

POTŘEBA VÝUKY EXPERIMENTÁLNÍCH METOD NA TECHNICKÝCH VYSOKÝCH ŠKOLÁCH

NECESSITY OF THE EXPERIMENTAL METHODS EDUCATION ON TECHNICAL UNIVERSITIES

Jan ŘEZNÍČEK, Stanislav HOLÝ, Jiří MICHALEC¹

Abstrakt

Zásadní změny ve formě studia, které v současnosti probíhají, se stávají mezníkem, kdy lze výrazně ovlivnit profil budoucích absolventů technických vysokých škol. Minulé změny ovlivnily dost nepříznivě situaci v oblasti výuky experimentálních metod na technických školách. Základní studium se postupně stalo doménou exaktních předmětů, a to zejména matematiky, konstruktivní geometrie, fyziky, teoretické mechaniky, pružnosti a hydromechaniky. Experimentální resp. laboratorní cvičení byla jako první redukována. Tento stav se ale postupně z hlediska profilu absolventů stává neúnosný, protože vede k jejich přílišnému teoretickému zaměření. V současné fázi dělení studia na bakalářskou a navazující magisterskou část je třeba citlivě volit hranici mezi teoretickými a praktickými předměty studia, kam lze počítat i výuku experimentálních metod.

Klíčová slova: experiment, výuka, laboratorní cvičení

Abstract

Present time fundamental changes in technical studies are the new landmark, which can sharply influence the new engineers profile. Past time changes influenced very adversely field of experimental education on technical schools and universities. Theoretical subject mastered the first part of studies - especially mathematics, physics and theoretical mechanics. Experimental or laboratory works were reduced in the first time. This time of study dividing for bachelor stage and consequential master stage it is the new possibility to regulate the parity between theoretical and experimental subject education.

Keywords: experiment, education, laboratory works

ÚVOD - HISTORIE

Bouřlivý rozvoj vědy a techniky znamenal i změny priorit zejména v technickém myšlení. Zatímco dříve byla většina špičkových konstrukcí postavena na fenomenálních schopnostech několika málo konstruktérů, není dnes problém, aby běžný konstruktér s využitím nejnovějších poznatků a informací za nezanedbatelné podpory výpočetní techniky navrhl moderní a spolehlivé řešení. Při zmínce o první tramvaji v Praze se každému vybaví jméno Křižík, konstrukce prvních vyztužených vzducholodí v Německu je spojena se jménem Zeppelin, úspěchy vozů Tatra první poloviny XX. století zase se jménem konstruktéra Ledwinky a vývoj letounu L 29 Delfin byl na přelomu 50. a 60. let zaštitěn schopnostmi konstruktérů Rublice a Vlčka. V dnešní době se například na vývoji moderních vozů Škoda podílí rozsáhlý tým bezejmenných vývojářů (za značné podpory koncernu VW) a také za vývojem bitevníku L 59 ALCA již nestojí jen jeden geniální

¹ doc. Ing. Jan ŘEZNÍČEK, CSc., prof. Ing. Stanislav HOLÝ, CSc., doc. Ing. Jiří MICHALEC, CSc., ÚMBaM, FS ČVUT v Praze, jan.reznicek@fs.cvut.cz, stanislav.holy@fs.cvut.cz, jiri.michalec@fs.cvut.cz
Lektoroval: Dr.h.c. prof. Ing. František TREBUŇA, CSc., KAMaM, SJF TU v Košiciach, frantisek.trebuna@tuke.sk

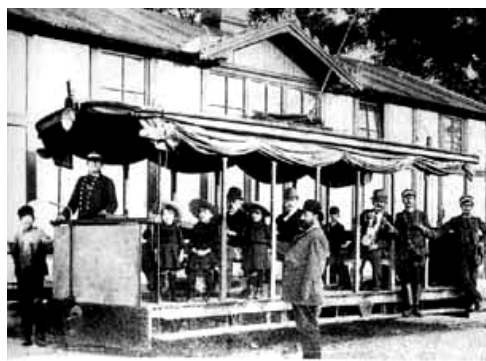
konstruktér, ale celý vývojový tým. Současně s těmito skutečnostmi došlo i ke změně náhledu na zkoušky nových výrobků. Zatímco dříve byla většina nových konstrukcí experimentálně zkoušena, nahrazuje dnes celou řadu těchto zkoušek počítačová simulace. Tento postup je rozhodně rychlejší a často i méně náročný na provedení. Stále se však jedná pouze o simulaci - tedy napodobení něčeho, co pravděpodobně ve skutečnosti nastane. Dříve se řada konstrukcí během provádění experimentálních zkoušek upravovala tak říkajíc za chodu. Dnes jsou spíše experimentální zkoušky nových konstrukcí základem pro homologační nebo certifikační řízení. Stále jsou odvětví, která vyžadují rozsáhlá experimentální ověření. Jedná se zejména o letecký průmysl. I když i zde došlo k markantnímu zkrácení doby mezi prvním zkušebním letem a nasazením do běžného civilního nebo vojenského provozu.

