



POTŘEBA VÝUKY EXPERIMENTÁLNÍCH METOD NA TECHNICKÝCH VYSOKÝCH ŠKOLÁCH

Jitka Řezníčková ¹⁾ a Jan Řezníček ²⁾

Současnost, kdy dochází k zásadní změně ve formě studia, se opět stává mezníkem, ve kterém lze ovlivnit profil budoucích absolventů technických vysokých škol. Minulé zásadní změny koncepce studia na technických školách ovlivnily dost nepříznivě situaci v oblasti výuky experimentálních metod na úkor teoretických předmětů. Experimentální cvičení z těchto předmětů byla jako první vyřazována z osnov v případě redukce výukových hodin při jednotlivých fázích přestavby studia. Tento stav se stává neúnosný, protože vede k jednostrannému teoretickému vzdělání absolventů, a to zejména v bakalářských programech.

Klíčová slova: experimentální analýza napětí, výuka experimentálních metod, bakalářské studium

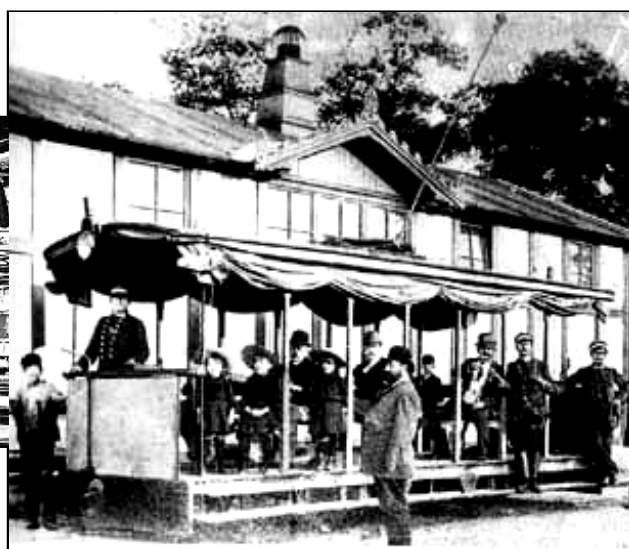
Úvod - historie

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

První tramvaj v Praze na Letné
konstruktér František Křižík

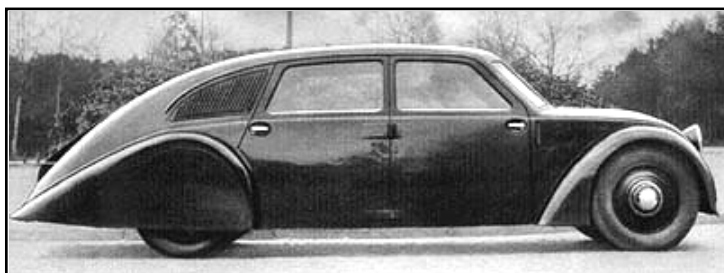


M1 moderní souprava podzemní dráhy
konstrukce Konsorcium ČKD - Adtranz - Siemens



- ¹⁾ **Ing. Jitka Řezníčková, CSc.:** K 618 - Katedra mechaniky a materiálů, Dopravní fakulta ČVUT v Praze, Na Florenci 25, 110 00 Praha 1, tel.: 224 890 729, e-mail: reznickova@fd.cvut.cz
- ²⁾ **Ing. Jan Řezníček, CSc.:** Ú 205.1 - Ústav mechaniky, odb. pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07 Praha 6, tel.: 224 352 517, e-mail: reznicek@fsid.cvut.cz

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 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, ale stále se jedná 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 experimentální zkoušky nových konstrukcí spíše 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.



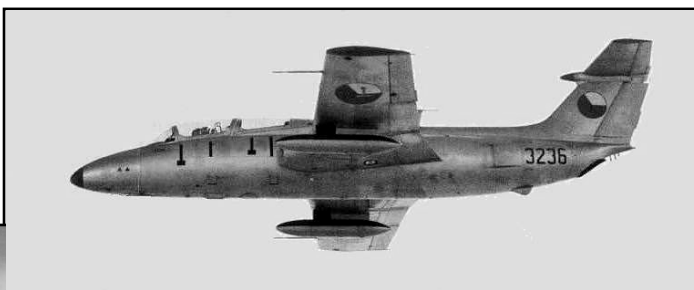
Tatra 77 – konstruktér Hans Ledwinka
automobil, který svou konstrukcí předběhl dobu



Škoda Octavia RS – Auto Škoda
moderní automobil jako kolektivní dílo bezejmenných vývojářů

Také ve školách byl výuce experimentálních metod věnován poměrně široký prostor. Některé laboratoře experimentálních metod na vysokých školách patřily díky svému vybavení mezi špičková pracoviště ve svém oboru. Například experimentální laboratoř katedry pružnosti a pevnosti na Fakultě strojní ČVUT v Praze zajišťovala životnostní a provozní zkoušky pro chemické závody v Litvínově nebo se podílela na rozsáhlém testování plynovodních potrubí. Takto získané praktické zkušenosti bylo možno zpětně přenášet do výuky, která tak získávala na atraktivnosti pro studenty, kteří se prostřednictvím videozáznamů stávali „účastníky“ těchto zkoušek.

