostrava, CDV Brno) č. CZ.1.07/2.2.00/15.0462.
- OP VK, č. CZ.1.07/2.4.00/12.0024: „Systémová podpora spolupráce zaměstnavatelů a vysokých škol v oblasti výzkumu a vývoje“.
- IVINTEP č. CZ.1.07/2.2.0.0/15.0352: „Inženýrské vzdělávání jako interakce teorie a praxe“.
- Podpora stáží a odborných aktivit při inovaci oblasti terciálního vzdělávání na DFJP a FEI Univerzity Pardubice – POSTA.

I v dalším období lze předpokládat rozvoj výzkumných aktivit jak v rámci zamýšlených projektů, nebo formou další spolupráce s partnery z průmyslu a to nejen z oblasti silničních nebo kolejových vozidel, ale i z oborů souvisejících.

*Předloženo: 12.06.2013*