ZMĚNY V PRAXI

V důsledku změn v náhledu na techniku došlo zejména v devadesátých letech ke všeobecnému odklonu od experimentálních metod a k jejich nahrazování numerickým modelováním. V řadě podniků zanikla do té doby špičková experimentální pracoviště a naopak řada podniků si zřídila vlastní výpočetní oddělení. Paradoxně tomuto faktu napomohl bouřlivý rozvoj technologií a zejména výpočetní techniky. Řada techniků-praktiků se tak přeorientovala na matematické modelování za pomoci počítače. Přispěl k tomu i fakt, že se komerční programy založené zejména na metodě konečných prvků staly poměrně finančně dostupné a uživatelsky přívětivé. I propagační materiály, které dodávali jednotliví producenti, slibovaly poměrně rychle dostupné výsledky. Bohužel na druhou stranu zůstal nedocenen vliv rozvoje výpočetní techniky na experimentální metody, kdy bylo možné zpracovávat do té doby nemyslitelné objemy experimentálně získaných dat. Do pozadí se tak dostala řada experimentálních metod, které byly dříve hojně provozovány.



Obr.1 M1 moderní souprava podzemní dráhy
konstrukce Konsorcium ČKD-Adtranz-Siemens



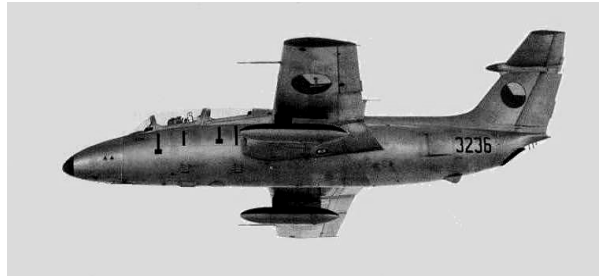
Obr.2 První tramvaj v Praze na Letné,
konstruktér František Křížík

Přitom světoví výrobci experimentální techniky se novému trendu rychle přizpůsobili a měřicí zařízení, které by nebylo schopno komunikovat s počítačem, se rázem stalo prakticky neprodejným šrotem. Naopak renomovaní výrobci doplňovali své dřívější modely o komponenty, umožňující počítačové řízení a sběr dat. Takovýmto způsobem bylo a v řadě případů i je možno při poměrně rozumných nákladech modernizovat stávající experimentální vybavení. Stále častěji se však takováto zařízení objevují v nabídkách k odprodeji nebo jsou přímo likvidována.

ZMĚNY VE ŠKOLÁCH

Bohužel tomuto trendu se částečně nevyhnula ani výuka na technických vysokých školách a naše působení na studenty během jejich studia. Postupně se přesouvala pozornost od experimentálních metod k numerickým metodám. Tento fakt lze dokumentovat na vývoji výuky pružnosti a pevnosti na Fakultě strojní ČVUT v Praze během poslední čtvrtiny XX. století:

V polovině 70. let minulého století ještě existoval ve třetím ročníku v rámci základního studia předmět Pružnost a pevnost III, který byl celý věnován experimentální pružnosti. Studenti základního studia tak po úvodní teoretické přípravě absolvovali celý jeden semestr v laboratořích, kde se prakticky seznámili se všemi dostupnými experimentálními metodami (mechanickými, elektrickými i optickými). Z hlediska technických a časových možností studenti sice nepřipravovali celé experimentální úlohy od počátku, ale pomocí výukového filmu a praktických předvádění byli seznámeni s instalací tenzometrů, tvorbou fotoelasticimetrického modelu nebo plánováním celého experimentu. Kromě toho existoval v rámci oborového studia Aplikovaná mechanika další předmět, který se nazýval Základy inženýrského experimentu. Ten byl společným předmětem katedry pružnosti a katedry mechaniky a celý byl věnován experimentálním metodám, a to jak z pohledu teoretického (tvorba modelu, podobnost, plánování experimentu, ...), tak i praktické aplikace jednotlivých experimentálních metod (vhodnost použití, možnosti, zpracování výsledků, ...). Numerickým metodám všeobecně bylo v té době věnováno jen několik přednášek v rámci oborového předmětu Základy matematické teorie pružnosti.