Přelom 50. a 60. let – letoun L 29 Delfín
práce konstruktérů Rublice a Vlčka



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

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 výpočetářské 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 nedoceněn vliv rozvoje výpočetní techniky na experimentální metody, kdy bylo možné zpracovávat do té doby nemyslitelné objemy experimentálně získaných dat. Do pozadí se tak nezaslouženě dostala řada experimentálních metod, které byly dříve hojně provozovány. 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 školách. Postupně docházelo k výraznému přesunu pozornosti od experimentálních metod zejména k numerickým metodám. Tento fakt lze dokumentovat na vývoji výuky pružnosti a pevnosti na Fakultě strojní ČVUT v Praze během posledního čtvrtstoletí:

V polovině **70. let** minulého století ještě existoval ve třetím ročníku v rámci základního studia předmět Pružnost a pevnost III (PP III), který byl celý věnován experimentální pružnosti. Studenti základního studia tak po úvodní teoretické přípravě absolvovali téměř celý 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 způsobu zatěžování. Kromě toho existoval v rámci oborového studia další předmět, který se nazýval Základy inženýrského experimentu (ZIE). 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, ...).

První výrazný zlom nastal na počátku **80. let**. Při přestavbě studia byl tehdy v základním studiu předmět PP III zcela zrušen a nahrazen jen blokem laboratorních cvičení v rámci existujícího předmětu Pružnost a pevnost II (PP II). Z tohoto důvodu byl redukován i počet měřených úloh, i když pokrytí všech experimentálních metod v pružnosti a pevnosti zůstalo zachováno. Zvláštností té doby bylo tzv. čtyřleté studium, kde zkrácení studia bylo vykoupeno drastickými škrtky v osnovách jednotlivých předmětů. To se v první řadě dotklo zrušení laboratorních cvičení v tomto typu studia. A protože tito studenti v rámci oborového studia již neměli šanci přijít 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 měli šanci seznámit s experimentálními metodami v rámci laboratorních cvičení v PP II.

Další zásadní změny nastaly počátkem **90. let**, kdy došlo k podstatné redukci výukových hodin. V rámci této redukce muselo zákonitě dojít i ke zúžení výuky experimentální pružnosti v základním studiu. Studenti absolvovali jedno teoretické cvičení a dvě cvičení v laboratoři, kde však již nebylo možno pokrýt všechny experimentální metody, a tak byl kladen důraz zejména na odporovou tenzometrii a fotoelasticimetrii.

Při následné přestavbě během **90. let** byl zachován původní rozsah cvičení PP II i cvičení v laboratořích. Došlo však k podstatnému rozšíření prostoru pro numerické metody v oborovém studiu, tentokrát však již na úkor jiných teoretických předmětů. Z povinné výuky tak vypadl např. předmět Stabilita těles a soustav nebo Teplotní napětí, které nahradily předměty Metoda konečných prvků I (MKP I), Metoda konečných prvků II (MKP II).

Volitelné předměty - cesta dál

Velkým kladem tohoto období a přestavby celého studia byla skutečnost, že byl dán větší prostor pro volbu samotnými studenty - tedy prostor pro vznik řady volitelných předmětů, které by vstoupily do soutěže nabídky a poptávky ve studiu. V rámci kateder byly vypisovány různé předměty, které se následně ucházely o přízeň studentů. Tak mohly v tomto období vzniknout i volitelné předměty z do té doby opomíjených oborů. Řada předmětů z té doby ale nepřežila následné období „boje“ o studenty a některé předměty byly postupně rušeny. Jiné si naopak vybojovaly pevné místo v oblíbenosti studentů a některé z nich postupně přešly např. i mezi povinné volitelné předměty. To byla cesta, kterou se do výuky podařilo opět vrátit v určité omezené formě i experimentální metody v pružnosti a pevnosti. Je v podstatě osobní zásluhou některých pedagogů, kteří na experimentální metody nikdy nezaněvřeli a připravili nové osnovy a učební plány, že dnes existují předměty jako Experimentální analýza konstrukcí I (EAK I) a Experimentální analýza konstrukcí II (EAK II) nebo Praktická aplikace tenzometrie a počítačem řízený experiment (PAT). Cenným podkladem pro výuku se staly další zkušenosti, které Ústav mechaniky získal na poli experimentálních metod realizací celé řady měření za použití nejmodernější experimentální techniky a zřízením akreditované laboratoře mechanických zkoušek. Tyto předměty sice neustále zůstávají mezi volitelnými předměty, ale jsou pravidelně každý rok otevírány pro zájem z řad studentů. Nepostihl je tedy v soutěži nabídky a poptávky úpadek pro nezájem.

Bakaláři, magistři a doktoři

Současná poslední přestavba formy studia (systém bakalář → magistr → doktor) však paradoxně může experimentálními metodami zasadit další, obrazně řečeno, smrtící ránu. Plány 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. Pokud si uvědomíme fakt, že podle tohoto nového modelu bude v magisterském a případně doktorandském studiu pokračovat jen menší část studentů, vznikne zde opět početná skupina vysokoškoláků-techniků, kteří absolvují pouze „základní kurz“. Aby se neopakoval stav z počátku 80. let, měl by se každý technik s experimentálními metodami alespoň informativně seznámit, a to například i formou povinné volitelných a volitelných předmětů, které budou již v plánech základního kurzu. Protože jako patří čtení a psaní k základnímu vzdělání, patří stejně tak experiment k technickému vzdělání a bez experimentálního ověření zůstává teorie stále jen teorií.