Obr.3 Přelom 50. a 60. let – letoun L 29 Delfin práce konstruktérů Rublice a Vlčka

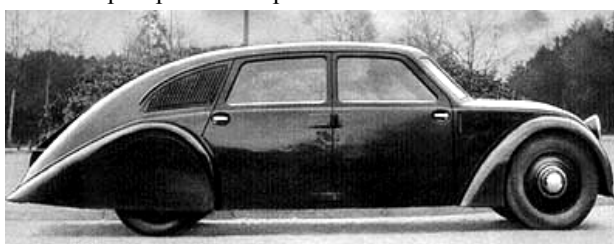


Obr.4 Konec 90. let – letoun L 159 Alca práce týmu konstruktérů Aero

První výrazný zlom nastal na počátku 80. let. Při přestavbě studia byl tehdy v základním studiu předmět Pružnost a pevnost III zcela zrušen a nahrazen jen blokem laboratorních cvičení v rámci existujícího předmětu Pružnost a pevnost II. Tehdy byl výrazně redukován i počet měřených úloh, které však stále pokrývaly všechny experimentální metody v pružnosti a pevnosti. Rozsah předmětu Základy inženýrského experimentu zůstal zachován beze změny, a tak zrušení předmětu Pružnost a pevnost III bylo zcela bez náhrady. Prostor numerických metod v rámci Základů matematické teorie pružnosti se výrazně zvětšil.

Zvláštností té doby bylo tzv. čtyřleté studium, kde byla výrazně redukována výuka jednotlivých předmětů. To se v první řadě dotklo zrušení laboratorních cvičení v tomto typu studia. A protože tito studenti v rámci svého oboru (ekonomika a technologie) již nepřišli do styku s experimentem, vznikla zvláštní skupina inženýrů-techniků, kteří o experimentálních metodách během studia vůbec neslyšeli. Naštěstí ve druhé polovině 80. let čtyřleté studium zaniklo a všichni strojaři se tak seznámili se základními experimentálními metodami v rámci laboratorních cvičení v Pružnosti a pevnosti II.

Další zásadní změny přinesl počátek 90. let, kdy došlo k podstatné redukci výukových hodin. V rámci této redukce se výuka experimentální pružnosti v základním studiu zúžila v předmětu Pružnost a pevnost II pouze na jedno teoretické a dvě praktická cvičení v laboratoři. V tomto rozsahu již není možné pokrýt všechny experimentální metody, a tak se studenti podrobněji seznámí jen s odporovou tenzometrií a je jim informativně předvedena fotoelasticimetrie. Oborového předmětu Základy inženýrského experimentu se tato redukce nedotkla, ale bylo třeba přizpůsobit jeho obsah předchozí úrovni znalostí. Numerické metody - zejména metoda konečných prvků - se zcela vyčlenily a vznikl samostatný předmět Metoda konečných prvků. Ze zbývajících částí předmětu Základy matematické teorie pružnosti vznikl předmět Teorie pružnosti resp. Aplikovaná pružnost.



Obr.5 Tatra 77 – konstruktér Hans Ledwinka automobil, který předběhl dobu



Obr.6 Škoda Octavia RS – Auto Škoda, moderní automobil jako kolektivní dílo vývojářů

Při následné přestavbě studia během 90. let, kdy se stále větší důraz kladl na teoretické zaměření studia, byl zachován původní rozsah a model předmětu Pružnost a pevnost II stejně jako předmětu Základy inženýrského experimentu v oborovém studiu. Podstatně se ale rozšířil prostor pro numerické metody v oborovém studiu, tentokrát však již na úkor jiných teoretických předmětů. Z výuky tak vypadl např. předmět Stabilita těles a soustav nebo Teplotní napětí, které nahradily předměty Metoda konečných prvků I, Metoda konečných prvků II.

BAKALÁŘI A MAGISTŘI

Současná poslední přestavba formy studia na třístupňový systém (bakalář → magistr → doktor) může paradoxně experimentálními metodám zasadit další, obrazně řečeno, smrtící ránu. Společné plány prvních dvou ročníků bakalářského studia jsou postaveny maximálně na teoretickém základu a počty výukových hodin jednotlivých předmětů jsou redukovány obdobně, jako tomu bylo v osmdesátých letech u čtyřletého studia. V současné podobě obsahuje společný blok pouze jednosemestrální předmět Pružnost a pevnost, který musí studenty seznámit s celými základy tohoto předmětu. Experimentální pružnost je tak pouze zmíněna v rámci přednášek, protože v rámci cvičení již prostor nezbývá. Navazující předmět, který tento prostor poskytuje - Vybrané stati z pružnosti a pevnosti pro bakaláře - je již předmětem oborovým. Ten tak absolvují pouze studenti oborů Aplikovaná mechanika pro bakaláře a Dopravní a manipulační technika. V oboru Aplikovaná mechanika pro bakaláře je během posledního roku studia experimentu věnován prakticky stejný prostor jako tomu bylo v magisterském oboru Inženýrská mechanika a mechatronika. Vznikly zde nové předměty jejichž hlavní náplní je právě experiment (Experimentální analýza napětí, Experiment v aplikované mechanice Experiment v biomechanice). Teoreticky další prostor je k dispozici v navazujícím magisterském programu, kde budou všichni studenti absolvovat předmět Pružnost a pevnost pro magistry. Pokud si ale uvědomíme fakt, že v navazujícím magisterském studiu bude pokračovat jen menší část studentů, vznikne zde opět početná skupina vysokoškoláků bakalářů - techniků (mimo aplikovaných mechaniků), kteří se o experimentálních metodách v pružnosti a pevnosti dozví pouze minimum v rámci jedné přednášky. Aby tento stav nenastal, je třeba nabídnout studentům řadu atraktivních volitelných předmětů, kde by se každý vysokoškolák-technik, i když jen bakalář, s experimentálními metodami seznámil.

VOLITELNÉ PŘEDMĚTY - CESTA DÁL

Velkým kladem období přestavby celého studia byla skutečnost, že byl dán větší prostor pro volbu samotnými studenty - tedy prostor pro vznik řady nových volitelných předmětů, které by vstoupily do soutěže nabídky a poptávky ve studiu. V rámci kateder jsou vypisovány různé předměty, které se následně ucházejí o přízeň studentů. Tak mohou v tomto období vznikat i volitelné předměty, které nahrazují odbourané části výuky. Řada těchto volitelných předmětů nemá šanci přežít následné období „boje“ o studenty. Některé předměty tak ve studijních plánech zůstávají spíše ze setrvačnosti nebo nostalgie nebo jsou postupně rušeny. Jiné volitelné předměty naopak napevno zakotvily v oblíbenosti studentů a jsou pravidelně otevírány v každém akademickém roce. Některé z těchto předmětů v rámci přestavby postupně přešly mezi povinné volitelné nebo i povinné předměty. To je cesta, kterou se do výuky daří opět vracet v určité upravené formě i experimentální metody v pružnosti a pevnosti. Je v podstatě osobní zásluhou některých pedagogů, kteří na experimentální metody nikdy nezanevřeli a připravili nové osnovy a učební plány, že dnes existují předměty jako Experimentální analýza konstrukcí nebo Praktická aplikace tenzometrie a počítačem řízený experiment. Tyto předměty zůstávají mezi volitelnými předměty, ale jsou pravidelně každý rok otevírány pro zájem z řad studentů.

ROZVOJ NOVÝCH METOD

Rozvoj nových metod, hlavně bezkontaktních interferenčních, i postupů u stávajících, jako je tenzometrie znamenal nárůst rozsahu i jejich počtu předmětů z oboru experimentální analýzy a ověřování konstrukcí. Přitom kapacity časové a lidské zůstávaly při nejmenším na stejné úrovni. Proto došlo k provázání výuky a vyučujících na celém ČVUT v Praze. Nezanedbatelnou pomoc poskytly některé ústavy Akademie věd České republiky a Výzkumný a zkušební letecký ústav v Praze. Po stránce organizační byla tato spolupráce, mající i kladný ohlas u těchto subjektů zadáním např. diplomových prací a zapojením jejich pracovníků do doktorandského studia, posvěcena dvoustrannými smlouvami i participací na pedagogicky orientovaných projektech MŠMT ve Fondu rozvoje vysokých škol. Na mezinárodním poli došlo k rozsáhlé spolupráci v rámci Danubia-Adria Committee for Experiments in Solid Mechanics. Ve všech těchto aktivitách bude i nadále pokračováno.

LITERATURA

- [1] Projekty a závěrečné zprávy projektů FRVŠ 777/1999/F, 1827/2201/F, 2117/2002/F, 1908/2005/F1/a, 1607/2005/G1,
- [2] Statute of Danubia-Adria Society, 2006